

Stoombemaling in Nederland
Steam drainage in the Netherlands

1770

1870

K. van der Pols
J.A. Verbruggen



Stichting De Cruquius
Delftse Universitaire Pers

947729

Stoombemaling in Nederland
Steam drainage in the Netherlands
1770-1870

Bibliotheek TU Delft



C 0003813937

2414
505
0



☆ Bestaande stoomgemalen (zie bijlage 5) - Existing steam drainage stations (see Annex 5)

7 Hoofdstuk - Chapter

Stoombemaling in Nederland

Steam drainage in the Netherlands

1770 - 1870

K. van der Pols

J.A. Verbruggen

Stichting De Cruquius
Delftse Universitaire Pers
1996

Inhoud

6	Ten geleide
8	Steven Hoogendijk (1698-1788)
10	Adrien Huet (1836-1899)
	Kornelis van der Pols (1906-1995)
12	Voorwoord
14	1 Inleiding — bemaling tot ca.1770
20	2 De aanloop naar het eerste stoomgemaal — 1757-1774
30	3 De Rotterdamse vuurmachine — 1776
38	4 Een bevoeiings-gemaal in Heemstede — 1781
42	5 De Blijdorpse stoommachine — 1787
50	6 De poging tot droogmaken van de Mijdrechtse Poel — 1794
54	7 Het marinedok in Hellevoetsluis — 1802
64	8 Vervening in de Krimpenerwaard — 1804
68	9 De uitwatering bij Katwijk — 1807
74	10 Overstroming in Noord-Holland — 1825
78	11 Het schepradgemaal aan de Arkelse Dam — 1826
82	12 De Zuidplas drooggemaakt — 1839
86	13 De droogmakerij Nootdorp — 1840
90	14 De Haarlemmermeer — 1852
114	15 De bemaling van Rijnlands boezem — 1846-1857
122	16 Het schepradgemaal Mastenbroek — 1856
126	17 De pomp van Fijnje — 1846
134	18 De centrifugaalpomp — 1862
140	19 Besluit — ontwikkelingen na ca. 1870
144	Bibliografie

Bijlagen

150	1 De studiereis van Maarten Waltman — 1757
158	2 Een geleerde pennestrijd — 1772-1774
164	3 Problemen in de bouwput van de Cruquius — 1847
170	4 De schuld van de bemaling ! (?) — 1851
174	5 Wat nog resteert — 1996

Contents

7	Preface
9	Steven Hoogendijk (1698-1788)
11	Adrien Huet (1836-1899)
	Kornelis van der Pols (1906-1995)
13	Foreword
15	1 Introduction — drainage up to c.1770
21	2 Run up to the first steam drainage — 1757-1774
31	3 The Rotterdam fire engine — 1776
39	4 Steam irrigation at Heemstede — 1781
43	5 The Blijdorp steam engine — 1787
51	6 An attempt to reclaim the Mijdrechtse Poel — 1794
55	7 The naval dock at Hellevoetsluis — 1802
65	8 Peat extraction in the Krimpenerwaard — 1804
69	9 Boezem discharge at Katwijk — 1807
75	10 Floods in Noord-Holland — 1825
79	11 The scoop wheel station at the Arkelse Dam — 1826
83	12 Reclaiming the Zuidplas — 1839
87	13 The Nootdorp drainage project — 1840
91	14 Haarlemmermeer — 1852
115	15 Discharge of the Rijnland boezem — 1846-1857
123	16 The Mastenbroek scoop wheel station — 1856
127	17 Fijnje's pump — 1846
135	18 The centrifugal pump — 1862
141	19 Epilogue — developments after c.1870
144	Bibliography

Annexes

151	1 Maarten Waltman's study trip — 1757
159	2 A learned controversy — 1772-1774
165	3 Problems at the Cruquius' building excavation — 1847
171	4 Blame the drainage ! (?) — 1851
175	5 What's left — 1996

Ten geleide

In 1984 bestond de Stichting De Cruquius vijftig jaar. Dit werd gevierd met een symposium; de deelnemers daaraan ontvingen het boekje *De ontwikkeling van het wateropvoerwerktuig in Nederland 1770-1870*. Dit was van de hand van een van de sprekers — Ir. K. van der Pols, oud-voorzitter van de Stichting en erelid van haar Raad van Advies.

Het werkje, een verkorte en aangevulde bewerking van een boek uit 1885, was uitgegeven onder auspiciën van het Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte te Rotterdam. Dat Genootschap speelde in de achttiende eeuw een cruciale rol bij de ontwikkeling van stoombemaling in Nederland. Van der Pols was 29 jaar lid van het College van Directeuren ervan en hij vervulde vijf termijnen als voorzitter. De Stichting is het Bataafsch Genootschap erkentelijk voor de steun aan deze vernieuwde uitgave.

Zij is voorts Ir. J.A. Verbruggen, waardig opvolger van Van der Pols als stoomhistoricus, dankbaar voor de verzorging — bewerking, vertaling en opmaak — van het boekje, naast zijn werkzaamheden aan het weer in beweging stellen van de grootste stoommachine ter wereld.

De Stichting is de erven Van der Pols dank verschuldigd voor hun welwillende medewerking en dankt de uitgever en de drukker voor de goede verzorging.

oktober 1996

Namens de Stichting De Cruquius
J.G. Berkhout

Preface

1984 saw the 50th anniversary of the Cruquius Foundation. The celebrations included a symposium, the participants of which received a booklet entitled *De ontwikkeling van het wateropvoerwerktuig in Nederland 1770-1870* (*The development of water raising devices in the Netherlands 1770-1870*). This book had been written by one of the lecturers — Ir. K. van der Pols, past chairman of the Foundation, and an honorary member of its Advisory Council.

This little work, an abbreviated and updated adaptation of an 1885 book, had been published under the aegis of the Batavian Society of Experimental Philosophy in Rotterdam. In the 18th century that Society played an important role in the development of steam powered drainage in the Netherlands. For 29 years Van der Pols was a member of their Council of Directors, serving five terms as its chairman. The Cruquius Foundation gratefully acknowledges the support of the Batavian Society for this revised edition.

The Foundation is also grateful to Ir. J.A. Verbruggen — a worthy successor to steam historian Van der Pols — for the revision, the translation and the layout of the booklet, between his activities for restoring the largest steam engine in the world to motion.

The Foundation owes a debt of gratitude to the Van der Pols heirs for their kind cooperation, and it thanks the publisher and printer for a job well done.

October 1996

*For the Cruquius Foundation,
J.G. Berkhout*

Steven Hoogendijk (1698-1788)

was een telg uit een geslacht van klokken- en horlogemakers, en koos zelf ook dat vak. Over zijn leven is niet veel bekend. In 1723 werd hij benoemd tot opzichter van de klokken van de stad Rotterdam.

Omstreeks 1740 stelde hij voor, om voor verversing en beheersing van de stadsgrachten een windmolen met twee verschillende schepraden te bouwen, om grote verschillen in opvoerhoogte te realiseren. De molen werd gebouwd en in 1745 werd Hoogendijk belast met het toezicht erop.

In 1769 stichtte hij het Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte en in de volgende jaren was hij de drijvende kracht achter de oprichting van de eerste stoommachine in Nederland — wederom voor de stadsgrachten. Daarom is achter hem een stoommachine afgebeeld. Hoogendijk wijst op een (door hemzelf verbeterde en gemaakte) pyrometer — een instrument voor proeven over uitzetting van materialen bij verhoogde temperatuur. De pyrometer was een symbool voor de proefondervindelijke natuurkunde, waarin de natuur beproefd of 'gefolterd' werd om haar geheimen te ontfutselen. De betekenis van het zeilschip is ons onduidelijk.

Hoogendijk was een geacht deskundige, maar als remonstrant kon hij niet tot de bestuurlijke elite behoren. Hij bleef vrijgezel en bestemde zijn aanzienlijke vermogen voor de praktische toepassing van wetenschap, o.a. via het Bataafsch Genootschap.

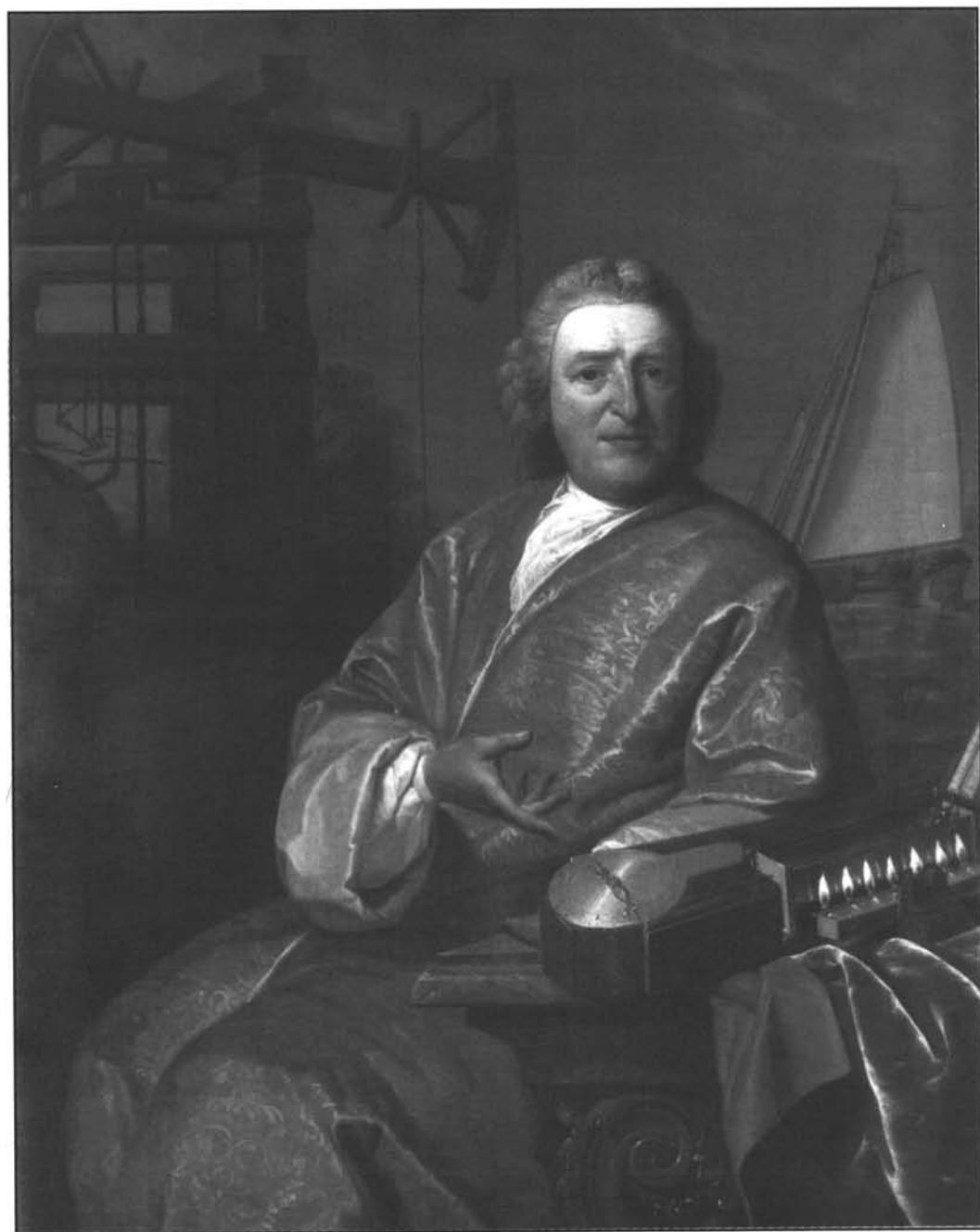
Steven Hoogendijk (1698-1788)

came from a family of clock- and watchmakers, and he followed in their footsteps. Not a great deal is known about his life. In 1723 he was appointed supervisor of the town clocks of Rotterdam.

In about 1740 he proposed improving the control and cleansing of the town's canals by building a windmill with two scoopwheels of different sizes, to accommodate large lift variations. The mill was built, and in 1745 Hoogendijk was charged with its supervision.

In 1769 he established the Batavian Society of Experimental Philosophy, and in the following years he was the moving spirit behind the erecting of the first steam engine in the Netherlands — for the same purpose of managing the town canals. To emphasize this, a steam engine is pictured in the background. Hoogendijk points at a pyrometer (which he himself had improved and built) — an instrument for experiments on high temperature expansion of materials. The pyrometer was a symbol for experimental physics, where secrets were wrung from nature by trial or 'torture'. The symbolism of the sailing vessel is unclear to us.

Hoogendijk was held in great esteem as an expert but, as he belonged to the Remonstrant church, he was excluded from the administrative elite. He never married, and he used and left his considerable wealth to promote the practical implementation of science, via the Batavian Society and other channels.



D. van Nijmegen

Adrien Huet (1836-1899)

werd geboren in Amsterdam. Na lagere en middelbare school ging hij als 15-jarige werken als arbeider en opzichter bij *Van Vlissingen & Dudok van Heel*, een grote machinefabriek en gieterij in Amsterdam. Hij wilde ingenieur worden, nam privélessen en studeerde in 1859 af als civiel ingenieur aan de Koninklijke Akademie in Delft. Zijn belangstelling bleef echter sterk werktuigkundig en hij werkte als ingenieur nog enige tijd bij zijn eerdere werkgever. In 1862 deed hij een voorstel voor een *open* verbinding — zonder sluizen — van Amsterdam met de Noordzee via de duinen. Dit was het eerste deel van wat later een drieluik zou worden met plannen voor de droogmaking van de Zuiderzee (1877) en voor het omleiden van de Rijn via de Gelderse Vallei naar Amsterdam (1879). Zijn plannen werden verworpen; in 1863 koos men voor een Noordzeekanaal met sluizen, dat tussen 1865 en 1876 werd aangelegd. Huet publiceerde echter in 1896 nog een uitgebreide versie van zijn plannen voor een open verbinding.

De Koninklijke Akademie werd in 1863 de Polytechnische School, en Huet werd er in 1864 leraar werktuigbouwkunde. Hij koos voor een praktische aanpak van dit nieuwe vak. Dat werd pas op den duur gewaardeerd. Zijn vruchtbare verbeelding en enorme werkkraft brachten nog vele ideeën voort die hij, ook als ze niet levensvatbaar waren, vaak lange tijd hardnekkig bleef verdedigen.



T. de Haan

Kornelis van der Pols (1906-1995)

werd geboren in Amsterdam. Hij behaalde in 1927 — met lof — het diploma werktuigkundig ingenieur aan de Technische Hoogeschool in Delft. Hij trad in dienst van de Rotterdamse Droogdok Maatschappij RDM, waar hij in 1941 onderdirecteur werd. In 1946 behaalde hij zijn tweede ingenieurstitel — scheepsbouwkunde. Hij bleef in de leiding van de RDM en toen deze in 1969 fuseerde met De Schelde in Vlissingen, werd hij president-directeur van het nieuwe RSV-concern. Dat bleef hij tot zijn pensionering in 1974.

In 1952 trad hij toe tot het Bataafsch Genootschap in Rotterdam. Een jaar later werd hij daar lid van het

College van Directeuren. Vijf termijnen zat hij dat College voor en speelde zo een belangrijke rol bij de herleving van het door de oorlog zwaar geteisterde Genootschap. Hij was ook enige tijd Directeur van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen in Haarlem. Van 1950 tot 1981 was hij voorzitter van de stichting De Cruquius, waar hij leiding gaf aan de naoorlogse restauratie en uitbreiding van het bemalings-museum. Van der Pols had een brede belangstelling. Hij was 24 jaar voorzitter van de vereniging De Technische School, twee jaar van de werkgeversorganisatie FME en zeven jaar van de politieke partij VVD. Daarnaast was hij actief amateur-violist en hield hij van de natuur en van bergsport. Hij reisde graag en ver.



Adrien Huet (1836-1899)

was born in Amsterdam. After completing primary and secondary school at the age of 15, he started working as a labourer and supervisor for *Van Vlissingen & Dudok van Heel*, a large engineering works and foundry in Amsterdam. He wanted to become a professional engineer, however, so he took private tuition, and in 1859 he obtained his degree in civil engineering from the Delft Royal Academy. His interest in mechanical engineering remained strong, and he continued to work as a professional engineer for his earlier employer. In 1862 he put forward a proposal for an *open connection* — i.e. without

locks — between Amsterdam and the North Sea through the dunes. This was part one of what was to become a three-part scheme with plans for reclaiming the Zuiderzee (1872) and for rerouting the Rhine to Amsterdam via a valley east of Utrecht (1879). His proposals were rejected, in 1863 the decision in favour of a freshwater North Sea Canal with locks was taken, which canal was made between 1865 and 1876. But as late as 1896 Huet published a comprehensive version of his plans with an open connection. In 1863 the Royal Academy was reconstituted as the Delft Polytechnic School, and in 1864 Huet was appointed lecturer for mechanical engineering. He decided to introduce a practical approach for this new discipline. The merits of this were not appreciated until much later. His fertile mind and amazing energy produced many more ideas, which he pursued and defended with great zeal, even if they were not viable.

Kornelis van der Pols (1906-1995)

was born in Amsterdam. He obtained his mechanical engineering degree — with honours — from Delft Technical College in 1927. He then joined the Rotterdam Dockyard Company RDM, becoming a junior director there in 1941. In 1946 he achieved his second engineering degree — in naval architecture. He remained in the RDM management and when that company merged with De Schelde in Vlissingen in 1969, he became chairman of the new RSV concern, which post he held until he retired in 1974. In 1952 he joined the Batavian Society (*Bataafsch Genootschap*) in Rotterdam. By the following year he had joined their Council of Directors, serving five terms as its chairman. As such, he played an important role in the revival of the war-stricken Society. He was also for a time a Director of the Dutch Society of Science (*Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen*) in Haarlem. From 1950 until 1981 he chaired the Cruquius Foundation, managing the post-war restoration and extension of the drainage museum. Van der Pols had wide-ranging interests. For 24 years he was chairman of the Rotterdam Society for Technical Education, he served for two years in the chair of the employers' branch organization FME, and for seven years as chairman of the liberal party VVD. He also was an active amateur violinist. He loved nature and alpinism, and he liked to travel far and wide.

Voorwoord

De vraag zou gesteld kunnen worden of deze uitgave die voor een belangrijk deel dezelfde stof behandelt als in 1885 door Huet in zijn *Stoombemaling van polders en boezems* beschreven, wel zinvol is.

Nu is Huet's werk reeds vele tientallen jaren alleen in enkele bibliotheken en verzamelingen te raadplegen. Verder behoort het onderwerp niet meer tot de levende en actieve techniek, maar tot het gebied van de technische geschiedenis en de technische archeologie, dat zich thans in een toenemende belangstelling mag verheugen. Het succes van de afdeling Geschiedenis der Techniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs enerzijds en de daadwerkelijke belangstelling van velen en in het bijzonder van het Departement van W.V.C. voor het behoud en de conservering van de nog bestaande stoomgemalen mogen als een bewijs hiertoe aanvaard worden.

Tenslotte bleek het mogelijk toch nog wat nieuwe feiten aan het verhaal van Huet toe te voegen, terwijl de nu afgesloten ontwikkeling over een aantal aspecten een duidelijker en juistere beoordeling toelaat dan in 1885 mogelijk was. Het lijkt derhalve wel goed dat deze materie nog een keer op een wijze gepubliceerd wordt die kennisneming op een wat ruimere schaal mogelijk maakt.

Dat het Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte, dat in de eerste decennia van deze ontwikkeling een zo belangrijke rol heeft gespeeld, deze taak op zich heeft willen nemen stemt mij tot grote erkentelijkheid.

19 mei 1984

K. van der Pols

Voorwoord bij de tweede uitgave

Van der Pols heeft deze nieuwe uitgave helaas niet meer zelf kunnen verzorgen. Ik heb zijn uitgangspunten gehandhaafd: een beknopt overzicht, zonder wetenschappelijke pretentie, gebaseerd op het werk van Huet.

De hele tekst is herzien en getoetst aan oude en nieuwe bronnen. Het 'verhaal' is er daarmee niet eenvoudiger op geworden. Er is ook een accentverschuiving: Huet beschreef de triomf van een technologie waarvan hij de opkomst ten dele zelf actief had beleefd. Van der Pols beleefde er de nadagen van. Nu is dit gebied vrijwel helemaal geschiedenis. Dat, en de verschuivingen in de visie op die geschiedenis, hebben deze bewerking beïnvloed.

Deze uitgave was niet mogelijk geweest zonder de actieve steun van de Stichting De Cruquius. J.G. Berkhout was een onvermoeibare verzamelaar van bronmateriaal en illustraties; ik ben hem daarvoor zeer verplicht. Velen hebben mij laten profiteren van hun kennis en van hun oordeel over stijl, karakter en taal: J.A. Barnes, J.A. Brongers, K.M. Brown, R.L. Hills, J. Kingma, A.J. Klut, H. Krol, J.L. Meijer, L. Middelkoop, J. van Pijkeren, V. van der Reiden, P.R. Saulter, J. Stam, A. Willemsen. Hun opmerkingen, aanvullingen en — vaak ongezoeten — kritiek hebben veel bijgedragen tot een beter boek. Ik ben hen veel dank verschuldigd. Ik dank voorts de in het colofon achterin genoemde instellingen die toestemming gaven voor het gebruik van afbeeldingen. Tenslotte: alle gegevens zijn vergelijkbaar gemaakt door ze om te rekenen op dezelfde moderne eenheden — zoals afmeting in m, cm of mm, druk in bar, vermogen in kilowatt (kW) en rendement in %.

oktober 1996

J.A. Verbruggen

Foreword

One might well question the need for this book, which deals with the same subject matter treated by Huet in his 1885 work *Stoombemaling van polders en boezems* (*Steam drainage of polders and reservoirs*).

However, for many decades now Huet's work has been available for consultation only in a few libraries and collections. The subject, moreover, is no longer a part of current technology, but it now belongs to the realm of the history of engineering and technology, which is recently enjoying increased interest and support. This is clearly shown by the success of the History branch of the Royal Institute of Engineers (KIVI), and in particular by the Government's support of the preservation of surviving steam drainage stations.

Finally, it turned out that Huet's story may be supplemented by a few more recent facts, and the conclusion of developments allows, with hindsight, a clearer and more correct judgment than 1885 allowed.

The active support of the Batavian Society of Experimental Philosophy, which played such an important role during the first few decades of these developments, fills me with gratitude.

19 May 1984

K. van der Pols

Foreword to the second edition

Sadly, Van der Pols has not lived to take care of this new edition himself. I have maintained his original principle: a concise overview, without scholarly pretence, based on Huet's work.

The entire text has been reworked and checked against old and more recent sources. This has not simplified the 'flow' of an already fairly complex story. There has also been a shift of emphasis. Huet described the triumph of a technology, the development of which he had witnessed, Van der Pols saw its declining years, and today this topic is almost entirely history. This, and the changed views of that history, have influenced the present revision.

This edition would not have been possible without the active support of the Cruquius Foundation. J.G. Berkhout proved indefatigable in finding source and illustrative material; I am much in his debt. Many have given me the benefit of their knowledge, and of their judgment of style and language: J.A. Barnes, J.A. Brongers, K.M. Brown, R.L. Hills, J. Kingma, A.J. Klut, H. Krol, J.L. Meijer, L. Middelkoop, J. van Pijkeren, V. van der Reiden, P.R. Saulter, J. Stam, A. Willemsen. Their comments, additional information, and — often forthright — criticisms have much helped in making this a better book. I owe them profound thanks. I gratefully acknowledge the institutions, listed in the colophon at the back, which have granted permission to reproduce illustrations. Finally: all data have been converted to common and modernized units — including m, cm or mm for dimensions, bar for pressure, kilowatt (kW) for power, and % for efficiency — to facilitate comparisons.

October 1996

J.A. Verbruggen

1. Inleiding

Bemaling tot ca. 1770

De Lage Landen waren aan het begin van onze jaartelling grotendeels onbewoonbaar, op wat hoger gelegen zandgronden na. De lage kleigebieden waren vruchtbaar, maar liepen met vloed onder. De hogere veengronden waren drassig. Zout maakte landbouw vrijwel onmogelijk. Vanaf de vroege Middeleeuwen werd steeds meer land tegen de zee en de rivieren beschermd met dijken, voorzien van zelfwerkende sluisjes voor de afwatering. Kreeken en andere binnenwateren werden afgesloten met dammen, met daarin weer sluizen. Het teveel aan water kon nu bij eb worden geloosd. Regen spoelde het zout geleidelijk weg.

Kleigrond wordt dan heel geschikt voor landbouw, maar veen verdwijnt vaak op den duur. Daarvoor zijn vooral drie oorzaken: uitdrogen, turfwinning en oxydatie. Veen kan heel veel water bevatten en als het uitdroogt, krimpt het sterk. De veengrond klinkt in. Een aanzienlijk deel verdwijnt door vervenen — turf was destijds de belangrijkste brandstof voor huishouden en industrie. Tot overmaat van ramp gaat droog veen aan de lucht oxyderen. Op den duur blijft een dunne, tamelijk onvruchtbare laag over. Het land daalt dus. Dat kan vrij snel gaan: een of twee meter in een eeuw is goed mogelijk. Om het land bewoonbaar te houden is natuurlijke afwatering met sluizen dan niet meer genoeg — voor waterpeil-beheersing wordt bemaling nodig. De bedijkingen worden polders. Dat gebeurde het eerst in het graafschap (later provincie) Holland; in de zeeklei-gebieden in Zeeland en het noorden van Friesland en Groningen trad minder bodemdaling op en kon men langer toe met natuurlijke afwatering.

Aanvankelijk waren de middelen voor bemaling primitief en niet erg krachtig: hoosvaten en rosmolens. Na ca. 1400 werden de polders geleidelijk voorzien van windmolens met schepraderen. Die molens loosden meestal op de oorspronkelijke afgedamde kreeken, die daardoor dienst gingen doen als tussen-reservoir of **boezem**. Daar in werd het uit de polder gemalen water verzameld, voordat het via de sluizen werd geloosd op het buitenwater. Een boezem werd vaak door een aantal polders gebruikt. Het steeds verder dalen van de bodem zorgde ervoor, dat in het midden van de 18e eeuw sommige polders in Holland wel één tot twee meter beneden het boezempeil lagen. De dijken langs de boezem waren uiteraard steeds op hoogte gehouden, en die lagen nu dus ruim boven het land. Bovenop die dijken kwamen wegen. Die hooggelegen boezemkaden en wegen bepalen ook nu nog in belangrijke mate het karakter van het oude Hollandse polderlandschap.

In het Hollandse veen lagen vele meren en plassen. In Noord-Holland waren deze ontstaan tussen de vele eilanden en schiereilanden, door verbindingsdammen en het afdammen van kreeken. Het zoute water was geleidelijk zoet geworden. In Zuid-Holland waren de meren gevormd door vervening (turfwinning). De ontwikkeling van de windmolentechniek maakte het in de 16e eeuw mogelijk om zulke meren droog te

1. Introduction

Drainage up to c. 1770

In the first centuries AD the Low Countries were largely uninhabitable, with the exception of a few regions of higher sandy ground. The low-lying clay areas were fertile, but they were flooded at high tide. The higher peaty moorlands were waterlogged. High salinity made agriculture all but impossible. From early medieval times land was increasingly protected against the sea and rivers by dikes furnished with discharge sluices. Creeks and other inland waters were isolated from sea or river by dams, again with sluicegates. Excess water could be discharged at low tide, and rain gradually removed the salt.

Clay soil in this state becomes well suited for long term agriculture. Peat, on the other hand, may disappear eventually. The three principal causes are drying out, peat cutting and oxidation. Peat may contain large quantities of water, and if this is removed, considerable shrinkage occurs. The peat soil subsides. Also, a considerable quantity is dug out — peat being, at the time, the primary domestic and industrial fuel. To make matters worse, dried-out peat readily oxidizes when exposed to air, and eventually nothing but a thin layer of poor soil remains. Thus the land subsides, and this may be a fairly quick process: one or two metres per century is not uncommon. To keep the land fit for human habitation, gravity drainage is then no longer sufficient — water table control now requires power drainage. The endikements become polders. This first happened in the County (later province) of Holland. The marine clay regions of Zeeland and of the northern parts of Groningen and Friesland suffered less subsidence, so in those regions gravity drainage would remain adequate longer.

At first, the means for power drainage were quite primitive: balers and horse mills. From c. 1400 scoopwheel drainage windmills were gradually installed in all polders. Most of these mills discharged into the dammed-off creeks, which acquired the function of intermediate reservoirs (Dutch **boezem**) for the polder water, which was eventually discharged to outside waters via the sluices. A boezem often served a number of polders.

Through continuing subsidence, by the mid-18th century some polders were one to two metres below boezem level. The height of the boezem dikes had of course been maintained, so these now rose well above the land. The dikes carried roads, and these elevated boezem embankments and roads still largely determine the character of the traditional Dutch polderscape.

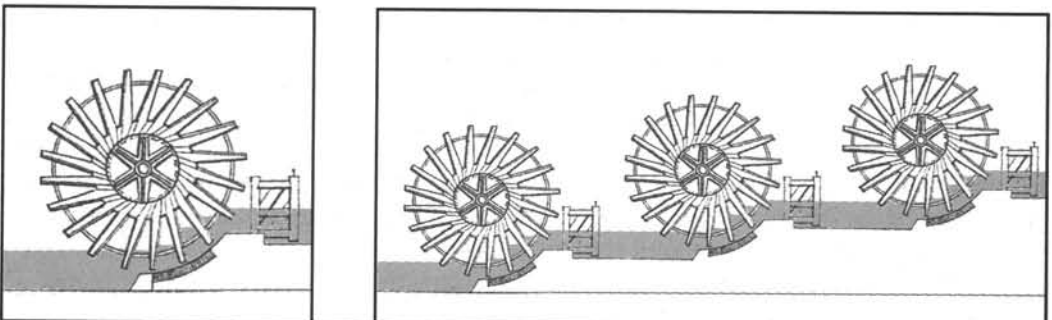
In the moorlands of the county of Holland were many lakes and pools. In the north these were mostly the relics of inlets and creeks between a multitude of islands and peninsulas with interconnecting dams. The water had gradually changed from salt to fresh. In the south virtually all lakes were the result of cutting, digging or dredging peat for fuel. As drainage windmill technology advanced, reclaiming such lakes became

malen. De eerste droogmakerijen waren in 1542 en 1547 twee kleine plassen bij Oudkarspel (benoorden Alkmaar). In 1564 volgde het Egmondermeer, en vanaf 1612 werden, in een ware droogmakingswoede, vrijwel alle grote Noordhollandse meren drooggemalen. De meren waren vrij diep. Een enkel scheprad van praktische grootte kon het water niet meer dan 1,5 à 2 meter opmalen, dus werden twee of drie molens achter elkaar geplaatst in een **molengang** waardoor de maximale opvoerhoogte twee- of driemaal zo groot werd. In Zuid-Holland waren de plassen soms nog veel dieper, en daar liet droogmaking langer op zich wachten.

In de 17de eeuw kwam een andere oplossing voor grotere opvoerhoogte in gebruik, gebaseerd op de schroef van Archimedes. Eerst gebruikte men de gesloten **tonmolen** (tot voor kort nog wel in kleine molentjes aangetroffen), later de **vijzel** in een stilstaande open goot of **opleider**. Een windmolen met vijzel kon een opvoerhoogte van ca.3 meter halen; de vijzel zelf was dan al zo'n 6 meter lang. Nog langere vijzels zouden te veel doorbuigen en dus in de opleider gaan aanlopen.

Al in de 13de eeuw werd rondom West-Friesland — een gebied met vele polders — een beschermende **omringdijk** van ca.130 km lang aangelegd. Dat wijst op krachtig overkoepelend gezag, waarschijnlijk van een klooster. Al spoedig kreeg de waterbeheersing echter zijn eigen bestuurs-structuur, een van de oudste democratische bestuursvormen in Europa. De grondbezitters in een polder (**ingelanden**) kozen een dagelijks bestuur, en daarboven stond de **dijkgraaf**. Een groep polders — met een gemeenschappelijke boezem — vormde een **hoogheemraadschap**, een waterstaatkundig district, ook weer met een gekozen bestuur en een dijkgraaf. Deze waterstaatkundige bestuurs-structuren functioneren tot op heden, al zijn hun taken in de loop der tijd veranderd.

In de 18de eeuw was het nog heel gewoon dat een polder af en toe blank of dras stond, vooral in de winter en het voorjaar. Dat was goed voor de grond, dacht men, en soms liet men daarom wel opzettelijk water in. Er waren nog geen zware landbouwmachines, wintergraan was onbekend, en de boerderijen waren zelfverzorgend, zodat



Een enkelvoudig scheprad en een gang van drie schepraderen; de opvoerhoogte van een scheprad kan niet veel meer zijn dan een kwart van de middellijn.

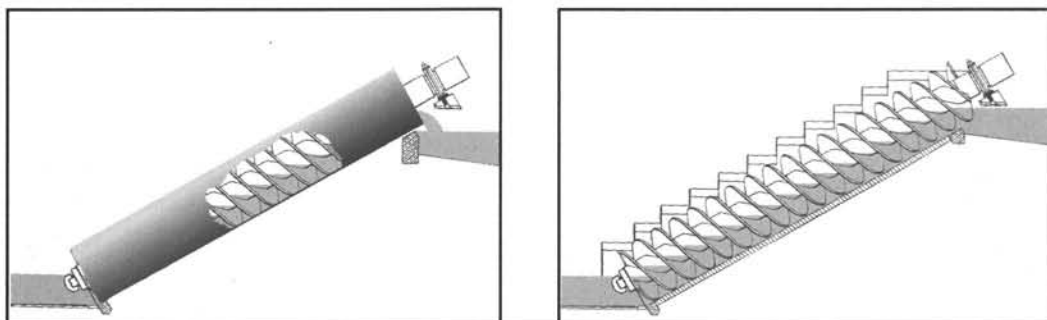
A single scoopwheel and a team of three scoopwheels. The lift of a scoopwheel is limited to about a quarter of the diameter.

feasible in the 16th century. The first such reclamations were two small pools near Oudkarspel (north of Alkmaar) in 1542 and 1547. The nearby Egmond lake followed in 1564, and from 1612 virtually all North Holland lakes were reclaimed during a veritable 'drainage craze'. The lakes were fairly deep. A single scoopwheel of practical dimensions could not lift water more than 1,5 to 2 metres, so two or three drainage windmills were teamed in series — to double or triple the maximum lift. In South Holland the lakes were even deeper, and reclamation came later.

In the 17th century a new solution for increased lift was introduced, based on the Archimedean screw. Initially an enclosed version or **barrel mill** was used, later an open screw in an open semicylindrical sloping channel became common. An Archimedean screw drainage windmill could attain a lift of up to 3 metres, with a screw of about 6 metres length. Longer screws would sag too much, and scrape in the channel.

As early as the 13th century, the West-Friesland district in North Holland was enclosed by a protective encircling dike of c.130 km. Such a large undertaking indicates the existence of a powerful coordinating authority, probably a monastery. Soon, however, water management got its own management structures and bodies, which were among the first democratic administrative structures in Europe. The **landholders** of a polder elected a council, headed by the **dike-reeve**. A group of polders with a common boezem would form a drainage district — often termed **hoogheemraadschap** — again managed by an elected council and a dike reeve. These administrative structures for water management and related duties still function today, although their tasks have evolved.

During the 18th century, marshy periods, even floods, were still quite common — particularly in winter and spring. This was even beneficial for the soil, it was thought, and sometimes water was purposely let in. No heavy cultivating machinery existed, winter cereals were unknown, and the farms were largely self-sufficient so that



Een gesloten vijzel of tonmolen (links) en een open vijzel. Vooral voor de laatste stelt de doorbuiging van de spil — waardoor de schroef in de opleider kan gaan aanlopen — een grens aan de lengte en daarmee aan de opvoerhoogte.

An enclosed Archimedean screw or barrel mill (left) and an open one. Particularly for the latter, sagging of the spindle — which may cause scraping in the trough — limits the length and thus the lift.

isolement niet erg deerde. Maar de algemene bodemdaling gaf in sommige gebieden wel problemen. Zo hadden de hoogheemraadschappen Schieland en Alblasserwaard geen grote bergboezem, en hun afwatering werd steeds vaker bemoeilijkt door hoge rivierstanden. Zij bouwden toen grote molen-batterijen om het boezemwater toch te kunnen lozen. De molens van de Alblasserwaard — te Kinderdijk, zie afbeelding in hoofdstuk 19 — zijn nog compleet en intact, en vormen nu een belangrijke toeristische attractie.

Bevredigend was de toestand echter niet. De wind is grillig, en hoewel men wel kon rekenen op een *gemiddeld* aantal dagen goede maalwind — zo'n 40 tot 60 per jaar — kan men niet rekenen op wind als die het meest nodig is. Als het wèl waait, en de wind is westelijk, waait het zee- of rivierwater op en de boezem kan niet lozen. Door het malen van de polders wordt het boezempeil steeds hoger. Uiteindelijk resulteert zo'n *aangemalen* boezem in een maalverbod voor de polders. Als die dan in het voorjaar erg lang blank stonden, konden de landbouw en het weiden van het vee soms pas maanden later beginnen. Dat gaf problemen, maar een oplossing daarvoor was niet beschikbaar, en men moest er dus wel mee leven.

Dat was de toestand rond 1770, toen in Rotterdam de eerste plannen voor bemaling met stoomkracht werden gesmeed.

Polderlandschap bij Enkhuizen, door een onbekende schilder omstreeks 1615. De polder Het Grootslag was ontstaan door het bedijken van schorren en lag — toen dit schilderij gemaakt werd — ook na enig inklinken niet ver beneden zeeniveau. Het land waterde via de sloten af naar het boezemwater op de achtergrond. Dat kon bij eb zijn water op de zee lozen via sluisen in de dam links. Op de dam staan ook (nauwelijk te onderscheiden) enkele windmolens die daarbij zo nodig konden helpen.



isolation did not hurt a great deal. Some regions did suffer, however, from the general subsidence. Several districts in the south had only small boezems, so that subsidence and high river levels increasingly impeded gravity discharge. They built large arrays of scoopwheel windmills for power discharge of the boezem. The two Alblasserwaard windmill groups at Kinderdijk are still intact (see the illustration in chapter 19), and they are now an important tourist attraction.

The situation was not satisfactory, however. Wind is a fickle power source and — though the *average* number of days with a suitable mill wind is fairly well settled at 40 to 60 per annum — one cannot always rely on wind when it is most needed. If there were a good wind, but blowing westerly, it would raise the sea and river levels, and the boezem could not discharge sufficiently. Its level would eventually rise to a point where it could not take any more polder water. Further discharge from the polders would then be prohibited. If this occurred for long periods in spring, agriculture and cattle grazing might be delayed for months. There was no ready cure for these problems, which thus simply had to be endured.

Such were conditions about 1770, when the first plans for steam powered drainage were being hatched in Rotterdam.

Polderscape near Enkhuizen, painting by an unknown artist c.1615. The Polder Het Grootslag consisted of endiked salt-marshes, and after some subsidence it was — at the time of painting — still not very far below sea level. Ditches drained the land onto the boezem in the background. At low tide this could discharge to the sea via sluices in the dam on the left. On the dam stand a number of windmills (barely discernible) to assist boezem drainage if necessary.



2. De aanloop naar het eerste stoomgemaal

1757-1774

In Nederland hadden de polders een waterprobleem, in Engeland moesten de mijnen ontwaterd worden. In 1698 patenteerde Thomas Savery (ca.1650-1715) een apparaat waarin stoom rechtstreeks in een vat met water werd toegelaten om dat leeg te persen via een uitlaatklep. Als de stoom daarna condenseerde ontstond een vacuum, dat via een inlaatklep weer water aanzoog. Dit apparaat was echter niet zelfwerkend en voor het gebruik in de mijnen waren ondergrondse stoomketels nodig met een voor die tijd gevaarlijk hoge druk. Daarom sloeg het als mijnpomp niet aan. Voor watervoorziening e.d. werd de Savery pomp wel gebruikt, als het zeer lage rendement van 0,2 à 0,3% geen bezwaar was.

Rond 1710 bouwde Thomas Newcomen (1663-1729) de eerste bruikbare stoommachine voor mijn-bemaling. Het rendement verdubbelde, en de machine was zelfwerkend (zie de beschrijving aan het einde van dit hoofdstuk). Er zijn honderden van deze machines gebouwd. Toen ze bij de mijnen goed voldeden, zijn ze ook gebruikt voor watervoorziening en zelfs voor het vullen van molenvijvers voor waterraderen. Dat laatste is minder vreemd dan het lijkt: een bruikbare stoommachine met draaiende beweging kwam pas veel later, en als toevoeging aan een bestaande watermolen was zo'n vrij goedkope pompmachine in periodes met watergebrek goed bruikbaar.

Newcomen's atmosferische machine was een opzienbarende nieuwigheid die in een behoefte voorzag. Er werd veel over gesproken en geschreven. Bekend en wijd verspreid is de beschrijving door J.Th. Desaguliers, waaruit op de volgende bladzijden twee platen zijn overgenomen.

Hoewel de anonieme vertaler in zijn voorwoord schreef, dat deze vuurmachines aan te bevelen waren voor de strijd tegen het water in ons land, lag die toepassing toch niet direct voor de hand. In de Engelse mijnen moest het water vaak van honderden meters diep worden opgepompt, maar de hoeveelheid was betrekkelijk klein. Voor de Neder-

*Het rendement van een stoommachine is het deel van de toegevoerde energie dat nuttig gebruikt wordt. Men geeft het tegenwoordig op als breukdeel of als percentage, bijvoorbeeld de nuttige pomparbeid als percentage van de chemische energie in de daarvoor verbruikte brandstof, beide uitgedrukt in dezelfde eenheid. Vroeger rekende men als toevoer de hoeveelheid verstoekte kolen. De pomparbeid werd op verschillende manieren gemeten, en beide werden in diverse eenheden uitgedrukt. John Smeaton was de eerste, die een standaard voor vergelijking vastlegde, de **duty**: het aantal pounds (0,45 kg) water dat één foot (0,3 m) kon worden opgevoerd door het verstoken van één bushel (38 kg) beste stoom-kolen uit Wales. Later kwam een andere maat in zwang: het aantal kg kolen dat verbruikt werd om 270 000 kg water één meter op te voeren (1 water-paardekracht-uur of wpkh noemde men dat). Toen men de verbrandingswarmte van de kolen ging uitdrukken in dezelfde eenheid als de pomparbeid, werd omrekenen op een percentage (of breukdeel) mogelijk: D miljoen ftlb/bushel is ca. D/10% en M kg/wpkh is ca. 8,35/M%. Het bereiken van een hoog rendement (dus een laag kolenverbruik) was van groot belang voor de gebruikers van stoomkracht. Dit was tot het midden van de 19e eeuw echter een zaak van ervaring en praktijkproeven. Toen legden Carnot, Clausius, Kelvin en Joule de theoretische basis voor een meer gerichte aanpak.*

2. Run-up to the first steam drainage

1757-1774

While in the Netherlands the polders had drainage problems, in England the mines needed dewatering. In 1698 Thomas Savery (c.1650-1715) patented a device in which steam was admitted to a vessel filled with water, to force the water up via a delivery valve. As the steam subsequently condensed, the vacuum created would draw up a fresh charge of water via a suction valve. This device was not self-acting, however, and for mine drainage it — and the dangerous high pressure boiler — would have to be located underground. So for mines it did not catch on. Savery pumps were used for

*The **efficiency** of a steam engine is the portion of the energy supplied that is effectively used for the designated purpose. Nowadays it is usually given as a fraction or as a percentage, e.g. the pump work performed on the water raised, as a percentage of the chemical energy in the fuel used, both expressed in the same units. Formerly, the supply was measured as quantity of coals, and pump work was measured in diverse ways, and both were expressed in various units. John Smeaton was the first to lay down a standard, termed **duty**, and defined as the quantity of water, measured in pounds (0,45 kg) which could be raised one foot (0,3 m) using one bushel (38 kg) of best Welsh steam coal. Later another measure became common, the quantity of coal (in kg) used to raise 270 000 kg water one metre (this was termed one water-horsepower-hour or whphour). As common units for fuel heat and mechanical work became common, conversion to a percentage (or fraction) became possible: D million ftlb/bushel is $c.D/10\%$, and M kg/whphour is $c.8,35/M\%$. Achieving high efficiency (i.e. low fuel consumption) was of evident importance to steam users. Until the mid-19th century this was largely a matter of experience and of practical trials. Then Carnot, Clausius, Kelvin and Joule laid the theoretical foundations for a more directed approach.*

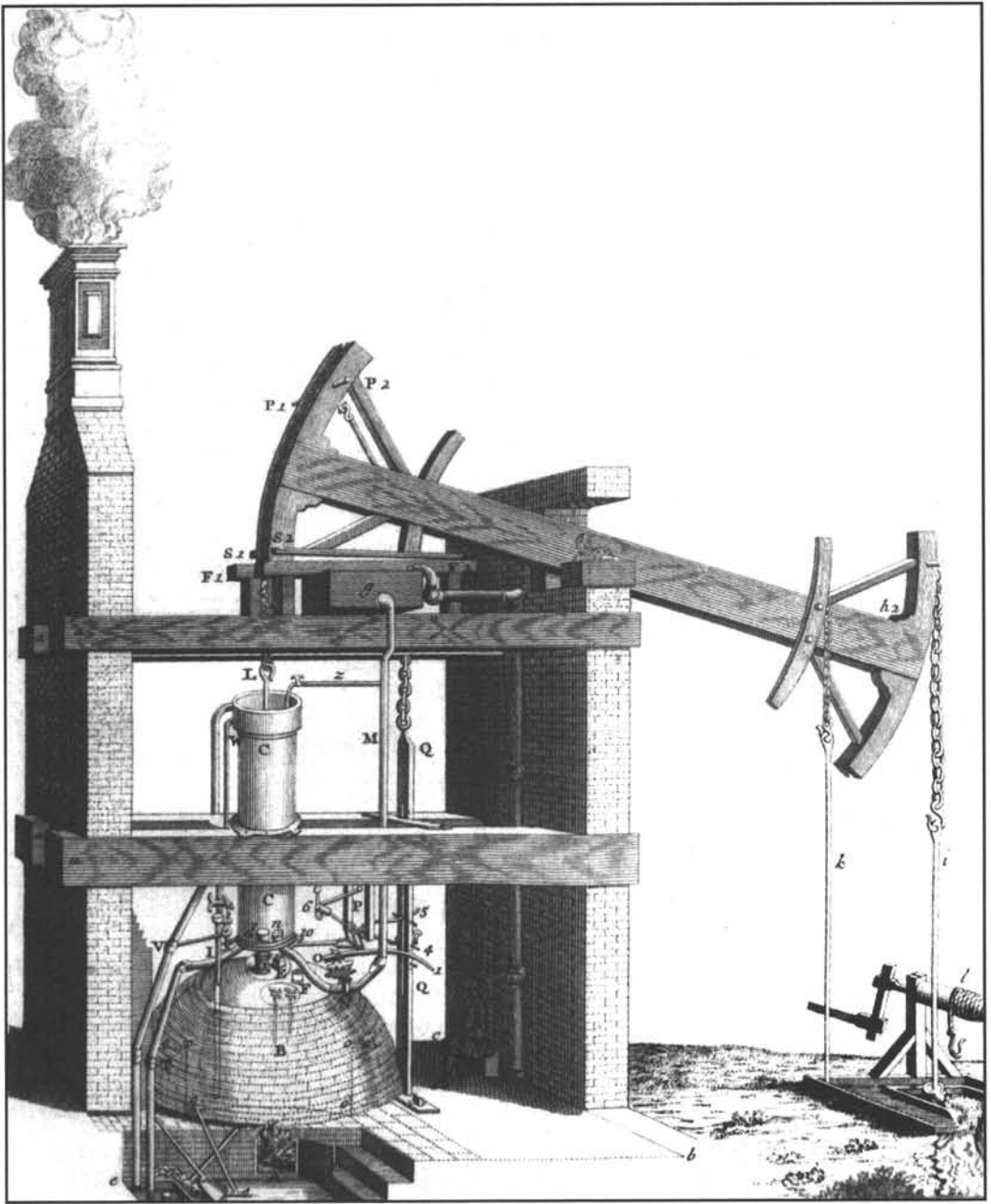
water supply, in cases where the very low efficiency of 0,2 to 0,3% could be accepted.

About 1710 Thomas Newcomen (1663-1729) built the first practical steam engine for draining mines. Efficiency doubled, and the engine was self-acting (see the description at the end of this chapter). Hundreds of these pumping engines were built. As their usefulness for the mines became evident, other uses were found, such as public water supply, and even pumps to fill water-wheel reservoirs. The latter is not as strange as it sounds: it was still some time before the development of a practical rotative engine, and the addition of a fairly cheap pump to a waterwheel could extend its operating period in times of water shortage.

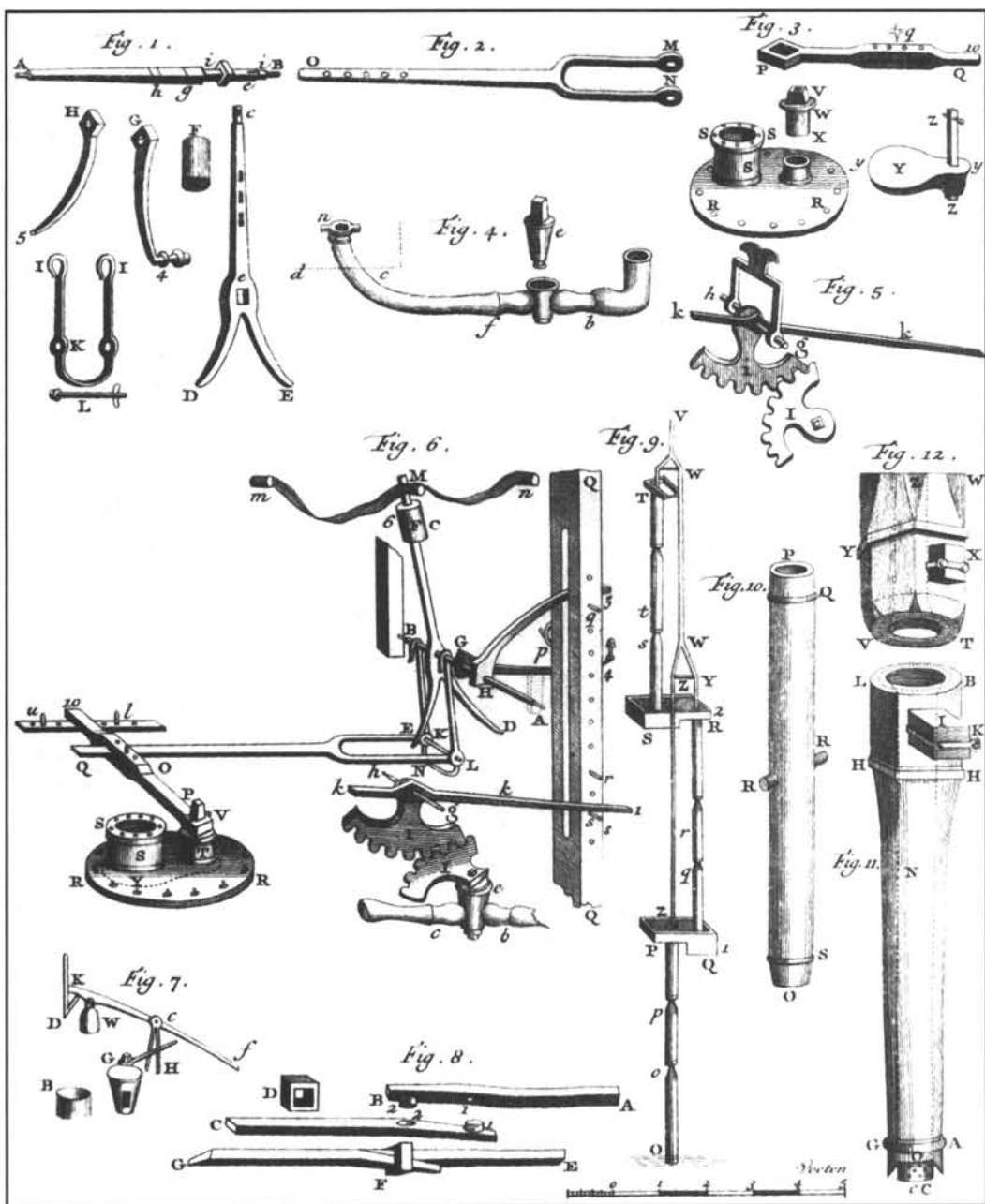
Newcomen's atmospheric engine was a sensational innovation, which satisfied an obvious need, and so it was talked and written about a good deal. One widely read account was given by J.Th. Desaguliers. Two plates from the

Dutch translation are reproduced on the following pages.

The anonymous translator stated in his preface, that these fire engines were to be recommended for the struggle against the water in the Low Countries, but such a use was not immediately self-evident. In the English mines a modest quantity of water had to be raised from great depth. For polder drainage in Holland it was the other way



Twee platen over de atmosferische pompmachine uit het boek 'De Natuurkunde uit Onder-
 vindingen Opgemaakt' van **Jean Theophile Desaguliers (1683-1744)**, lector in
 proefondervindelijke wijsbegeerte in Londen. Vanaf 1715 was hij 'curator of experiments'
 van de Royal Society. Hij reisde veel en hield op vele plaatsen lezingen. Ook in Nederland — wat
 hem in contact bracht met H. Boerhaave (1668-1738) en W.J. 's Gravesande (1688-1742), die
 volgens sommigen de hand had in de (anonieme) Nederlandse vertaling van Desaguliers' boek.



Two plates on the atmospheric pumping engine from the Dutch edition of the book 'A Course of Experimental Philosophy' by **Jean Theophile Desaguliers (1683-1744)**, lecturer of experimental philosophy in London. From 1715 he was curator of experiments to the Royal Society. He lectured in many places, including the Netherlands. Here he met H. Boerhaave (1668-1738) and W.J. 's Gravesande (1688-1742), whom some suspect of being the (anonymous) translator of Desaguliers' book.

landse polderbemaling lag dat juist andersom. Scheprad en vijzel voldeden daarvoor goed, maar de eerste stoommachines konden die draaiende werktuigen niet aandrijven; men zou dus op pompen moeten overgaan. Terzijde kan nog worden opgemerkt, dat stoomkracht voor andere doeleinden (fabrieken e.d.) ook in Engeland nog in de kinderschoenen stond; in Nederland met zijn hoog ontwikkelde gebruik van windkracht dacht men daar nog helemaal niet aan.

Stoomkracht is in Nederland in feite ingevoerd door Steven Hoogendijk (1698-1788), een klokkenmaker in Rotterdam. Hij werd in 1745 belast met het toezicht op de windmolen voor de verversing van het grachtwater. Zo werd hij geconfronteerd met het eeuwige probleem van de molen die niet kan werken als hij het meest nodig is: in warme windstille perioden gingen de grachten — die tevens als riool dienden — hevig stinken. In Desaguliers had hij gelezen over de Engelse vuurmachines. In 1755 sprak hij met John Smeaton — de bekende Engelse ingenieur, die een rondreis in de Lage Landen maakte. Ongetwijfeld kwam daarbij de vuurmachine ter sprake. Om nog meer aan de weet te komen stelde hij een studiereis voor. In 1757 werd stadsopzichter Maarten Waltman naar Londen gezonden om rapport uit te brengen over de waterleiding-machines daar. Diens instructies en rapport staan in bijlage 1. Daaruit blijkt wel dat hij er maar weinig van gemaakt heeft.

Hij kon niet vaststellen hoeveel water de machine per minuut oppompte, dus moest hij afgaan op de Engelse opgave. Die vond hij zó laag, dat hij de machine voor bemaling volkomen nutteloos vond. Dat berustte waarschijnlijk op onvoldoende begrip van opbrengst, opvoerhoogte, vermogen en de samenhang daarvan, wat hem nauwelijks te verwijten valt.

Het stadsbestuur ontving dus van zijn deskundige een volstrekt negatief oordeel en legde de zaak naast zich neer. Hoogendijk begreep dat zijn invloed te gering was om op eigen kracht door te zetten. Hij liet de zaak enkele jaren rusten en ging toen op typisch 18de eeuwse wijze te werk om verlichte medestanders te mobiliseren: hij begon een geleerd genootschap. In 1769 richtte hij het Bataafsche Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte op, met het algemene doel de voortgang van het toegepaste natuurwetenschappelijk onderzoek

dienstbaar te maken aan de economische en technische ontwikkeling van het vaderland. De duidelijke bijgedachte was echter, om zijn denkbeelden over stoombemaling te verwezenlijken. Medestanders van het eerste uur waren o.a. de arts Lambertus Bicker (1732-1801) en de koopman Jan Daniël Huichelbos van Liender (1732-1809). Er was ook al vroeg contact met de Fries-Amsterdamse natuurkundige en koopman Rinze Lieuwe Brouwer (ca.1728-?), die overigens pas in 1779 lid werd.

In het zeventiende-eeuwse Europa ontstond — vooral onder de invloed van Isaac Newton (1643-1727) — een beoefening van wetenschap (of wijsbegeerte zoals het toen meestal werd genoemd) waarin waarneming en proeven de hoofdrol speelden. Er werden geleerde genootschappen opgericht, die deze nieuwe manier om kennis te verzamelen wilden bevorderen en verbreiden, het eerst in Engeland (Royal Society, 1663) en Frankrijk (Académie Royale des Sciences, 1666). Zij deden zelf proeven, schreven prijsvragen uit, en verzorgden lezingen. In Nederland was in 1752 de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen de eerste. Dit genootschap bestaat nog, evenals het Bataafsche Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte (1769), het Zeeuwsche Genootschap der Wetenschappen (1769) en nog enkele andere.

round. The scoopwheel and the Archimedean screw answered well, but the early steam engines could not drive those rotative devices, and pumps would have to be used instead. As an aside it may be noted, that other uses for steam power (industry etc.) were only starting to emerge in England, and that such uses were at the time (c.1750) quite unimaginable in Holland with its highly developed rotative wind power technology.

Steam power was effectively introduced in the Netherlands by Steven Hoogendijk (1698-1788), a clock- and watchmaker from Rotterdam. In 1745 he was charged with the supervision of the windmill for flushing the town's canals. Thus he was confronted with the drainage miller's perennial problem: no wind when it's needed most. Particularly during hot summers a calm would cause the canals — which were open sewers — to produce an unbearable stench. He had read Desaguliers' description of the English fire engines. In 1755 John Smeaton — the well-known engineer — visited the Low Countries, and in Rotterdam he saw Hoogendijk. Fire engines were undoubtedly discussed. To learn more, Hoogendijk suggested a fact-finding mission to England. In 1757 town supervisor Waltman was sent to London to report on the water supply engines in use there. His brief, and his report, are given in Annex 1, showing how little he achieved.

He had not been able to directly ascertain the delivery rate, so he had only the figure quoted by his hosts to go on. This he considered too low for the engine to be of any

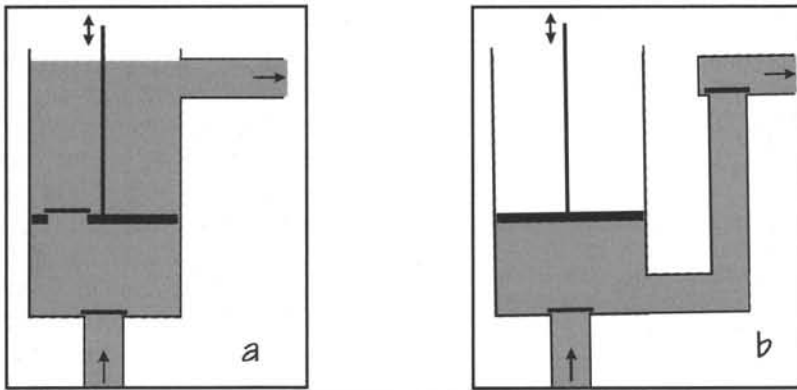
In seventeenth century Europe a way of doing science (or philosophy, as it was usually termed at the time) developed — largely through the influence of Isaac Newton (1643-1727) — which was primarily based on observing and experimenting. Learned societies were established to promote and spread this new way of gathering knowledge. The first of these were in England (Royal Society, 1663) and France (Académie Royale des Sciences, 1666). These societies conducted experiments, set prize subjects, and organized lectures. The first in the Netherlands was the — still active — Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen (Holland Society of Sciences, 1752). Other surviving societies include Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte (Batavian Society of Experimental Philosophy, 1769), Zeeuwsch Genootschap der Wetenschappen (Zeeland Society of Sciences, 1769), and a few others.

use for drainage purposes. This judgment probably stemmed from an incomplete understanding of delivery rate, lift, power and their relationship, for which he can hardly be blamed. The town government thus received from their expert a totally negative assessment, and they put the matter aside. Hoogendijk sensed that he did not have enough influence to pursue the matter all on his own. He let it rest for a few years, and then proceeded in typical 18th century fashion to recruit enlightened supporters: he started a *learned society*. In 1769 he established the *Batavian Society of Experimental Philosophy*, with the general purpose of putting the advances in applied scientific research to practical use for

the economic and technological development of the nation. One other important motive was, clearly, to turn his ideas about steam drainage into reality. Among his first allies were the physician Lambertus Bicker (1732-1801) and the merchant Jan Daniel Huichelbos van Liender (1732-1809). At an early stage there were also contacts with the Friesland-born physicist and merchant Rinze Lieuwe Brouwer (c.1728-?) from Amsterdam, who did not join until 1779, however.

Er waren ook verklaarde tegenstanders van deze nieuwigheid. Voordat het tot een omljnd plan voor het eerste stoomgemaal kwam, speelden Bicker en Brouwer in de jaren 1772-74 een rol in een heftige discussie, die in bijlage 2 is samengevat. In diezelfde tijd bracht de Engelse uitvinder William Blakey (ca.1711-na 1792) een bezoek aan Nederland, om zijn variant van de vuurmachine — gebaseerd op de Savery-pomp met een verbeterde ketel — aan de man te brengen. Hij demonstreerde modellen in Rotterdam, o.a. voor het Bataafsch Genootschap. In 1776 verleenden de Staten van Holland hem een patent; het Amsterdamse stadsbestuur financierde voorts een proef-machine voor het verversen van de grachten. Dat werd een mislukking, waarvan de oorzaken nu niet meer zijn te achterhalen. Blakey lijkt het in Rotterdam goed met de heren van het Bataafsch Genootschap te hebben kunnen vinden, maar twintig jaar later herinnert Bicker zich hem als 'een onkundige en winderige fortuinzoeker'.

Intussen begonnen de ideeën voor het eerste stoomgemaal vastere vorm aan te nemen.

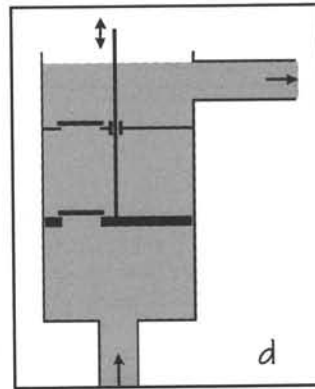
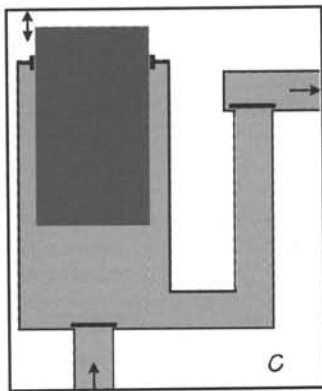


De eenvoudigste waterpompen zijn de enkelwerkende **zuigpomp** (a) en **perspomp** (b). Als de zuiger omhoog gaat, zuigen ze allebei water op via de zuigklep of voetklep — die bij de zuigpomp ook wel het hart genoemd wordt. Voor de zuigpomp is deze opgaande slag tevens de werkslag, waarbij het water omhoog wordt gebracht, meestal naar een uitloop aan de pompbuis. Als de zuiger van een zuigpomp weer daalt, sluit de voetklep en opent een klep in de zuiger, zodat het zojuist aangezogen water boven de zuiger komt voor de volgende werkslag. Voor een perspomp is de werkslag omlaag, het water wordt dan weggedrukt via de persklep. Alle kleppen zijn automatische terugslagkleppen (éénrichtingkleppen). De plunjerpomp (c) is een veel voorkomende variant van de perspomp. Het hart van een zuigpomp kan ook boven de zuiger liggen en wordt dan wel topklep genoemd (d).

The newfangled steam idea also had its adversaries. Before a clear-cut plan for the first steam pumping station emerged, Bicker and Brouwer in 1772-1774 played a role in a heated controversy on the subject, summarized in annex 2.

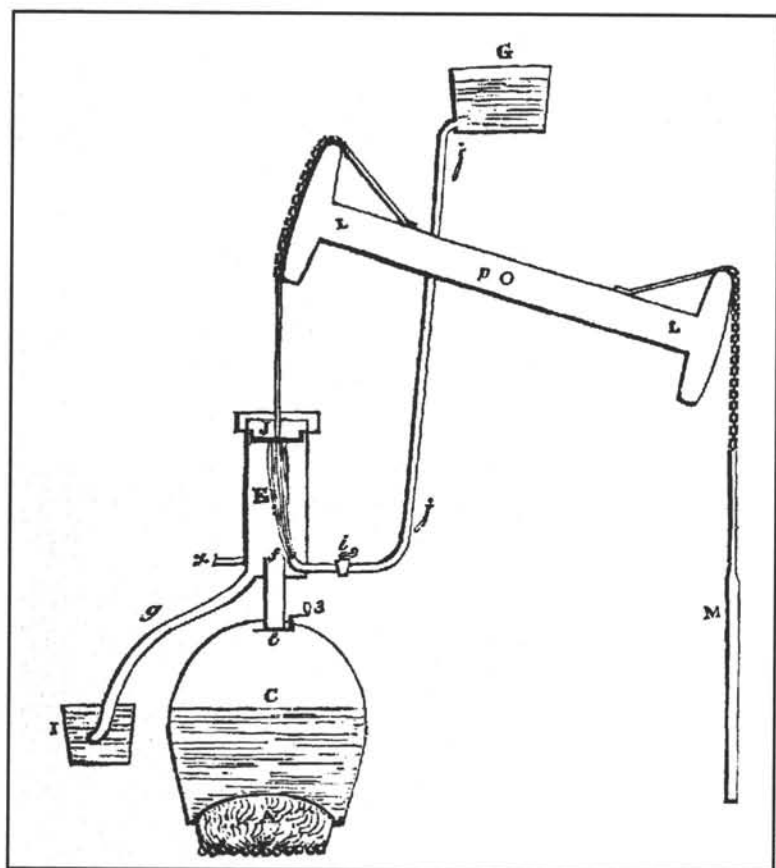
In the same period the English inventor William Blakey (c.1711-after 1792) visited the Netherlands to promote his own version of the fire engine — a modified Savery pump with an improved boiler. He demonstrated models in Rotterdam, for the Batavian Society and others. In 1776 he was granted a patent by the County of Holland, and in Amsterdam the municipality funded a larger scale trial with an engine to cleanse the canals. This ended in failure, the causes of which are now lost in the mists of time. In Rotterdam, Blakey seems to have got on well with the gentlemen of the Batavian Society, but twenty years later Bicker remembers him as 'an incompetent and pretentious adventurer'.

Meanwhile, the ideas for the first steam powered pumping station were beginning to crystallize.



J. Verbruggen

The simplest water pumps are the single acting **lift pump** (a) and **force pump** (b). When the piston rises, both draw water via a suction valve or foot valve. For a lift pump this is also the working stroke, which lifts the water — usually to a spout on the upper cylinder. When the piston of a lift pump descends again, the foot valve closes, a valve in the piston opens, and the water just drawn is transferred to above the piston. For a force pump, the down stroke is the working stroke, forcing the water out via the delivery valve. All valves are of the automatic non-return type. The plunger or ram pump (c) is a quite commonly found form of force pump. The clack valve of a lift pump may be positioned above the piston, and may then be designated as top valve (d).



J.Farey

De oudste pompmachines zijn **balansmachines**. Onder het ene einde van een balans (wiparm, hefbalk, kenterbalk) staat een verticale stoomcilinder, onder het andere een pomp. Er is geen draaiende beweging, alleen op-en-neergaande, zoals bij een moderne 'ja-knikker'. De pomp kan zowel een zuigpomp als een perspomp zijn (zie kader over pompen). In een mijnpomp staat de pomp diep in een schacht, aan een lange pompstang. Balans-pompmachines werden vanaf het midden van de 19e eeuw opgevolgd door andere machinetypen, maar bleven nog bijna een eeuw langer in gebruik.

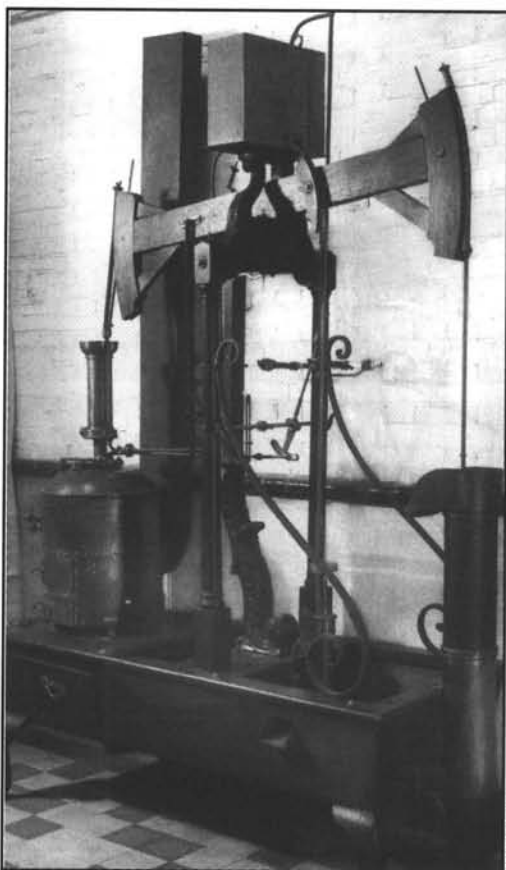
In de **atmosferische machine** of **Newcomen-machine** wordt onder een zuiger in een cilinder stoom gecondenseerd om een luchtledig (vacuum) te veroorzaken. De bovenkant van de cilinder is open. De atmosfeer drukt dan de zuiger omlaag en tilt daarmee de belasting aan de pompstang op. Laat men nu opnieuw stoom met iets hogere dan atmosferische druk onder de zuiger toe, dan gaat die weer omhoog — vooral door het gewicht van de pompstang — zodat de cyclus zich herhaalt. De atmosfeer levert de pomparbeid (vandaar de naam) en die wordt teruggegeven door stoom en zwaartekracht. Het condenseren gebeurt door het inspuiten van koud water in de cilinder. De kleppen worden bediend door de balans middels het **kloswerk**; de machine is dus zelfwerkend. Het steeds opwarmen van de cilinderwand — na afkoelen door het inspuitwater, ca. tien keer per minuut — kost veel extra stoom, het rendement is dus laag: 0,5 tot 0,8%. De Engelsman **Thomas Newcomen (1663-1729)** bouwde omstreeks 1710 de eerste bruikbare atmosferische pompmachine. Men noemde deze en soortgelijke apparaten vaak **vuurmachines**, want het gebruik van vuur was een van hun opvallende aspecten.

links: *Atmosferische machine, naar een schets van John Farey (1827); de pomp — die bijv. onderin een mijnschacht kan staan — is niet getekend, de pompstang M wel.*

at left: *Atmospheric engine, after a sketch by John Farey (1827). The pump — which might be down a mineshaft — has not been drawn, only the pump rod M.*

rechts: *Model van een atmosferische machine, door J. Paauw (1774); de pomp met uitloop staat rechts.*

at right: *Model of an atmospheric engine by J. Paauw (1774). The pump (with spout) is on the right.*



J. Paauw

The first pumping engines were **beam engines**. One end of an overhead rocking beam or bob is connected to a vertical steam cylinder, the other end to a pump. Motion is not rotative, just up-and-down, like in the modern 'nodding donkey'. The pump may be of either the lift or the force type (see box on pumps). The pump of a mine pumping engine is deep down in a shaft, with a long pump rod. From the mid-19th century other types of pumping engine gradually replaced the beam type which remained in use, however, until well into the 20th century. In the **atmospheric engine** or **Newcomen engine** steam is condensed under a piston in an open-top cylinder, to generate a vacuum. The atmosphere then presses the piston down, which lifts the load on the pump rod. If subsequently fresh steam at a pressure slightly above atmospheric is admitted to the cylinder, the piston rises — mainly through the excess weight of the pump rod — and the cycle repeats. The atmosphere performs the pump work (hence the name), and steam pressure and gravity return this work to the atmosphere. The steam is condensed by injecting cold water into the cylinder. The valves are actuated from the beam via the **valve gear**; the engine is thus self-acting. The alternate heating and cooling of the cylinder wall — about ten times a minute — wastes a lot of steam, so efficiency is very low: 0,5 to 0,8%. The Englishman **Thomas Newcomen (1663-1729)** built the first practical atmospheric engine c. 1710. These engines and some other devices were often called **fire engines** as the use of fire was one of their conspicuous aspects.

3. De Rotterdamse vuurmachine

1776

Toen het Bataafsch Genootschap eenmaal was opgericht, ging Steven Hoogendijk door met zijn pogingen, om voor bemaling de voordelen van stoomkracht boven windkracht aan te tonen. Proefondervindelijk, zoals in de naam van het Genootschap lag besloten. Hij koos een praktisch bemalingsprobleem waar hij mee vertrouwd was: het binnenwater van de oostelijke Rotterdamse binnenstad. De grachten stonden in verbinding met de Rotte, een gekanaliseerde rivier die als boezem diende voor een aantal polders van het hoogheemraadschap Schieland. De grachten vielen dus waterstaatkundig onder de regels van dat hoogheemraadschap. De Rotteboezem loosde zijn overtollig water via sluizen op de rivier de Maas, waarvan de stand nogal wisselde. Als de Maas hoog stond, kon de boezem niet lozen en dan hadden de Rotterdammers last van hoog water in hun grachten. Als de Rotteboezem in de zomer laag stond, loosde Schieland weinig om water te sparen, en de grachten — die ook als riool dienden — vervuilden sterk. Vers water uit de Maas inlaten mocht dan echter niet, omdat de Schielandse windmolens dat later misschien bij gebrek aan wind niet meer zouden kunnen wegmalen. Dichtbij was ook een hogere boezem, die minder problemen zou hebben om het water kwijt te raken — maar er waren weinig of geen middelen om het water uit de Rotteboezem daarnaar op te voeren. Een stoomgemaal kon onafhankelijk van de wind malen en zou dus beide problemen kunnen oplossen.

Nabij de Oostpoort stond een zware bakstenen voormalige kruittoren, naast de sluis tussen Rotteboezem en hoge boezem. Dit was de ideale plaats voor een gemaal om stadswater op te voeren naar de hoge boezem. In 1771 diende het Bataafsch Genootschap bij het stadsbestuur een verzoek in, om daar een gemaal te mogen bouwen. Als dit aan het doel zou beantwoorden, zou de stad het moeten overnemen. Het stadsbestuur wees het verzoek af, en deelde mee dat het zich noch met de stichting, noch met enig gevolg daarvan wilde inlaten — misschien klonk het rapport van Waltman nog na

Hoogendijk gaf het niet op, en besloot de machine dan maar helemaal zelf te financieren. Er was nog wel toestemming van het stadsbestuur nodig, maar hij vond het beter om zich niet meer persoonlijk met die onderhandelingen te bemoeien. Die werden verder gevoerd door de in hoofdstuk 2 al genoemde Van Liender. Een nieuw verzoek — nu zonder aankoopclausule, maar met vrijdom van stadsaccijns op materialen en brandstof — werd in 1774 ingewilligd. Ongeveer gelijktijdig verleenden ook de Staten van Holland zo'n vrijdom. Ook het hoogheemraadschap Schieland verleende zijn toestemming en de Admiraliteit van de Maze stond toe, om het smeedwerk op haar werf te laten maken, tegen kale kostprijs.

Men koos voor een atmosferische stoommachine van het type dat Newcomen 60 jaar eerder had ontwikkeld. Waarom? Waarschijnlijk omdat dit naast de minder efficiënte

3. The Rotterdam fire engine

1776

Once the Batavian Society had been established, Steven Hoogendijk continued his efforts to demonstrate the advantages of steam power over wind for drainage; experimentally, as the name of the Society implied. He therefore selected a practical drainage problem with which he was familiar, the canals of the east central part of Rotterdam. These canals communicated with the Rotte, a canalized river which served also as boezem for a number of polders in the Schieland drainage district. This meant that the hydraulic aspects of the canals came under the jurisdiction of Schieland. The Rotte-boezem discharged its excess water into the Maas (Meuse) river via sluices. The river level was quite variable. If it was high the boezem could not discharge, and the inhabitants of the town would suffer from high water in their canals. On the other hand, if the Rotte-boezem was low in summer, Schieland would conserve water by discharging little. Then the canals — which doubled as sewers — would become severely polluted. However, no intake of fresh water from the Maas would be allowed, as the windmills of Schieland through lack of wind might not be able to discharge it later. Nearby was a higher level boezem, which would have fewer problems in discharging the polluted water — but adequate means to raise the Rotte-boezem water were lacking. A steam pump could do this, independent from wind conditions, and might thus solve both problems.

Near the East Gate stood a massive brick-built former gunpowder magazine, right next to the sluice separating the Rotte-boezem from the high level boezem. This would be the ideal location for a steam pumping station to raise the town water. In 1771 the Batavian Society applied to the municipality for permission to build a pumping station here. If this would answer its purpose, the town would have to purchase it. The municipality rejected the request, stating that it would have nothing to do with either the building of the pumping station, or with any of its consequences — maybe there were still echoes of the Waltman report

Hoogendijk would not give up, and he decided to fund the project himself. Permission from the municipality was still needed, but he judged it would be preferable for him not to be directly involved in the negotiations. These were from here on conducted by Van Liender, already mentioned in chapter 2. In 1774 a renewed request for permission — without the purchase clause, but including exemption from town excise duties on materials and fuel — was granted. The County of Holland granted a similar exemption, the Schieland drainage district gave permission, and the Rotterdam Admiralty allowed the ironwork to be made in their forge at bare cost.

The decision was taken to build an atmospheric engine of the type first constructed by Newcomen 60 years earlier. Why ? Probably because Hoogendijk and his friends

Savery pomp het enige type was dat Hoogendijk en zijn vrienden bekend kon zijn. Weliswaar had James Watt in 1769 een sterk verbeterde machine gepatenteerd, en in datzelfde jaar had Van Liender al met hem gecorrespondeerd, maar Watt zal zich daarbij niet over zijn uitvinding hebben uitgelaten: pas eind 1775 had hij de praktische problemen onder de knie. In dat jaar las Van Liender er over in een publicatie, en hij schreef meteen om nadere informatie. Het vuurmachine-project in Rotterdam was toen echter al zo ver gevorderd, dat omschakelen op de nieuwe machine teveel vertraging en kosten zou opleveren.

Het peil van beide boezems variëerde nogal en het gemaal moest dus geschikt zijn voor wisselende opvoerhoogte — van vrijwel nul tot ongeveer 1,8 meter. Dat was een probleem, vooral voor de vroegste stoommachines (zie kader). Hoogendijk koos de volgende oplossing: hij stelde een aantal pompen op, die elk apart of samen aan de machine gekoppeld konden worden; bij kleine opvoerhoogte méér pompen, bij grote opvoerhoogte minder. Hij bedacht daarvoor een bijzondere constructie, uitgaande van de gewone balans.

Daaraan is ruimte voor het aansluiten van twee pompen, elk met een ketting opgehangen aan de balans. De binnenste pomp maakt een kleinere slag en brengt dus minder water op. Hoogendijk wilde echter tot acht pompen kunnen aansluiten, en daarvoor ontwierp hij vier extra balansen, die ter weerszijden van de hoofdbalans op de verlengde as zijn bevestigd. Alle vier waren aan hun binnen-eind voorzien van tegen-gewichten. De twee binnenste hulp-balansen konden elk twee pompen bedienen, de twee buitenste elk één. Voor het bewegen van die balansen is de houten as veel te zwak, en dus werd onder de buiten-armen een stevige houten koppelconstructie gemaakt.

De acht pompen waren alle van hout, versterkt met ijzeren banden. Om de wrijving te beperken hadden de pompzuigers vrij veel speling — de bijbehorende lekkage namen op de koop toe.

De gietijzeren stoomcilinder, deksels, pijpen, en de losse platen voor de ketel werden besteld bij de New Willey gieterij van John Wilkinson in Broseley, Engeland. In januari 1775 kwamen ze uit Chester aan. Het sloop- en bouwwerk werd opgedragen aan een aannemer en voor het werktuigkundige deel arriveerde in juni de Engelsman Jabez

Bemaling heeft vaak te maken met wisselende opvoerhoogte. Het peil van de zee of rivier, waarop men wil lozen, variëert. Het boezempeil schommelt ook. Tijdens het droogmalen van een meer neemt de opvoerhoogte naar de boezem geleidelijk toe. In de beginperiode was het lang niet eenvoudig om een stoomgemaal daarvoor geschikt te maken.

*De kracht, die de stoomzuiger uitoefent, is het drukverschil over de zuiger maal het oppervlak ervan. Voor een atmosferische machine was het drukverschil gelijk aan het verschil tussen de atmosferische druk boven de zuiger en het vacuüm eronder. Daar viel dus niet veel aan te variëren. Voor een Watt-machine was dat — door de vrijwel atmosferische stoomdruk — niet veel anders. Bij een gegeven machine lag de grootte van de stoomzuiger vast, en dus was de **beschikbare kracht** vrijwel onveranderlijk.*

*De **benodigde kracht** op de pomp(en) is gelijk aan de opvoerhoogte maal het pompzuiger-oppervlak. Wilde men die nu bij wisselende opvoerhoogte gelijk houden aan de constante beschikbare kracht, dan was het aanpassen van het pompzuiger-oppervlak de enige mogelijkheid.*

Bij latere machines met hogere stoomdrukken kon ook de beschikbare kracht worden aangepast en dus werd het variëren van de pompen minder belangrijk, zoals men bij de Haarlemmermeer-gemalen (hoofdstuk 14) met enige verbazing vaststelde. Dat aanpassen ging wel vaak ten koste van het rendement.

could only have known about this and the older, less efficient Savery type. It's true that James Watt had patented a much improved engine in 1769, and that he corresponded with Van Liender in that year. It took Watt until late in 1775, however, to iron out the wrinkles and in the meantime he would probably not have discussed his invention with outsiders. Van Liender read about the improved engine in a publication in 1775, and he lost no time in making inquiries. By that time, however, the Rotterdam fire engine project had progressed to a point where a switch to the new engine would have meant unacceptable delays and increased cost.

The levels in both boezems could fluctuate considerably, and the pumping engine

*Drainage is often confronted with **varying lift**. The level of the sea, or of a river into which water must be discharged, fluctuates. Boezem levels vary, too. During reclamation of a lake, lift to the boezem increases gradually. In the early years it was no simple matter to adapt a steam pumping station to such fluctuations.*

*The force exerted by the steam piston equals the product of pressure differential and area. For an atmospheric engine the pressure differential was the difference between atmospheric pressure above the piston, and vacuum below it. Not much room for variation there. For a Watt engine, where steam pressure is virtually atmospheric, the situation was not much different. For a given engine, the piston size was fixed, and so the **available force** was virtually a constant.*

*The **required pumping force** equals the product of lift and pump piston area. If this was to be kept equal to the constant available force, adapting to fluctuating lift could only be done by varying the pump piston area.*

For later steam engines with higher steam pressures, the available force could be adapted, too, and changes to the pumps became less important, as was found for the Haarlemmermeer pumping stations (chapter 14) — to the surprise of some. This increased flexibility usually demanded a price, however, in the form of reduced efficiency.

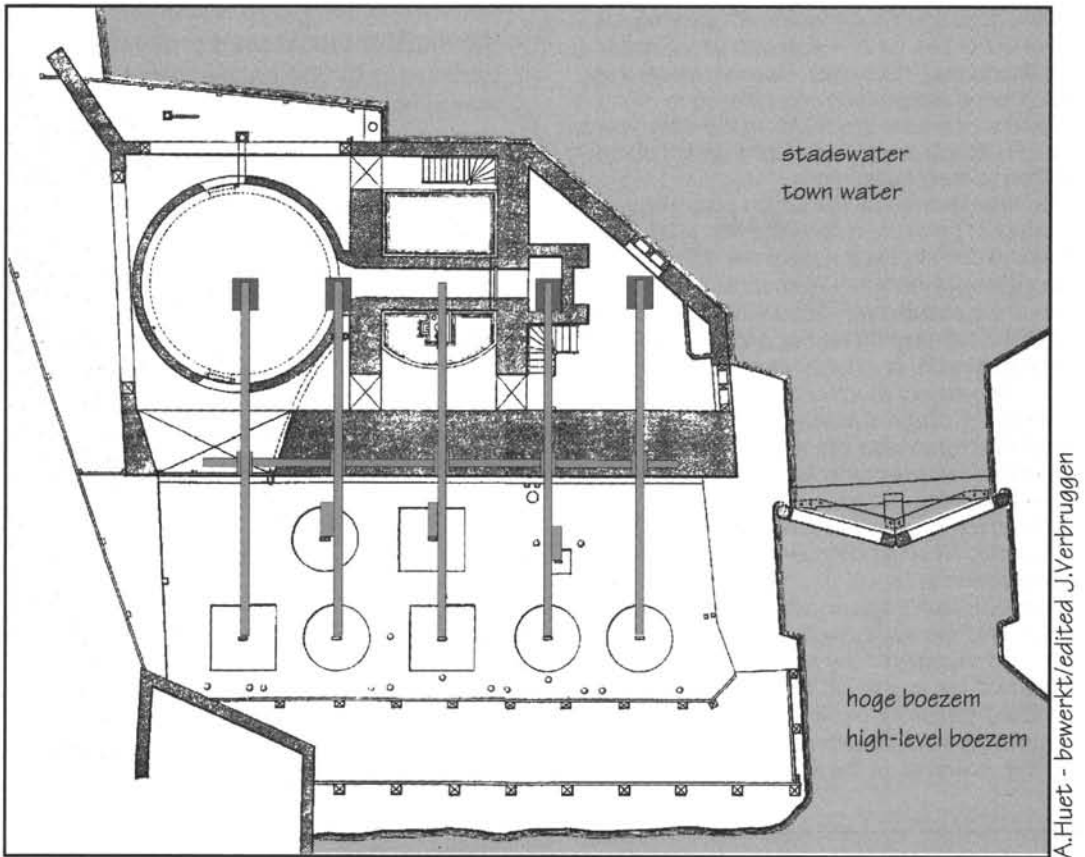
would have to cope with lifts varying between virtually zero and about 1,8 metres. This presented a problem, particularly for the earliest types of steam engine (see box). Hoogendijk opted for the following solution: he installed an array of pumps, which could be connected to the engine singly or in combination; fewer for high lift, more for low lift. To this end he devised a special beam arrangement. His starting point was the basic wooden beam. This has room for two pump chains. The inner pump has reduced stroke length, and as a consequence it raises less water per stroke. Hoogendijk wanted to connect up to eight pumps, and to this end he added four additional beams, two on each side of the main beam, and fitted to its extended axle. The two inner ones could carry up to two pumps each, the two outer ones each served a single pump. The indoor ends of these extra beams were counterweighted. The axle would obviously be too weak to transmit power to these four additional beams, so a stout wooden frame was fitted under the ensemble.

The eight pumps were made of wood with iron hoops and fittings. To reduce friction, the pump pistons were fitted in the barrels with considerable play — the resulting leakage was put up with.

The cast iron cylinder, covers, pipes, and the plates for making the boilers were ordered from John Wilkinson's New Willey foundry in Broseley, England. These arrived from Chester in January, 1775. A contractor was found for demolition and building work and, for supervising the mechanical work, the Englishman Jabez Carter

Carter Hornblower — lid van een beroemde familie van technici. Op 9 maart 1776 werd de machine voor het eerst in werking gebracht.

De vuurmachine werkte goed. De pompen en hun aandrijving waren echter een mislukking. De koppelconstructie voor de zij-armen voldeed niet, en de pompen zelf waren te zwak. Versterking hielp onvoldoende. Hornblower had dit al zien aankomen en stelde voor, om de pompen te vervangen door één grote gietijzeren pomp. Daar wilde Hoogendijk echter niets van weten, want daarmee zou de aanpassing aan wisselende opvoerhoogte verloren gaan. De twee buitenste balansen werden verwijderd, waardoor het maximum aantal pompen tot zes daalde. De beide andere werden ter versterking ook binnen aan de middenbalans gekoppeld.

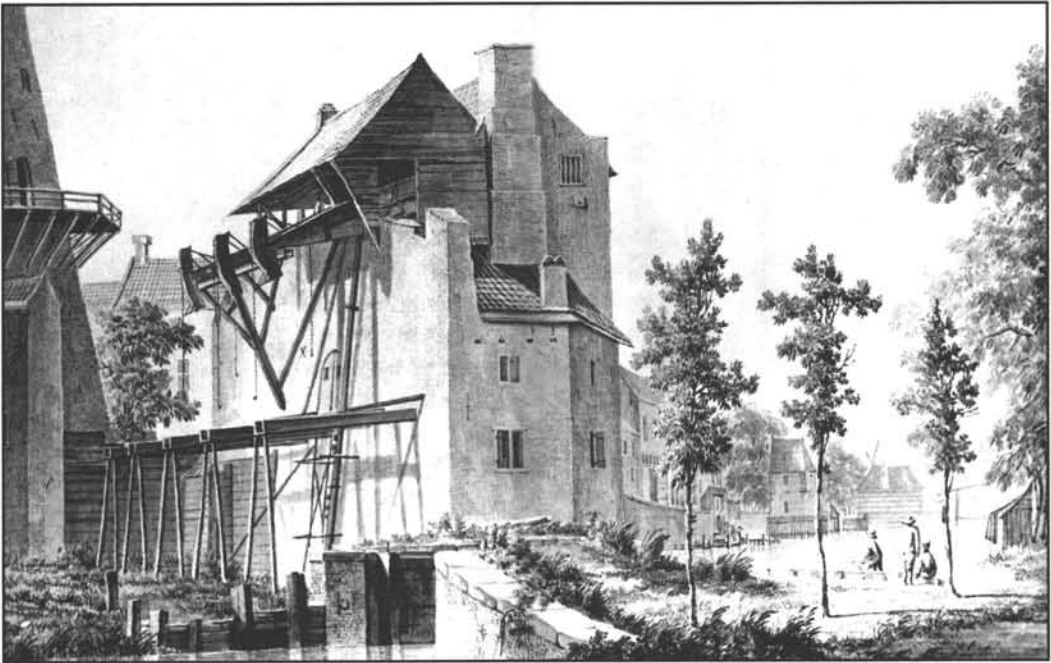


Plattegrond van de Rotterdamse vuurmachine, naast de sluis tussen het stadswater en de hoge boezem. De acht pompen zijn opgesteld in een bassin naast het machinegebouw; ze ontvangen water via een duiker onder het gebouw. De oorspronkelijke vijfvoudige balans is schematisch aangegeven.

Plan view of the Rotterdam fire engine, adjacent to the sluice separating the high level boezem from the town water. The eight pumps have been arranged in a basin adjoining the engine house, supplied via a culvert under the building. A diagram of the original five-fold beam has been superimposed.

Hornblower — member of a famous dynasty of engineers — arrived in June. The engine made her first strokes on 9 March 1776.

The fire engine worked well. The pumps and their driving arrangement were, however, a failure. The coupling frame for the half beams was unsatisfactory, and the pump barrels were too weak. Reinforcement was attempted, but availed little. Hornblower had seen this coming, and he recommended replacing the pumps with a single large cast iron one. Hoogendijk would have none of that, however, as it would nullify his scheme for coping with fluctuating lift. The two outermost auxiliary beams were removed, which reduced the maximum number of pumps to six. The indoor ends of the remaining two were coupled to the main beam to improve rigidity.



Gezicht op de Rotterdamse vuurmachine, aquarel door een onbekende kunstenaar ca. 1780. Op de voorgrond de hoge boezem, achter de sluis ligt het stadswater —deel van de lagere Rotte-boezem. Van de vijf buiten-armen zijn er inmiddels twee verwijderd, onder de armen ziet men de koppelconstructie. De kettingen voor de vijf of zes resterende pompen hangen omlaag — de pompen zelf staan in het bassin onder de balans en zijn niet zichtbaar. Geen ervan is aangekoppeld. De links ten dele zichtbare windmolen is in 1742 op voorstel van Hoogendijk gebouwd met twee schepraderen van verschillende middellijn.

Exterior view of the Rotterdam fire engine, anonymous watercolour c.1780. In the foreground the high level boezem, behind the sluice are the town canals, part of the lower Rotte-boezem. Of the original five outdoor arms, two have been removed, the coupling frame can be seen below. The chains for the remaining five or six pumps hang from the beams — the pumps are in the basin under the beam, hidden from view. None are connected. The windmill seen partially on the left was built in 1742 with two different-sized scoop wheels after a design by Steven Hoogendijk.

In 1778 schreef het Bataafsch Genootschap in Nederland en Engeland een prijsvraag uit voor andere oplossingen voor het afstemmen van capaciteit op opvoerhoogte. Er kwamen dertien antwoorden, vijf uit Engeland en acht uit Nederland; vijf werden uiteindelijk gepubliceerd. John Wright ontving een gouden medaille voor zijn idee om bij grote opvoerhoogte een deel van het bovenwater terug te voeren onder de pomp-

zuiger, om die wat extra opwaartse kracht te geven. Hij stelde bovendien een steviger balansconstructie met slechts drie pompen voor.

William Chapman kreeg een eervolle vermelding; hij stelde voor om de slag van de pomp te variëren via een nogal ingewikkeld mechanisme: een vlotter in de hoge boezem moest, via een servo-mechanisme met een dubbel water-rad, een karretje langs de hoofdbalans bewegen. Dat dreef de pomp aan via een stang en een hulpbalans. Rinze Lieuwe Brouwer bepleitte een gewijzigde pomp-constructie met een steviger en beter gekoppeld stel balansen. John Grieve

stelde voor om de balansmachine te plaatsen op een vlot van 19x19 m in de lage boezem. De machine moest dan een grote bak leegkiepen, die met een scharnier aan een tweede vlot in de hoge boezem zou worden bevestigd. Door het rijzen en dalen van de vloten zou de vulling van de bak variëren met het peilverschil, en dus de opbrengst ook. William Punshon prees een door hem bedachte variant op de atmosferische machine aan, waarvan de stoomcilinder tevens pomp is: stoom boven de zuiger, pompwater eronder. Over variabele opvoerhoogte zweeg hij.

Het bekroonde idee lijkt op een perpetuum mobile, met de daaraan klevende gedachtenfouten; dit is merkwaardig, omdat destijds al principiële argumenten tegen de mogelijkheid van een perpetuum mobile bekend waren. Brouwer houdt zich vooral bezig met constructieve verbeteringen. Zijn tekeningen en berekeningen wijzen op een goed ontwikkeld inzicht en veel ervaring; de voorstellen zien er uitvoerbaar uit.

Punshon's uitvinding biedt geen oplossing voor het hoofd-probleem. De beide overige inzendingen lijken ingenieus, maar ook ingewikkeld en kwetsbaar.

Geen van de voorstellen is uitgevoerd. Men is nog blijven tobben en knutselen tot 1785, toen gaf men het eindelijk op.

Het invoeren van stoomkracht voor bemaling had een gevoelige tegenslag ondervonden — en dat vooral omdat men met een te moeilijk en ingewikkeld project was begonnen.

De Rotterdamse vuurmachine

Atmosferische machine	
Stoomcilinder boring	1,3 m
slag	1,8 m
Aantal slagen	12-15/min
8 zuigpompen 4 rond	1,8 m
3 vierkant	1,8 m
1 vierkant	0,75 m
Opvoerhoogte	0-1,8 m
Vermogen (theor.)	ca.75 kW
Rendement	ca.0,65%

In 1778 the Batavian Society set a prize subject — advertised in the Netherlands and in England — to find other solutions for the problem of adjusting capacity to lift. Five responses were received from England, and eight from the Netherlands; five were eventually published. John Wright was awarded a gold medal for his idea to return some of the water from the upper level to the pump cylinder under the piston, to assist

The Rotterdam fire engine

Atmospheric engine

Steam cylinder bore		1,3 m
	stroke	1,8 m
Stroke rate		12-15/min
8 pumps	4 round	1,8 m
	3 square	1,8 m
	1 square	0,75 m
Lift		0-1,8 m
Power (theor.)		c.75 kW
Efficiency		c.0,65%

in pushing the piston up for high lift. He also proposed a more rigid beam ensemble with only three pumps. William Chapman got honorable mention; he proposed to adapt the pump stroke to the lift by a rather complex mechanism: a float in the upper level would operate a servo mechanism energized by a small bidirectional waterwheel, which would move a trolley along the main beam. This would in turn work the single pump via a link rod and an auxiliary beam. Rinze Lieuwe Brouwer advocated a modified pump design and arrangement, and also a sturdier, more

rigidly coupled beam ensemble. John Grieve proposed to install a beam engine on a 19x19 m raft in the lower level. The engine would tip and empty a large bucket hinged at its other end on a second raft in the upper level. The rafts would rise and fall with the levels, thus varying the degree of filling of the bucket and — as a consequence — the capacity. William Punshon promoted his invention of a variation on the atmospheric engine in which the steam cylinder doubled as the pump, taking steam above the piston and pumping water below. He did not discuss variable lift.

The prize-winning entry resembles a perpetual motion device, with the concomitant conceptual errors; this is peculiar, as some of the fundamental objections to the possibility of perpetual motion were known at the time. Brouwer concerns himself mainly with structural improvements. His drawings and calculations indicate considerable structural know-how and experience; implementation of his proposals might have been effective. Punshon's invention does not address the main problem. The remaining two entries seem ingenious, but they are complex and probably vulnerable.

None of the proposals were implemented. After plodding on for a few more years, the project was finally abandoned in 1785.

The introduction of steam drainage had suffered a severe setback, largely because the demonstration project had been too complex and too difficult.

4. Een bevoeiings-gemaal in Heemstede

1781

Terwijl het werk aan de Rotterdamse vuurmachine zich nog voortsleepte, leverde de al genoemde R.L. Brouwer in 1781 het bewijs, dat de machine van Newcomen wel degelijk geschikt was voor het aandrijven van een pomp met kleine opvoerhoogte. In Heemstede bij Haarlem bezat Jan Hope, lid van de bekende bankiersfamilie, het landgoed Groenendaal aan de oostelijke duinrand. Hij wilde dit naar de mode van de tijd inrichten met waterpartijen — vijvers, geen fonteinen — maar de grondwaterstand was daarvoor eigenlijk te laag. Hij had al een kleine vijzel-windmolen, die water uit de boezem van Rijnland ca.1,5 meter opvoerde naar de sloten en vijvers van het landgoed. Door de grilligheid van de wind kon het gebeuren dat er juist op warme zomeravonden — als de tuin tot verpozing noodde — watergebrek was. Hope vroeg aan Brouwer om een betrouwbaarder opvoerwerktuig te verzorgen. Brouwer ontwierp een atmosferische machine met één pomp. Door de betrekkelijk constante opvoerhoogte trad het probleem van de ongelijkmatige belasting hier niet op. Het gemaal — met gegoten messing of bronzen stoomcilinder en houten pomp — werd geheel in Nederland gemaakt en onder Brouwer's leiding opgesteld. De ijzeren pompzuiger was voorzien van een afdichting van zeildoek en duffel.

Het gemaal van Groenendaal moet vele jaren uitstekend hebben gewerkt en het wordt in diverse toeristische gidsen en verslagen als een bezienswaardigheid genoemd, maar in de technische literatuur wordt het na 1800 niet meer vermeld. Waarschijnlijk is het in onbruik geraakt toen waterpartijen uit de mode raakten. De overblijfselen zijn kort na 1840 gesloopt. De windmolen staat er nog.

De vuurmachine in Heemstede

Atmosferische machine		
Stoomcilinder boring	44,5 cm	
slag	1,57 m	
Zuigpomp boring	94,5 cm	
slag	1,61 m	
Opvoerhoogte	1,5 m	
Vacuum (theor.)	0,68 bar	
Vermogen (theor.)	ca.6,5 kW	
Rendement	onbekend	

4. Steam irrigation at Heemstede

1781

While work on the Rotterdam fire engine was still dragging on, in 1781 R.L. Brouwer — mentioned earlier — demonstrated conclusively that Newcomen's engine could successfully drive a low-lift pump.

In Heemstede near Haarlem John Hope, a member of the well-known banking dynasty, owned the Groenendaal estate on the eastern edge of the dunes. He wanted to have a water garden after the fashion of the time — ponds, no fountains — but the water table was somewhat on the low side. He did have a small Archimedean screw windmill, which could raise water from the Rijnland district boezem c.1,5 metres to the estate's ponds and ditches. The unreliability of the wind would cause water shortage — just when on warm summer evenings the garden would invite repose. Hope asked Brouwer to provide a more reliable water supply.

Brouwer designed an atmospheric engine with a single pump. The lift was quite constant, so the lift-capacity problem did not arise. The pumping station — with a cast brass or bronze steam cylinder and a wooden pump — was entirely manufactured in the Netherlands, and erected under Brouwer's supervision. The iron pump piston had sailcloth and duffel packing.

The engine appears to have worked well for many years, and it is mentioned as a worthwhile sight in various tourist guides and diaries of the time. In the engineering literature it is no longer mentioned after 1800. It probably fell into disuse when water gardens dropped from favour. What remained was cleared in the early 1840s. The windmill still exists.

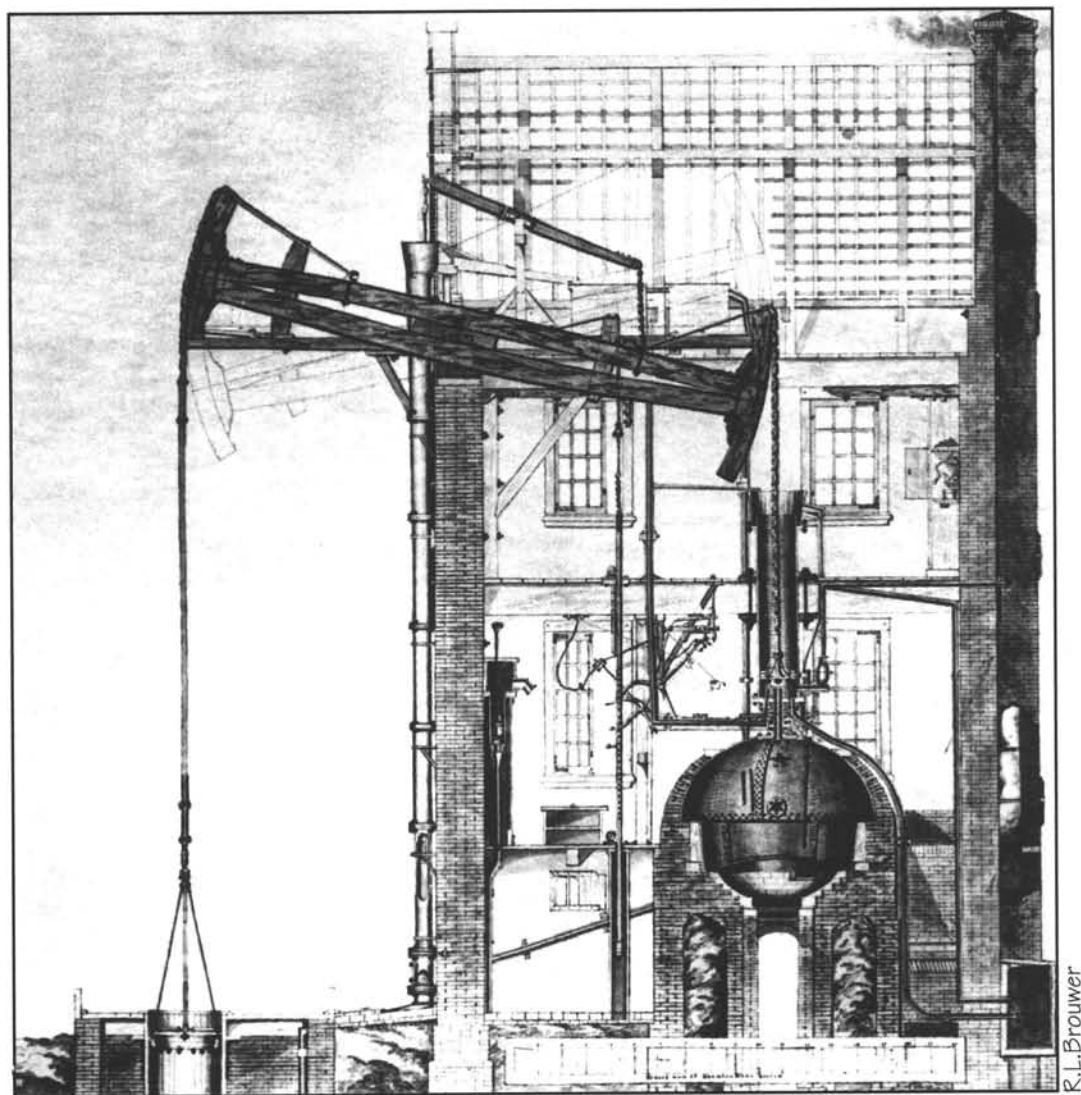
The fire engine at Heemstede

Atmospheric engine		
Steam cylinder bore	44,5 cm	
	stroke	1,57 m
Pump	bore	94,5 cm
	stroke	1,61 m
Lift		1,5 m
Vacuum (theor.)		0,68 bar
Power (theor.)		c.6,5 kW
Efficiency		no data



De vuurmachine en het wind-vijzelmolentje van het landgoed Groenendaal; anonieme aquarel, vermoedelijk ca.1785. De sluis links van de windmolen scheidt het water op het landgoed van het lagere Rijnlandse boezemwater op de voorgrond.

The fire engine and the Archimedean screw windmill of the Groenendaal estate; anonymous watercolour, probably c.1785. The sluiceway to the left of the windmill separates the estate's water from the lower-level Rijnland boezem waters in the foreground.



Langsdoorsnede van het gemaal; tekening uit ca.1780 door de ontwerper en bouwer Rinze Lieuwe Brouwer. Aan de onderkant een (nu onleesbare) schaal van 18 Rijnlandse voeten (ca.5,65 m). De tekening toont vele details van ketel, cilinder, kleppenbediening, balans en pomp. Een kleine hulpbalans bedient een pomp in de pijp aan de voorgevel, die water oppompt naar een bak bovenin het gebouw. Daaruit worden o.a. de ketel en de inspuutkoeling gevoed.

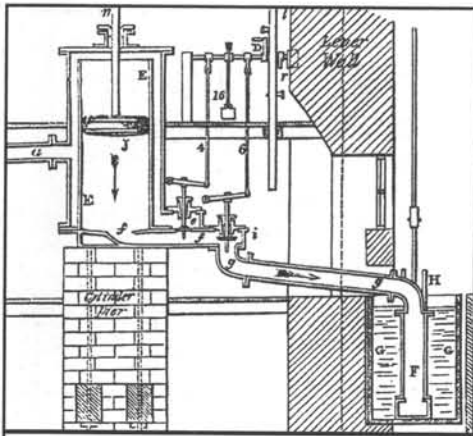
Longitudinal section of the pumping station; drawing made c.1780 by its engineer Rinze Lieuwe Brouwer. At the bottom is a (now illegible) scale of 18 Rijnland feet (c.5,65 m). The drawing shows many details of the boiler, cylinder, valve gear, beam and pump. A small auxiliary beam works a pump in the pipe at the front of the house, raising water for boiler feed, injection etc. to a cistern on the top floor.

5. De Blijdorpse stoommachine

1787

Door de tegenslag met de vuurmachine verloor Hoogendijk zijn vertrouwen in pompen, en hij dacht nu aan proeven met een draaiende trommel. Zijn medestanders zagen daar niet veel in, maar tot 1785 hebben zij toch meegewerkt aan modelproeven, die echter op niets uitliepen. Zo kwam men toch weer terug bij pompen.

Via publicaties en briefwisseling was Van Liender op de hoogte van de ontwikkelingen die door James Watt ingeleid en gepatenteerd waren. Hij wist, welke voordelen daarvan te verwachten waren, met name voor het brandstofverbruik. Dat laatste was belangrijk voor de discussie met tegenstanders, want het gebruiken van in te voeren dure steenkool leek een verkwisting ten opzichte van de wind, die immers — zo voelde men dat — 'gratis' was. In 1784 wist Van Liender eerst de directeuren van het Bataafsch Genootschap en daarna Hoogendijk zelf te overtuigen dat de tijd rijp was voor een nieuwe demonstratie-proef. Met het verbeterde stoomtuig van Watt zou die zeker slagen, als men moeilijkheden aan de pompzijde zou weten te vermijden. Net



als Brouwer (hoofdstuk 4) moest men omstandigheden met vrijwel constante opvoerhoogte kiezen. Hoogendijk trad weer op als financier, voor een bedrag van 25 000 gulden. Het oog van de directeuren viel op de polder Blijdorp, circa 300 hectare groot, bemalen op de Rotterdamse Schie door een flinke schep-rad-windmolen met een opvoerhoogte van ca. 1,75 m. Met veel moeite bewoog men een landeigenaar om voor grof geld een strook land langs de weg voor 8 jaar af te staan — daarna moesten alle opstallen weer weggehaald worden. Gelukkig hadden Schieland

De **Watt-machine** verschilt van de atmosferische machine vooral, doordat het condenseren van de stoom niet meer in de cilinder gebeurt, maar in een apart vat of **condensor F**, door James Watt gepatenteerd in 1769. Daardoor koelde de cilinderwand minder af, zodat minder stoom werd gebruikt. Watt hield de cilinder nog beter warm met een **stoommantel** — een op de stoomleiding aangesloten dubbele wand — en door de cilinder van boven te sluiten en de zuiger met stoom omlaag te drukken in plaats van met de atmosfeer. Die stoom was overigens nog altijd van zeer lage druk en het drukverschil over de zuiger moest dus nog grotendeels komen van het vacuum eronder. Behalve de stoomklep *e* was er nu ook een uitlaatklep *i*, die opende als de zuiger omlaag moest. Een goede Watt-machine kon een rendement van ca. 2,5% halen. Watt kende de mogelijkheid van **expansie** (een derde klep in de stoomleiding *a*, die vóór het einde van de slag wordt gesloten, zie het kader Cornwall-machine bij hoofdstuk 14). De Blijdorp-machine had zo'n klep, maar bij de lage stoomdruk die werd toegepast kan dat niet veel extra rendement opgeleverd hebben.

5. The Blijdorp steam engine

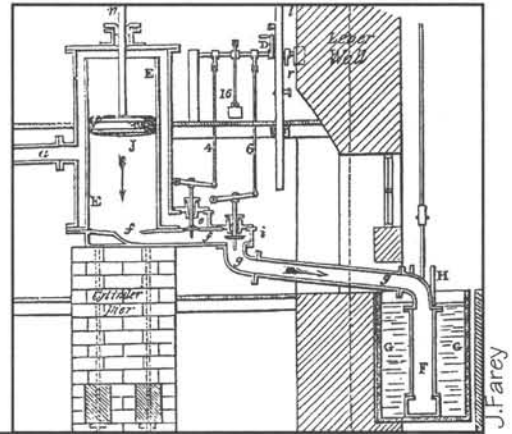
1787

The setback caused by the fire engine made Hoogendijk lose his faith in pumps. He now contemplated experiments with a rotating drum. His allies did not expect much of this, but until 1785 they did cooperate in experiments, which eventually ended in failure. This led them back to pumps.

Through publications and correspondence, Van Liender was informed about the developments initiated and patented by James Watt, and he knew what to expect of these in terms of fuel economy. The latter was important in discussions with opponents, because expensive imported coals appeared to many to be a waste of money compared to the use of wind power, which was perceived as being 'free'. In 1784 van Liender managed to convince first the directors of the Batavian Society, and then Hoogendijk himself, that the time had come for a new demonstrative experiment. Success would be assured if the improved Watt engine were used, and if the pumping problems were avoided. Like Brouwer had done (chapter 4), conditions of virtually constant head would have to be selected.

Hoogendijk once again put up the 25 000 guilders needed for the project.

The eye of the directors fell on the Blijdorp polder, size c.300 hectares, and at the time served by a large scoopwheel windmill raising the water c.1,75 m to the Schie river. With great difficulty a landowner was persuaded to grant — for an outrageous sum — an eight year lease on a strip of land adjoining the road. After expiry all structures would have to be removed. Fortunately, the polder board and the Schieland district made no objections.



The principal difference between the **Watt engine** and the atmospheric engine was, that the steam was no longer condensed in the cylinder, but in a separate vessel or **condenser F**, patented by James Watt in 1769. This reduced the cooling of the cylinder wall, thus reducing steam consumption. In addition, Watt kept the cylinder hot by enveloping it with a **steam jacket** — a double wall filled with steam from the boiler steam pipe a — and by closing the cylinder top, using steam instead of the atmosphere to push the piston down. The steam pressure was still virtually atmospheric, so the pressure differential was still largely generated by the vacuum under the piston. In addition to the steam valve e, an exhaust valve i was fitted, which opened when the piston must descend. The efficiency of a well-built and well-run Watt engine could be up to 2,5%. Watt knew about the possibility of **expansion** (fitting a third valve in the steam pipe a, which is closed before the end of the stroke, see the box Cornish Engine in chapter 14), and the Blijdorp engine had such a valve, but at the low steam pressure used this cannot have improved the efficiency much.

en het polderbestuur geen bezwaren. Enkele omwoners protesteerden, omdat ze brandgevaar en lawaai vreesden, maar het stadsbestuur gaf hun nul op 't request. Van Liender had inmiddels onderhandelingen met Boulton & Watt aangeknoopt. Die waren bereid een complete machine met gietijzeren pomp te leveren, mits de patentbescherming even goed was als die in Engeland. Het bleek nu, dat Watt als vreemdeling wel een Hollands octrooi kon verkrijgen, maar dan zou hij enige maanden in Holland moeten komen wonen. Dat was voor Watt onmogelijk en de volgende oplossing werd gevonden: de Staten van Holland verleenden in januari 1786 een octrooi aan het Bataafsche Genootschap, dat een contract sloot om alle daaruit verkregen baten onmiddellijk aan Boulton & Watt door te geven.

Hiermee waren alle hinderpalen opgeruimd. Er werden grondboringen gedaan om de vereiste heidiepte vast te stellen en in het voorjaar van

1786 begon men met de bouw-werkzaamheden. Er werd een bouwput tot 4,2 m onder het boezempeil gegraven en daarin werden 177 dennen palen van 15 meter geheid. Op die fundering werden het gebouw, de pompbak, de waterlopen en de keersluis opgebouwd. De beschrijving, die Bicker in 1798 gaf, vestigt de indruk dat er heel degelijk werk is gemaakt. In februari en maart 1787 kwamen de machine en de platen voor de koperen stoomketel op het werk aan en in april verscheen Watt's monteur Malcolm Logan voor de montage en afwerking. Er waren geen moeilijkheden en op 15 september 1787 werd de machine in normaal bedrijf getoond aan de nu bijna negentigjarige Hoogendijk, die deze triomf 'tot zijn uiterste genoegen' aanzag.

De capaciteit van het stoomgemaal bleek driemaal zo groot als die van de windmolen. Het voordeel van het op afroep beschikbaar zijn van een vuurmachine werd al gauw doorslaggevend bewezen. Midden november 1787 vroegen drie naburige polders om hulp, omdat de waterstand ca. 0,4 m boven het zomerpeil was gestegen, en ze volledig blank stonden. Er werden verbindings-sloten gegraven en, ondanks veel regenval, waren de polders begin januari 1788 weer op 6 cm beneden zomerpeil.

Na deze prestatie trok het werktuig veel aandacht en bezoek. De Staten van Holland zonden commissies, de Inspecteur-Generaal der Rivieren Chr. Brunings kwam met zijn staf kijken, evenals de hoogheemraden van Rijnland en het stadsbestuur van Rotterdam. Ook de commissie voor de droogmaking van de Mijdrechtse Poel (zie hoofdstuk 6) bezichtigde het gemaal. Allen spraken hun bewondering uit. Op 20 oktober 1790, tenslotte, werden de Bataafsche ondernemers vereerd met een bezoek van Stadhouder Prins Willem V met zijn echtgenote Prinses Wilhelmina en hun beide zoons — waaronder de latere Koning Willem I — en een hooggeplaatst gezelschap met o.a. Raadspensionaris Van den Spiegel. Allen toonden zich zeer geïnteresseerd en de Prinses vroeg waarom, als dit werktuig zo nuttig was, het niet méér werd toegepast. Zij kreeg ten antwoord, dat zij zelf wel zou weten hoe moeilijk het hier ten lande was om nieuwe dingen — hoe nuttig ook — in te voeren.

Nu, dat bleek dan wel spoedig. Het Bataafsche Genootschap stelde aan de ingelanden

De Blijdorpse stoommachine

Enkelwerkende niet-roterende Watt-machine

Stoomcilinder boring	slag	86 cm
		2,13 m
Aantal slagen		15/min
Zuigpomp boring		1,4 m
Opbrengst		48 m ³ /min
Opvoerhoogte		1,75 m
Vereist vacuüm (theor.)		0,46 bar
Vermogen		ca.43 kW
Rendement		ca.1,7%

Some of the local inhabitants did file objections (on grounds of fire risks and noise), but they were overruled by the municipality.

Meanwhile Van Liender had started negotiations with Boulton & Watt. They were prepared to supply an engine complete with cast iron pump, provided patent protection

The Blijdorp steam engine

Single acting nonrotative Watt engine

Steam cylinder bore	86 cm
stroke	2,13 m
Stroke rate	15/min
Pump bore	1,4 m
Capacity	48 m ³ /min
Lift	1,75 m
Req'd vacuum (theor.)	0,46 bar
Power	c.43 kW
Efficiency	c.1,7%

in Holland would be equivalent to that in England. As it turned out, Watt as a foreigner could obtain a patent here, but only if he would take up residence in the country for a few months. This Watt found impossible, and eventually a workaround was devised: in January 1786 the province of Holland granted a patent to the Batavian Society, which entered into an agreement that all proceeds would be transferred to Boulton & Watt rightaway. All obstacles had now been removed. Soil drillings were carried out to determine the required pile depth, and building work started in the spring of 1786. An excavation was made

to 4,2 m below boezem level, and 177 pine piles were driven to a depth of 15 m. On this foundation the building, the pump cistern, the water channels and the automatic sluice were built. Bicker's 1798 description leaves the impression that construction was very solid. In February and March 1787 the engine and the copper plates for the boiler were delivered, and in April Watt's mechanic Malcolm Logan arrived to supervise assembly and commissioning operations. Everything went without a hitch, and on 15 September 1787 the fully operating engine was demonstrated to Hoogendijk, almost ninety now, who witnessed this triumph 'to his utmost joy'.

The capacity of the steam pumping station turned out to be three times that of the windmill. The advantages of drainage-on-demand, as provided by a fire engine, were soon conclusively demonstrated. Mid-November 1787 three neighbouring polders asked for assistance, as their levels had risen to c.0,4 m above summer level, and they were completely flooded. Connecting channels were cut and, notwithstanding heavy rain, early in January 1788 the polders were back to 6 cm below summer level.

This feat created a lot of interest — and visitors. The administration of the province of Holland sent several committees, the Inspector General of the rivers Chr. Brunings and his staff came, and so did the drainage board of Rijnland and the municipality of Rotterdam. The Commission for the drainage of the Mijdrechtse Poel (see chapter 6) also inspected the pumping station. All expressed admiration. Finally, on the 20th October 1790, the Batavian entrepreneurs were paid the honour of a visit by Stadholder Willem V with his wife Princess Wilhelmina and their two sons — one of them the later King Willem I — and a company of highplaced officials including Council Pensionary Van den Spiegel. All showed lively interest, and the Princess asked why, if this machine was so useful, it was not adopted more widely. The reply was, that Her Royal Highness would undoubtedly be aware of the difficulties encountered in this country in introducing anything new — however useful.

Well, the truth of this soon appeared. The Batavian Society proposed to the land-

van de vier polders, die zo vlot van hun waterbezwaar verlost waren geworden, voor om de machine voor een redelijke prijs over te nemen; dan konden zij hun vier windmolens in de reserve zetten. Maar zij voelden er niets voor om stoompioniers te worden. Daar kwam nog een politieke factor bij: in die tijd was er een hevige tegenstelling tussen de veranderingsgezinde Patriotten of Keezen — vooral de stedelijke burgerij — en de meer behoudzuchtige Prinsgezinden of Oranjeklanten, die vooral op het platteland veel aanhang hadden. De boeren in de polders zeiden: 'die machine is een Keezending, en dat moeten wij niet hebben'.

Er is toen nog een voorstel geweest om de machine te verbouwen voor rondgaande werking, om er een of ander fabriekmatig bedrijf mee uit te oefenen. Daarvoor was natuurlijk nodig dat het achtjarig gebruiksrecht van het terrein zou worden verlengd of in eigendom omgezet, maar de eigenaar eiste een zó hoge prijs dat ook van dit plan moest worden afgezien. Begin 1791 werd de machine aangekocht door de provincie Holland, voor de droogmaking van de Nieuwkoopse Plas. Daar is niets van gekomen en de machine bleef in Blijdorp staan. In 1797 heeft de provincie tenslotte de machine doorverkocht als reserve voor de Mijdrechtse polder (hoofdstuk 6) en daar voorlopig opgeslagen. De werkzaamheden aan dat reserve-gemaal werden echter al spoedig gestopt — weer om politieke redenen — en over het verdere lot van de machine is niets bekend.

De Blijdorpse machine was dus geen blijvend succes — maar wel een positief resultaat van het doorzettingsvermogen van Hoogendijk en zijn vrienden. Voor het oog van bestuurders en deskundigen was aangetoond dat stoomwerktuigen zeer bruikbaar waren voor polderbemaling. En er was een zakelijke relatie met Boulton & Watt opgebouwd via Van Liender. Dat heeft ongetwijfeld bijgedragen tot de merkwaardige omstandigheid, dat gedurende de hele periode van de Bataafse Republiek (1795-1806) en het Franse satelliet-Koninkrijk Holland (1806-1810) nog zaken gedaan konden worden — ondanks de bijna permanente staat van oorlog met Engeland.



T. Scheltema

Over de jeugd van Van Liender is niet veel bekend. Wij leren hem kennen als koopman in Rotterdam, met zakenrelaties in Engeland en een diepgaande belangstelling voor techniek. Via zijn bemoeienis met de oprichting van het Bataafsch Genootschap en zijn betrokkenheid bij bemalings-kwesties ontwikkelde hij zich tot een ervaren waterstaatkundige. Vanaf 1769 had hij contact met Boulton & Watt, en na ca.1780 fungeerde hij meer dan twintig jaar lang als hun correspondent en vertegenwoordiger. Uit de archieven blijkt dat hij in Birmingham een geziene en vertrouwde figuur was — hij was bijvoorbeeld hun enige buitenlandse relatie die geen Engelse borg nodig had voor zijn transacties. Hij heeft er ongetwijfeld toe bijgedragen, dat Nederland in de periode 1775-1825 verreweg de grootste buitenlandse klant van de fabriek in Soho was. In 1786 werd hij Directeur van het Bataafsch Genootschap. Van Liender was een Patriot, met als gevolg dat zijn verdiensten pas na 1795 officieel erkenning kregen. Vanaf dat jaar tot zijn dood komen we hem tegen in diverse waterstaats-commissies, samen met o.a. Brunings, de Blankens en Conrad. Vanaf 1800 was hij Commissaris-Inspecteur van de Waterstaat.

holders of the four polders that, as they had so speedily been delivered from their excess water, they might take over the engine at a reasonable price, which would allow them to put their four windmills on standby. But no way would they become steam pioneers. There was a political factor as well. In those days two strongly opposed factions existed: the Patriots — mainly upper class town citizens, proposing wide-spread political changes — and the more conservative Orangists, with many followers among the country populace. The farmers of the polders said: 'that machine is a Patriot contraption, and we will have none of it'.

It was then proposed to adapt the engine for rotative working, in order to make it suitable for some type of manufacturing process. For this, of course, the lease would have to be extended, or converted to freehold property. The owner demanded such an exorbitant price, that this idea had to be abandoned. Early in 1791 the machinery was purchased by the provincial government of Holland for the drainage of the Nieuwkoopse Plas. Nothing came of this, and the engine remained at Blijdorp. In 1797, finally, the province sold the machinery to be used as a standby for the Mijdrecht polder (see chapter 6), and the parts were provisionally stored there. Work on that standby pumping station soon ceased, however — again for political reasons — and nothing further is known about the fate of the engine.

Jan Daniël Huichelbos van Liender
(1732-1809)

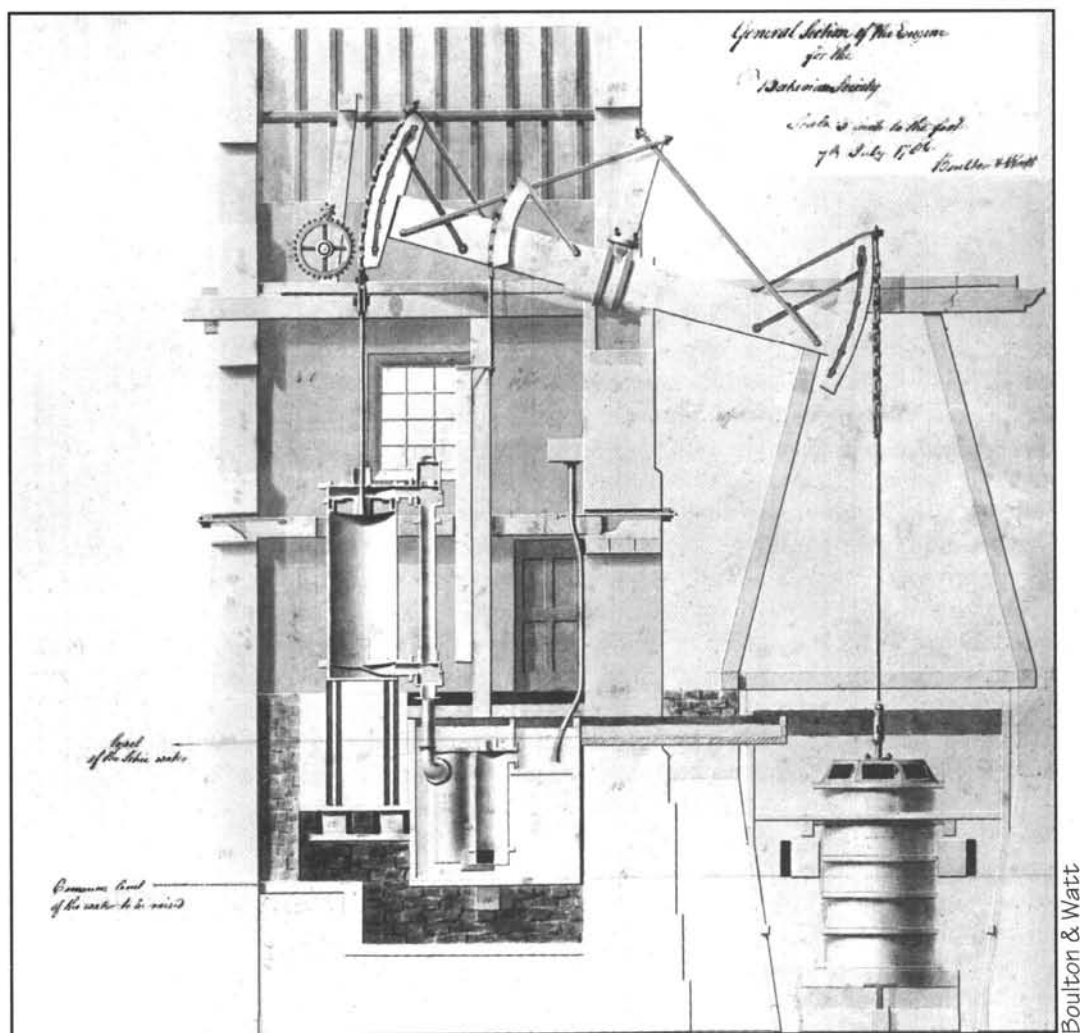
Little is known about the early life of Van Liender. We first meet him as a Rotterdam merchant, with business relations in England, and an avid interest in technology. Through his role in founding the Batavian Society and his involvement in drainage matters he became a self-made hydraulic expert. From 1769 he was in touch with Boulton & Watt, and from c. 1780 he acted as their correspondent and representative for more than twenty years. The archives show, that he was held in great esteem and trust in Birmingham — he was, for instance, their only foreign business relation who did not require a London guarantor for his transactions. There is little doubt that he contributed to the Netherlands being, between 1775 and 1825, the largest foreign customer of the Soho firm. In 1786 he became a Director of the Batavian Society. Van Liender was a political Patriot, and as a consequence official recognition of his talents only came after 1795. From then until his death we find him on many drainage committees, in the company of Brunings, the Blankens, Conrad and others. From 1800 he was Commissioner-Inspector of the Hydraulic Board.

Thus the Blijdorp engine was not a lasting success — but the perseverance of Hoogendijk and his friends had certainly borne some fruit. Administrators and experts had clearly seen that steam engines were eminently suited for polder drainage. Furthermore, a business relationship with Boulton & Watt had been forged via Van Liender. This undoubtedly contributed to the peculiar circumstance that business could continue all through the periods of the Batavian Republic (1795-1806) and the French satellite Kingdom Holland (1806-1810) — in spite of the virtually permanent state of war between the two countries.



J.Z.S. Prey

Het stoomgemaal van de polder Blijdorp
The Blijdorp polder steam pumping station



Langsdoorsnede van het Blijdorp-gemaal, naar een tekening van Boulton & Watt. De afsluiting van de bovenkant van de cilinder is goed te zien, de gebruikelijke stoommantel lijkt te ontbreken. De hoogte van het klephuis op de evenwichtsbuis rechts van de cilinder wijst op een stoomklep voor expansie. De pomp heeft een krans van topkleppen in plaats van een voetklep (zie hoofdstuk 2). Links is het normale peil van de polder en van de Schie-boezem aangegeven.

Longitudinal section of the Blijdorp pumping station, after a drawing of Boulton & Watt. The closed cylinder top is clearly discernible, the customary steam jacket appears to have been omitted. The height of the valve box at the top of the equilibrium pipe to the right of the cylinder indicates the presence of a steam valve for expansive working. The pump has a ring of top valves instead of a foot valve (see chapter 2). On the left the normal levels of the polder and of the Schie boezem are indicated.

6. De poging tot droogmaken van de Mijdrechtse Poel

1794

De Mijdrechtse Poel bij Utrecht was een van de vele *uitgeveende plassen*, ontstaan door het winnen van turf. Als de metersdikke laag turf was verwijderd bleef er een diepe, met water gevulde put over. Vaak werd de vergunning voor turfwinning pas verleend, als tevoren een bedrag was betaald om de droogmaking van die put te bekostigen, de *afkoopkas*. Maar die was er niet altijd.

De commissie voor droogmaking van de Mijdrechtse Poel had in 1790 de Blijdorpse machine bezichtigd, en in 1791 besloten de Staten van Utrecht tot droogmaking met stoomkracht. Van Liender bemiddelde weer en Boulton & Watt leverden voor £ 1580 een machine met pomp. Hier zou tijdens het droogmaken de opvoerhoogte toenemen van 90 cm tot 5,7 m. Als oplossing koos men ervoor, om te beginnen met een grote pomp voor kleine opvoerhoogte, die halverwege de droogmaking vervangen zou worden door een kleinere. De machine, met een grote kofferketel — een lagedrukstoomketel die de vorm van een hutkoffer heeft — werd in 1793 geleverd, en gemonteerd door Watt's monteur James Smallman. Begin 1794 was het gemaal bedrijfsklaar. Aanvankelijk ging alles goed. Eind 1794 was het peil 2,2 m gedaald, maar in de eerste winter stagneerde de aanvoer van steenkool door de strenge vorst. In het voorjaar braken door bedieningsfouten de balans en de pompketting. Pas in juni 1795 kon men weer malen. Men had toen al gemerkt, dat het peil tijdens de stilstand veel méér gestegen was dan uit de hoeveelheid regen volgde. Het bange vermoeden rees, dat de kwel — het sijpelen van water door of onder de dijk — abnormaal hoog was. Op advies van de Utrechtse professor F. Th. Rossyn (een vriend van Van Liender) werden de dijken verstevigd en men maalde door. Wel werd overwogen om een tweede stoommachine erbij te plaatsen, en wel de overvloedige machine van Blijdorp, zoals in hoofdstuk 5 besproken. Dat dit niet doorging, is mede te wijten aan politieke ijveraars. In een rekest protesteerden die tegen de 'bevoordeling' van Engelse produkten; men moest, vonden zij, de in Holland uitgevonden en beproefde scheprad-windmolens gebruiken. Die waren beter. Hangende de beslissing over dat rekest werd het werk stilgelegd. De beslissing is niet bekend, maar het werk is niet meer op gang gekomen. Kennelijk bleef de kwel een flink probleem: in 1808 stond het water nog steeds een meter boven het gewenste eindpeil. Een brand in het gemaal gaf weer een jaar vertraging. Toen in 1812 het eindpeil was bereikt, vond men de kosten van drooghouden te hoog. Dat is niet zo vreemd als het lijkt: twintig jaar politieke onrust hadden hun economische tol geëist. De droogmakerij werd opgegeven, de machine werd gesloopt. Tenslotte is de Mijdrechtse Poel in 1860 bedwongen — met veel krachtiger middelen. Deze droogmakerij was weliswaar een mislukking, maar dat lag duidelijk niet aan de stoomkracht op zich. De machine was voor het beoogde doel goed ontworpen en gebouwd en had vele jaren betrouwbaar gewerkt. Met windkracht was dit onbegonnen werk geweest.

6. An attempt to reclaim the Mijdrechtse Poel

1794

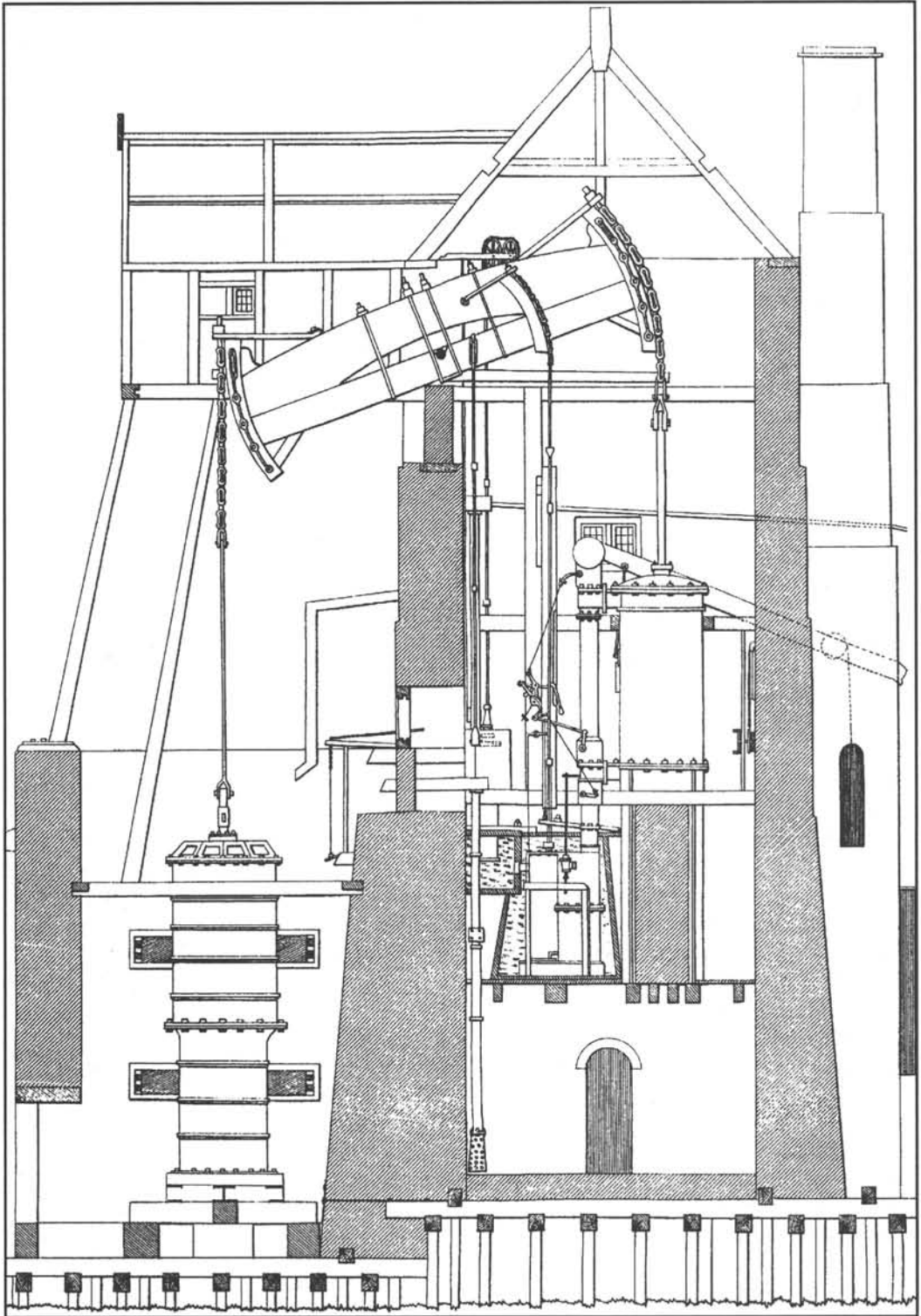
The Mijdrechtse Poel near Utrecht was one of many lakes formed by peat extraction. After the layer of several metres of peat had been removed, a deep water-filled pit remained. Often, permission to cut peat was given only after a sum had been paid to finance later reclaiming of the pit. Such a *reclaiming fund* was not always available, however.

The committee for drainage of the Mijdrechtse Poel had visited the Blijdorp engine in 1790. In 1791 the States of Utrecht decided in favour of steam drainage. Van Liender once again mediated, and for £ 1580 Boulton & Watt supplied an engine with pump. For initial drainage the lift would gradually increase from 90 cm to 5,7 m — for maintenance drainage it would be a constant 5,7 m. The solution this time was, to start with a large pump for low lift, and to replace it with a smaller one halfway through the drainage. The engine, with a large waggon-type boiler — a low pressure boiler shaped like a covered waggon — arrived in 1793, and was erected by Watt's mechanic James Smallman. In February 1794 the pumping station was ready.

Initially all went well. In late 1794 the level had fallen 2,2 m, but severe frost during the first winter halted coal supply, and in the spring operating faults caused the beam and pump chain to fracture. It was not until June 1795 that drainage could be resumed. At that time it had already been noted that the rise in level during the idle period had been much greater than would correspond to rainfall. Suspicions arose that seepage through or under the dike was abnormally high. On the advice of Prof. F.Th. Rossyn of Utrecht — a friend of Van Liender's — the dikes were reinforced, and drainage continued. But the authorities also started thinking about installing a second engine: the redundant Blijdorp engine, as discussed in chapter 5. This fell through, mainly through the actions of political zealots who petitioned against the 'undue preference' given to English devices, to the detriment of the much superior scoopwheel drainage windmill, invented and proven in Holland. Awaiting the decision on this petition, work on this second pumping station was interrupted. The decision is not known, but the project was never resumed.

Seepage apparently remained a major problem, as in 1808 the water level was still one metre above target. A fire in the pumping station caused another year's delay. When the target level was finally attained in 1812, the maintenance drainage costs were considered excessive. This is not as strange as it may seem: two decades of political turmoil had exacted their economic toll. The project was abandoned, and the engine was scrapped. Eventually the Mijdrechtse Poel was brought under control in 1860 — by vastly more powerful means.

This drainage project ended in failure, but that was clearly not the fault of steam power as such. The engine was well designed and built, and had operated reliably for many years. With wind power the task would have been hopeless from the start.



A. Huët

De machine en pomp van de Mijdrechtse Poel (1794). De stoommachine heeft drie kleppen en is dus ingericht voor expansie. De pomp heeft een krans van topkleppen waardoor het opgepompte water op de stortvloer uitstroomt. Bij vergelijking met de zeven jaar eerdere Blijdorp-machine in het vorige hoofdstuk zijn verschillen te zien (o.a. de constructie van de balans), maar vooral de vele overeenkomsten vallen op. Kennelijk was het ontwerp van Boulton & Watt al enigermate gestandaardiseerd. In de tekst is sprake van het in de eindfase vervangen van de grote pomp door een kleinere. In de tekening lijkt echter de grote pomp bovenop de kleinere te zijn geplaatst, zodat omschakelen vrij eenvoudig te doen is door het aanbrengen of wegnemen van de kleppen in de betreffende pompzuigers.

De Mijdrechtse stoommachine

Enkelwerkende niet-roterende Watt-machine

Stoomcilinder boring	1,2 m
slag	2,4 m
Aantal slagen	13/min
Boring pomp beginfase	1,5 m
eindfase	1,2 m
Vermogen (theor.)	ca.75 kW
Rendement	onbekend

door een kleinere. In de tekening lijkt echter de grote pomp bovenop de kleinere te zijn geplaatst, zodat omschakelen vrij eenvoudig te doen is door het aanbrengen of wegnemen van de kleppen in de betreffende pompzuigers.

The engine and pump for the Mijdrechtse Poel (1794). The steam engine has three valves, so it is intended for expansive working. The pump has a ring of top valves which discharge the raised water onto the delivery launder. Comparison with the Blijdorp engine of seven years earlier — see the previous chapter — shows several differences (e.g. the design of the beam) but the similarities are more striking. Obviously the Boulton & Watt design had already become standardized to some extent. The text states that in the later stages of the drainage the large pump would be replaced by a smaller one. In the drawing the large pump appears to be fitted on top of the smaller one, allowing convenient change-over by fitting or removing the clacks of the appropriate piston.

The Mijdrecht steam engine

Single acting nonrotative Watt engine

Steam cylinder bore	1,2 m
stroke	2,4 m
Stroke rate	13/min
Pump bore initially	1,5 m
finally	1,2 m
Power (theor.)	c.75 kW
Efficiency	no data

7. Het marinedok in Hellevoetsluis

1802

De Admiraliteit van Rotterdam kampte aan het eind van de 18e eeuw met problemen. De toegankelijkheid van de basis in Rotterdam voor grote oorlogsschepen werd steeds slechter. In 1797 maakte Jan Blanken — de commandant van de vesting Hellevoetsluis, dat toen al enig belang als marinehaven had — plannen om daar een nieuwe grote marinebasis voor Rotterdam aan te leggen. In overleg met hoofdconstructeur Glavimans werd in het project een droogdok opgenomen. Blanken presenteerde in 1798 een studie over het project aan het Bataafsch Genootschap en in datzelfde jaar viel het regeringsbesluit tot uitvoering — nu niet meer voor de Admiraliteit, maar voor de kersverse nationale Marine van de Bataafse Republiek. Er kwam een commissie onder voorzitterschap van Brunings, met Glavimans, Van Liender, Krayenhoff, F.W. Conrad (secretaris) en Blanken (directeur uitvoering).

Blanken dacht voor het leegpompen van het dok eerst aan getijdemolens, maar via het Bataafsch Genootschap kwam hij al gauw op stoompompen. Zijn talenten voor water- en werktuigbouwkunde bleken uit talloze vernuftige vondsten in het definitieve plan. Het dok moest een *gewichtsdok* worden: het gewicht moest weerstand bieden aan de opwaartse druk van het grondwater. Dat gewicht moest komen van zwaar metselwerk, waarvoor een diepe bouwput gegraven en bemalen moest worden. Blanken ontwierp een dok met twee bassins. Het eerste daarvan, het *kiel*dok, zou diep genoeg zijn voor grote schepen en schepen met abnormale diepgang (oorlogsschade). Het waterpeil kon dan omhoog gepompt worden, om het schip naar het ondiepere *timmer*dok te kunnen overbrengen. Met dezelfde pompen konden de bassins apart of samen worden drooggemalen. Opnieuw vinden we hier dus het probleem van de wisselende opvoerhoogte — van vrijwel nul tot 5,5 meter. Blanken wilde bovendien voor zijn *enkel*-werkende zuigpompen een *dubbel*werkende stoommachine gebruiken. Zijn oplossing — toegelicht bij de figuren — was compact en ingenieus. Deze constructie zou de problemen vermijden die Hoogendijk met zij-balansen had ondervonden; Blanken was niet voor niets de zoon van een molenmaker!

Voor de stoommachine dachten Blanken en Van Liender vanzelfsprekend in de eerste plaats aan Boulton & Watt, maar in Den Haag meende men toch eerst te moeten nagaan of onze nieuwe Franse vrienden ons niet konden helpen. Een vraag aan een Parijse fabriek bleef echter onbeantwoord en de Commissie kreeg toestemming om met de Engelsen in zee te gaan. Blanken en Van Liender zouden proberen om de toch wel ingewikkelde opzet bij Boulton & Watt in Soho te gaan bespreken. In de zomer van 1800 reisden zij alvast naar Hamburg — wegens de oorlogstoestand was een rechtstreekse oversteek ondenkbaar. Daar kregen ze echter te horen, dat ze in Engeland het risico van jarenlange internering zouden lopen, en men besloot toen maar tot schriftelijk overleg. Het resultaat was dat Boulton & Watt — waar James Watt zich enkele jaren eerder uit had teruggetrokken — op zich namen om de stoommachine en de drie

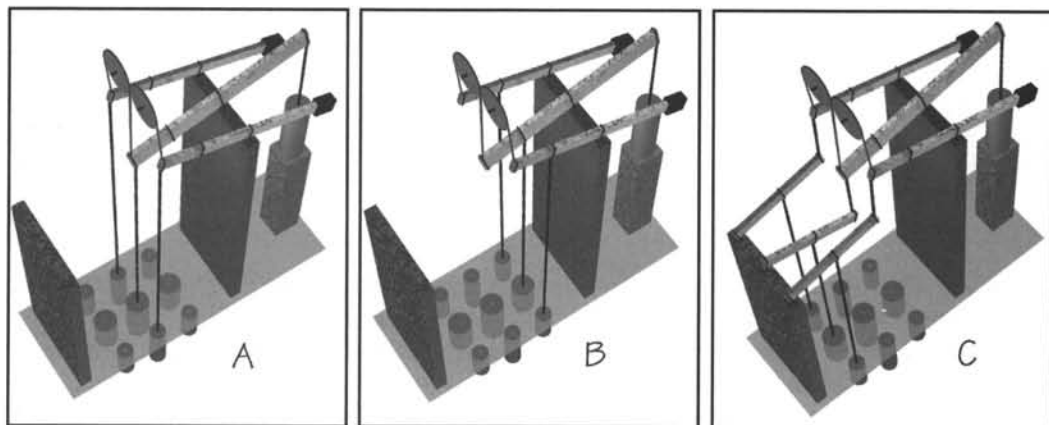
7. The naval dock at Hellevoetsluis

1802

In the late 18th century the Rotterdam Admiralty was wrestling with problems. Access to the Rotterdam naval base for large warships was becoming increasingly difficult. In 1797 Jan Blanken — commandant of the Hellevoetsluis fort, with a naval port already of some importance at the time — made plans for a large naval base there to serve Rotterdam. After consultations with chief design engineer Glavimans a dry dock was incorporated in the project. In 1798 Blanken presented a paper on the project to the Batavian Society, and in the same year the government decided to execute it -- no longer for the Admiralty, but for the newly united national Navy of the Batavian Republic. A committee was formed, chaired by Brunings, with Glavimans, Van Liender, F.W. Conrad (secretary) and Blanken (works director).

For draining the dock, Blanken had at first planned to use tidal mills, but through the Batavian Society he soon switched to steam pumps. His hydraulic and mechanical engineering talents showed in many ingenious details of the final plan. The dock was to be a *gravity dock*, i.e. the buoyancy of the soil water would have to be counteracted by the weight alone. This weight was to be provided by a massive brick structure, for which a deep excavation would have to be cut — and drained. Blanken designed a dual-basin dry dock. The first basin or *graving dock* would be deep enough to admit large ships and vessels with abnormally deep draught (war damage). The water level could then be raised by pumps, to allow transferring the ship to the second shallower dock. The same pumps could then drain either or both docks. Once more we encounter the problem of varying lift — virtually zero to 5,5 metres. Moreover, Blanken decided to drive *single* acting lift pumps with a *double* acting engine. His solution — explained with the diagrams — was compact, and ingenious. This pump arrangement would completely avoid Hoogendijk's side beam problems. Blanken was the son of a millwright, and it showed !

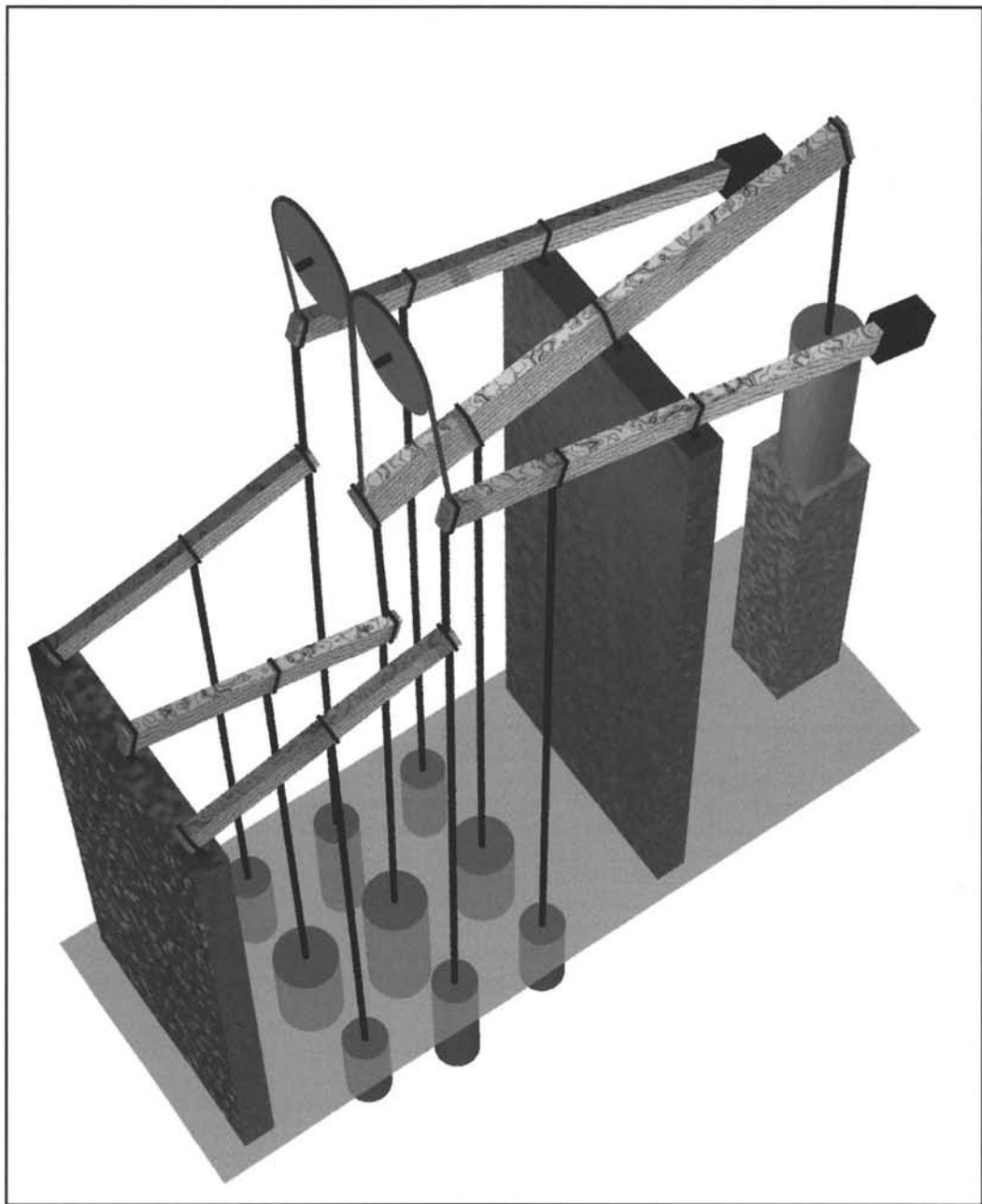
For the steam engine, Blanken and Van Liender naturally first thought of Boulton & Watt. The government in The Hague, however, thought it best to inquire first whether our new French friends could help. An inquiry to a Paris manufacturer remained unanswered, whereupon the Commission was given permission to take their chances with the English firm. Blanken and Van Liender would attempt to discuss the rather complex design at the works in Soho. In the summer of 1800 they travelled to Hamburg — the war made a direct crossing unthinkable. In Hamburg they were told, however, that going to England would entail the risk of years of internment, and so they opted for consultation in writing. As a result, Boulton & Watt — from which James Watt himself had retired a few years earlier — undertook to supply a steam engine and the three main pumps (made of iron, and cylindrical) for £ 1344. The provision of the



Jan Blanken's opstelling en aandrijving van negen pompen voor het dok-gemaal Hellevoetsluis. De dubbelwerkende stoommachine rechts beweegt het ene eind van de hoofdbalans op en neer. Alle negen pompen zijn enkelwerkende zuigpompen, die water opvoeren tijdens hun opwaartse (werk)slag. In fig.A maakt de middelste pomp dus zijn werkslag als de machine zijn eind van de balans omlaag trekt. Als de machine vervolgens dat eind weer omhoog drukt, worden via kettingen en schijven de twee zij-balansen tegengesteld bewogen, en de twee kleinere zij-pompen maken hun werkslag. Deze twee pompen verplaatsen samen evenveel water als de middenpomp. Op die manier werkt dit stel van drie enkelwerkende pompen samen als één dubbelwerkende. Fig.B laat zien hoe een tweede stel pompen op soortgelijke wijze wordt aangedreven vanaf punten die dicht bij de assen van de balansen liggen. Daardoor zijn de slaglengte en de opbrengst van dit stel ca. 55% van die van de hoofdpompen. Dat geldt ook voor het derde stel pompen waarvoor drie extra hefboomen nodig zijn, zoals te zien in fig.C.

De pompstellen kunnen afzonderlijk of samen aan de balansen en hefboomen worden gekoppeld, waarmee de capaciteit met bijna een factor vier kan worden gevarieerd, terwijl de belasting van de machine symmetrisch en centraal blijft.

Jan Blanken's nine pump arrangement for the Hellevoetsluis dock pumping station. The double acting steam engine at right moves one end of the main beam up and down. All nine pumps are single acting lift pumps, raising water on their upward (working) stroke. In fig.A the central pump thus performs its working stroke when the steam engine pulls its beam end down. When it subsequently pushes the beam end up, two chains running over sheaves operate the two side beams, which in turn work the two smaller side pumps. These together raise as much water as the central pump alone. In this way the three single acting pumps operate as one double acting pump. Fig.B shows a second set of three pumps operated in similar fashion from points closer to the pivots of the three beams. The stroke length is thus reduced to about 55% of the main pump stroke, with a corresponding reduction of capacity. For the third set of pumps, three additional levers are required, as shown in fig.C. Stroke length and capacity are the same as for the second set. The pump sets can be connected to the beams and levers singly or combined, allowing a capacity range of nearly a factor four, while keeping the engine load symmetrical and central.



hoofdpompen (maar dan rond en van gietijzer) te leveren voor £ 1344. De extra pompen met hun koppelconstructie werden aan de Commissie overgelaten. Blijkbaar vertrouwde de fabrikant dat toch niet helemaal. Het wekt toch wel enige verbazing, dat een oorlogvoerende partij zonder geheimzinnigheid militaire goederen aan een van zijn tegenstanders kon leveren — het ging tenslotte om een marinebasis ! De machine is in de zomer van 1801 afgeleverd; over een Engelse monteur viel vanzelfsprekend niet te denken — deze taak werd verricht door de Rotterdamse smid en brandspuitmaker Duister, die bij de Mijdrecht-machine had gewerkt. In maart 1802 werd de machine met succes beproefd met 3 en 6 pompen en prompt daarna in dienst gesteld voor het droogmaken van de bouwput. De vierkante houten pompen gaven al spoedig problemen en zijn toen waarschijnlijk al gauw vervangen door ijzeren. Overigens was de pompinstallatie een blijvend succes; zij is vele tientallen jaren in bedrijf geweest.

Jan Blanken Jansz.
(1755-1838)

Jan Blanken was de zoon van een timmerman en molenmaker. De hindernissen die deze eenvoudige afkomst voor zijn carrière opwierp, wist hij grotendeels te overwinnen door zijn grote kennis en ervaring en zijn sterke ambitie. Hierdoor werd ook zijn karakter in sterke mate gevormd. Op twintigjarige leeftijd werd hij fortificatie-opzichter in Hellevoetsluis. Hij kreeg de rang van onderluitenant bij de artillerie, de hoogste onderofficiers-rang — de genie en de officiersschool waren voor hem gesloten. Ook latere pogingen om in het officierskorps van de genie te worden opgenomen leden schipbreuk. In 1788 leerde hij Van Liender en het Bataafsch Genootschap kennen, vier jaar later bekroonde het Genootschap zijn verhandeling over schepraderen. In 1808 werd hij Inspecteur-Generaal (= hoofd) van de Waterstaat. Na de Franse annexatie in 1810 trad hij in dienst van Napoleon, en in 1811 verleende die hem het Légion d'Honneur. In 1813 handhaafde Koning Willem I hem in zijn functie bij Waterstaat. Hij leidde vele en veelsoortige waterstaatkundige en civieltechnische projecten: havens, sluizen, fortificaties, militaire inundatiewerken, gemalen, rivierverbeteringen, kanalen enz. In 1824 kwam zijn grootste werk gereed: het 80 km lange Groot Noord-Hollands Kanaal van Amsterdam naar Den Helder. In het jaar daarop werd Noord-Holland geteisterd door zware stormen en overstromingen. Blanken probeerde de scheepvaart op het kanaal te beschermen en trotseerde zelfs een rechtstreeks Koninklijk bevel om de sluizen bij Den Helder voor lozing te openen. Dit betekende het einde van zijn actieve loopbaan, hoewel hij als adviseur in trek bleef — ook bij de Koning. Ook bleef hij schrijven: zo presenteerde hij in 1827 voor het Bataafsch Genootschap zijn 'vereenvoudigd systeem' voor windmolens met twee of drie schepraderen en hulp-stoomaandrijving. 'De Generaal', zoals hij wel genoemd werd, was een ijdel en eigenzinnig man, met een grote geldingsdrang, inventief en ervaren, en volkomen a-politiek. Hij diende de heersende machten, ook als die — zoals in het Nederland van zijn tijd — nogal eens wisselden.

additional pumps and their connecting gear were left to the Commission. Apparently the manufacturers had misgivings about those. It is quite surprising, moreover, that a country at war could quite overtly supply one of its opponents with strategic goods — we are, after all, talking about a naval base !

The engine was despatched in the summer of 1801. An English mechanic was out of the question, of course — this task was given to a Mr. Duister, blacksmith and fire-pump maker in Rotterdam, who had also worked on the Mijdrecht engine. In March 1802 successful trials were run with three and six pumps, and the engine was immediately put to work to drain the building excavation. Almost from the start, the square wooden pumps gave problems, and they were probably soon replaced by iron ones. Apart from that, the pumping station was a lasting success, working for several decades.



J. Daiwaille

Jan Blanken was the son of a carpenter and millwright. These humble origins caused many obstacles to his career, most of which he surmounted by his knowledge and experience, and through his burning ambition. This also did much to shape his character. At the age of twenty he became supervisor of fortifications in Hellevoetsluis with the rank of sublieutenant in the Artillery, the highest NCO rank — he was barred from the officers' school, and from the Engineering Corps. Later attempts to be admitted to that Corps as an officer foundered, too. In 1788 he got to know Van Liender and the Batavian Society, and four years later the Society awarded him a prize for his paper on scoopwheels. In 1808 he was promoted to Inspector-General (i.e. head) of the Hydraulic Board. After the annexation by France in 1810 he entered the service of Napoleon, who in 1811 conferred the Légion d'Honneur on him. In 1813 King Willem I kept him on as head of the Hydraulic Board. He was in charge of many diverse hydraulic and civil engineering projects, including harbours, locks, fortifications, military inundation works, drainage, river improvements, and canals. In 1824 his magnum opus was completed, the 80 km Great North-Holland Canal from Amsterdam to Den Helder. In the following year a flood disaster ravaged the province. Blanken tried to protect shipping on the canal, and he even defied a direct order of the King to open the locks at Den Helder for water discharge. This marked the end of his active career, although he remained in demand as a consultant — even to the King. He also continued writing, and in 1827 he presented to the Batavian Society his 'simplified system' for a drainage windmill with two or three scoopwheels and auxiliary steam power. 'The General', as he was sometimes referred to, was a vain and self-willed man, highly assertive, inventive, experienced, and totally apolitical. He served the powers that be, even if these changed quite frequently — as they did in the Netherlands of his time.

In 1813-1815 is onder leiding van Blanken — inmiddels opgeklimmen tot Inspecteur-Generaal van de Waterstaat — een soortgelijke dok-installatie gebouwd voor de marinebasis Nieuwediep bij Den Helder. Die stoommachine werd geleverd door Dieudonné Forir te Luik. Dat gemaal werkte niet goed en in 1822 verzocht Blanken aan Boulton & Watt de machine te inspecteren en in orde te maken. De fabriek zag daar echter geen heil in en heeft in 1823 een nieuwe van 35 kW geleverd.

De machine van Hellevoetsluis		
Dubbelwerkende niet-roterende Watt-machine		
Stoomcilinder boring		91 cm
	slag	1,8 m
Aantal slagen		17/min
9 pompen (zie tekst en figuren)		
Opvoerhoogte		0-5,5 m
Vermogen (vlg. B&W)		41 kW
Rendement		onbekend

Een merkwaardige brief over de Hellevoetsluis-machine verscheen in de *Konst- en Letterbode* van 1803, met een beschrijving en een tekening van de installatie en een verslag van de gehouden beproevingen. De tekening (zie volgende bladzijde) was van Blanken, de brief was anoniem. Hierin worden zowel de knappe constructie van de machine als de degelijke en tevens smaakvolle uitvoering van het machinegebouw ten zeerste geroemd en wordt de Directeur van het werk veel lof toegezwaard.

Commissievoorzitter Brunings vermoedde — begrijpelijkerwijze — dat Blanken hier zelf achter zat en de verhouding tussen de twee mannen werd onherstelbaar verstoord. Brunings' verdenking werd 35 jaar later bevestigd, toen uit Blanken's nalatenschap het concept van de brief opdook !

Los van de pompinstallatie is de afsluiting van het dok belangwekkend. Hiervoor is een drijvende z.g. *schipdeur* gebruikt. Deze constructie was als *bateau-porte* in Frankrijk bekend. In- en uit-varen van de deur had daar stabiliteits-problemen gegeven, dus het openen en sluiten gebeurde met de deur hangend in een ponton-kraan. Dit was een nogal moeizame werkwijze. Glavimans kreeg het verzoek, dit probleem voor Hellevoetsluis aan te pakken. Hij vond een oplossing aan de hand van modelproeven.

The Hellevoetsluis engine

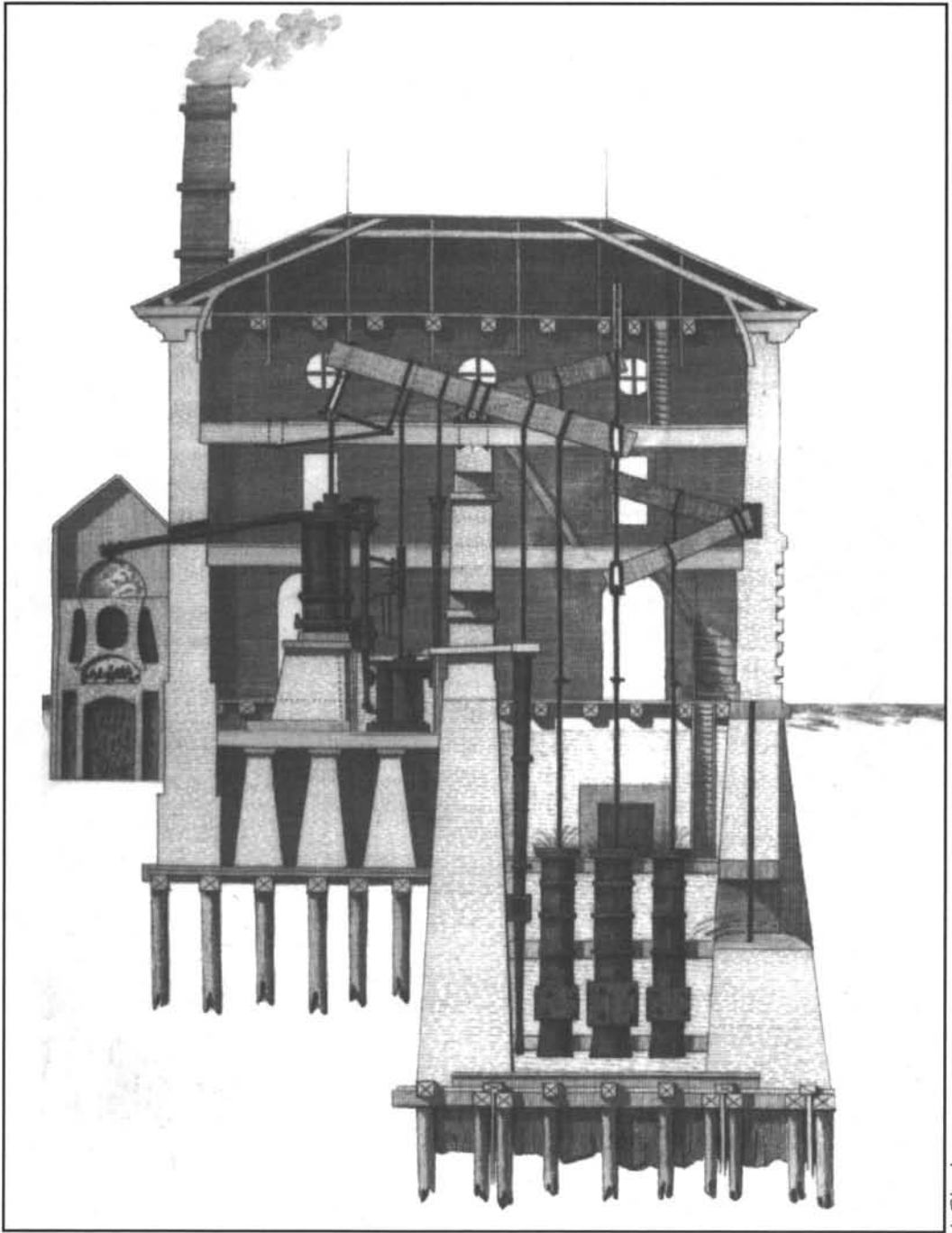
Double acting nonrotative Watt engine

Steam cylinder bore	91 cm
stroke	1,8 m
Stroke rate	17/min
9 pumps (see text and diagrams)	
Lift	0-5,5 m
Power (B&W data)	41 kW
Efficiency	no data

In 1813-1815 Blanken — who had by that time advanced to Inspector-General of the Hydraulic Board — planned and supervised the building of a similar dock for the naval base at Nieuwediep near Den Helder. That steam engine was supplied by Dieudonné Forir of Liege. The pumping station turned out to be a failure, and in 1822 Blanken asked Boulton & Watt to inspect the engine and to put it right. The firm did not see any good in that, however, and in 1823 they supplied a replacement engine of 35 kW.

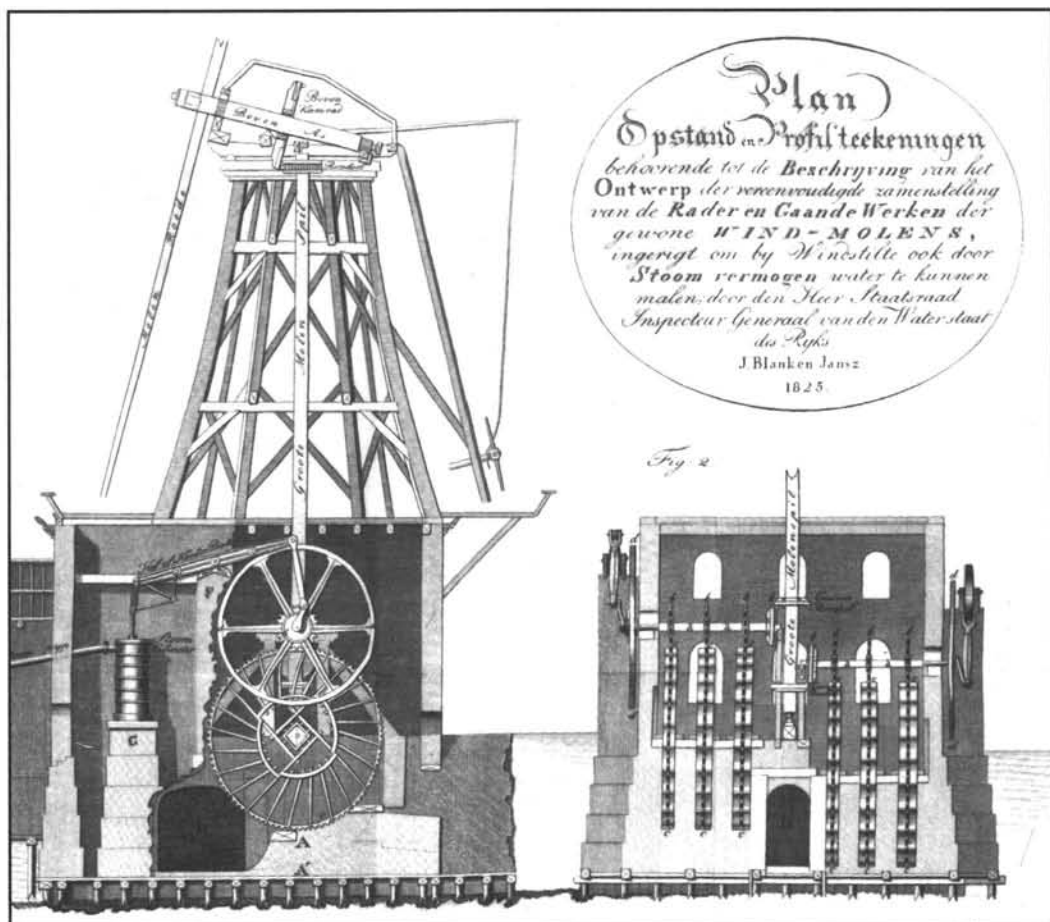
A peculiar letter about the Hellevoetsluis engine was published in the *Konst- en Letterbode* (an arts and literature magazine) of 1803. The accompanying drawing (see overleaf) was by Blanken, but the letter — describing the pumping station and reporting on the trials — was anonymous. The clever design of the engine and the solid yet elegant construction of the engine house were highly commended, and high praise was given to the Director of the works. Committee chairman Brunings understandably suspected Blanken to be behind this, and the relationship between the two men was irreparably damaged. Brunings' suspicion was borne out 35 years later, when the draft of the letter turned up in Blanken's estate !

Apart from the pumping equipment, the floating dock gate is of interest. In France this was known as *bateau-porte*. Floating the gate in and out had met with stability problems there, so a rather cumbersome opening and closing procedure using a crane on a pontoon was resorted to. Glavimans was asked to sort out this problem for the Hellevoetsluis dock. He used model trials to arrive at a solution.



J. Blanken

*Langsdoorsnede van Jan Blanken's pompstation voor de marinewerf in Hellevoetsluis.
Longitudinal section of Jan Blanken's pumping station for the naval dockyard of
Hellevoetsluis*



J. Blanken

Een windmolen met twee hulp-stoommachines volgens Jan Blanken's vereenvoudigd stelsel. Elk scheprad heeft op de buitenomtrek een tandkrans, die wordt aangedreven door een rondsel op een bovenliggende as. Verschillende combinaties van schepraderen zijn mogelijk en ook kan één molen in twee of meer trappen opmalen. De bovenassen kunnen worden aangedreven door de windmolen of door een stoommachine. Zo kan men kiezen tussen goedkope windkracht en altijd beschikbare stoomkracht, net als op sommige schepen uit die tijd. Het systeem van schepraderen voor wisselende opvoerhoogte en capaciteit doet denken aan dat van Steven Hoogendijk's windmolen, die ter sprake kwam in hoofdstuk 2.

A windmill with two auxiliary steam engines according to Jan Blanken's **simplified system**. Each scoopwheel carries a gear on its circumference, driven by a pinion on a layshaft above. Several scoopwheel combinations are possible, and also a single mill may raise water in two or more stages. The layshafts may be driven from the main shaft of the windmill or by a steam engine, allowing the best of two worlds: cheap wind power or dependable steam power, similar to what is found on some ships of the period. The system of multiple scoopwheels is reminiscent of Steven Hoogendijk's windmill, discussed in chapter 2.

8. Vervening in de Krimpenerwaard

1804

In het begin van de 19de eeuw werd vergunning gegeven voor de vervening van een grote polder ten zuiden van Gouda. Daarbij was bepaald, dat het waterpeil beheerst moest worden en dat het uitgeveende gebied weer drooggemalen moest worden. Daarvoor zouden acht nieuwe wind-watermolens nodig zijn. Er kwam een adviescommissie, waarin we Brunings, Conrad en Van Liender opnieuw tegenkomen. Directeur van de uitvoering was Ary Blanken, een jongere broer van Jan. In 1802 besloten de ondernemers — op advies van de commissie — kosten te besparen door enkele bestaande molens te verbeteren en die aan te vullen met een stoomwerktuig. Ook hier wisselde de opvoerhoogte, vooral door de getijden op de rivier de Hollandsche IJssel. Het idee, om dat ongeveer net zo als in Hellevoetsluis aan te pakken (hoofdstuk 7), werd voorgelegd aan Boulton & Watt, maar die voelden daar opnieuw weinig voor. Zij boden voor £ 960 een kleine enkelwerkende machine met één pomp aan. De balans zou van gietijzer zijn met Watt-rechtgeleiding, zowel voor de stoomzuiger als voor de pomp. Bij kleine opvoerhoogte wilde men nu de opbrengst vergroten door meer slagen per minuut te maken. Dit was een gedachtenfout, want bij een Watt-machine zonder expansie blijft de op de pomp uitgeoefende kracht steeds dezelfde en die zal dus bij kleinere belasting (door kleine opvoerhoogte) tot doorslaan kunnen leiden. Een hoger slagental verandert daar in feite niets aan. Enige variatie zou mogelijk zijn via expansie, maar waarschijnlijk heeft men zijn toevlucht moeten nemen tot smoren (knijpen) van de stoomtoevoer — ten koste van het rendement.

In 1804 is de machine afgeleverd en gemonteerd — wederom door Duister — en na enig afstellen van de gewichten werkte zij bevredigend. De boeren en sommige polderbestuurders twijfelden echter aan het nut van het stoomgemaal, vooral of het uitmalen op één punt van de polder wel effect zou hebben aan het andere eind. Om hen te overtuigen werden in 1805 proeven gedaan, waarbij — na een rustperiode — op acht plaatsen spijkertjes in peilschalen of andere vaste palen werden geslagen om het peil te markeren. Vervolgens maalde de machine ca. 17 uur lang. Na weer een rustperiode bleek het water bij alle merken ca. 1,5 cm gedaald. Dit was genoeg bewijs. Uit een eerdere proef berekent Huet een rendement van 3,9%. Dit is voor een Watt-machine ongeloofwaardig hoog. Huet's interpretatie blijkt bij nadere beschouwing onvolledig. Uit de schaarse gegevens van deze proef — die niet als stookproef was opgezet en niet aan de eisen daarvoor voldeed — is met wat goede wil een rendement van hoogstens 2% af te leiden. Dat ligt tenminste binnen het gebied van het mogelijke.

Het project was geen lang leven beschoren. De gewonnen turf was slecht en bevatte veel klei, en de onderneming is in 1813 gestaakt. De machine heeft niet meer gewerkt en de resten zijn in 1832 gesloopt.

8. Peat extraction in the Krimpenerwaard

1804

Early in the 19th century permission was granted to extract peat from a large polder south of Gouda. The conditions included the obligation to control the water table, and to reclaim the land after completion of the project. This would require eight new drainage windmills. A consultative committee was appointed, where we renew our acquaintance with Brunings, Conrad and Van Liender. Works Director was Ary Blanken, Jan's younger brother.

In 1802 the entrepreneurs decided — following the committee's advice — to cut costs by improving a number of existing windmills, and by supplementing these with a steam powered pumping station. Variable lift would have to be reckoned with, mainly because the Hollandsche IJssel river was semi-tidal. The idea was put to Boulton & Watt to do this in a manner similar to Hellevoetsluis (see chapter 7), but the Soho firm were again less than enthusiastic. They offered to supply a small single acting engine with a single pump for £ 960. The beam would be cast iron, with Watt parallel motion at both ends. The suggestion was made that the number of strokes per minute — and thus the delivery rate — might be increased for low lift. This appears to be a conceptual error, as for a Watt engine without expansion the pump force remains the same, and for low load (caused by low lift) overstroking may occur. An increased stroke *rate* does not materially alter this fact. Expansion would allow some variation, but it seems likely that throttling of the steam supply would have to be resorted to — to the detriment of efficiency.

The engine was delivered in 1804, erected by Duister, and after some adjusting of weights it worked satisfactorily. The farmers (and some of the polder officials) were not convinced about its usefulness, however; some had doubts that a single pumping station, situated at one end of the polder, could have any effect at the other end. To convince everybody, trials were conducted in 1805. After a rest (no pumping) tacks were driven into level gauges and other fixed timbers to mark the water level at eight locations. The pumping station then operated for 17 hours, and after another rest the level had fallen by c.1,5 cm at all stations. This was deemed to be sufficient evidence. From results of an earlier trial Huet reports 3,9% efficiency. This is implausibly high for a Watt engine. A closer look shows Huets interpretation of the data to be incomplete. From the scant data about this trial — which was not meant to be a duty trial, and did not comply with the conditions for one — the best result obtainable is 2%, which is at least within the range of the possible.

The project was short-lived. The peat produced was of low grade, and it was mixed with much clay. The enterprise was wound up in 1813. The engine did not work after this, and the derelict remains were cleared in 1832.

rechts: Langsdoorsnede van de Krimpenerwaard-machine met ketel, volgens een tekening van Boulton & Watt uit 1803. Als klant is aangegeven 'J.D.H. Van Liender Esq.'. Stoom- en pompzuigerstang hebben allebei een Watt-rechtgeleiding (zie kader onderaan). De zeer lage stoomdruk van de kofferketel maakt een simpele vulpijp met opgebouwde peil- en drukregeling en beveiliging mogelijk.

De Krimpenerwaard-machine

Enkelwerkende niet-roterende Watt-machine

Stoomcilinder boring	80 cm
slag	76 cm
Aantal slagen	20/min
Vermogen (vlg. B&W)	16 kW
Pompcilinder boring	1,22 m
Opvoerhoogte (max.)	0,7-2,1 m
Opbrengst (theor.)	16 m ³ /min
Rendement	ca.2%

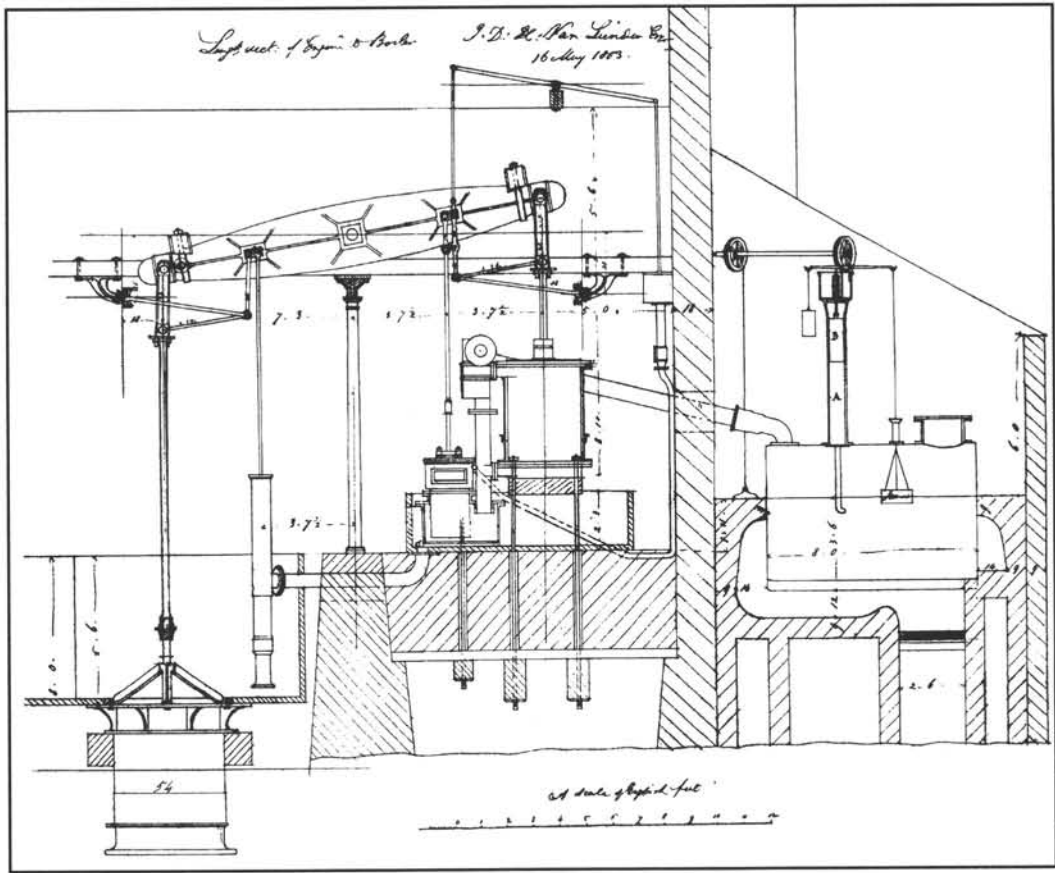
at right: Longitudinal section of the Krimpenerwaard engine and boiler, from an 1803 drawing of Boulton & Watt. The client is given as 'J.D.H. Van Liender Esq.'. The steam and pump piston rods both have Watt's parallel motion (see box below). The very low steam pressure in the waggon-type boiler allows the use of a simple filling pipe with built-on water level and pressure control and safety devices.

The Krimpenerwaard engine

Single acting nonrotative Watt engine

Steam cylinderbore	80 cm
stroke	76 cm
Stroke rate	20/min
Power (B&W data)	16 kW
Pump cylinder bore	1,22 m
Lift (max.)	0,7-2,1 m
Capacity (theor.)	16 m ³ /min
Efficiency	c.2%

De stoom- en pompzuigerstangen van een pompmachine moeten zo goed mogelijk in een rechte lijn bewegen. Bij een balansmachine zijn zij verbonden met de einden van de balans, die een cirkelboog beschrijven. Als de zuigerstang erg lang is, blijft de afwijking klein en is dan soms aanvaardbaar (zie de pompstangen van het dokgemaal in hoofdstuk 7). Bij de meeste machines worden de zuigerstangen echter voorzien van een **rechtgeleiding**. In zijn eenvoudigste vorm is dit een cirkelsegment aan het einde van de balans, waarover een ketting of kabel loopt (zie hoofdstuk 2). Deze vorm wordt ook nu nog veel gebruikt voor jaknikkers in de olie-winning. James Watt patenteerde een stangenstelsel waarvan de volledige beweging een lemniscaat beschrijft — een wiskundige kromme met een bruikbaar bijna-recht gedeelte. Er zijn nog veel méér mechanismen bedacht, maar toen men later in de 19e eeuw overging op horizontale rondgaande machines — waarbij de zuigerstang gekoppeld moet worden aan een ronddraaiende kruk — werd het pleit al gauw gewonnen door de leibaan



The steam and pump piston rods of a pumping engine must move in a sufficiently accurate straight line. In a beam engine they are linked to the ends of the beam, which describe an arc. If the piston rod is very long, the error is quite small and may be acceptable (viz. the dock pumps in chapter 7). In most engines, however, the piston rods are fitted with **straight-line motion** devices. The simplest of these is the arch head — a circular arc segment at the end of the beam, carrying a chain connected to the piston rod (see chapter 2). This device is still widely used for nodding donkey oil well pumps. James Watt patented his parallel motion linkage, which in its full travel describes a lemniscate — a mathematical curve having a nearly-straight portion, which can be utilized. Many more devices have been tried, but with the advent of the horizontal rotative engine — in which the piston rod must be linked to a rotating crank — the sliding guide soon won the day.

9. De uitwatering bij Katwijk

1807

Het hoogheemraadschap Rijnland loosde zijn overtollig water vooral in het noorden, via sluizen op het IJ. Tot de tweede helft van de 19e eeuw was dat een getijdewater. In het zuiden was een uitwatering op de Hollandsche IJssel. In het westen had men de oude Rijn-monding bij Katwijk, maar die was sterk verzand en van weinig betekenis meer. In 1743 had Nicolaas Cruquius — landmeter van Delfland, de oude familienaam Kruik was naar 18e-eeuwse mode verlatijnst — al een voorstel tot verbetering gedaan. In 1804 besloot het bestuur van Holland op verzoek van Rijnland om de vernieuwing bij Katwijk daadwerkelijk aan te pakken. Er werd een Commissie gevormd, en die benoemde een Directorium, waarin we opnieuw o.a. Brunings, Conrad en A. Blanken tegenkomen.

Het voorgestelde uitwateringskanaal zou de duinen doorsnijden — Holland's natuurlijke waterkering. Om de daaraan verbonden risico's te verkleinen werden drie sluizen aangelegd: één aan de zeezijde van de duinen, een tweede aan de landzijde, en een derde ruim een kilometer landinwaarts.

Na het graven van het kanaal kwam er al spoedig een klacht binnen van de eigenaren van de hoge gronden aan de binnenzijde van de duinen. Zij stelden dat het kanaal zóveel grondwater onttrok aan hun landen, dat deze niet meer als weiland te gebruiken waren, waardoor zij grote schade leden. Zij verzochten daarom aan het Directorium om een watermolentje te maken om hun sloten in tijden van droogte op het vroegere peil te houden.

De Directeuren zagen de redelijkheid van dit verzoek in, maar bedachten zelf een nog veel mooier plan. Zij worstelden namelijk met nóg een probleem — het gevaar van verzanding van de uitmonding buiten de sluizen. Men zou natuurlijk bij vloed de buitensluizen kunnen openen, zodat het kanaal tot de achtersluizen zou vollopen. Door de buitendeuren dan dicht te houden tot de eb, en ze dan snel weer te openen, zou de waterstroom de monding kunnen uitschuren. Men vreesde echter, dat bij het vullen veel zand mee naar binnen zou komen, zodat het kanaal zelf zou verzanden en misschien de sluisbediening zou worden gehinderd. Dat zou kostbaar baggerwerk betekenen. Een hoog peil van zeewater in het kanaal zou misschien ook gevaar voor verzilting brengen. Nu er toch sprake was van een gemaal naast het kanaal, zou dat ook mooi gebruikt kunnen worden om het peil in het kanaal met zoet boezemwater te verhogen, zonder gevaar voor verzanding of verzilting — twee vliegen in één klap dus. En gezien hun vroegere ervaringen dachten zij daarbij natuurlijk aan stoomkracht, met name aan iets in de geest van Ary Blanken's Krimpenerwaard-machine (hoofdstuk 8). Zij overtuigden de Commissie en kregen machtiging om f 20 000 uit te geven voor een stoomgemaal.

Van Liender benaderde Boulton & Watt, en deze boden een machine aan, ongeveer als de Krimpenerwaard-machine, maar iets groter. Deze werd besteld in september 1806

9. Boezem discharge at Katwijk

1807

The Rijnland drainage district discharged most of its excess water in the north via sluices into the IJ — a Zuiderzee inlet — which was tidal until the late 19th century. In the south was a discharge point into the Hollandsche IJssel river. In the west the old mouth of the Rhine at Katwijk was silted up, and had thus become virtually useless. Already in 1743 Nicolaas Cruquius — surveyor to the Delfland drainage district, whose old family name Kruik had been latinized in 18th century fashion — had made a proposal for improvement. In 1804 the government of Holland decided to act on a request from Rijnland to renew the Katwijk discharge. A Commission was formed, which duly appointed a Board of Directors, including our old friends Brunings, Conrad and A. Blanken.

The proposed discharge channel would cut through the dunes — the natural sea defence of Holland. To reduce the associated risks, three sluices were planned: one at the sea side of the dunes, one at the land side, and a third one about one kilometre further inland.

After the channel had been cut, complaints soon came in from the owners of the high grounds on the east edge of the dunes. They asserted that the channel drew so much water from their grounds, that these were no longer suitable for grazing. They therefore requested that the Directors erect a small windmill to keep their ditches filled in times of drought.

The Directors found this a reasonable request, but subsequently they thought up an even better plan. As it happens, they were wrestling with another problem — the risk of the channel mouth outside the sluices silting up. Of course, the outside gate could be opened to let the incoming tide fill the channel up to the third sluice, after which the gate would be closed to lock the tide in, and quickly opened at low tide to let the outflow scour the mouth. However, it was feared that the incoming water would carry a lot of sand, silting up the channel itself, and interfering with operation of the gates. This would necessitate expensive dredging. Maybe a high level of seawater in the channel would also increase soil salinity. Now that a pumping station was to be established on the canal, this could also serve to raise the canal level with fresh water from the boezem, without the risk of either silting or salinity — two birds with one stone, indeed. Their earlier experiences naturally led them to contemplate steam power, along the lines of Ary Blanken's Krimpenerwaard engine (chapter 8). The Directors convinced the Commission, and they were authorized to spend *f* 20 000 on a steam pumping station.

Van Liender approached Boulton & Watt, who offered an engine similar to the Krimpenerwaard one, only slightly larger. The engine was ordered in September 1806,

en was in mei 1807 al verzendklaar — het was een standaardmodel van Watt. Toen moest er nog een vergunning voor invoer komen en dat was in het Koninkrijk Holland een groter probleem dan in de Bataafsche Republiek. In een rekest aan Koning Lodewijk Napoleon werd uiteengezet hoe groot het nut van het werktuig wel was, hoe onmogelijk het was om dit hier te lande te vervaardigen en hoe groot de haast was om voor de winter het project te voltooien. Daarom werd 'consent' gevraagd om de onderdelen vrij en ongehinderd en zonder rechten in te voeren. Maar als men een schip alléén voor deze vracht moest laten varen, zouden de vrachtkosten onevenredig hoog oplopen, dus vroeg men ook nog vergunning om vrij importeerbare goederen te mogen bijladen.

De Koning, die al vaker had getoond dat hij het zijn nieuwe onderdanen naar de zin wilde maken, gaf binnen drie weken toestemming — zelfs zonder er op te wijzen dat het eleganter geweest zou zijn om die vóór het plaatsen van de bestelling te vragen. In augustus 1807 kwam de machine aan; de bijgevoegde lading kolen werd gelost en de montage kon beginnen. Deze was weer toevertrouwd aan Duister, maar ditmaal ging het niet zo vlot. De Rotterdammer was met het klimmen der jaren moeilijker in de omgang geworden en — hoewel men hem de titel machinist-directeur had gegeven — gedroeg hij zich eigengereid en twistziek. Hij lag voortdurend overhoop met zijn hulpmachinist; van het verwachte doorgeven van zijn ervaring kwam dus niet veel terecht. In de zomer van 1808 nam men afscheid van hem met een gouden handdruk; toen later dat jaar het proefbedrijf begon stond de nieuwe machinist er alleen voor. Er waren vele problemen en reparaties. Van Liender — langzamerhand ook een ervaren stoomtechnicus — overleed in 1809, 76 jaar oud. In 1810 horen wij voor het eerst van een geslaagde poging om het kanaalpand vol te pompen. De kosten waren inmiddels opgelopen tot f 50 000.

De machine van Katwijk

Enkelwerkende niet-roterende Watt-machine

Stoomcilinder boring	89 cm
slag	91 cm

Pompcilinder boring	1,35 m
Vermogen (vlg. B&W)	19 kW

Het bevloeien van de hoge weilanden ging ook niet meteen van een leien dakje. De capaciteit van het gemaal was daarvoor wel zeer ruim en bij de eerste pogingen spoelden de kanten en beschoeiingen van sloten weg, zodat het water nutteloos wegliep. Er moest heel wat aan het slotennet opgeknapt worden voordat een bevredigende toestand ontstaan was. De boeren hadden liever hun windmolentje gehad, maar dat kregen ze pas in 1837.

Het vervelendste was echter dat ook voor het hoofddoel — het bestrijden van de verzanding van de buitenmond — de werking tegenviel. Het was de bedoeling dat het kanaalpand in 36 à 48 uur tot 90 cm boven NAP (Normaal Amsterdams Peil) kon worden opgezet. Dat betekende echter wel, dat intussen niet normaal kon worden geloosd. De sluismeesters ontdekten al gauw een kunstje, dat het gemaal vrijwel overbodig maakte: ze openden bij opkomende vloed de schuiven in de bovenzijde van de deuren, zodat wel water binnenstroomde, maar geen zand. Kennelijk tilde men niet meer zo zwaar aan de verzilting.

Rijnland wilde het gemaal nu wel kwijt, maar dat viel niet mee. Tot 1836 is het sporadisch gebruikt voor de watertoevoer naar de hoge gronden, maar in 1837 gaf Rijnland een subsidie van f 2500 aan de betrokken polder om een klein windmolentje voor dit

and — as it was a standard model — it was ready for despatch in May 1807 . There remained the matter of obtaining royal permission to import the engine. This was a bigger problem in the (French satellite) Kingdom of Holland than it had been in the Batavian Republic. A petition to King Louis Napoleon argued the eminent usefulness of the engine, which could certainly not be made nationally, and stressed the pressing need to complete the project before the winter. For these reasons permission was sought to import the parts duty-free and without hindrance. Chartering a vessel for just this cargo would incur undue expense, however, and so permission was also requested to make up a full cargo with non-embargo goods.

The King, who had shown on several occasions that he aimed to please his new subjects, decided favourably within three weeks — not even pointing out that it would have been more elegant to have asked permission before placing the order. The engine arrived in August 1807; the make-up cargo of coals was unloaded, and erection could start. This had once again been entrusted to Duister, but things did not run smoothly this time. With advancing age, Duister had become more difficult to deal with and — even though he had been given the title of engineer-director — he behaved in a headstrong and quarrelsome manner. He was constantly at odds with his assistant engineer, and nothing came of the expected transfer of experience. In the summer of 1808 he was dismissed with a golden handshake. When trials started later that year,

the assistant was on his own. Many problems and repairs occurred. In 1809 Van Liender — who had over the years become an experienced steam engineer — died at the age of 76. Not until 1810 do we hear of a successful attempt to raise the channel level. The total cost had by this time risen to f 50 000.

The Katwijk engine

Single acting nonrotative Watt engine	
Steam cylinder bore	89 cm
stroke	91 cm
Pump cylinder bore	1,35 m
Power (B&W data)	19 kW

Irrigating the high grounds had not been smooth sailing either. For this purpose the capacity of the engine was excessive. Early attempts washed away the banks and revetments of the ditches, wasting the water. The system of ditches needed a great deal of repair before a satisfactory state was reached. The farmers would rather have had their windmill, which they would not get until 1837 however.

But the most annoying thing was, that the effect of the pumping station for its main purpose — silting prevention — was also unsatisfactory. The original idea was, that the water in the channel would be raised to 90 cm above NAP (Amsterdam reference level) in 36 to 48 hours. This meant, however, that in the meantime no regular discharge would be possible. The sluicemasters soon discovered a trick which made the pumping station virtually redundant: as the tide came in, they opened paddles in the upper part of the gates, allowing water in, but no sand. The worries about salinity had evidently receded into the background.

Rijnland would now rather be rid of the engine, but this wasn't easy. Until 1836 the engine was sporadically used for irrigating the high grounds, but in 1837 Rijnland gave a grant of f 2500 to the polder to erect a small windmill for the purpose. In the same

doel te bouwen. In hetzelfde jaar werd het gemaal verkocht en vervolgens verpacht aan een firma die een zoutziederij exploiteerde; hoe deze de machine gebruikt heeft weten wij niet. Het geheel is in 1854 gesloopt en de grond kwam weer aan Rijnland. Dit was een roemloos einde voor een installatie die op zichzelf goed ontworpen en gemaakt was, maar niet goed afgestemd op de te vervullen taken. Eén moment van glorie heeft zij gekend, toen in 1814 Koning Willem I — dezelfde die als prinsje het Blijdorp-gemaal had bezocht — met zijn zonen Prins Willem en Prins Frederik en hun gast Tsaar Alexander I een bezoek aan de uitwatering bracht en met grote belangstelling ook de stoommachine bezichtigde.

Het tijdperk van de hegemonie van stoommachines uit Engeland was nu ook voorbij, al zullen we in hoofdstuk 14 zien dat de rol van dat land niet was uitgespeeld. Willem I — de 'koopman-koning' — bevorderde met kracht de opbouw van een nationale industrie. Er werden machinefabrieken gesticht, die ook stoomwerktuigen konden maken : in 1812-1815 *Cockerill* in Seraing bij Luik, in 1825 het *Etablissement Fijenoord* in Rotterdam, in 1827 *van Vlissingen & Dudok van Heel* in Amsterdam (de voorloper van *Werkspoor*). In 1839 kwam daar in Amsterdam *Dixon & Co.* (later *De Atlas*) bij. Voortaan speelden die — en nog meer — bedrijven een belangrijke rol bij de ontwikkeling van stoombemaling.

year the pumping station was sold, and subsequently leased to a firm operating a salt works. It is not known to what use this firm put the engine. The whole was knocked down in 1854, and the land reverted to Rijnland.

This was a rather inglorious end to an installation which was in itself well designed and made, but which was insufficiently adapted to its tasks. It knew one moment of glory in 1814, when King Willem I — the same who had visited the Blijdorp engine as a young prince — paid a visit to the discharge point with his sons the Princes Willem and Frederik and his guest Czar Alexander I. They viewed the engine, and showed much interest.

The times of English supremacy on the steam engine market were drawing to a close, although we shall see in chapter 14 that the role of that country was far from over. Willem I — the 'merchant king' — vigorously promoted the advancement of national industries. Engineering works were established, which could also manufacture steam engines: *Cockerill* in Seraing near Liege (c.1815), *Etablissement Fijenoord* in Rotterdam (1825), *van Vlissingen & Dudok van Heel* in Amsterdam (1827, the precursor of *Werkspoor*). In 1839 these were joined by the Amsterdam firm *Dixon & Co* (later *De Atlas*). These firms, and others, would from now on play an important role in the development of steam drainage.

10. Overstroming in Noord-Holland

1825

De tot hier besproken gemalen waren allemaal voorzien van pompen. De vroegste stoommachines hadden alleen op-en-neergaande beweging en daar paste een pomp goed bij. Schepraderen en vijzels — die bij windmolens algemeen waren — vinden we in stoomgemalen pas wanneer de machines voor draaiende beweging gangbaar worden. In dit hoofdstuk zien we de eerste stoom-vijzelgemaaltjes, het volgende gaat over het eerste stoom-schepradgemaal.

Begin februari 1825 trof een zware stormvloed de provincie Noord-Holland. De Zuiderzeedijken bezweken op vele plaatsen en vele polders en droogmakerijen liepen onder — vooral rond de Zaanstreek, waar o.a. de grote Wijde Wormer overstroomde. Het was een grote ramp. Zulke zeer zware stormvloeden komen niet vaak voor, maar toch wel een of twee keer per eeuw. Er zijn voor Noord-Holland berichten over zware stormen in 1666, 1675, 1717, 1825 en 1916. De laatste vormde de directe aanleiding om de beheersing van de Zuiderzee ter hand te nemen — via afdammen en gedeeltelijk inpolderen.

De autoriteiten namen in 1825 snel en doortastend maatregelen, waarbij ook het nieuwe industriebeleid zijn vruchten afwierp. Cockerill in Seraing leverde snel zeven machines van verschillende types en met vermogens van ca. 7 tot 27 kW, waarbij enkele vijzelgemaaltjes. Er is slechts minimale informatie teruiggevonden. Zo is het bijvoorbeeld niet duidelijk, of stoom dwingende noodzaak was, of dat ook het bevorderen van moderne techniek een rol speelde. Met twee van deze noodgemalen (11 en 27 kW) plus een aantal windmolens duurde het nog tot juli 1826 voor de Wijde Wormer weer droog was.

De noodgemaaltjes werden toen overtollig, maar enkele ervan vonden een nieuwe bestemming. Eén werd in 1827 overgenomen door de lakenfabriek Krantz in Leiden. Na verbouwing door Van Vlissingen en Dudok van Heel heeft deze machine jarenlang de volmolens van die fabriek aangedreven. Een tweede werd in 1829 aangekocht door de graaf van Bylandt als aanvulling op de windbemaling van zijn polder Mariënweerd in de Betuwe. De windmolens werden later gesloopt en het stoomgemaal heeft tot ca.1940 goed gewerkt, met een rendement van ca.1,7%. Een derde werd na twintig jaar in opslag in 1847 betrokken bij het drooghouden van de bouwput van het Cruquiusgemaal (hoofdstuk 14 en bijlage 3).

10. Floods in Noord-Holland

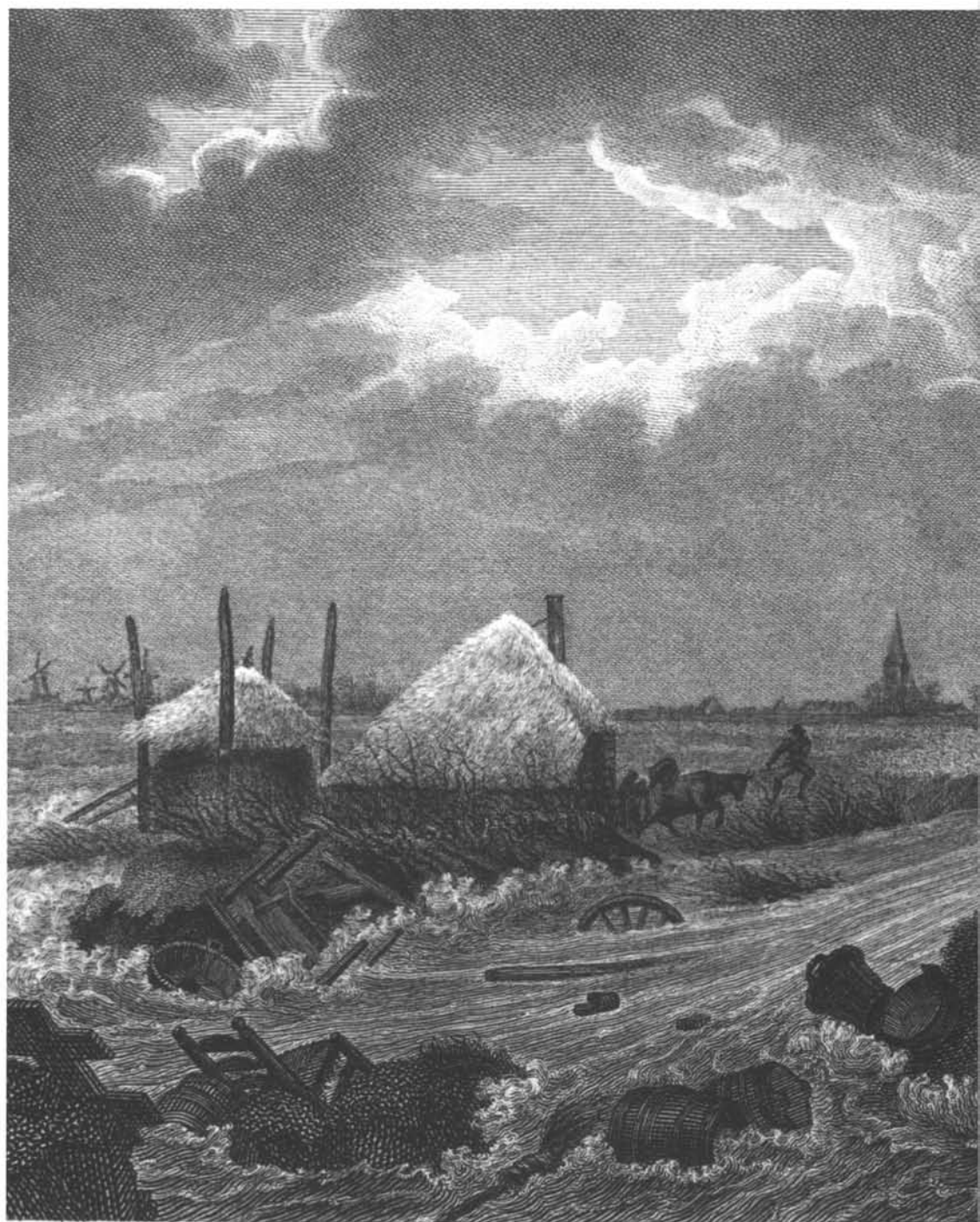
1825

The drainage stations discussed so far, all had pumps. The earliest steam engines only provided up-and-down motion, which suited a pump well. Scoopwheels and Archimedean screws — ubiquitous in drainage windmills — appeared in steam drainage only after suitable rotative engines became available. In this chapter we see the first steam powered Archimedean screws, and the next is about the first steam scoopwheel station.

In early February 1825 a severe storm tide hit the province Noord-Holland. The Zuiderzee dikes broke in several places, and many polders were flooded -- including the large Wijde Wormer polder north of Amsterdam. It was a major disaster. Storm tides of such magnitude do not occur frequently, maybe once or twice in a century. For Noord-Holland there are records of hurricanes in 1666, 1675, 1717, 1825, and 1916. The latter was the direct cause for actually implementing measures to control the Zuiderzee — through damming and partially reclaiming.

In 1825, the authorities took quick and decisive action — and the new industrial policy, too, could prove its mettle. Cockerill in Seraing at short notice supplied seven engines of various types, with powers ranging from c.7 to 27 kW, including some Archimedean screw machines. Information about these engines is meagre. It is, for instance, not quite clear whether they were absolutely essential, or if the promotion of new technology played an important role. Anyway, with two of these engines (of 11 and 27 kW) and a number of windmills it still took until July 1826 to reclaim the Wijde Wormer polder.

The emergency engines now became redundant, but some eventually found new uses. In 1827 one was purchased by the Krantz worsted mill in Leiden. After modifications by Van Vlissingen & Dudok van Heel it worked the fulling mills for many years. Another was acquired by Count van Bylandt to supplement the wind drainage of his polder Mariënweerd in the Betuwe district. The windmills were demolished later, and the steam engine worked well until c.1940, with about 1,7% efficiency. A third one, after twenty years in storage, was used in 1847 to drain the Cruquius building excavation (chapter 14 and annex 3).



Dijkdoorbraak van de Wijde Wormer op 6 februari 1825



H.P. Oosterhuis

Breach in the dike of the Wijde Wormer polder on February 6, 1825

11. Het schepradgemaal aan de Arkelse Dam

1826

Dit hoofdstuk gaat over één facet van de zeer ingewikkelde waterstaatkundige en waterstaatspolitieke toestand in de polders tussen de grote rivieren. In dit korte bestek kan het aan die toestand geen volledig recht doen.

Eén van de grote polderdistricten tussen de grote rivieren, ten zuiden van Utrecht, is de *Vijfherenlanden*. De boezem van dit gebied werd in het begin van de 19e eeuw gevormd door de Zederik, een waterloop die later onderdeel zou worden van een scheepvaartkanaal van Amsterdam naar de grote rivieren. Deze Zederikboezem loosde op de rivieren (Lek en Linge). Tot in de 18e eeuw waren daarvoor alleen uitwaterings-sluizen nodig. Het land klonk echter in, de rivierstanden werden hoger, dus deze natuurlijke uitwatering werd steeds moeilijker. Bij Ameide aan de Lek werd toen een groep scheprad-windmolens neergezet. Dat hielp, maar op den duur was het niet voldoende. In 1817 besloot men om aan de zuidkant bij Arkel een afwateringskanaal te graven, dat zo'n zes kilometer westelijk zou uitmonden op de rivier, waar de eb lager was. Het effect van dit *kanaal van Steenenhoek* op de meer zuidelijke polders was gunstig, maar juist de Vijfherenlanden vonden er weinig baat bij. Daarom besloot men in 1824 om de Zederikboezem aan de zuidzijde bij de Arkelse Dam naar de rivier de Linge uit te malen met een stoomgemaal.

Jan Blanken — nu Inspecteur-Generaal van de Waterstaat — maakte een voorstel en dat werd aanvaard. Nog in 1824 werden de machines besteld bij Cockerill in Seraing. Blanken kreeg de algemene leiding van het werk, geassisteerd door F.W. Conrad jr. — zoon van de bouwmeester van de Katwijkse sluisen (hoofdstuk 9).

Cockerill leverde drie balansmachines, elk met een eigen scheprad. Deze schep-raderen waren smal, en ze hadden een grote tasting (indompeling in het beneden-water) om ze geschikt te maken voor de van nul tot ca. 1,5 m wisselende opvoer-hoogte. Deze flexibiliteit ging ten koste van het rendement, dat voor een Watt-machine teleurstellend laag was. De drie machines stonden samen in één gebouw.

Het opgestelde vermogen van 120 kW bleek nogal royaal gekozen: uit gegevens over de periode 1830-1840 blijkt de belasting niet boven de 72 kW te zijn gekomen. In 1865 werd de monding van het kanaal van Steenenhoek voorzien van een groot stoom-schepradgemaal, dat de taak van het Arkelse Dam gemaal grotendeels overnam (zie ook hoofdstuk 16). Toch werd in hetzelfde jaar ook dat gemaal nog gemoderniseerd met ketels voor een iets hogere druk (1 bar), en werden de machines voorzien van expansieschuiven volgens Meyer. Het rendement verdubbelde, maar erg indrukwekkend was het daarmee nog steeds niet. Het aantal gebruiksuren liep sterk terug en het is dus wel begrijpelijk dat men het verder bij reparaties e.d. heeft gelaten — een nieuwe moderne installatie was de kosten niet waard.

11. The scoopwheel station at the Arkelse Dam

1826

This chapter deals with one aspect of the very complex situation — both in terms of drainage engineering and of drainage politics — in the polders between the principal rivers Rijn (Rhine) and Maas (Meuse). This brief discussion cannot do full justice to that situation.

Vijfherenlanden is one of the large polder districts between the main rivers, south of Utrecht. In the early 19th century the boezem of this district was the Zederik, a water-course which later was to become part of a shipping canal linking Amsterdam to the main rivers. This Zederik-boezem discharged into the rivers (Lek and Linge). Until well into the 18th century this was gravity discharge via sluices. The land subsided, however, and the rivers rose, so gravity discharge became ever more difficult. Near Ameide on the Lek river a group of scoopwheel windmills was erected. This did help, but it was eventually insufficient, and in 1817 the decision was taken to cut a channel from Arkel in the south, to a point on the Lek about 6 km westward, where ebb levels were lower. This *Steenenhoek canal* did improve conditions in the southern polders, but the benefit to the *Vijfherenlanden* was disappointing. Eventually the decision was taken in 1824 to install steam powered discharge from the Zederik-boezem to the Linge river near the Arkelse Dam.

Jan Blanken — by now Inspector-general of the Hydraulic Board — made a proposal which was accepted, and already in 1824 the engines were ordered from Cockerill in Seraing. Blanken was charged with general management of the works, with the assistance of F.W. Conrad jr. — son of the architect of the Katwijk sluices (chapter 9). Cockerill supplied three rotative Watt type beam engines, each with its own scoopwheel. These scoopwheels were rather narrow, and they were immersed quite deeply into the lower level water to make them suitable for lift fluctuations from zero to 1,5 m. The price for this flexibility was a disappointingly low efficiency for a Watt type engine. The three engines shared a single house. The installed power of 120 kW turned out to be ample. Data for the period 1830-1840 show, that 72 kW was never exceeded. In 1865 a large steam scoopwheel station was built at the mouth of the Steenenhoek canal (see also chapter 16), which took over most of the function of the Arkelse Dam station. Nevertheless, in the same year that station was reboilered, the pressure raised somewhat (to 1 bar), and the engines fitted with Meyer type expansion slides. Efficiency doubled, but the figures were still unimpressive. The number of working days decreased sharply, so it is understandable that later only the necessary repairs were done — a new and modern installation here was not worth the expense.

In 1868 braken van één machine de kruk, de drijfstang en de balans, alle van gietijzer. Toen zijn alle drie machines voorzien van smeedijzeren krukken en drijfstangen, en van nieuwe gietijzeren balansen. Rond 1945 werd een nieuw, groter gemaal op het kanaal van Steenenhoek in gebruik genomen, de stoomgemalen zijn toen buiten dienst gesteld. In 1950 zijn de machines verwijderd en omstreeks 1993 is het gebouw aan de Arkelse Dam na een brand gesloopt.

Dat zou het einde zijn geweest, ware het niet dat één van de machines een waardige plaats heeft gevonden in museum de Cruquius. Het is zonder twijfel de oudste bewaard gebleven stoommachine in ons land.

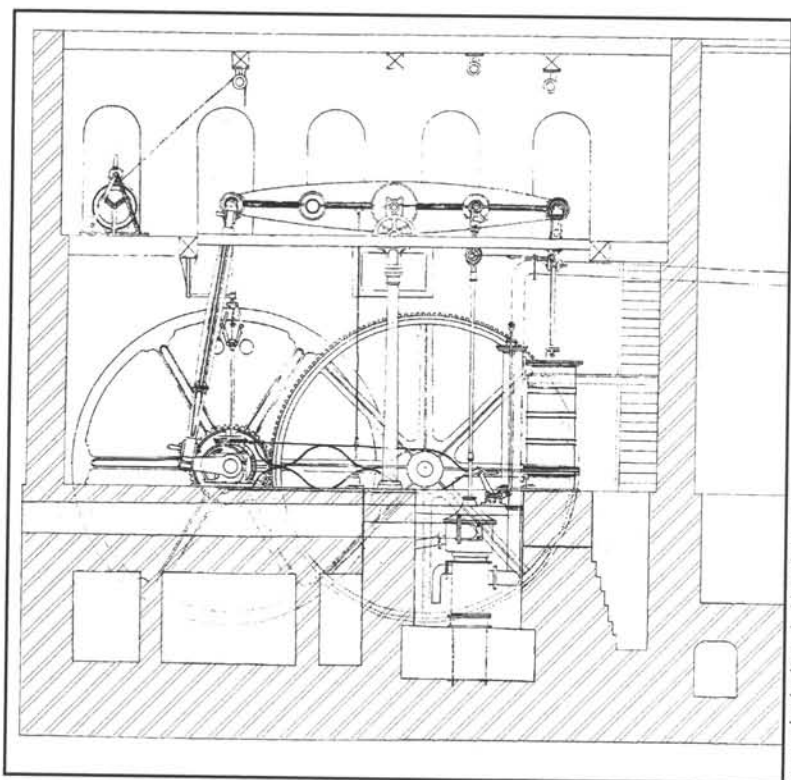
De machines aan de Arkelse Dam

Dubbelwerkende roterende Watt-machines

Gegevens voor één machine

Stoomcilinder boring	74 cm
slag	1,53 m
Snelheid	26 /min
Vermogen	40 kW
Tandwielvertraging	47/176
Scheprad middellijn	7,5 m
breedte	52 cm
Opvoerhoogte	0-1,5 m
Opbrengst	100 m ³ /min
Rendement 1826	0,2-0,8%
1865	1,7%

Met het gemaal aan de Arkelse Dam was het scheprad weer terug in de moderne bemalingstechniek. F.W. Conrad jr. bouwde in 1847 in Den Haag een gemaal, dat er vrijwel een kopie van was en dat een rendement van 1,7 % haalde. Nog niet briljant, maar wel beter dan het Arkelse Dam gemaal in die tijd.



bewerkt/edited J.Verbruggen

The engines at the Arkelse Dam

Double acting rotative Watt type engines

Data for one engine

Steam cylinderbore	74 cm
stroke	1,53 m
Rotational speed	26 rpm
Power	40 kW
Gears	47/176
Scoop wheel diameter	7,5 m
width	52 cm
Lift	0-1,5 m
Capacity	100 m ³ /min
Efficiency	1826 0,2-0,8%
	1865 1,7%

In 1868 the cast iron crank, the connecting rod, and the beam of one engine fractured. All three engines were then fitted with wrought iron cranks and connecting rods, and new cast iron beams. C.1945 a new, larger pumping station in the Steenenhoek canal was commissioned, and the steam stations were closed down. In 1950 the machinery was removed, and about 1993 the Arkelse Dam building was demolished after a fire.

This would have been the end, had not one of the engines found a fitting place in the Cruquius museum. This is, without any doubt, the oldest surviving steam engine in the country.

The Arkelse Dam station brought the scoopwheel back as a water raising device. F.W. Conrad jnr. in 1847 built a virtually identical scoopwheel station in the Hague, which tipped the efficiency scales at 1,7 %. Not brilliant, but better than the Arkelse Dam engine at the time.

Eén van de drie stoommachines van het schepradgemaal aan de Arkelse Dam, bewerkt naar een slechte kopie van een (inmiddels verloren gegane) tekening uit 1825. De machine heeft hier nog de oorspronkelijke gietijzeren kruk en drijfstaang. Zij is ook nog voorzien van een Watt-centrifugaalreguleur, vanaf de krukas aangedreven met een haakse tandwiel-overbrenging. Die is vermoedelijk in 1865 verwijderd om plaats te maken voor de tweede excentriek voor de Meyer-expansieschuif. De reguleur — bedoeld om het toerental constant te houden — had waarschijnlijk weinig nut, omdat een scheprad vrij goed zelfregelend is.

One of three steam engines of the scoopwheel station at the Arkelse Dam, adapted from a poor photocopy of an 1825 drawing, which is now lost. The engine still has its original cast iron crank and connecting rod. She also has a Watt centrifugal governor, driven from the crankshaft through bevel gears. This was later removed, presumably to create space for the second eccentric of the Meyer expansion valve, fitted in 1865. The governor — intended to maintain constant speed — was probably of little use, as a scoopwheel is to a large extent self-regulating.

12. De Zuidplas drooggemaakt

1839

In het begin van de 19e eeuw was de toestand van de Zuidplas — een meer ten zuidwesten van Gouda, ontstaan door een reeks verveningen — deplorabel. De verveners waren vertrokken en er was onvoldoende geld voor onderhoud van de molens en dijken van de aangrenzende polders. Dit probleem trad bij verveningen nogal eens op. Om het te voorkomen werd van verveners vooraf een borgsom voor latere drooglegging gevraagd, de *afkoopkas*. Dat was hier ook gebeurd en het fonds was belegd in staatsleningen. In 1810 vond echter de *tiërcering van de staatsschuld* plaats — een door de regering opgelegde vermindering tot éénderde van de oorspronkelijke waarde — en het fonds was nu bij lange na niet meer voldoende voor het droogleggen van de meer dan 4 m diepe plas van 4000 hectare. Die plas was echter een gevaar voor de omliggende polders geworden. 's Winters steeg het peil vaak onrustbarend en bij storm sloegen de golven over de dijken en wegen. Sinds ca. 1700 waren plannen voor droogmaking gemaakt. Gebrek aan geld en besluitvaardigheid hadden echter de uitvoering steeds verhinderd.

In 1807 waren enige maatregelen genomen, maar die bleken al gauw lapmiddelen. De plas zou door drie wind-schepradmolens naar de Hollandse IJssel worden bemalen. Door slecht heiwerk ontstonden vele verzakkingen en reparaties en een van de nieuwe molens moest weer worden gesloopt. In 1816 bezocht Koning Willem I deze installatie en de regering besloot tot herstel, onder leiding van Ary Blanken. Die installeerde een molen met een hellend scheprad volgens Eckhardt — een opvoerwerktuig waarvan men zich een tijdlang veel voorstelde, maar dat nooit echt ingang heeft gevonden. Hij voorzag een van de andere molens van een extra scheprad met grote middellijn, ongeveer zoals het 'vereenvoudigd stelsel' van zijn broer Jan (hoofdstuk 7).

Ook dit bood geen blijvend soelaas; in 1825 besloot de regering om de plas op haar kosten droog te maken. Er werd een uitgebreide 'Commissie van beheer en toezicht' gevormd waarin we o.a. waterstaats-inspecteur D. Mentz en administrateur H. Ewijk aantreffen. Directeur werd J.W. de Thomèze, in 1834 opgevolgd door M.G. Beijerinck. Diens broer J.A. Beijerinck (1800-1874) werd eerstaanwezend ingenieur.

Het aanvankelijke plan was gebaseerd op windmolens. De ringvaart van de polder kreeg het peil van de plas, om de waterhuishouding van het omliggende land niet te verstoren. De opvoerhoogte van droogmakerij tot ringvaart zou 4,1 m zijn; met vijzelmolens kon dit in twee stappen. Men ontwierp twee groepen van elk elf molens met een gemeenschappelijke tussenboezem. De ringvaart zou op de IJssel uitslaan met twaalf schepradmolens twee hoog voor een opvoerhoogte van 2,54 m. Eén van de bovenmolens zou een hellend Eckhardt-scheprad krijgen, zes molens zouden worden ingericht met elk drie schepraderen volgens het 'vereenvoudigd stelsel' van Jan Blanken (hoofdstuk 7), maar zonder hulp-stoommachine.

Toch had de Commissie wel over aanvullende stoomkracht gedacht, maar men was

12. Reclaiming the Zuidplas

1839

Early in the 19th century the condition of the Zuidplas — a lake to the southwest of Gouda, formed as the result of a number of peat dredging ventures — was deplorable. After the peat workers had left, insufficient funds remained for maintenance of the drainage mills and dikes of the adjoining polders. This was a fairly common problem with peat extraction projects, and to prevent it the entrepreneurs had to pay a deposit for the cost of later drainage. This had been done here, and the money had been invested in government bonds. In 1810, however, all government debts had been reduced to one-third of their value, and the fund was now insufficient for reclaiming the 4000 hectare lake which was over 4 m deep. The lake had, however, become a source of danger for the neighbouring polders. In winter the level often rose alarmingly, and during storms the waves would break over dikes and roads. Drainage proposals had been put forward since about 1700, but both lack of funds and indecisiveness had prevented realization.

In 1807 some measures had been taken, which soon turned out to have been stop-gaps. The lake was to be brought under control by three scoopwheel windmills discharging into the Hollandsche IJssel river. Faulty piling caused a great deal of subsidence and repairs, and eventually one of the new mills had to be pulled down. In 1816 King Willem I visited the site, and the government decided to take charge of repairs. Ary Blanken was put in charge. He erected a mill with an Eckhardt wheel — an inclined scoopwheel which drew a lot of interest at the time, but which never really got off the ground. He fitted one of the other windmills with a large diameter extra scoopwheel along the lines of his brother Jan's 'simplified system' (chapter 7).

These measures did not provide a permanent solution either, and in 1825 the government decided to reclaim the lake as a public project. A large 'Commission for management and supervision' was established, including Hydraulic Board inspector D. Mentz and administrator H. Ewijk. J.W. de Thomèze was the first Director, succeeded in 1834 by M.G. Beijerinck. His brother J.A. Beijerinck (1800-1874) was senior engineer.

The initial scheme would use only wind power. The encircling canal of the new polder was to have the same level as the lake, to avoid upsetting the soil hydrology of the adjoining land. The lift from the polder to the canal would be 4,1 m, which Archimedean screws could manage in two stages. One upper and one lower group of eleven mills each were planned, with a common intermediate boezem. The canal would have power discharge to the Hollandsche IJssel river using twelve scoopwheel windmills, lifting 2,54 m in two stages. One of the upper mills would have an Eckhardt wheel, the others would be fitted with three scoopwheels each, using Jan Blanken's 'simplified system' (chapter 7), but without the auxiliary engine.

Actually, the Commission had considered supplementary steam power, but it had been

afgeschrikt door het slechte rendement van het enige bestaande stoomgemaal aan de Arkelse Dam (hoofdstuk 11). Tenslotte werd besloten tot een koppel stoom-vijzels direct van de polder naar de IJssel, met een eigen tussenboezem, onafhankelijk van de windmolens en de ringvaart. Het aantal windmolens kon nu verlaagd worden tot 2x9. Bij het Etablissement Fijenoord werden twee machines en vier ketels besteld. Het bestek liet zeer veel ruimte aan de fabrikant en die maakte daarvan ruimschoots gebruik. Hij leverde machines die hij voor een ander doel had gemaakt, met ketels die twee aan twee op overmatig grote vuurhaarden stonden. De machines werden op advies van de fabrikant verbouwd voor expansie (zie daarvoor het kader *Cornwall-machine* bij hoofdstuk 14). Dat werd echter nogal ongelukkig gedaan, zodat het effect ervan tegenviel. Ondanks de hogere stoomdruk was het rendement nauwelijks beter dan dat van de Arkelse Dam machine en pas in 1860 — na het installeren van Cornwall-ketels — werd het enigszins acceptabel.

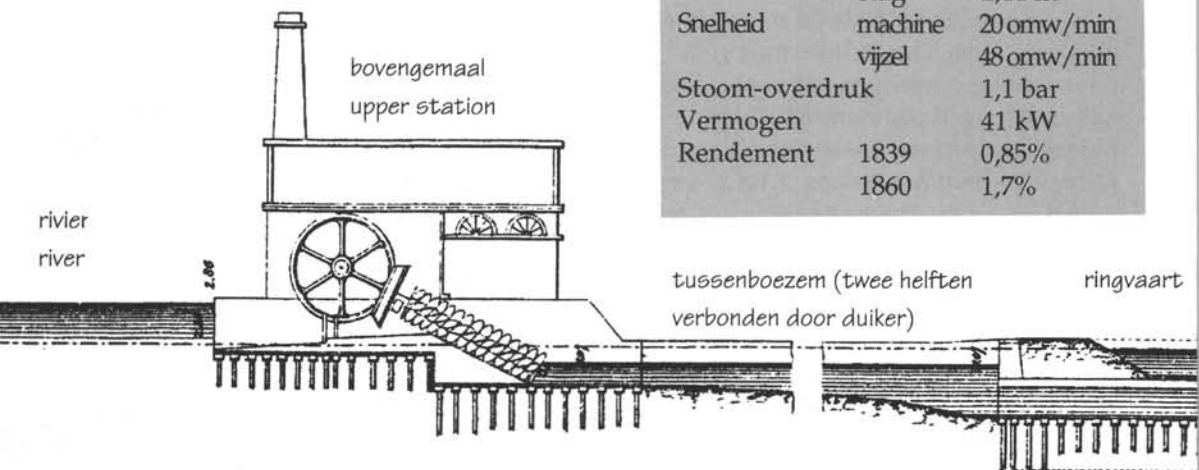
Deze eerste toepassing van horizontale machines was ook een waagstuk: velen meenden, dat de zware zuiger en de cilinder onderaan extra zouden slijten. Om dat te verminderen heeft men de zuiger voorzien van verende glijblokken als extra steun, zodat de zuiger zelf als het ware 'zweefde'. Die blokken konden zonodig ook gemakkelijk vervangen worden. Deze voorziening heeft goed voldaan. De eenvoudige opstelling van de machine op een paar balken was een groot voordeel — vergeleken met een balansmachine, waarbij het hele gebouw deel van de machine is.

De stoomgemalen hebben ongeveer 40% van de droogmaking voor hun rekening genomen, dus windkracht speelde nog net de hoofdrol. Een stoom-vijzelmolen deed evenveel als ruim drie wind-vijzelmolens. Voor het drooghouden hebben de stoom-vijzelgemalen geen rol van betekenis gespeeld, dat konden de windmolens wel aan. In 1870 zijn de stoom-vijzelgemalen vervangen door stoom-schepradgemalen en in 1875 is de resterende windbemaling vervangen door stoombemaling met centrifugaalpompen. Later is de bemaling verder gemoderniseerd.

Huet wijt het beperkte succes en het lage rendement van de stoombemaling van de Zuidplas aan het gebruik van vijzels in plaats van pompen — zijn voorkeur. De Blijdorp-machine (hoofdstuk 5) presteerde in 1787 méér — en met een hoger rendement — dan deze machines 50 jaar later, stelt hij. De bemaling van de Zuidplas is in sommige opzichten een voorbode van een veel grotere onderneming, de droogmaking van de Haarlemmermeer, het onderwerp van hoofdstuk 14.

De hulpmachines voor de Zuidplas Dubbelwerkende horizontale machines

Stoomcilinder boring	51 cm
slag	2,11 m
Snelheid machine	20 omw/min
vijzel	48 omw/min
Stoom-overdruk	1,1 bar
Vermogen	41 kW
Rendement 1839	0,85%
1860	1,7%



put off by the low efficiency of the only existing steam drainage station at the Arkelse Dam (chapter 11). Eventually it was decided to have a couple of steam powered Archimedean screws direct from the polder to the river, with their own intermediate boezem, independent from the windmills, whose number could thus be reduced to 2x9.

Two engines and four boilers were ordered from Etablissement Fijenoord. The specification left most details at the discretion of the manufacturer, who took advantage by supplying engines they had made for a different purpose, and constructing externally fired boilers positioned in pairs over two excessively large furnaces. On the manufacturer's advice the engines were adapted for expansive working (see the box *Cornish engine* in chapter 14). This was done in a rather inept manner, however, so the effect was disappointing. Notwithstanding the higher steam pressure, efficiency was only a marginal improvement over the Arkelse Dam engines. Only in 1860 — after substituting Cornish boilers — did this rise to a halfway acceptable value.

This first application of horizontal engines was another bold step. The widespread view was, that the heavy piston and the cylinder would wear unevenly. To counteract this, the piston was given extra support by fitting sprung wear blocks, so that the piston itself effectively 'floated'. The blocks could be easily replaced. This device proved effective. The simple engine mounting on a couple of timbers was a big advantage — as compared to a beam engine, for which the entire building is part of the engine.

The steam engines covered about 40% of the initial drainage, leaving wind power in the lead by only a small margin. One steam powered Archimedean screw did the work of over three windmills. The subsequent maintenance drainage could be handled by the windmills, and the steam powered stations played only an insignificant role.

In 1870 the steam powered Archimedean screws were replaced by scoopwheels, and in 1875 the remaining windmills were replaced by steam powered centrifugal pumps. Drainage was further modernized later.

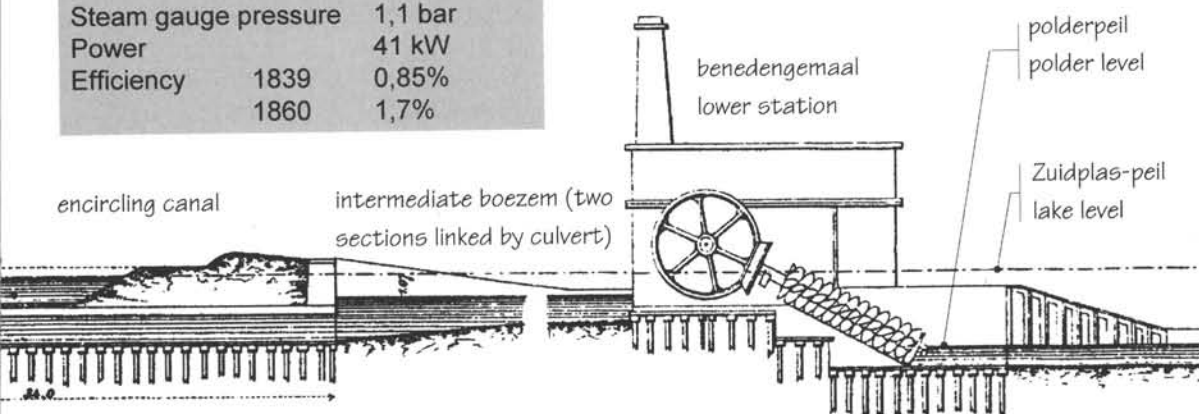
Huet attributes the limited success and the low efficiency of the Zuidplas steam drainage to the use of Archimedean screws instead of pumps — his favoured device. As he states, in 1787 the Blijdorp engine (chapter 5) did more — and with a higher efficiency — than these engines 50 years later. In some respects the Zuidplas drainage is a harbinger of a much larger enterprise, the reclaiming of the Haarlemmermeer, the subject of chapter 14.

drainage is a harbinger of a much larger enterprise, the reclaiming of the Haarlemmermeer, the subject of chapter 14.

The Zuidplas auxiliary engines

Double acting horizontal rotative engines

Steam cylinder bore	51 cm
stroke	2,11 m
Speed engine	20 rpm
screw	48 rpm
Steam gauge pressure	1,1 bar
Power	41 kW
Efficiency 1839	0,85%
1860	1,7%



13. De droogmakerij Nootdorp

1840

Al in 1823 waren er plannen voor droogmaking van de twee uitgeveende polders waaruit dit ambacht (district) bestond. Het besluit — windbemaling — viel echter pas in 1838, en twee jaar later was de financiering rond. De dagelijkse leiding werd opgedragen aan de Waterstaatsingenieur A. Greve. Vanuit de Commissie voor de droogmaking was inmiddels aan G. Simons — die we in het volgende hoofdstuk uitgebreider zullen leren kennen — gevraagd om een advies over toepassing van stoomkracht. Dit werd ook besproken met Greve, met de ingelanden en met de bankier. Stoomkracht zou op de droogmaking *f* 52 000 besparen, maar het drooghouden zou *f* 2,50 per jaar per hectare duurder zijn. Greve vond dat laatste bezwaarlijk, maar de ingelanden zagen vooral voordelen: meer agrarische opbrengst en betere grondprijzen. Zij pleitten zelfs voor krachtiger stoomgemalen dan Simons had voorgesteld. Ook de bankier was vóór stoom. De vergadering van ingelanden (het polder-parlement) verzocht vervolgens aan de regering om de droogmaking gedeeltelijk met stoomkracht te doen. Aldus werd in 1840 besloten.

Nu werd een fabrikant gezocht. Eerst onderhandelde men met het Etablissement Fijenoord, wat leidde tot een merkwaardige aanbieding: niet alleen de machines, maar ook de gebouwen en de voor de droogmaking benodigde kolen zouden geleverd worden — en dat alles voor een schrikbarende hoge prijs. Greve vroeg toen ook een offerte aan de kort tevoren opgerichte machinefabriek Verveer in Amsterdam. Deze was veel goedkoper, en hij beloofde ook een lager kolenverbruik. In december 1840 kreeg Verveer de opdracht voor de machinerie voor twee vijzelgemalen met Cornwall-ketels. Deze zouden twee hoog malen, met een vrij grote tussenboezem. Er was nog een derde vijzel van de polder naar de tussenboezem, die met een lange as kon worden aangedreven door de machine van het bovengemaal. Zo kon de onderbemaling worden gesteund, als de windmolens de bovenbemaling aankonden. Een jaar later bleek Verveer in gebreke te blijven, maar hij was moeilijk aan te pakken omdat het contract — om geld te sparen — niet was geregistreerd (!). Hij had financiële problemen en dreigde zijn fabriek te sluiten als men hem niet tegemoet kwam. De commissie gaf dus maar toe. Ook de kwaliteit van het geleverde liet te wensen over. Een van de machines leverde nauwelijks vermogen, wat na lang zoeken aan een groot lek in de zuiger bleek te liggen. Het duurde tot begin 1843 voordat de machines uiteindelijk aanvaard en in gebruik genomen werden. Ook toen waren de problemen niet voorbij. Met Verveer wilde men

De vijzelgemalen bij Nootdorp

Dubbelwerkende balansmachines	
<i>Ondergemaal</i>	
Stoom-overdruk	3 bar
Opvoerhoogte	3 m
Vermogen	49 kW
<i>Bovengemaal</i>	
Stoom-overdruk	3 bar
Opvoerhoogte	2 m
Vermogen	33 kW

13. The Nootdorp drainage project

1840

As early as 1823 plans had been made to reclaim the two peat-extraction lakes in this district. The decision to reclaim — with wind power — was not taken until 1838, and two years later funding was complete. The day to day management was put in the hands of Hydraulic Board engineer A. Greve. In the meantime the Commission for the project had asked G. Simons — about whom more in the next chapter — for advice on the use of steam power. This was discussed with Greve, with the landholders, and with the banker. Steam power would make the initial drainage *f* 52 000 cheaper than wind power, but annual maintenance drainage would be *f* 2,50 per hectare more expensive. Greve found the latter troublesome, but the landholders stressed the advantages: better agricultural yield, and higher land price. They even advocated increased use of steam power. The banker also favoured steam. The landholders' assembly (the polder parliament) subsequently petitioned the government to use auxiliary steam power. This decision was taken in 1840.

A manufacturer was now sought. Initial negotiations were conducted with Etablissement Fijenoord, which led to a peculiar offer which included not only the machinery, but also the buildings and the coals required for the drainage — for an exorbitant sum. Greve then asked the recently established Amsterdam firm Verveer to bid. This led to a much more attractive offer, and Verveer also promised higher efficiency. In December 1840 Verveer was commissioned to supply the machinery for two Archimedean screw stations with Cornish boilers. These would raise the water in two stages, with a fairly large intermediate boezem. There would be a third screw, from the polder to this intermediate boezem, with a long drive shaft to the upper engine. This could be used to augment the lower stage at times when the windmills could manage the upper stage.

A year later Verveer turned out to be incapable of meeting his obligations. It was

The Nootdorp Archimedean screw stations

Double acting rotative beam engines

Lower station

Steam gauge pressure 3 bar

Lift 3 m

Power 49 kW

Upper station

Steam gauge pressure 3 bar

Lift 2 m

Power 33 kW

difficult to sue him, however, as the contract had not been registered — to save money (!). He was in financial trouble, and he threatened to close his factory if he was not met halfway. The Commission saw no other way but to indulge him. The quality of the equipment supplied also left much to be desired. One of the engines barely developed any power at all, on inspection it turned out there was a large flaw in the piston. It was not until early 1843 that the engines were finally accepted and put to work. Even then the troubles were not over.

niets meer te maken hebben, reparaties werden opgedragen aan Van Vlissingen en Dudok van Heel in Amsterdam. Eind 1843 had een van de ketels een ingedrukte vuurgang door watergebrek. De nalatige machinist — familie van Verweer — werd ontslagen. Na reparatie ontplofte de ketel, met grote schade aan het gebouw. Na al deze narigheid hebben deze twee gemalen de polder toch nog tot 1864 voldoende droog gehouden. Toen zijn de balansmachines (de laatste die in Nederland werden gebouwd) vervangen door horizontale machines, waarbij ook de derde vijzel een eigen machine kreeg.

Greve, die aanvankelijk nogal terughoudend was geweest over de stoomkracht, was kennelijk van mening veranderd: in 1844 beantwoordde hij samen met Simons een prijsvraag van het Bataafsch Genootschap over de stoom-wind controverse. In hun verhandeling (die met een dubbele gouden medaille werd bekroond) sloeg de balans duidelijk door ten gunste van stoomkracht. Het was dus blijkbaar nogal meegevallen !

The management wanted no more to do with Verveer, and for further repairs Van Vlissingen & Dudok van Heel were used. Late in 1843 the firetube of one of the boilers collapsed due to low water level. The negligent engine driver — a Verveer relative — was fired. After repairs the boiler exploded, greatly damaging the building. After all these woes the two drainage stations kept the polder sufficiently drained until 1864. In that year the two beam engines (the last ones erected in the Netherlands) were replaced by three horizontal ones: the third Archimedean screw got its own independent drive.

Greve, who initially had had quite a few reservations about steam power, had evidently changed his mind. In 1844 he and Simons together responded to a prize subject about the steam-wind controversy, set by the Batavian Society. Their treatise (awarded a double gold medal) came out strongly in favour of steam. So the experience had not been so bad after all !

14. De Haarlemmermeer

1852

In hoofdstuk 12 is de Zuidplas-bemaling al een voorbode genoemd van de drooglegging van de Haarlemmermeer. Ook hier een plas, die in de loop der eeuwen ontstaan was door vervening en door landafslag tijdens stormen. Ook hier toenemende onrust over het gevaar van die alsmaar groter wordende watervlakte. Ook hier vele niet-uitgevoerde plannen om de 'waterwolf' te temmen door drooglegging. Ook hier vele versnipperde en tegenstrijdige belangen, die lange tijd besluiten in de weg stonden. Ook hier uiteindelijk uitvoering van regeringswege. Maar het probleem was hier veel groter — zo'n 18 000 hectare, en ca. 4,5 meter diep. Er zou ongeveer 800 miljoen m³ water uitgepompt moeten worden. Het verhaal van de aanpak en uiteindelijke oplossing van dat probleem is daarom nogal ingewikkeld — zelfs als het in sterk vereenvoudigde vorm wordt verteld.

Al in de 17e eeuw — toen vooral in Noord-Holland het ene meer na het andere werd drooggemalen — werden plannen gepubliceerd om de Haarlemmermeer aan te pakken. Het bekendste van deze vroege plannen kwam van molenbouwer *J.A. Leeghwater* (1575-1650); het steunde op een minder bekend plan van *J.B. Veris*. Leeghwater wilde de droogmakerij uitvoeren met ongeveer 120 windmolens. In de loop van twee eeuwen kwamen er nog zo'n tweehonderd plannen bij, waaronder in de 18e eeuw een van landmeter *N. Cruquius* (1678-1754), en in 1821 het eerste plan waarin stoomkracht voorkwam, van *F.G. Baron van Lynden van Hemmen* (1761-1845). Die besteedde veel aandacht aan pompen, maar bestendigde de oude misvatting dat de slag van een pomp gelijk moet zijn aan de opvoerhoogte, omdat anders kracht verspild zou worden. Ook een vijzel heeft dit nadeel, schreef hij. Het staande scheprad heeft het bezwaar van een beperkte en moeilijk te variëren opvoerhoogte maar is — als die bezwaren geen rol spelen — bijzonder bruikbaar. Hij gaf echter de voorkeur aan het hellend scheprad van Eckhardt. Hij wilde daarmee zes drie-gangen neerzetten, aangedreven door 18 stoommachines van 40 kW. Het totaal vermogen werd dan ruim 700 kW, waarmee de droogmaking in ca. 21 maanden klaar zou kunnen zijn. Om in de beginfase (met kleine opvoerhoogte) de machines beter te benutten, wilde hij elke machine dan ook nog enkele tonmolens laten aandrijven. Dat zou — als het was uitgevoerd — nog wel enige problemen hebben opgeleverd.

In 1829 verscheen het laatste in de reeks niet-uitgevoerde plannen. De auteur was *D. Mentz*, die we in hoofdstuk 12 al hebben ontmoet. Voor het meer dacht hij alleen aan windbemaling, maar voor boezembemaling — nader te bespreken in hoofdstuk 15 — wilde hij een groot stoom-schepradgemaal van 270 kW bij Spaarndam zetten.

In het eerste kwart van de 19e eeuw was de financiële en economische toestand van Nederland — dat berooid uit de Franse bezetting en de daaraan voorafgaande woelige

14. Haarlemmermeer

1852

In chapter 12 the Zuidplas drainage was called a harbinger of the Haarlemmermeer project. Here, too, a lake had formed as a result of centuries of peat extraction, enlarged by land erosion during storms. Here, too, there was growing anxiety about the dangers of this ever increasing expanse of water. Here, too, there had been many schemes for the taming of the 'water-wolf', all come to nothing. Here, too, there were many diverse and conflicting interests, which for a long time stood in the way of decisions. Here, too, the project was eventually executed as a public one. The scale of this problem was much larger, however — the lake measured some 18 000 hectares, with a depth of c.4,5 m. About 800 million m³ (a thousand million cu.yards) of water would have to be pumped out. The story of the tackling and eventual solution of that problem is therefore a fairly complex one — even when told in much simplified form.

The first schemes for draining the Haarlemmermeer were published as early as the 17th century — at a time when one lake after another was being reclaimed in North Holland. The best known of these early plans was that of millwright *J.A. Leeghwater* (1575-1650); it was based on a less known scheme of *J.B. Veris*. Leeghwater proposed reclaiming the lake using about 120 drainage windmills. In the course of two centuries a couple of hundred more schemes appeared, including one by 18th century surveyor *N. Cruquius* (1678-1754), and in 1821 the first one to use steam power, by *F.G. Baron van Lynden van Hemmen* (1761-1845). The latter devoted a lot of attention to the use of pumps, but he perpetuated the classical error that stroke must match lift to prevent wasting power. In his opinion an Archimedean screw suffered from the same problem. The vertical scoopwheel would have the restriction of allowing only modest lift, not easily varied but — if that is not an issue — it would be an excellent device. Van Lynden preferred the Eckhardt inclined scoopwheel, however. He proposed using six groups of three cascaded wheels, powered by steam engines of 40 kW each. Total installed power would then be just over 700 kW, and initial drainage would take about 21 months. During the early stages the lift would be small, and so to speed up the process he proposed coupling additional barrel mills (enclosed Archimedean screws) to the engines. Had his scheme been executed, this last idea would certainly have caused some problems.

In 1829 another plan appeared, the last in the series of shelved proposals. The author was *D. Mentz*, whom we met in chapter 12. For draining the lake he considered only wind power, but for boezem discharge — which will be discussed in chapter 15 — he planned a large steam powered scoopwheel station of 270 kW near Spaarndam.

All through the first quarter of the 19th century financial and economic conditions in the Netherlands — which had emerged from the French occupation and the preceding

perioden was gekomen — verre van rooskleurig. Grote publieke werken, hoe nodig soms ook, stuitten op enorme financierings-problemen. Het afscheidingsproces van België, dat in 1830 begon, verlengde deze moeilijke tijd. De regering was van 1815 tot 1840 in handen van Koning Willem I (1772-1843) — bijgenaamd de 'koopman-koning' — die handel en industrie krachtig bevorderde. Hij voerde op basis van ruime volmachten en deskundige adviezen een sterk persoonlijk getint bewind.

Zoals zo vaak gebeurt, werd het aanpakken van de Haarlemmermeer acuut door een ramp — in dit geval een bijna-ramp. Eind november 1836 joeg een zware zuidwesterstorm het meerwater tot voor de poorten van Amsterdam en veel tussenliggend land werd overstroomd. Vier weken later stak een orkaan uit het noordoosten op en het water kwam tot in de straten van Leiden. Duizenden hectares land stonden blank. In 1837 benoemde de koning een commissie, die snel een voorstel moest doen. In deze commissie onder voorzitterschap van H. Ewijk zaten o.a. de technici D. Mentz, P.T. Grinwis en M.G. Beijerinck, ten dele oude bekenden van de Zuidplas (hoofdstuk 12). Het rapport was ruim twee maanden later gereed : 32 gangen van elk twee staand-scheprad-windmolens, 5 gangen van elk drie windmolens met hellend scheprad, drie hulp-stoomgemalen van elk 55 kW met vijzels, plus een stoom-schepradgemaal van 245 kW voor de boezem van Rijnland. Nader onderzoek naar gebruik van stoomkracht vond de commissie nutteloos.

Daar was Koning Willem I het niet mee eens. Er werd een nieuwe commissie benoemd om verder te studeren op de mogelijkheden van stoombemaling — en op de geschiktheid van turf als brandstof daarvoor. Mentz werd voorzitter, leden waren M.G. Beijerinck, G. Simons (zie kader) en G.M. Roentgen (1795-1852). Laatstgenoemde was regeringsadviseur voor industrie, maar ook directeur van de machinefabriek Etablissement Fijenoord — hij was dus ook belanghebbende. Simons diende een nota in die volledige stoombemaling bepleitte. Dat was gedurfd, niet alleen vanwege de bekende windmolen-gezindheid van Mentz, maar ook omdat de weinige tot dan gebouwde stoomgemalen — zoals we hebben gezien — vrij klein waren, een slecht rendement hadden en nog veel

**Gerrit Simons
(1802-1868)**

Simons was de zoon van een predikant en schrijver. Hij studeerde wis- en natuurkunde en promoveerde in 1828 in Utrecht. Vier jaar later werd hij adviseur voor scheiden- en werktuigkundige zaken bij het ministerie van Financiën, tevens examiner van de wijnroeiers — ambtenaren die hoeveelheid en alcoholgehalte van dranken vaststelden voor de accijnsheffing. Hij gaf populaire cursussen natuurkunde voor het Gezelschap Diligentia in Den Haag en werd in 1846 directeur van de Koninklijke Academie in Delft, als opvolger van oprichter Lipkens. Simons was oprichter of mede-oprichter van vele verenigingen en instituten, waaronder het Koninklijk Instituut van Ingenieurs. Vier maal was hij algemeen voorzitter van de Koninklijke Academie van Wetenschappen. In 1856 werd Simons Minister van Binnenlandse Zaken, maar moest begin 1857 aftreden toen een ernstige ziekte zich openbaarde. Hij werd toen benoemd tot staatsraad, maar trad weinig meer in de openbaarheid. Toch aanvaardde hij nog in 1867 het voorzitterschap van een commissie die moest adviseren over een plan van Huet voor een open verbinding van Amsterdam met de Noordzee. Hij moet een samenbindende figuur en een aimabele man zijn geweest.

turbulent periods a destitute nation — were far from rosy. Large-scale public works, however badly needed, met with enormous funding problems. The Belgian secession process, which started in 1830, prolonged this difficult period. King Willem I (1772-1843) — nicknamed the 'merchant king' — energetically promoted trade and industry. He reigned from 1815 to 1840 with full powers, in a highly individual style, basing his decisions on expert advice.

As often happens, the matter of the Haarlemmermeer became acute through a disaster — in this case, a near-disaster. In November 1836 a severe southwesterly storm brought the lake's waters close to Amsterdam, and much of the intervening land was flooded. Four weeks later a northeasterly gale got up, and the Haarlemmermeer entered the streets of Leiden. Thousands of hectares of land were inundated. In 1837 the king appointed a panel to submit plans at short notice. Chairman was H. Ewijk, among the members were engineers D. Mentz, P.T. Grinwis and M.G. Beijerinck,

some of whom we know from the Zuid-plas project (chapter 12). Their report was submitted two months later: 32 two-high teams of vertical scoopwheel windmills, five three-high teams of Eckhardt wheel windmills, three 55 kW auxiliary steam powered Archimedean screw stations, and one 245 kW steam scoopwheel station for discharge of the Rijnland boezem. The committee stated that further investigation into the use of steam power would be a waste of time. King Willem I disagreed. A new advisory panel was appointed to study the feasibility of steam drainage — and of the suitability of peat to fuel it. The panel was chaired by Mentz, members included M.G. Beijerinck, G. Simons (see box), and G.M. Roentgen (1795-1852). The latter was also the managing director of the Etablissement Fijenoord engineering works — which made him an interested party. Simons submitted a memorandum advocating drainage by steam power only. This was a bold step, not only in view of Mentz's well-known disposition in favour of windmills, but also because the few steam powered drainage stations built up to that time were — as we have seen — quite small, inefficient, and problem-prone. Entrusting the safety of



T. Severin

Simons was the son of a clergyman and writer. He read mathematics and physics, and in 1828 he took his Ph.D. at Utrecht University. Four years later he became consultant for chemical and mechanical matters to the Treasury, and examiner of the Excise Office's gaugers of wine and spirits casks. He gave popular classes in physics for the Diligentia Society in The Hague, and in 1846 he became President of the Delft Royal Academy, as successor of Lipkens. Simons was founder or co-founder of many societies and institutions, including the Royal Institution of Engineers. He served four terms as President of the Royal Academy of Sciences. In 1856 Simons became Home Affairs Minister, but he had to resign early in 1857 when a serious illness manifested itself. He was then made a privy councillor, and he virtually retired from public life. Even so, he did in 1867 accept the chairmanship of a commission to assess Huet's plan for a direct open shipping connection from Amsterdam to the North Sea. He must have been a uniting character, and a congenial man.

problemen opleverden. Om nu de veiligheid van een ongekend grote droogmakerij uitsluitend aan stoomkracht toe te vertrouwen, ging erg ver. Te ver, vond Mentz, en de commissie raakte in een patstelling.

Koning Willem I had al eens laten merken dat het gebrek aan voortgang hem niet zinde. Op grond van verschillende adviezen was hij voor stoom geporteerd en waarschijnlijk had hij zijn mening over de Haarlemmermeer al gevormd. Nu liet hij Simons een wenk geven om hem rechtstreeks te informeren. Simons gaf de koning in juni 1839 een afschrift van zijn nota en vertelde over het verschil van mening in de commissie. Enkele maanden later kwam de commissie — onder druk gezet — met een nietszeggend rapport(je). De koning benoemde alweer een nieuwe adviescommissie, nu zonder Mentz en Roentgen. Voorzitter werd Staatsraad A. Lipkens (1782-1847) — evenals Roentgen technisch regeringsadviseur, maar niet belanghebbend. Simons en Beijerinck bleven. Alle drie werden ook lid van de inmiddels gevormde Commissie van Beheer en Toezicht. Vanaf november 1840 stond die onder voorzitterschap van D.T. Gevers van Endegeest (1793-1877), voorzitter van het parlement, die het hele verloop van het project gedetailleerd documenteerde in een drie-delig boekwerk. Dit was één van de vele binnen- en buitenlandse publicaties die illustreren hoe dit project — tegenwoordig wel *de Deltawerken van de 19e eeuw* genoemd — de publieke aandacht trok.

De adviescommissie werd het al snel eens over een rapport op basis van de nota-Simons. Daarin stonden drie alternatieven met begrote kosten:

Windmolens $f\ 3\ 700\ 000 + f\ 74\ 000/\text{jaar}$

Roterende stoommachines met vijzels of
schepraders (1630 kW, rendement 4,6%) $f\ 1\ 700\ 000 + f\ 73\ 000/\text{jaar}$

Niet-roterende Cornwall-pompmachines
(1470 kW, rendement 7%) $f\ 1\ 200\ 000 + f\ 54\ 000/\text{jaar}$

Technisch en economisch lag de slotsom voor de hand, de Commissie van Beheer en Toezicht kreeg opdracht om de bemaling uit te voeren met stoom-pompen. De adviescommissie werd uitgebreid met Ewijk, Kock en J.A. Beijerinck en toegevoegd als werktuigkundige onder-commissie.

Het in de voorstellen genoemde rendement van 7% droeg veel bij aan de aantrekkelijkheid van stoombemaling, maar het leek wel erg hoog. Daar kwam bij, dat men in Nederland geen ervaring had met de zeer grote machines waar het hier om zou gaan.

Nadere informatie uit Cornwall was dus gewenst, en een ontwerper zou ook wel uit die richting moeten komen. Voor dat laatste was er trouwens al een aanbieding: in februari 1840 hadden Joseph Gibbs en Arthur Dean, raadgevend ingenieurs uit Londen, de minister van Binnenlandse Zaken bezocht om hun diensten voor de Haarlemmermeer aan te bieden. Ze hadden zelfs een concreet voorstel meegebracht. Gibbs & Dean boden de complete droogmaking aan, te voltooien binnen 38 maanden na opdracht,

Joseph Gibbs (1798-1864), een fabrikantenzoon uit Staffordshire, kreeg naar eigen zeggen zijn technische opleiding ten dele in Nederland. Daarna werd hij opzichter van de waterstaat in de Nederlandse koloniën (waarschijnlijk Suriname), alvorens zich als raadgevend ingenieur te vestigen. Hij hield zich bezig met industrie, waterstaat, bemaling, civiele techniek, spoorwegen en katoenteelt. Over dat laatste verscheen in 1863 zijn boek *Cotton Cultivation*. Voor het Haarlemmermeer-project associeerde hij zich met de jongere **Arthur Dean**. Over die is vrijwel niets bekend buiten zijn veelvuldige contacten met de Commissie over de Haarlemmermeer, en een ingezonden brief in een technisch tijdschrift in 1851.

a polder of unprecedented size to steam power alone was going far — too far, in Mentz's view, and the panel reached deadlock.

King Willem I had at an earlier stage already shown impatience at the lack of progress. Previous advice had predisposed him towards steam power, and probably his mind was already made up about the Haarlemmermeer drainage. He had one of his aides give Simons a hint, to provide further information direct to him. In June 1839 Simons gave the king a copy of his memorandum, and told him about the divergence of views in the panel. Pressure was put on the panel, which a few months later produced a noncommittal one-page report. A new panel was appointed, without either Mentz or Roentgen, and chaired by Privy Councillor A. Lipkens (1782-1847) — like Roentgen a technical consultant to the government, but not an interested party. Simons and Beijerinck stayed on. All three were also appointed members of the Commission for Management and Supervision, which had been established. From November 1840 that Commission was chaired by D.T. Gevers van Endegeest (1793-1877), chairman of Parliament, who documented the entire project in a three-volume book. This was one of many publications both at home and abroad, illustrating the extent to which this project — nowadays occasionally referred to as *the 19th century Delta works* — caught the public eye.

The advisory panel soon agreed on a report, based on the Simons memorandum, and presenting three costed alternatives.

Windmills $f\ 3\ 700\ 000 + f\ 74\ 000/\text{annum}$

Rotative steam engines with Archimedean screws

or scoopwheels (1630 kW, efficiency 4,6%) $f\ 1\ 700\ 000 + f\ 73\ 000/\text{annum}$

Nonrotative Cornish pumping engines

(1470 kW, efficiency 7%) $f\ 1\ 200\ 000 + f\ 54\ 000/\text{annum}$

From both an engineering and an economic viewpoint the conclusion was obvious.

The Commission was instructed to carry out the drainage using steam pumping engines, and the advisory panel — enlarged by the appointment of Ewijk, Kock and J.A. Beijerinck — was reconstituted as a mechanical engineering subcommittee.

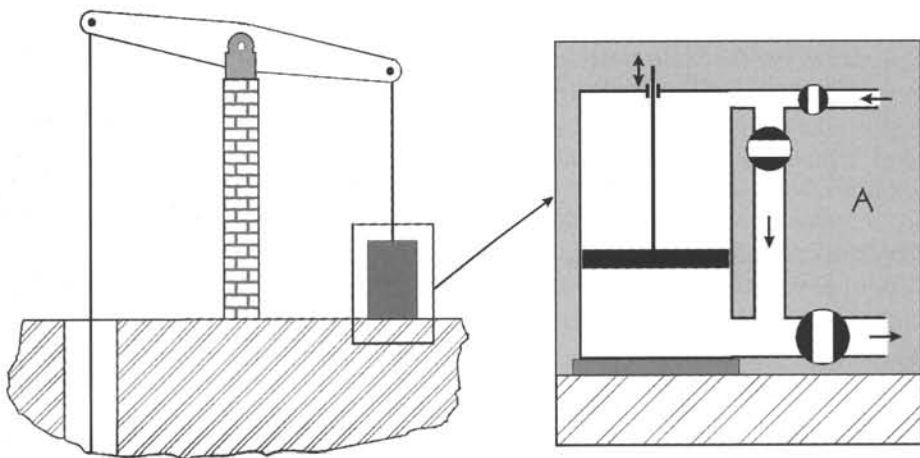
The 7% efficiency mentioned in the proposals contributed a great deal to the attractiveness of steam drainage, but it seemed extraordinarily high — and there was no previous experience in the Netherlands with the very large engines envisaged here.

Further information from Cornwall was clearly needed, plus probably a design engineer. For the latter an offer had already been received: in February 1840 the London consulting engineers Joseph Gibbs and Arthur Dean had visited the Home Affairs minister and had offered their services for the Haarlemmermeer. They had even brought a concrete proposal. Gibbs offered (in modern terms) a turnkey drainage, to be completed within 38 months of order, for £ 108 per million

Joseph Gibbs (1798-1864), son of a Staffordshire industrialist, received — according to his own words — part of his engineering education in the Netherlands. He served as hydraulic supervisor in the Dutch colonies (probably Surinam) before establishing himself as a consultant. He was active in industrial and hydraulic engineering, drainage, civil and railway engineering, and cotton growing. In 1863 his book *Cotton Cultivation* was published. For the Haarlemmermeer project he entered into partnership with **Arthur Dean**, a younger man about whom little is known apart from his frequent contacts with the Commission, and an 1851 letter to an engineering journal.

voor £ 108 per miljoen kubieke yard (= 765 000 m³) uitgeslagen water. Dat was met inbegrip van machines (totaal vermogen 1880 kW), personeel, brandstof, smeermiddelen e.d., maar zonder de dijken, kanalen en sloten. Na gereedkomen zou de regering een aantal machines kunnen overnemen tegen taxatieprijs. Later zond Gibbs nog nadere gegevens: hij dacht aan zes Cornwall-machines van elk 310 kW, werkend op stoom van 3,5 bar met expansie, en elk met drie plunjerpompen opgesteld beneden het uiteindelijke polderpeil.

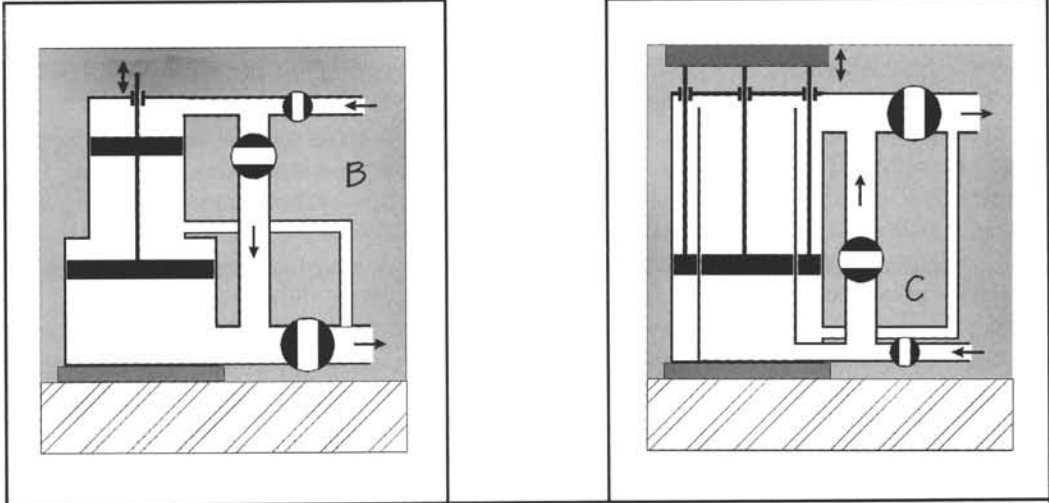
De Commissie is op dit voorstel niet ingegaan, en heeft er zelfs niet officieel op gereageerd. In augustus 1840 werden de documenten zonder antwoord bij Gibbs terugbezorgd. Er was intussen nog wel contact met Dean geweest; die bracht een



De **Cornwall-machine** is een verdere ontwikkeling van de Watt-machine voor het expansief gebruik van stoom met hogere druk -- meestal 3 à 5 bar. Richard Trevithick (1771-1833) gaf kort na 1800 de stoot tot die ontwikkeling door het uitvinden van de hogedruk Cornwall-ketel. Velen hebben daarna bijgedragen aan het ontwikkelen van een machine om deze hogedruk-stoom te benutten. In de klassieke vorm als mijnpomp (fig. A) wordt stoom boven de zuiger toegelaten, terwijl via de open uitlaatklep onder de zuiger het condensor-vacuum heerst. Op 10 à 30 % van de slag wordt de inlaatklep gesloten en de stoom zet uit (expandeert) gedurende de rest van de slag. Deze **expansie** verbetert het rendement, vooral als de begindruk van de stoom hoog is. Het gewicht aan de andere kant van de balans -- de lange pompstang met de pomp(en) -- wordt opgetild. Aan het eind van de slag sluit de uitlaatklep, en de klep in de omloopleiding (evenwichtsklep) opent. Het gewicht aan de pompzijde van de balans bedient nu de perspomp(en) en trekt tevens de stoomzuiger omhoog. De ingelaten stoom stroomt door door de omloopleiding omlaag, om bij de volgende slag via de uitlaatklep naar de condensor te worden afgevoerd. Via vele verbeteringen zijn de verliezen stap voor stap verkleind, zodat rond 1840 een rendement van 6 à 7 % normaal was, met uitschieters tot 12 %. Wil men véél expansie toepassen, dan zou een twee-traps of **compound-machine** voordelen moeten hebben. Zoals in fig. B aangegeven, zijn er nu twee cilinders met verschillende middellijn. Via de omloopklep stroomt de stoom nu van klein naar groot en expandeert voor de tweede keer. Bij proeven vond men echter geen duidelijk rendements-voordeel. De reden voor de toepassing bij de Haarlemmermeer-gemalen was vermoedelijk niet zozeer een beter rendement, maar een gelijkmatiger werking. Om de bouwhoogte van de machines te beperken, schoof men nu de kleine hogedruk-cilinder in de grote lagedruk-cilinder, zodat daarvan een ringvormige ruimte overblijft. Omdat bij deze machines het gewicht aan het binnen-einde van de balans boven de stoomcilinder hangt, moet de hele **ring-compound** cilinder op zijn kop worden gezet -- met de stoom-inlaat onder. Zo ontstaat fig. C.

cubic yards (= 765 000 m³) water discharged. This would include the pumping engines (total power 1880 kW), personnel, fuel, lubricants etc., but it excluded the dikes, canals and ditches. After completion the government could take over a number of engines for a valuation price. Later, Gibbs sent some additional information: he planned six Cornish pumping engines of 310 kW each, taking steam at 3,5 bar, and working expansively. Each engine would operate three plunger pumps set below the final polder level.

The Commission did not seriously consider this proposal, and did not even formulate an official opinion. In August 1840 the documents were returned to Gibbs without a reply. In the meantime there had been further discussions with Dean to whom it had



The **Cornish engine** is a further development of the Watt engine for the expansive use of high pressure steam -- usually 3 to 5 bar. Richard Trevithick (1771-1833) set the ball rolling shortly after 1800 when he invented the high pressure Cornish boiler. Many others subsequently contributed to the development of an engine to use this high pressure steam to advantage. In its classical form as a mine pump (fig. A) steam is admitted above the piston, while via the exhaust valve the condenser vacuum reigns below the piston. The steam valve closes at 10 to 30% of the stroke, and the steam expands during the remainder of the stroke. This **expansion** improves efficiency, particularly for high initial steam pressure. The weight at the other end of the beam -- the pump rod and pump(s) -- is lifted. At the end of the stroke the exhaust valve closes, and the valve in the bypass pipe (equilibrium valve) opens. The weight at the pump end of the beam now works the pump(s) and also pulls the steam piston up, causing the steam to flow down via the bypass pipe -- ready to exhaust to the condenser during the next stroke. Many improvements reduced the losses step by step. By 1840, 6 to 7% efficiency was normal, and extremes of up to 12% occurred. For a high degree of expansion it should be advantageous to expand in two stages in a combined or **compound engine**. As shown in fig. B, two cylinders of different diameters are combined. The bypass valve now allows the steam to flow from the small to the large one, which produces a second stage of expansion. Trials did not show a conclusive efficiency advantage, however, so this more complex design was rarely used. The reason for its adoption for the Haarlemmermeer engines was probably smoother operation, rather than better efficiency. To limit the height of the engines, the small high-pressure cylinder was telescoped into the larger low pressure one, reducing the latter to an annular space. This is an **annular compound engine**. To drive lift pumps instead of force pumps, the weight must be at the indoor end of the beam (over the steam cylinder) and the valve arrangement must be upended to admit steam at the bottom. This is shown in fig. C.

bezoek aan Nederland en daar werd het hem duidelijk, dat de Commissie de droogmaking in eigen beheer wilde houden. Hij bood nu de gemalen — inclusief gebouwen — aan voor *f* 480 000. De bedrijfskosten voor de droogmaking begrootte hij op *f* 120 000 en de jaarlijkse kosten voor het drooghouden op *f* 38 000. De vergoeding voor Gibbs & Dean zou £ 10 000 bedragen -- niet te veel voor werk van deze kwaliteit, schreef Gibbs in juli nog maar eens.

Er was nog wel meer correspondentie, maar belangrijker was de studiereis van twee weken naar Cornwall, die Lipkens, Simons en M.G. Beijerinck in augustus 1840 maakten onder begeleiding van Dean. Zij gingen niet over één nacht ijs: bij maar liefst zes machines werden zes-uurs stookproeven gedaan, waarschijnlijk met hulp van rendements-expert Thomas Lean. Een van die machines was de 'rendementskampioen' *Austen's engine* van de *Fowey Consols* mijn, met 2 m boring en 2,7 m slag. Die machine maakte een zeer goede indruk en toonde een rendement van ruim 12%. Het gemiddelde van de zes beproefde machines was ruim 8%. De fabrikant van de 'kampioen' werd ook bezocht: *Harvey* in *Hayle*, de grootste machinefabriek en gieterij van Cornwall. Hoe groot zouden die een cylinder wel kunnen maken, was de vraag. Tot zo'n 144" (3,66 m) was het antwoord, maar dat was op dat moment wellicht nog wat optimistisch: in het archief van *Harvey* bevindt zich een aantekening over het in 1842 gereedkomen van een kotterapparaat voor 150". Het gunstige rapport over deze studiereis kwam wederom onder de aandacht van de koning, die de consul-generaal in Londen liet instrueren om aan Dean een bedrag van £ 50 te laten betalen als dank voor zijn assistentie. Hoewel er van inkomstenbelasting toen nog geen sprake was, liet Dean weten dat hij het liever in zilverwerk wilde hebben en zo bevat het archief de rekening van de zilversmid voor een koffiepote, theepote, melkkan en suikerpote, verguld van binnen, met nog twee mesjes om het bedrag vol te maken.

Nu kon het ontwerp van de gemalen definitief worden aangepakt. De benodigde capaciteit moest vanzelfsprekend een compromis zijn tussen een vlotte droogmaking en een veilige en betrouwbare drooghouding. Voor het droogmaken moest zo'n 800 miljoen m³ water worden uitgeslagen in 14 maanden. Dit betekende een maalcapaciteit van ca. 57 miljoen m³ per maand met gemiddeld 2 m opvoerhoogte. Met de veiligheid van bewoners hoefde men nog geen rekening te houden, storingen zouden alleen betekenen dat het wat langer zou duren. Voor het drooghouden waren veiligheid en bedrijf van de inwoners de belangrijkste overwegingen. Het uitgangspunt was daarbij, dat de grootste in enige periode van 30 dagen door regen en kwel toegevoerde hoeveelheid water binnen diezelfde periode moest worden weggepompt. Daaruit volgde een capaciteit van ca. 36 miljoen m³ per maand met de volle opvoerhoogte van 4,5 m. Het totale aantal maaldagen per jaar zou dan echter niet meer dan 50 à 60 hoeven te bedragen, wat voldoende tijd zou laten voor onderhoud en reparatie. Type en ontwerp van de pompen waren nog een probleem. In de Engelse mijnen gebruikte men plunjer-perspompompen voor grote opvoerhoogte en betrekkelijk kleine opbrengst; hier lag dat omgekeerd. Gibbs & Dean hadden toch een soort plunjer-pompompen voorgesteld. De Commissie gaf echter de voorkeur aan zuigpompen. Om de inmiddels wat verouderde ervaring daarmee aan te vullen, liet Lipkens medio 1841 een proef nemen met een houten pomp, die aan een van de Zuidplas-machines (hoofdstuk 12) werd gekoppeld. De proef was een succes, en men besloot definitief tot

become clear, after a visit to the Netherlands, that the Commission intended to keep the management of the project in their own hands. He now offered the pumping stations — buildings included — for *f* 480 000. He estimated the operating cost for the drainage at *f* 120 000, and the annual maintenance drainage cost at *f* 38 000. Gibbs & Dean would charge a £ 10 000 fee — not excessive for work of this quality, as Gibbs wrote for good measure in July.

Several more letters were exchanged, but a fact-finding mission to Cornwall proved to be of more importance. In August 1840 Lipkens, Simons and M.G. Beijerinck went, accompanied by Dean. They did a thorough job in fifteen days. No fewer than six engines were subjected to six-hour 'duty trials' to test their efficiency or 'duty', probably with the help of duty trial expert Thomas Lean. One of these engines was the 'duty champion' *Austen's engine* on the *Fowey Consols* mine, having 2 m bore and 2,7 m stroke. This engine made a very favourable impression, turning in 12% efficiency. The average of the six engines tested was 8%. The party also visited the champion's maker *Harvey* of Hayle, the biggest foundry and engineering works of Cornwall. The question was put, how large a cylinder they could make. Up to 144" (3,66 m) was the reply, which at that time probably was more of a promise than a fact: the Harvey records contain a note about the completion in 1842 of a boring frame for 150". The favourable report about this mission was brought to the attention of the king, who instructed the consul general in London to pay £ 50 to Dean as a recognition of his services. Income tax was unknown at the time, but Dean let it be known that he would rather receive the equivalent in silverware, and it is thus that the records contain a silversmith's bill for a coffeepot, a teapot, a milk jug and a sugar bowl, all gilded inside, plus two knives to make up the balance.

The definitive design for the pumping stations could now be tackled. The required capacity evidently had to be a compromise between speedy initial drainage, and reliable and secure maintenance drainage. For initial drainage about 800 million m³ of water would have to be pumped out in 14 months. This meant a discharge rate of about 57 million m³ per month, with an average lift of 2 m. There were not yet any inhabitants whose safety would have to be reckoned with. Interruptions and breakdowns would only increase the required time. For maintenance drainage, safety of the inhabitants and their trade was all-important. The agreed basic requirement was, that the largest influx of water (through rain and seepage) in any thirty-day period would have to be pumped out within that same period. From this a required pumping rate of about 36 million m³ per month at the full 4,5 m lift was calculated. The total number of pumping days per year would however not exceed 50 to 60, so that sufficient time would remain for maintenance and repairs.

The type and design of the pumps remained a problem. In the mines of England plunger pumps were commonly used for large lift and relatively small delivery rate. In Holland the reverse was required. Gibbs & Dean had proposed modified plunger pumps. The Commission preferred lift or bucket pumps however. To update the somewhat out-of-date experience with these, Lipkens in 1841 arranged a trial with a wooden pump, coupled to one of the Zuidplas engines (chapter 12). The trial was successful, and the decision was taken to use lift pumps. This meant that the working

zuigpompen. Dat betekende, dat de werkslag van de pompen *omhoog* zou zijn, inplaats van *omlaag* zoals voor een plunjerpomp. Het gewicht, dat in een Cornwall-machine de werkslag aandrijft, moest dan aan de andere kant van de balans hangen — boven de stoomcilinder, die omgekeerd werd met de stoomtoevoer onderin.

Het rendement en andere economische voordelen zouden gediend zijn met een klein aantal zo groot mogelijke machines. Het aantal moest ook weer niet te klein worden, om na de droogmaking stilstanden, reparaties en onvoorziene gebeurtenissen te kunnen opvangen met behoud van veiligheid voor de polder. Uiteindelijk besloot men tot drie pomp-gemalen met Cornwall-machines van elk 490 kW. Gibbs & Dean kregen de opdracht om deze keuze verder uit te werken. Zij stelden voor, om voor dit grote vermogen een tweetraps- of compound-machine te maken. De expansie van de stoom in twee trappen kan voor de toen gebruikelijke stoomdruk van 3 à 4 bar een kleine rendements-verbetering opleveren, maar de gelijkmatiger werking was hier waarschijnlijk een belangrijker overweging. De grote lagedruk (LD) cilinder zou bovenop de kleinere hogedruk (HD) cilinder staan en de machine zou dan wel erg hoog en topzwaar worden. Daarom opperden Gibbs & Dean om de HD en LD cilinders in elkaar te schuiven. Zo werd de LD cilinder een ringvormige ruimte rondom de HD cilinder. Verder namen zij het idee van Lipkens over, om de zuigpompen — elk met een eigen balans — in een kring om de centrale machine heen te zetten. Er kwamen elf pompen, die in verschillende combinaties aan- en afgekoppeld konden worden. Daarmee zou tijdens de droogmaking het inmiddels vertrouwd probleem van de ruil van opvoerhoogte tegen capaciteit zijn opgelost. Verderop zal overigens blijken, dat dit probleem in de praktijk naar de achtergrond verdween. De elf gewichten werden gecombineerd tot één gewichtbak. De totale onbalans-kracht was ca. 840 kN. De grote pompen gaven nóg een probleem: hun zeer grote kleppen bewegen veel trager dan de kleine kleppen van de perspompen in de mijnen. Voor het sluiten is tijd nodig, en in die tijd zou het grote gewicht de pompzuigers al in beweging kunnen brengen. Die beweging — onder water, met open kleppen — zou de kleppen met geweld laten dichtslaan, met schokken die schade zouden kunnen veroorzaken. Om dat te voorkomen bedacht Dean een stel water-buffers, die de toepasselijke naam *hydrauliek* kregen.

De machines waren dus niet alleen uitzonderlijk groot, maar ze hadden ook nog eens een aantal nieuwigheden. Om de risico's te beperken, besloot de Commissie om eerst één gemaal te bouwen, als 'proefstoomtuig'. Dit kreeg de naam *Leeghwater* — de beide andere zouden *Lynden* en *Cruquius* gaan heten. De Leeghwater moest zó worden uitgevoerd dat de machine — mocht het compound-systeem teleur stellen — ook met enkelvoudige expansie gebruikt kon worden.

In april 1842 werd het contract met Gibbs & Dean in den Haag en Londen getekend. De belangrijkste punten waren:

- Ontwerp en tekeningen van de Leeghwater- machine en gebouw, toezicht op fabricage en montage, alles voor een vergoeding van *f* 3000.
- Als een rendement van 7 % gehaald wordt bij compoundbedrijf en opvoerhoogte 5 m, krijgen Gibbs & Dean een extra vergoeding van *f* 9000.
- Als de compoundwerking mislukt, moet met de HD cilinder alléén een vermogen van 270 kW bereikt worden.

stroke of the pumps would be *upward*, instead of *downward* as for a plunger pump. As a consequence the weight — which in a Cornish engine powers the working stroke — had to be put at the other (indoor) end of the beam, and the steam cylinder also had to be inverted to take steam at the bottom end.

The efficiency and other economies suggested using a small number of the largest practicable engines. However, their number should not be too small, allowing for some redundancy so that breakdowns, repairs and unforeseen events could be managed without jeopardizing polder safety. In the end, the decision was taken to have three Cornish engine pumping stations of 490 kW each. Gibbs & Dean were instructed to elaborate this choice. For the large power specified, they suggested a compound — i.e. two-stage — engine. While two stage expansion for the then common steam pressure of 3 to 4 bar might result in somewhat improved efficiency, the smoother operation of a compound engine was probably a more important consideration. The large low-pressure (LP) cylinder on top of the smaller high-pressure (HP) one would make for a tall and top-heavy structure, however. Gibbs & Dean therefore proposed to telescope the HP cylinder into the LP one. The latter thus became an annular space surrounding the HP cylinder.

They further adopted Lipkens' idea of arranging the pumps in a circle around the central engine, each pump with its own beam. Eleven pumps were planned, which could in various combinations be coupled to the engine. This would solve the by now familiar problem of trading capacity for lift during the initial drainage -- a matter which, as we shall see, was losing its practical importance. The eleven weights were combined into a single large weight trough, also known as 'the great cap'. The total indoor weight unbalance force was c.840 kN.

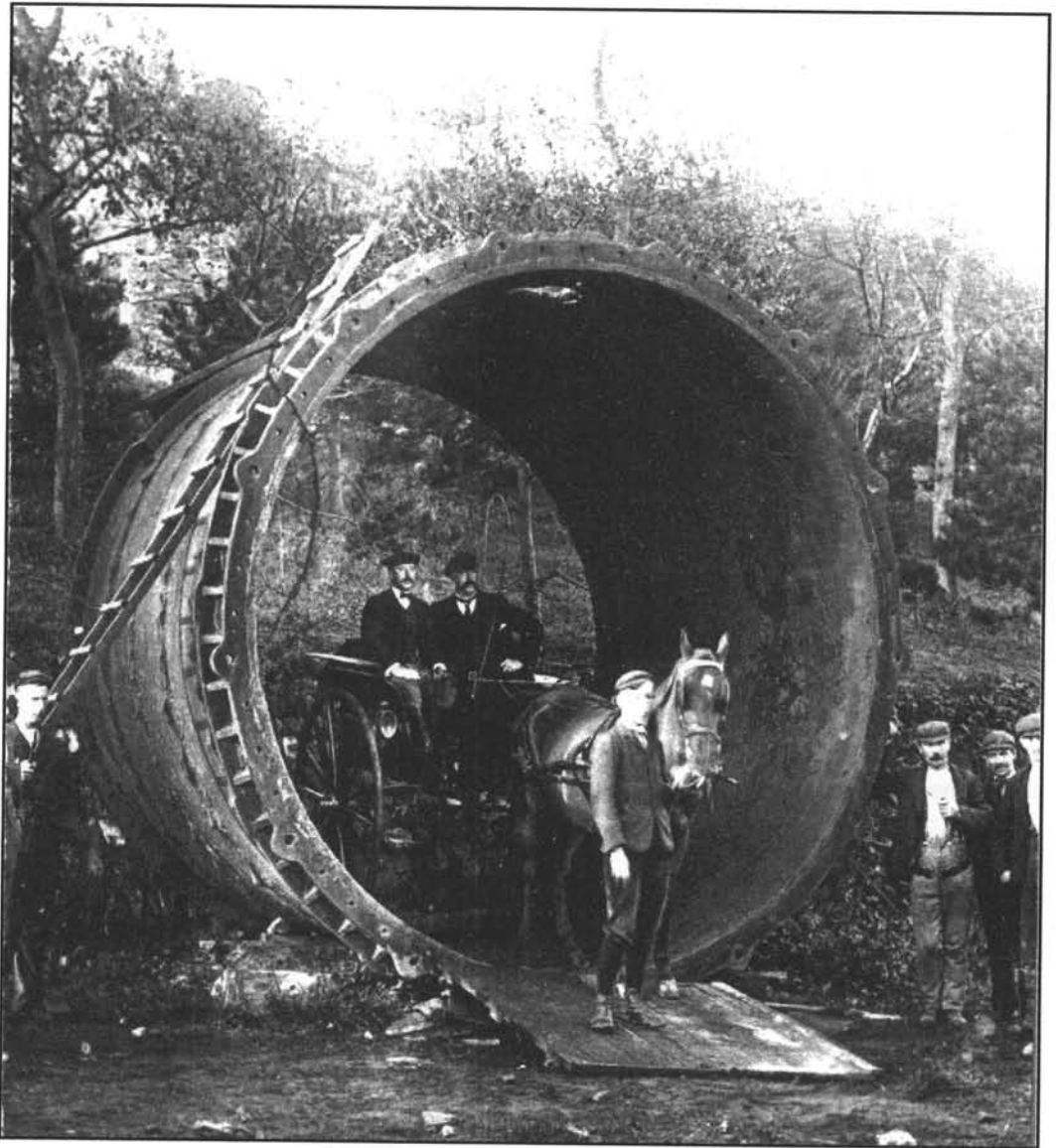
There was yet another problem associated with the large pumps. Their very large clack valves open and close much slower than the small valves of the plunger pumps in the mines. They need time to close, and during that time the big weight could already start moving the pump pistons. That motion -- under water, with the valves still open -- would make the valves *slam* shut, with shocks that might cause damage. To prevent this, Dean devised an arrangement of hydraulic buffers which aptly became known as *the hydraulic*.

The engines were thus not only extremely large, they also had a number of new, largely unproven design features. To reduce the risks, the Commission decided to build one engine ahead of the others, as a 'pilot engine'. This one was named *Leeghwater* -- the other two would be named *Lynden* and *Cruquius*. *Leeghwater* had to be designed to allow single-stage working, in case the compound system should fail.

In April 1842 the contract with Gibbs & Dean was signed in the Hague and in London. Its main elements were:

- Design and drawings of the *Leeghwater* engine and its building, supervision of manufacturing and erection, all this for a f 3000 fee.
- If, for compound working and a 5 m lift, an efficiency of 7% were achieved, Gibbs & Dean would receive an additional f 9000.
- If the compound system failed, the HP cylinder alone would have to develop 270 kW power.

- Als de Lynden en de Cruquius besteld worden als compound: ontwerp, tekeningen en toezicht voor *f* 9000 per machine. Indien besteld zonder compoundwerking, wordt dit *f* 3600 per machine.
- Als het rendement van een machine meer is dan 7,5%, wordt per 0,1% méér een premie betaald van *f* 200 — of *f* 100 indien geen compound.
- Als Gibbs & Dean niet in staat zijn het toezicht uit te oefenen, worden de vergoedingen gehalveerd.
- De keuze van stokers en machinisten voor de beproeving is onderworpen aan de goedkeuring van Gibbs & Dean.
- Voor de machines zullen geen patent-rechten verschuldigd zijn.



- If Lynden and Cruquius were ordered as compound engines, the fee for design, drawings, and supervision would be f 9000 per engine. If ordered as single expansion engines, this would be f 3600 per engine.
- A premium of f 200 — or f 100 if single expansion — would be payable for every 0,1% efficiency achieved over 7,5%, for each engine.
- If Gibbs & Dean would not provide the required supervision, the fees would be halved.
- The choice of engine drivers and firemen for the trials would be subject to approval by Gibbs & Dean.
- No patent duties would be payable on the engines.

De wrak gegoten lagedruk-cilinder voor de Leeghwater, zoals die bij Harvey & Co. in Hayle lag tot de sluiting van de gieterij in 1903. Voor dit gietstuk van ca.22 000 kg waren drie smeltovens nodig. Toen in augustus 1843 het moment van gieten aanbrak, kon één van die ovens niet tijdig afgestoken (geopend) worden, zodat het gietstuk mislukte. Men heeft toen vermoedelijk een halfslachtige poging gedaan om het stuk op te blazen (vandaar het bovenin zichtbare gat) en waarschijnlijk is het in de gieterij nog gebruikt als wand voor een gietput. Later lag het buiten, en werd het een bezienswaardigheid. De maker van en de personen op deze foto zijn onbekend, evenals de datum.

The miscast low-pressure cylinder for Leeghwater, as it lay outside the Harvey & Co. works until the closure of the foundry in 1903. For this casting, weighing c.22 000 kg, three furnaces were required. When the time for pouring came in August 1843, one of the furnaces would not run on time, and a flawed casting (wastrel) resulted. Probably a half-hearted attempt was made to break up the casting with explosives (hence the hole visible near the top), and it may have been used for lining a casting pit in the foundry. Eventually it was dumped outside, where it became an object of interest. The maker and date of this photograph are not known, nor are the people in it.

Afgezien van premies — waar overigens niets van terecht gekomen is — zouden Gibbs & Dean dus in totaal f 30 000 of ca.£ 2500 ontvangen over een opdracht, die alleen wat de gemalen betreft al bijna op een miljoen gulden uitkwam !

De rest van 1842 werd besteed aan het uitwerken van de definitieve ontwerpen en de voorwaarden voor de aanbesteding van de Leeghwater. J.A. Beijerinck hield zich bezig met het gebouw, dat begin januari 1843 voor f 161 000 werd opgedragen aan C. de Laat uit Gorinchem. Beijerincks ontwerp is een fraai voorbeeld van vroege neogothiek in Nederland, verwant aan de Nederlandse paleizenbouw uit dezelfde tijd. Er werd ook een houten model van het gemaal gemaakt; dat staat nu in het Cruquius-museum. De regering vond het bevorderen van de nationale industrie van veel belang. Daarom werd de machine aangevraagd bij vier Nederlandse fabrieken — van Vlissingen & Dudok van Heel, de Atlas, Etablissement Fijenoord en Verveer. Het resultaat was voor de Commissie een onaangename verrassing: de vier aanbiedingen waren vrijwel gelijk en met ca.f 313 000 exorbitant duur. Sommige delen gingen ook wel boven de krachten van deze fabrikanten, dus de samenspraak en de hoge prijs hingen misschien ook wel samen met spreiding van een zeer reëel risico. Meteen werden nu echter drie Engelse fabrieken aangeschreven en Harvey stuurde met ca.f 191 000 de laagste offerte. De Commissie besloot in februari 1843 om de machine en de pompen bij Harvey te bestellen. Die besteedde de pompen uit aan de Perran Foundry van Fox bij Falmouth, ook een grote fabriek in Cornwall. De balansen en de stoomketels werden — als een soort troostprijs — ondergebracht bij Van Vlissingen & Dudok van Heel in Amsterdam. De ongebruikelijke 'opengewerkte' balansconstructie was waarschijnlijk geïnspireerd door die van de in Cornwall bezichtigde Fowey Consols machine. Het totale bedrag van de aanbesteding kwam op ca.f 207 000.

De levertijd voor de onderdelen was negen maanden, maar dat liep flink uit. Bij Harvey mislukte de eerste gieting van de grote LD cilinder — met 22 000 kg netto het zwaarste stuk. Transport, inklaring en overladen van de onderdelen veroorzaakten verdere vertraging, en Harvey moest uiteindelijk de contractuele boete van f 12 000 betalen.

De fabriek stelde de montage onder leiding van William Husband (1823-1887), een jong en veelbelovend technicus, die het bij Harvey nog ver zou brengen. Ook de Commissie voelde behoefte aan een bekwaam werktuigkundige voor het dagelijks toezicht en in 1844 stelden zij Verveer aan, die zijn fabriek in Amsterdam (die wij kennen uit hoofdstuk 13) had moeten sluiten. Hij was echter ziekelijk en in 1845 overleed hij zonder veel nuttigs te hebben kunnen doen. De Commissie nam toen een ongebruikelijke stap en vroeg Harvey, om Husband ook voor hen te laten optreden. Harvey stemde toe. Wel een staaltje van goede samenwerking en onderling vertrouwen ! Al met al duurde het tot juli 1845 voor de Leeghwater voor het eerst bewoog. De 'hydrauliek' vertoonde al gauw kinderziekten — door schokken braken enkele pompstangen — maar die waren spoedig verholpen. Uitvoerige beproeving zou alleen zin hebben bij behoorlijke en instelbare opvoerhoogte. Daarvoor heeft men de bouwput als 'mini-polder' gebruikt. In september bezichtigde de Commissie het gemaal in volle werking; in november 1845 toonden Gevers en M.G. Beijerinck vol trots de werkende Leeghwater aan Koning Willem II en zijn drie zonen.

In februari 1846 werden proeven gedaan met verschillende opvoerhoogten en snelheden. Daarbij werd ook het kolenverbruik gemeten, maar het waren geen 'officiële'

Apart from the premiums — which did not materialize anyway — Gibbs & Dean would receive a total fee of *f* 30 000 or c.£ 2500 for a project for which the pumping stations alone amounted to nearly a million guilders !

The remainder of 1842 was used to elaborate definitive designs and specifications for putting Leeghwater out to tender. J.A. Beijerinck concerned himself with the building, for which the contract was awarded early January 1843 to C. de Laat of Gorinchem for *f* 161 000. Beijerinck's design is a beautiful example of early Gothic Revival architecture in the Netherlands, related to Dutch royal palace architecture of the same period. A wooden model was made of the pumping station; this model is now on display at the Cruquius museum.

The government attached much importance to the promotion of national industry. For this reason inquiries were sent out to four Dutch manufacturers — Van Vlissingen & Dudok van Heel, De Atlas, Etablissement Fijenoord, and Verveer. This resulted in an unpleasant surprise for the Commission: the four tenders were virtually identical, and exorbitantly high at c.*f* 313 000. Some of the parts would be beyond the capabilities of these manufacturers, so the collusion and the high price may have been an attempt to spread a very real risk. The immediate reaction was, however, to invite tenders from three English manufacturers. Harvey came out lowest at c.*f* 191 000. In February 1843 the Commission decided to order the engine and pumps from Harvey, who subcontracted the pumps to Fox's Perran Foundry near Falmouth, another large Cornish foundry. The beams and boilers were ordered from Van Vlissingen & Dudok van Heel in Amsterdam — as a sort of consolation prize. The unusual 'lattice work' beam design was probably inspired by that of the Fowey Consols engine seen in Cornwall. The total contract amount came to c.*f* 207 000.

Delivery was to be within nine months, but this spun out considerably. The casting of the big LP cylinder at Harvey — at 22 000 kg the heaviest piece — failed first time. Further delays were caused by transport, customs clearance and transshipment of the parts. Harvey eventually had to pay the *f* 12 000 contract fine.

The manufacturers appointed as their site engineer William Husband (1823-1887), a promising young man, who would go far at Harvey's. The Commission felt the need for a mechanical engineering supervisor of its own, and in 1844 they appointed Verveer — whom we met in chapter 13, and who had had to close down his works in Amsterdam. His health was failing, however, and in 1845 he died without having been able to accomplish much. The Commission then took the unusual step of asking Harvey to allow Husband to act on their behalf as well. Harvey agreed. A remarkable example of cooperation and mutual trust indeed !

Eventually, it was not until July 1845 that Leeghwater first moved. The 'hydraulic' soon developed teething troubles — shocks broke a few pump rods — but these were quickly remedied. Extensive trials would only be meaningful with a fairly high and adjustable lift. To this end the building excavation was used as a 'mini-polder'. In September the Commission visited the fully operating pumping station, and in November 1845 Gevers and M.G. Beijerinck proudly showed the working Leeghwater to King Willem II and his three sons.

In February 1846 a number of trials was run with varying lift and stroke rate. Although coal consumption was measured, these were not valid 'duty trials'. Simons reported

stookproeven. Simons doet er verslag over in een brochure waarin hij de machines beschrijft. De opvoerhoogte werd gevarieerd van 2,7 tot 4,6 m en het gevonden rendement lag tussen 2,4 en 7,2%. Tegen de verwachting in vond men ook, dat de Leeghwater in staat bleek om met alle elf pompen door te gaan tot vrijwel de volle opvoerhoogte. Dat zou tijdwinst op kunnen leveren, ondanks de lagere snelheid — 7 à 8 slagen per minuut in plaats van de gedachte 10. Hogere stoomdruk en variabele expansie leverden kennelijk extra middelen om een ruimere variatie in opvoerhoogte aan te kunnen. Er kan echter weinig twijfel over bestaan, dat het handhaven van een hoge opbrengst bij grote opvoerhoogte ten koste ging van het rendement. Kennelijk was de aandacht nu meer gericht op tijdwinst door maximale opbrengst.

Nu de Leeghwater goed werkte, ging de Commissie verder met de Lynden en de Cruquius. Het ontwerp werd een beetje aangepast op grond van de ervaringen:

- Acht pompen van 1,83 m in plaats van elf van 1,6 m. Deze vereenvoudiging was mogelijk omdat verfijnde aanpassing van de opbrengst aan de opvoerhoogte minder nodig was gebleken.
- Een andere opstelling van de balansen en van het gewicht, waardoor de machine minder topzwaar werd en er ook meer ruimte kwam. Bij de Leeghwater hadden de dicht opeen geplaatste bewegende delen al een dodelijk ongeluk veroorzaakt.
- Zes stoomketels in plaats van vijf — ongetwijfeld omdat de keuze voor hogere opbrengst bij lager rendement de stoomvoorziening van de Leeghwater wat krap had gemaakt.

In november 1846 kreeg De Laet de opdracht voor de gebouwen (ca. f 207 000 per stuk), de machines werden besteld voor f 230 000 per stuk bij Harvey (de Cruquius) en Fox (de Lynden). Harvey besteedde de pompen van de Cruquius weer uit aan Fox. Die liet op zijn beurt de grote LD cilinder van de Lynden maken door de Copperhouse Foundry — Harvey's buurman en concurrent in Hayle. De balansen en ketels gingen weer naar Van Vlissingen & Dudok van Heel, voor f 94 000 per gemaal. Daarmee waren de totale kosten per gemaal f 534 000, bijna anderhalf maal die van de Leeghwater, en 12% méér dan het oorspronkelijke Nederlandse bod. De ervaringen met de eerste opdracht hebben daarbij zeker een rol gespeeld, maar ook de metaalprijs was scherp gestegen — ijzer was in enkele jaren 30 tot 40% duurder geworden. De levertijd werd weer ruim overschreden, maar ook de bouw ondervond vertragingen, zie bijlage 3. Beide gemalen kwamen pas in het voorjaar van 1849 in bedrijf.

Het verhaal gaat, dat in 1848 een Kerstdiner in de cilinder van de Cruquius plaatsvond. Zo'n banket — voor een klein aantal personen, die met een speciaal gemaakte tafel, zetels en al in de cilinder werden neergelaten — organiseerde men in Cornwall wel eens. Tegen Kerstmis 1848 was het deksel echter al op de cilinder van de Cruquius geplaatst en in de archieven is geen vermelding van zo'n maaltijd teruggevonden.

Alle drie gemalen waren nu technisch bedrijfsklaar, maar de zakelijke afwikkeling had nog wat tijd nodig. Gibbs & Dean rekenden op baten uit de 'kolenclausule', en het hoogste aan de Leeghwater gemeten rendement gaf daar wel aanleiding toe. Tot een formele stookproef is het echter nooit gekomen, omdat daarvoor een bepaalde soort kolen uit Wales vereist was, en de kosten van een speciale scheepslanding daarvan te

them in a brochure describing the engines. Lift was varied from 2,7 to 4,6 m, and efficiencies from 2,7% to 7,2% were found. Another, quite unexpected, observation was, that the Leeghwater engine could work with all eleven pumps up to almost maximum lift. This would save time, in spite of the lower achievable stroke rate — 7 to 8 per minute, instead of the planned 10. Higher steam pressure and variable expansion evidently had provided additional tools for adapting to a wider range of lift. There can be little doubt however, that high capacity at high lift could only be maintained at the expense of efficiency. Clearly, saving time by maximizing capacity had become a more important objective.

Once Leeghwater was working satisfactorily, the Commission turned its attention to Lynden and Cruquius. Minor modifications were made to the design:

- Eight pumps of 1,83 m bore instead of eleven 1,6 m ones. This simplification was possible, because the 'fine tuning' of capacity to lift had turned out to be less of a problem.
- A different arrangement of the beams and the central weight to make the engine less top-heavy, and to provide more space. The crowding of moving parts had already caused one fatal accident at Leeghwater.
- Six boilers instead of five — no doubt because the choice for higher capacity at reduced efficiency had made steam supply at Leeghwater somewhat tight.

In November 1846, De Laat was awarded the contract for the buildings (c. f 207 000 each), the engines were ordered at f 230 000 each from Harvey (Cruquius) and Fox (Lynden). Harvey again subcontracted Cruquius' pumps to Fox. The latter in turn, had the giant LP cylinder made by the Copperhouse Foundry — Harvey's neighbour and competitor in Hayle. The beams and the boilers were again ordered from Van Vlissingen & Dudok van Heel, at f 94 000 per engine. The total amount per pumping station thus came to f 534 000, nearly half as much again as Leeghwater, and 12% over the original Dutch manufacturers' tenders. This was obviously in part a matter of experience gained, but the sharp increase of metal prices was a factor too — in a few years the price of iron had gone up by 30 to 40%. Delivery was much delayed again, but building work took more time as well, see annex 3. The two pumping stations were not operational until the spring of 1849.

There is a story that in 1848 a Christmas dinner was given inside the large cylinder of Cruquius. Such banquets — with only a few participants, who were lowered into the cylinder with a specially made table, seats and all — were occasionally organized in Cornwall. However, the cover of the Cruquius cylinder had been fitted well before Christmas 1848, and no mention of such a feast has been found in the records.

All three stations were now ready to pump, but the financial settlements took some time yet. Gibbs & Dean expected some returns from the 'duty clause', which the highest efficiency found for Leeghwater appeared to justify. Formally valid duty trials were never performed, however, because this required a special coal from Wales, and the cost of a specially ordered consignment of that coal was considered excessive.

hoog werden gevonden. Uiteindelijk is het daarom gebleven bij de vergoeding van f 9000 per gemaal, die voor Cruquius en Lynden pas in september 1849 werd betaald. De levertijd-overschrijdingen van Harvey en Fox hadden veel vertraging opgeleverd, maar na pleidooien van de directeuren van beide fabrieken werd de f 24 000 boete gehalveerd. Het is te hopen, dat daarmee dit enorme project ook voor hen zakelijk bevredigend afliep. Hun verwachting om een bestendige markt voor dit soort werktuigen te vinden, is niet uitgekomen. Bemalingsprojecten van deze omvang zijn in de stoomperiode niet meer voorgekomen en voor kleinere gemalen ontwikkelde zich al spoedig een nationale industrie.

De 60 km lange ringdijk om het meer — grotendeels opgeworpen van baggerspecie uit de ringvaart, dus uit het omringende land — werd medio 1848 gesloten. De Leeghwater maalde daarna tien maanden alléén, waarmee het meer al 14 cm was gedaald. De rest van de droogmaking met drie gemalen duurde tot medio 1852, ca. 39 maanden dus — maar daarvan waren maar 20 maanden echte maal-tijd. De vertraging had verschillende oorzaken. Er waren enkele ernstige schadegevallen, die enkele maanden stilstand van telkens één gemaal veroorzaakten.

- Leeghwater: twee balansen braken, zodat nieuwe moesten worden gemaakt.
- Cruquius: in januari 1851 sloeg de machine op hol en de oren van de gewichtbak braken af; de enorme schade werd in slechts drie maanden hersteld.
- Lynden: defecten aan pompzuigers en kleppen, modder in de pompen en grote ketel-reparaties veroorzaakten ettelijke stilstanden.

De belangrijkste vertragingen waren echter het gevolg van afspraken met Rijnland over het maximaal toelaatbare boezempeil. Meer daarover staat in hoofdstuk 15 en bijlage 4.

De inzet van een zo groot mogelijk aantal pompen bleef ook ná de droogmaking. Daaraan droeg ook de verandering van de landbouw bij. Men stelde steeds hogere eisen aan het constant houden van het waterpeil. Het toenemend gebruik van landbouw-machines maakte langdurige drassige perioden onaanvaardbaar. De oorspronkelijke '30-dagen-regel' was langzamerhand verouderd en men streefde nu naar wegmalen van elk wateroverschot binnen een week. De gevolgen voor het rendement zijn al genoemd, waarschijnlijk is dat later niet veel meer dan 2,5% geweest. Het stoomverbruik was daardoor hoger dan voorzien. Bovendien waren er veel ketel-reparaties. Tegen 1860 werd daarom de ketelcapaciteit fors uitgebreid. Enkele jaren later is — toen de wet dat mogelijk maakte — de stoomdruk wat verhoogd. Het opvoeren van de capaciteit bleek overigens grenzen te hebben. Het volle aantal pompen bij de volle opvoerhoogte was toch wel een zware opgave. Dit is vermoedelijk de reden dat waarschijnlijk steeds minstens één pomp afgekoppeld was.

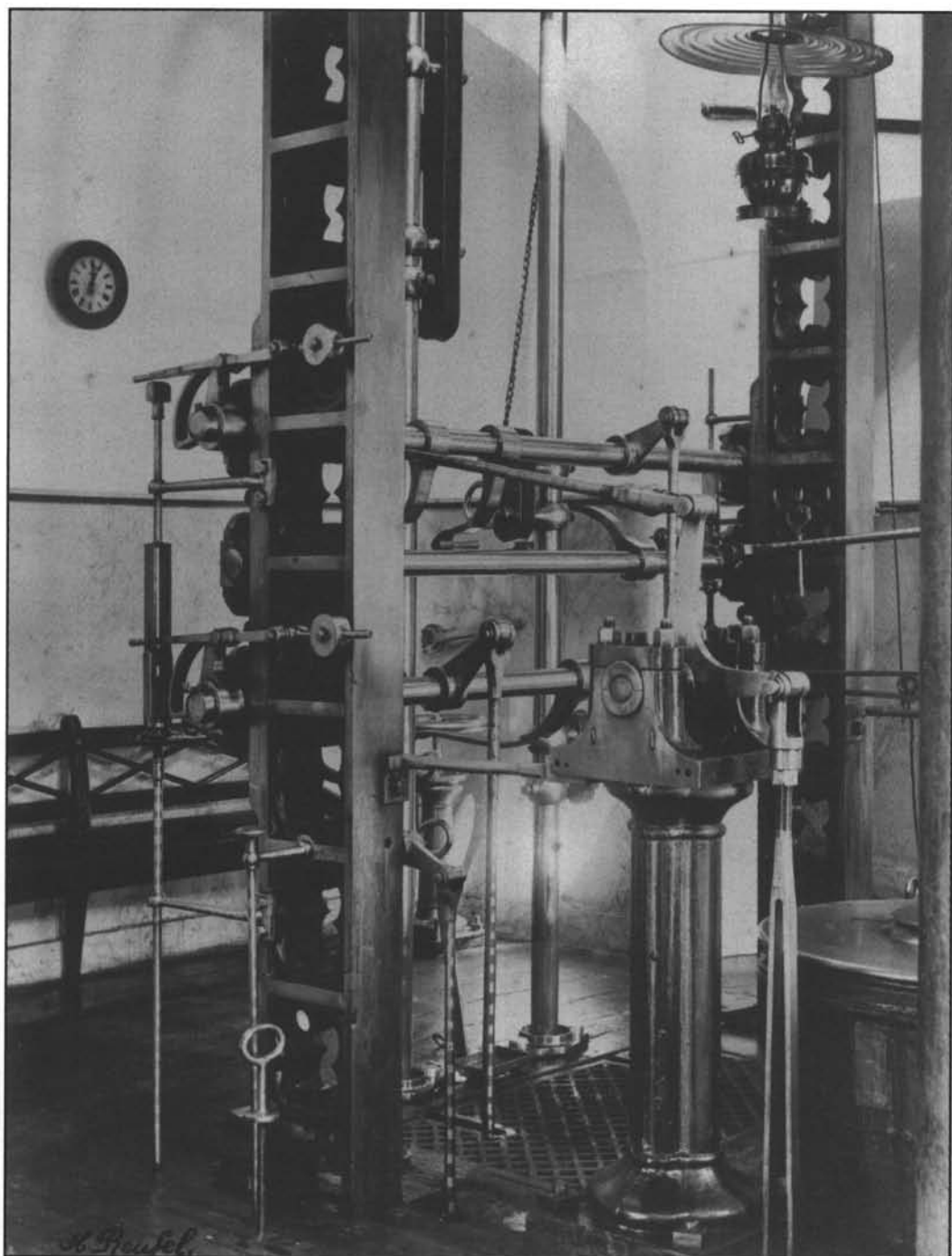
Tegen het eind van de 19e eeuw was de Cornwall-machine verouderd. De bemaling van de Haarlemmermeer was aan modernisering toe. In 1888 werden de ketels van de Cruquius nog vernieuwd, maar in 1893 werd de Lynden verbouwd tot een centrifugaalpomp-gemaal met snellopende compound-stoommachines. In 1912 volgde de Leeghwater, die een diesel-centrifugaalgemaal werd. Beide gemalen hadden nu voldoende capaciteit, om de Cruquius te degraderen tot reserve-gemaal, dat overigens toch nog enkele weken per jaar in werking was. Verdere modernisering maakte de



H. Reufel

Werklieden op de stortvloer van de Leeghwater, ca. 1905. Op de muren is te zien hoe hoog het water tijdens bedrijf staat. De voorste pomp is afgekoppeld in de hoogste stand, waardoor de zuiger ten dele zichtbaar is.

Workmen on the collar launder (pump discharge floor) of Leeghwater, c. 1905. The marks on the walls indicate the water level when operating. The near pump has been disconnected in its top position, so that part of the piston is visible.



H. Reufel

De plaats van de machinist in de Cruquius, met de kleppenbediening of kloswerk, ca. 1905.

The driver's position at Cruquius, with the valve gear, c. 1905.

Eventually, the £ 9000 fee per engine was all the remuneration Gibbs & Dean received. For Cruquius and Lynden this was not paid until September 1849. The late deliveries by Harvey and Fox had resulted in serious delays, but the Directors of both works came over to plead for leniency, and the £ 24 000 fine was halved. One may hope that for them this was a satisfactory outcome. Their expectations of a steady market for this type of pumping engine did not materialize. Drainage projects of this size did not recur during the steam age, and for smaller pumping engines a national industry soon developed.

The 60 km long encircling dike — largely made of spoil from excavating the encircling canal in the adjoining land — was closed mid-1848. Leeghwater then pumped on its own for ten months, lowering the lake level by 14 cm. After the other two joined, the remainder of the initial drainage with three stations took c.39 months until mid-1852 — but only about 20 months were effective pumping time. The delays had a variety of causes. A few serious mishaps each caused shutdown of one pumping station for several months.

- Leeghwater: two beams fractured and new ones had to be made.
- Cruquius: in January 1851 a runaway incident occurred and the ears of the weight cap fractured; the enormous damage was repaired in only three months.
- Lynden: defective pump pistons and clacks, mud fouling the pumps, and extensive boiler repairs caused several stoppages.

The longest delays occurred, however, as a result of an agreement with Rijnland about the maximum allowed boezem level. More about that will be found in chapter 15 and annex 4.

After initial drainage the desire to maximize the number of working pumps remained. Changes in agricultural practice reinforced this. The demands on the constancy of the water table became ever stricter, and the implementation of more agricultural machinery made long soggy periods unacceptable. The original '30 day rule' was becoming obsolete, and discharging any excess within a week became the new goal. What this meant for engine efficiency has been discussed earlier. The engines probably rarely achieved over 2,5%. As a result, steam consumption was higher than anticipated, also boiler repairs were more frequent than expected. In the late 1850s the decision was taken to substantially increase boiler capacity. A few years later, changed steam regulations allowed a slight increase of boiler pressure.

There were limits beyond which the engines could not be pushed, however. Full lift with all pumps probably turned out not to be practical, and as a result one or two pumps were usually disconnected.

Towards the end of the 19th century the Cornish engine had become obsolete, and the drainage equipment of the Haarlemmermeer came in line for modernization. For Cruquius, reboiling was still considered sufficient in 1888, but in 1893 Lynden was transformed into a centrifugal pump station, driven by high-speed tandem compound steam engines. In 1912 Leeghwater's turn came, and here the centrifugal pumps were diesel driven. Both stations together now had sufficient capacity to allow downgrading Cruquius to standby status. As such, it would still operate for a few weeks each year.

Cruquius eind 1932 geheel overbodig. Een aanvraag bij Monumentenzorg om van dit gemaal een Rijksmonument te maken werd in dat jaar afgewezen: het gebouw werd architectonisch niet van belang gevonden en de machines konden wel in tekening worden gebracht. Vanuit het Koninklijk Instituut van Ingenieurs is toen met medewerking van de polder een stichting opgericht, die het gemaal in 1934 onder zijn hoede nam — waarna het in 1973 alsnog als 'jong monument' op de lijst kwam. Het gemaal is geleidelijk ingericht als museum voor bemaling. In 1991 werd de Cruquius door de American Society of Mechanical Engineers uitgeroepen tot *International Historic Mechanical Engineering Landmark*.

De Haarlemmermeer-gemalen waren het resultaat van een uitstekende samenwerking tussen Engelse ontwerpers met een stoutmoedige visie op de technische mogelijkheden, Cornwallse machinefabrikanten die werk van deze omvang aankonden en voortreffelijke kwaliteit leverden en Nederlandse ingenieurs met een helder inzicht in onze waterstaatkundige problemen en hun oplossing binnen het raam van de bestaande mogelijkheden. Zij vormden een keerpunt in de ontwikkeling van stoombemaling. Toen Huet in 1885 zijn boek *Stoombemaling van Polders en Boezems* schreef, was Husband — die zo nauw met Simons en Lipkens had samengewerkt — nog in leven en hij schreef aan Huet: *'Mr. Lipkens was a very ingenious man, he always had a plea ready to meet every difficulty; Mr. Simons was a very sound man well versed in theory; so also was Mr. Lipkens; and the two together worked admirably. Some allowance must be made I suppose for the affection I bore them, but I think I have never met their equals.'*

De Haarlemmermeer-gemalen

Ring-compound Cornwall-machine met zuigpompen

Stoomcilinder boring HD/LD 2,13/3,66 m

slag 3,05 m

Aantal slagen max. 10/min

praktisch 5-7/min

Opvoerhoogte (eindsituatie) 4,5 m

Vermogen 490 kW

Rendement garantie 7%

proeven 1846 2,4-7,2%

praktisch 2-3%

		Leeghwater	Lynden	Cruquius
Stoom-overdruk	1849	3 bar	2,4 bar	2,4 bar
	ca.1869	3,6 bar	3,6 bar	3,6 bar
	1888			4,5 bar
Pompen	aantal	11	8	8
	boring	1,6 m	1,85 m	1,85 m

Further modernization made Cruquius redundant by the end of 1932. An application for listing as a monument was turned down in that year. The building was considered to be architecturally insignificant, and for the engine the preservation of drawings was deemed ample. KIVI (the Royal Institution of Engineers) then took the initiative, with the polder's support, to establish a foundation in 1934 to preserve and manage Cruquius — which was eventually listed as a 'young monument' in 1973. The pumping station was gradually turned into a museum of drainage. In 1991 Cruquius was designated an *International Historic Mechanical Engineering Landmark* by the American Society of Mechanical Engineers.

The Haarlemmermeer engines were the result of exemplary co-operation of English designers with a bold vision of the possible in engineering, Cornish manufacturers who could handle work of this magnitude and produce first-rate quality, and Dutch hydraulic engineers with clear insight into our hydraulic problems and their solutions within a framework of existing conditions. They mark a turning point in the development of steam drainage. At the time when Huet was writing his book *Steam Drainage of Polders and Boezems*, Husband — who had worked closely with Simons and Lipkens — was still alive, and he wrote to Huet: 'Mr. Lipkens was a very ingenious man, he always had a plea ready to meet every difficulty; Mr. Simons was a very sound man well versed in theory; so also was Mr. Lipkens; and the two together worked admirably. Some allowance must be made I suppose for the affection I bore them, but I think I have never met their equals.'

The Haarlemmermeer pumping engines

Annular compound Cornish engines with lift pumps

Steam cylinder bore	HP/LP	2,13/3,66 m		
	stroke	3,05 m		
Stroke rate	max	10/min		
	practical	5-7/min		
Lift (final)		4,5 m		
Power		490 kW		
Efficiency	guarantee	7%		
	1846 trials	2,4-7,2%		
	practical	2-3%		
		<i>Leeghwater</i>	<i>Lynden</i>	<i>Cruquius</i>
Steam gauge pressure	1849	3 bar	2,4 bar	2,4 bar
	c.1869	3,6 bar	3,6 bar	3,6 bar
	1888			4,5 bar
Pumps	number	11	8	8
	bore	1,6 m	1,85 m	1,85 m

15. De bemaling van Rijnlands boezem

1846-1857

De drooglegging van de Haarlemmermeer had ingrijpende gevolgen voor het hoogheemraadschap Rijnland. Dat had tot 1848 een zeer groot boezemoppervlak, met een overeenkomstig grote bergcapaciteit. Daardoor was natuurlijke afwatering naar getijdewater via sluizen in Spaarndam, Halfweg, Gouda en Katwijk redelijk voldoende. Dat zou drastisch veranderen als de ringdijk van de Haarlemmermeer werd gesloten. Meer dan 80% van de boezem zou wegvallen en de enorme polder, die daarvoor in de plaats kwam, zou moeten uitslaan op de resterende 20%. Dat zou boezembemaling nodig maken. Rijnland had zich in het verleden dan ook verzet tegen de droogmaking. Nu die onvermijdelijk was geworden eiste het hoogheemraadschap al in een vroeg stadium compensatie. Die werd ook toegezegd:

- Verbetering van de uitwatering bij Katwijk (die was nog ongeveer in de toestand als in hoofdstuk 9 beschreven).
- Verbeteren van de toevoer naar de uitwatering bij Spaarndam door uitdiepen van het Spaarne.
- Een krachtig stoom-boezemgemaal te Spaarndam.
- Een extra (vierde) uitwateringssluis in het noorden bij Halfweg, ter verbetering van een toch al gunstig lozingspunt. Bij de veel voorkomende zuidwestenwind woei namelijk het water vóór de sluizen op, terwijl het achter de sluizen juist afwoei.

De beide eerste punten werden snel uitgevoerd, en we bespreken ze hier niet. Ook het gemaal in Spaarndam werd spoedig aangepakt. Als enige voorloper had men de Arkelse Dam (hoofdstuk 11) met machines van 40 kW, elk met één scheprad. Dit moest wel wat anders worden! De Commissie koos voor één grote horizontale dubbelwerkende machine van 270 kW, die twee groepen van elk vijf schepraderen rechtstreeks (zonder vertraging) zou aandrijven. De schepraderen waren alle apart gelagerd, en ze konden met klauwkoppelingen aan hun burens verbonden worden. Zo kon men van binnen naar buiten naar behoefte meer raderen aankoppelen. Zulke afmetingen waren voor een horizontale machine niet eerder vertoond.

Voor de bijbehorende grote hoeveelheden stoom waren kleppen aantrekkelijker dan schuiven, en toepassing van de bij een Cornwall-machine gebruikelijke dubbelzittingkleppen lag voor de hand. Men ontleende aan dat machinetype ook de bediening van de kleppen, met hefboomen, gewichten en een — hier horizontale — klossenstang, direct vanaf het kruishoofd bewogen. De vulling kon door verplaatsing van nokken op die stang worden ingesteld, waardoor de expansie regelbaar was. Dit overgangstype van de horizontale machine werd wel 'horizontale Cornwall-machine' genoemd, hoewel de gelijkenis met de Cornwall-pompmachine slechts oppervlakkig was.

De machine werd in 1842 besteld bij Dixon & Co. te Amsterdam (later De Atlas), en geleverd in juli 1844. Maar er waren weer veel problemen. Onderdelen braken door verkeerde opstelling of door waterslag (te natte stoom), de vliegwielen waren te licht,

15. Discharge of the Rijnland boezem

1846-1857

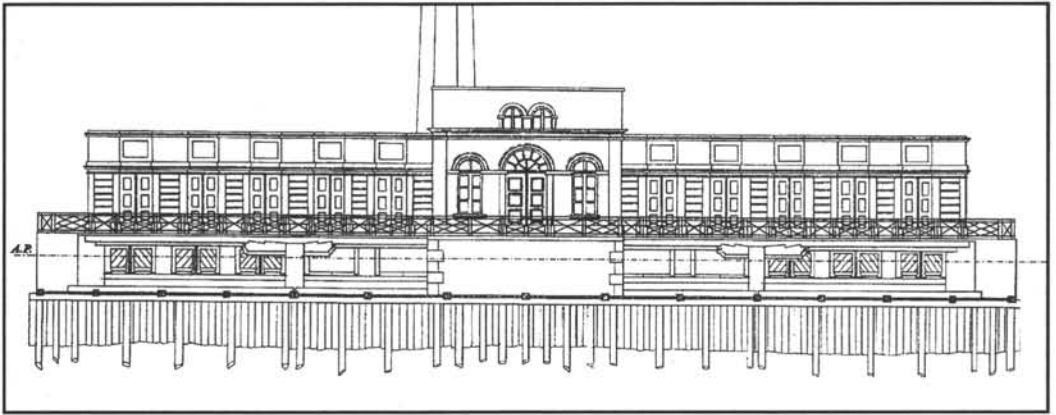
The drainage of the Haarlemmermeer had far-reaching consequences for the Rijnland hydraulic district. Until 1848 its boezem area was huge, and the reservoir capacity was correspondingly large. Simple gravity discharge to tidal waters via the sluices at Spaarndam, Halfweg, Katwijk and Gouda was quite satisfactory. Closing the Haarlemmermeer encircling dike, however, would radically change that. More than 80% of the boezem area would be turned into a polder, which would have to discharge onto the remaining 20%. This would necessitate power discharge of the boezem. For this reason, Rijnland had in the past opposed drainage of the lake and — now that this had become inevitable — the hydraulic district demanded a price. Compensation was readily promised:

- Improvements to the discharge point at Katwijk, which was more or less in the state described in chapter 9.
- Improvements to the supply of the discharge point near Spaarndam, by dredging the Spaarne river.
- A powerful steam boezem drainage station at Spaarndam.
- An additional (fourth) sluice in the north, at Halfweg, to improve an already favourable discharge point: a southwesterly wind (the prevailing direction) would raise the level in front of the sluices, and lower it on the discharge side.

The first two items were soon accomplished, and they are not further discussed here. The steam drainage station in Spaarndam was tackled soon, too. Its only precursor was the Arkelse Dam station (chapter 11), with 40 kW single scoopwheel engines. This would have to be something else indeed ! The Commission decided on a single 270 kW horizontal double acting engine, driving two groups of five scoopwheels each. Drive would be direct, without gears. Each scoopwheel would be supported in its own bearings, and it could be coupled to its neighbours with dog clutches. This would allow connecting the required number of scoopwheels from the engine outward. For a horizontal engine the size was unprecedented.

The correspondingly large quantities of steam made drop valves preferable to slide valves, and the natural choice would be Cornish double beat valves. These were adopted, with their characteristic valve gear of levers, weights, and a plug rod — which in this case was to be horizontal, driven directly from the crosshead. Cut-off could be varied by moving the slides on the plug rod, thus providing a choice of expansion rates. This transitional type of horizontal engine was often termed 'horizontal Cornish engine', even though the resemblance to a Cornish pumping engine was at best superficial.

The engine was ordered from Dixon & Co. in Amsterdam (precursor of De Atlas) in 1842, delivery was in July 1844. Once again the problems were many. Parts fractured through faulty arrangement or through water hammer (steam too wet), shafts and

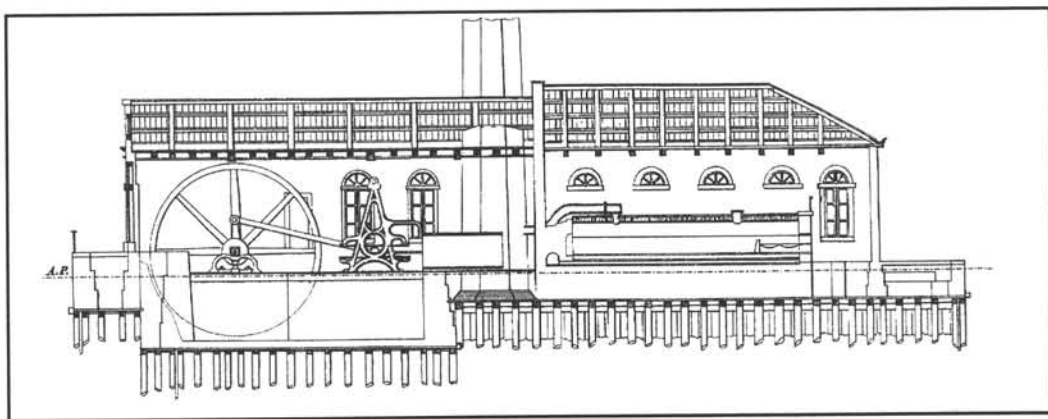


Het schepradgemaal voor Rijnland's boezem bij Spaarndam. Hierboven het voor-aanzicht met in het midden het machine- en ketelhuis, geflankeerd door de beide scheprad-huizen met elk vijf raderen. Rechts een langsdoorsnede van het machine- en ketelhuis, waarin de rechtstreekse aandrijving door één machine te zien is.

de ketel-voedingspomp te klein, assen en lagerblokken begaven het, de afvoer uit de condensor was gebrekkig. Medio 1846 was de Commissie het beu, en het contact met het inmiddels vrijwel failliete Dixon werd verbroken. William Husband van Harvey (de montageleider van de Leeghwater — zie hoofdstuk 14) werd belast met de leiding van onderzoek en reparatie. In november werkte het gemaal voor het eerst redelijk. Het bleef echter wat onregelmatig lopen, omdat het dubbele vliegwiel voor deze lage snelheid aan de lichte kant was. Men heeft dat maar voor lief genomen.

Hoewel de ringdijk nog tot 1848 open bleef en de boezem dus nog onaangetast was, meende Rijnland toch dat de werkzaamheden de lozing via de sluizen bij Halfweg verstoorden, en eiste regelmatige bemaling in Spaarndam. Om dezelfde reden begon de Commissie te aarzelen over het nut van de extra sluis bij Halfweg. Ook daar moest nu maar een stoomgemaal komen, uiteraard op kosten van de droogmakerij. Rijnland had liever een gemaal op de Hollandse IJssel bij Gouda, maar na veel onderhandelen ging men accoord met Halfweg. Door gebrek aan fondsen duurde het tot april 1851 voor een gemaal besteld werd bij Van Vlissingen & Dudok van Heel in Amsterdam. Daardoor kwamen andere eisen van Rijnland extra zwaar aan. Het hoogheemraadschap had namelijk bedongen dat, als de boezem te hoog stond, de bemaling van de Haarlemmermeer gestopt zou worden — en dat in sommige gevallen zelfs water terug in het meer geloosd zou worden. Dit is uiteindelijk een van de belangrijkste oorzaken van de vertragingen bij de droogmaking van de Haarlemmermeer geworden. In bijlage 4 staan hierover meer bijzonderheden.

Notities op tekeningen, en stukken in de Harvey-archieven, doen vermoeden dat Husband de hand heeft gehad in het ontwerp voor de machine in Halfweg, en Husband heeft dat ook aan Huet bevestigd. Harvey heeft in 1849 aan Simons zelfs een machine aangeboden. Dat heeft toen kennelijk niet tot een opdracht geleid, maar de maten van



The scoopwheel station for the drainage of Rijnland's boezem near Spaarndam. At left the front elevation with the engine and boiler house at the centre, between the two wheelhouses with five scoopwheels each. Above is a longitudinal section of the engine and boiler house showing the direct drive by a single engine.

bearing blocks failed, the discharge from the condenser was inadequate. By mid-1846 the Commission had had enough, and Dixon — by now virtually bankrupt — was dismissed. William Husband of Harvey's (the site engineer for Leeghwater — see chapter 14) was put in charge of an inspection and repair programme. In November the scoopwheel station operated acceptably for the first time. The engine ran a bit irregularly, however, as the dual flywheels were rather light for this low speed. This was eventually put up with.

Although the encircling dike remained open until 1848 — leaving the boezem as yet unaffected — Rijnland stated that the works did nevertheless interfere with the sluice discharge at Halfweg, and they demanded frequent operation of the Spaarndam station. For the same reason the Commission began to have doubts about the benefits of the additional sluice at Halfweg. This had better be a steam drainage station, too. Paid for by the Haarlemmermeer drainage, of course. Rijnland would have preferred a scoopwheel station for discharge to the Hollandse IJssel near Gouda, but after lengthy negotiations they settled for Halfweg. In April 1851 a steam scoopwheel station was ordered from Van Vlissingen & Dudok van Heel in Amsterdam. This late date was due to lack of funds, and it made Rijnland's other demands hit extra hard. The hydraulic district had stipulated that, if boezem levels reached certain limits, drainage of the Haarlemmermeer would be interrupted — and that in some cases water would even have to be let back into the lake. This eventually became one of the principal causes for delays in the Haarlemmermeer drainage project. More details are given in annex 4.

Notes on drawings, and notes found in the Harvey records, suggest that Husband was involved in the design for the Halfweg engine. Husband has confirmed this to Huet. In 1849 Harvey even made an offer of an engine to Simons. This does not seem to have resulted in a contract, but the dimensions of the engine eventually supplied by Van

de door Van Vlissingen geleverde machine zijn zó duidelijk ronde inch-maten, dat onderleverantie uit Engeland niet is uitgesloten — Nederland was sinds 1820 metrisch. Het gemaal was midden 1853 gebruiksklaar. De klossenstang van deze machine werd via een excentriek op de krukas aangedreven, en de vulling was continu instelbaar. De gietijzeren tandwielen voldeden goed; na inlopen was en bleef het oppervlak spiegelglad. Toch bleef men elders nog geruime tijd houten tanden toepassen, bijvoorbeeld in 1882 in Nijkerk (zie bijlage 5). De koppelingen tussen de schepraderen neigden tot loswerken, tot ze een zwaluwstaart-vorm kregen.

De schepradgemalen van Rijnland

Dubbelwerkende horizontale machines

	<i>Spaarndam</i>	<i>Halfweg</i>	<i>Gouda</i>
Stoomcilinder boring	1,65 m	1,015 m (40")	1,12 m
slag	3 m	2,438 m (8')	2,44 m
Vulling instelbaar op	50, 63 of 75%	continu	continu
Snelheid	7-10 omw/min	13,5 omw/min	12 omw/min
Vermogen	270 kW	136 kW	163 kW
Tandwielvertraging	geen	1,371/3,098 m (54/122")	25/60 tanden
Schepraderen aantal	2x5	2x3	2x3
middellijn	5,2 m	6,6 m	7,9 m
breedte	2 en 2,5 m	2 m	1,75 m
Opvoerhoogte maximaal ca.	1 m	1 m	2 m
Opbrengst maximaal ca.	1800 m ³ /min	850 m ³ /min	
Rendement ca.	2%	2%	3%

De klachten van Rijnland over het boezempeil in de winter bleven echter voortduren. Het is nu moeilijk meer vast te stellen of deze problemen inderdaad een gevolg van de Haarlemmermeer-droogmaking waren, of dat ook vroeger bij veel regen en noordwestenwind zulke moeilijkheden optraden. Er was toch wel de indruk, dat Rijnland enige al lang bestaande problemen op de Haarlemmermeer wilde afwentelen. Men wilde, na Halfweg, nu toch ook een gemaal bij Gouda. Liefst een door de regering beheerd en bedreven gemaal, echter onder bevel van Rijnland. Dat laatste ging de Commissie toch te ver. J.A. Beijerink verzorgde in 1851 een vóórontwerp, maar het gemaal kon pas in 1855 besteld worden bij De Atlas in Amsterdam op basis van het definitieve ontwerp van Beijerincks opvolger Michaelis. In november 1857 was het klaar.

Rijnland was nu voorlopig tevreden, maar in 1872 werd het IJ in Amsterdam afgesloten, waardoor het tij ophield en de sluisen bij Halfweg en Spaarndam minder goed konden lozen. Toen is in 1880 bij Katwijk een vierde boezemgemaal met twee stoommachines en zes schepraderen gebouwd; een beschrijving daarvan valt echter buiten het bestek van dit boekje. Toen het ca. 1950 werd gesloopt, kreeg het museum de Cruquius het ijzerwerk van één van de zes reusachtige schepraderen (9 m middellijn en 2,45 m breed) en dat ligt daar nog in opslag.

Vlissingen were so evidently round inch values, that an English subcontractor cannot be ruled out — the Netherlands had been metric since 1820.

By mid-1853 the scoopwheel station was operational. The plug rod of this engine was driven from an eccentric on the crankshaft, and cut-off could be continuously varied. The cast iron gears answered well, after running-in the surfaces had (and kept) a mirror finish. Even so, wooden gears remained in use elsewhere, for instance in the 1882 Nijkerk station (see annex 5). The dog clutches between the scoopwheels had a tendency to work loose, until they were given a dovetail shape.

The scoopwheel stations of Rijnland

Double acting horizontal rotative engines

	<i>Spaarndam</i>	<i>Halfweg</i>	<i>Gouda</i>
Steam cylinder bore	1,65 m	1,015 m (40")	1,12 m
stroke	3 m	2,438 m (8')	2,44 m
Cut-off adjustable	50, 63 or 75%	continuously	continuously
Rotational speed	7-10 rpm	13,5 rpm	12 rpm
Power	270 kW	136 kW	163 kW
Gears	none	1,371/3,098 m (54/122")	25/60 teeth
Scoopwheels number	2x5	2x3	2x3
diameter	5,2 m	6,6 m	7,9 m
width	2 and 2,5 m	2 m	1,75 m
Lift max. c.	1 m	1 m	2 m
Capacity max. c.	1800 m ³ /min	850 m ³ /min	
Efficiency c.	2%	2%	3%

Rijnland's complaints about the winter boezem level continued, however. It is now rather difficult to determine whether these problems had any connection with the Haarlemmermeer drainage, or if such difficulties during periods of rain and north-westerly winds had a longer history. The impression lingered, that Rijnland tried to shift the burden of some age-old problems onto the Haarlemmermeer project. After having got Halfweg, they wanted power discharge at Gouda as well, preferably a drainage station built and operated by the central government, at the command of Rijnland. The Commission thought this last demand went too far. In 1851 J.A. Beijerinck made a preliminary design, but it was not until 1855 that the machinery could be ordered from De Atlas of Amsterdam, based on the definitive design of Beijerinck's successor Michaelis. The station was commissioned in November 1857.

This satisfied Rijnland for the time being, but in 1872 the IJ was dammed in Amsterdam, removing its tide. This made gravity discharge in Halfweg and Spaarndam more difficult. As a remedy a fourth scoopwheel station with two engines and six wheels was built near Katwijk in 1880. A description would be outside the scope of this booklet. When it was demolished c.1950, the iron parts of one of the giant scoopwheels (9 m diameter and 2,45 m wide) were donated to the Cruquius museum, where they still await restoration.

De boezembemaling van Rijnland is uiteraard in de loop der jaren een aantal malen gemoderniseerd. Spaarndam heeft na diverse stoommachines nu dieselmotoren als aandrijving van de praktisch onveranderde imposante schepraderen-batterij. Halfweg heeft ook de schepraderen behouden — vergroot tot 7,5 m en sinds 1923 aangedreven door een 680 kW gelijkstroom-stoommachine van Stork. In 1977 is de taak van dit gemaal overgenomen door een modern diesel-vijzelgemaal en sinds 1987 is het stoomgemaal een werkend museum (zie bijlage 5). Ook in Gouda staat nu een modern gemaal, het oude is gesloopt.

The Rijnland boezem drainage has, of course, over the years been modernized several times. Spaarndam had a succession of steam engines, and today the two impressive and largely unmodified rows of scoopwheels are driven by modern diesel engines. Halfweg also retained its scoopwheels, enlarged to 7,5 m, and now driven by a 1923 Stork uniflow engine of 680 kW. Its duties were taken over by a modern diesel-Archimedean screw station in 1977, and from 1987 the steam station has been an operating museum (see annex 5). The Gouda station has been replaced too, the old one was demolished.

16. Het schepradgemaal Mastenbroek

1856

De in het vorige hoofdstuk besproken grote 'horizontale Cornwall-machines' voor de boezem van Rijnland zijn alle drie verdwenen. De machine van het gemaal Steenenhoek (genoemd in hoofdstuk 11) was een stapje verder — Cornwall-kleppen, maar met een nokkenas in plaats van een klossenstang. Die machine is ook gesloopt, enkele onderdelen staan in museum de Cruquius. Maar er bestaat toch nog één kleinere machine van dit merkwaardige overgangstype — dat voor zover bekend buiten Nederland nergens wordt aangetroffen. Dat is een reden om dit schepradgemaal te beschrijven, als voorbeeld van wat in het kielzog van de grote projecten tot stand kwam. De machine werd gemaakt door De Atlas in Amsterdam en in 1856 in bedrijf gesteld voor het bemalen van de polder Mastenbroek bij Genemuiden. J.A. Beijerinck was bij de bouw van het gemaal betrokken.

De zuigerstang is aan de dekselzijde verlengd en is dus aan twee kanten in een pakkingbus gesteund — een van de bekende middelen om éézijdige slijtage te voorkomen. Op de uit het vorige hoofdstuk bekende wijze kan één scheprad worden ontkoppeld met een klauwkoppeling. Uit metingen en berekeningen die prof. Dresden uit Delft in 1941 heeft uitgevoerd, blijkt het vermogen van de machine veel groter te zijn dan voor deze schepraderen nodig is. Dat zou terug te regelen zijn door kleinere vulling (meer expansie) maar dan gaat de machine onregelmatiger lopen, doordat het vlieg wiel aan de lichte kant is. Sommigen vermoeden dan ook, dat de fabriek een reeds beschikbare machine leverde en die zo goed en zo kwaad als het ging had aangepast.

Het gemaal heeft dienst gedaan tot 1961, toen werd het vervangen door een ernaast gebouwd diesel-vijzelgemaal. Na een periode van verval heeft een stichting zich erover ontfermd, met het resultaat dat in 1984 het gemaal weer onder (museum)stoom gebracht kon worden — zie bijlage 5.

Het gemaal in Mastenbroek

Dubbelwerkende horizontale roterende machine

Stoomcilinder boring	74 cm
slag	2,44 m
Snelheid	12 omw/min
Vlieg wiel diameter	7,5 m
massa	17 000 kg
Vermogen (meting)	127 kW
Tandwielvertraging	1/2
Schepraderen aantal	2
diameter	6 m
breedte	2,15 m

16. The Mastebroek scoopwheel station

1856

The three large 'horizontal Cornish engines' for the Rijnland boezem, discussed in the previous chapter, were all scrapped. The Steenenhoek engine (mentioned in chapter 11) took the design of horizontal engines one step further, replacing the plug rod by a camshaft to operate the Cornish valves. This engine too is gone, but for a few components kept in the Cruquius museum. There still exists, however, one smaller engine of this transitional type — which, as far as is known, only existed in the Netherlands. That is a reason for describing this scoopwheel station, as an example of what was built in the wake of the major projects. The engine was made by De Atlas in Amsterdam, and was commissioned in 1856 to drain the Mastebroek polder near Genemuiden. J.A. Beijerinck was involved in the building of this station.

The Mastebroek drainage station

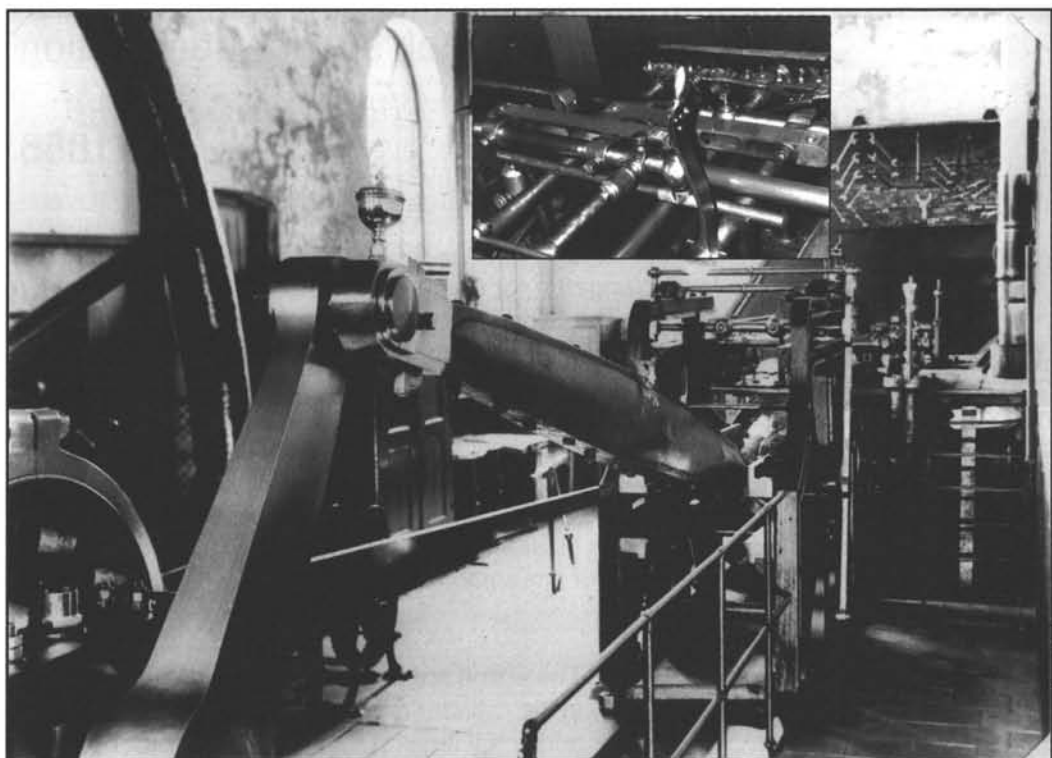
Double acting rotative horizontal engine

Steam cylinder bore	74 cm
stroke	2,44 m
Rotational speed	12 rpm
Flywheel diameter	7,5 m
mass	17 000 kg
Power (measured)	127 kW
Gears	1/2
Scoopwheels number	2
diameter	6 m
width	2,15 m

The piston rod extends through a stuffing box in the cylinder rear cover, thus providing additional support for the piston in order to prevent asymmetrical wear. A dog clutch was used to disengage one wheel in the manner discussed in the previous chapter. In 1941, prof. Dresden of the Delft Academy carried out measurements and calculations, showing the maximum engine power to be considerably in excess of what was required for the scoopwheels. Power could be reduced by earlier cutoff (more expansion), but then the engine would run less smoothly, due to the rather light flywheel. Some suspect therefore, that the manufacturer supplied an existing unsold

engine, which was adapted as conveniently as possible.

The pumping station served until 1961, when it was replaced by a diesel-Archimedean screw station built next to it. After standing derelict for some time, a foundation took it into its care. As a result, the Mastebroek scoopwheel station was restored to (museum) steam in 1984 — see annex 5.



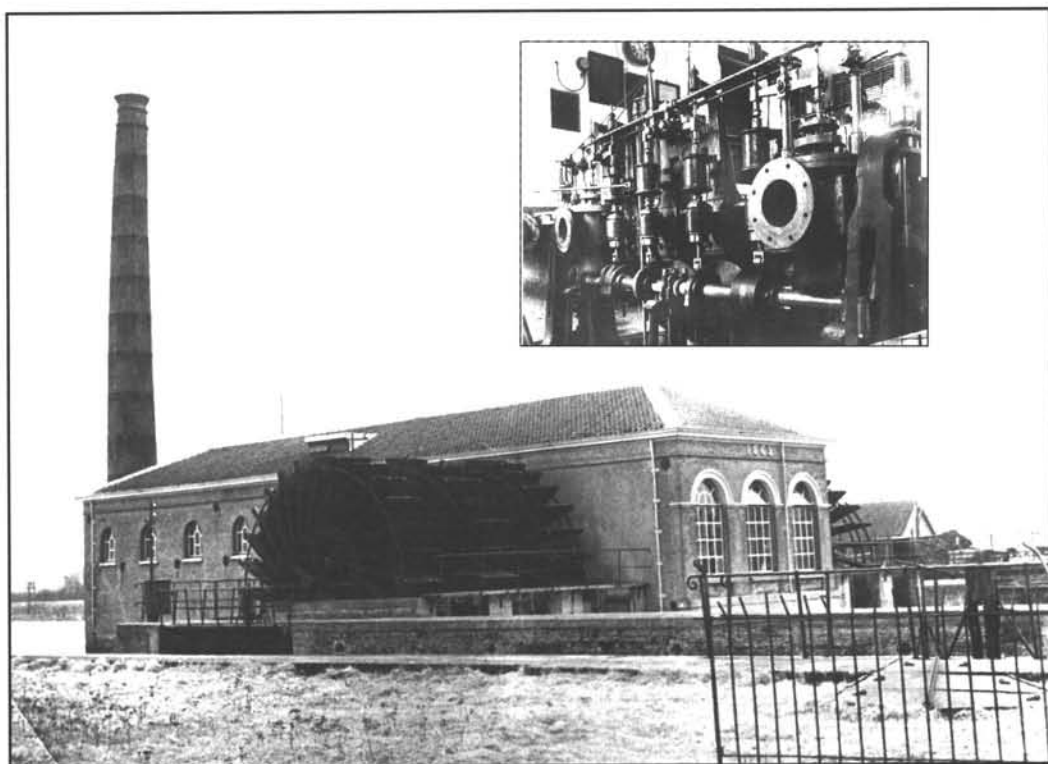
K. van der Pols

boven: De machine van het stoomgemaal in Mastenbroek. De inzet toont het kloswerk (de kleppenbeweging) boven de stoomcilinder, met vier klep-assen en een dubbele klossenstang. De schenen voor het sluiten van de inlaatkleppen kunnen versteld worden om de vulling en daarmee de mate van expansie in te stellen.

above: The engine of the Mastenbroek steam scoopwheel station. The inset shows the Cornish valve gear with four valve arbors and a dual horizontal plug rod above the steam cylinder. The slides for the closing of the inlet valves may be shifted to adjust cut-off and thus the degree of expansion.

onder: Het stoom-schepradgemaal bij Steenenhoek, ca. 1950. Het gemaal is dan al buiten bedrijf. Op de inzet is de kleppenbeweging met nokkenas te zien; de nokken voor de inlaatkleppen kunnen op de as worden verschoven om drie waarden van de vulling te kunnen instellen. De stoomleidingen van deze kleppen zijn al verwijderd. Zie voor de historie en functie van het Steenenhoek-gemaal ook hoofdstuk 11.

below: The steam scoopwheel station of Steenenhoek c.1950, some time after decommissioning. The inset shows the camshaft valve gear; the cams for the steam valves may be shifted on the shaft to set one of three cut-off values. The steampipes have already been removed from these valves. Chapter 11 gives more details about the history and function of the Steenenhoek station.

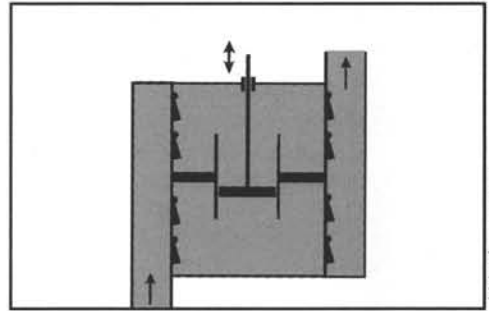


17. De pomp van Fijnje

1846

De polder *Dreumel* is een van de betrekkelijk kleine rivierpolders tussen Maas en Waal, westelijk van Nijmegen. Zoals veel rivierpolders, loosde ook deze zijn overtollige water via sluizen bij lage rivierstand. In het voorjaar bleef het peil van de rivier echter vaak langdurig hoog en soms stond het land dan tot in de zomer onder water. Er zijn al vroeg windmolens met staande schepraderen gebouwd, in het begin van de 19e eeuw ook enkele met hellende schepraderen, maar als de rivier erg hoog stond, konden die niet veel beginnen. M.G. Beijerinck maakte al in 1820 een plan voor dit hele poldergebied, maar toen er weer een tijd was verstreken zonder actie, besloot de polder *Dreumel* zichzelf te helpen en samen met twee buur-polders een stoomgemaal op te stellen. De waterstaatsingenieur H.F. Fijnje van Salverda ontwierp aanvankelijk een stoom-schepradgemaal, maar enige jaren later werd de opzet veranderd: Fijnje stelde nu een dubbelwerkende balansmachine voor, met een door hemzelf bedachte eveneens dubbelwerkende perspomp. Om het nog aarzelende polderbestuur over de streep te trekken, kocht hij zelf een vrij groot stuk land in de polder, waardoor hij de risico's van de ingelanden deelde!

De dubbelwerkende 'Cornwall-machine' werd gemaakt door Nering Bögel & Co. in Deventer en Isselborg (Duitsland), de ijzergieterij en machinefabriek van een studievriend van Fijnje. Het gemaal kwam medio 1846 in bedrijf. De pomp was aanvankelijk geen succes. De grote kleppen met verticale scharnieren ('sluisdeurtjes') veroorzaakten door hard slaan heel wat schade. Het probleem werd opgelost door ze te vervangen door hangende 'brievenbus-kleppen' (zie kader). De houten scheiding tussen de twee pompkamers was te zwak en werd vervangen door een gietijzeren. Het rendement bleek goed en de waarde van de grond steeg fors. Fijnje zei twintig jaar later dat dit enige com-



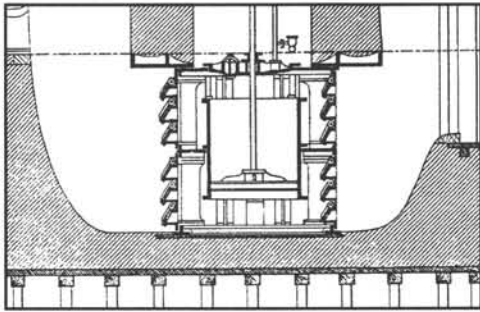
Een dubbelwerkende perspomp is een perspomp (zie kader in hoofdstuk 2) die aan beide zijden van de zuiger een stel zuig- en perskleppen heeft, zodat zowel de heen- als teruggaande slag water opvoeren. De pomp van Fijnje is een bijzondere uitvoering hiervan. Zoals de schets aangeeft, beweegt de zuiger in een aan beide zijden open cilinder — Fijnje noemde dit de persbuis of drijfbus — die is aangebracht in een horizontale wand welke een ronde of vierkante kast in tweeën deelt. Elk van die kamers heeft een stel zuigkleppen en een stel perskleppen. Het geheel wordt onder de balans van een stoommachine geplaatst — beneden het niveau van het weg te pompen water, dus onder polderpeil. De kleppen zijn een soort 'brievenbussen', licht, makkelijk bewegend, en met een grote doorlaat. Voor wisselende opvoerhoogten heeft de pomp van Fijnje dezelfde problemen als de enkelwerkende pomp (hoofdstuk 3), de betere geschiktheid moet komen van een aandrijfmachine die wisselende arbeid per slag kan leveren.

17. Fijnje's pump

1846

The *Dreumel* polder is one of a number of smallish river polders between the Maas and Waal rivers, west of Nijmegen. Like many such polders, it used sluices for gravity discharge when the river was low. In spring, however, the river level often remained high for long periods, and occasionally the land would stay flooded well into summer. Drainage windmills with vertical scoopwheels were built early on, and in the early 19th century some were also built with Eckhardt inclined scoopwheels. If the river level was very high, however, these could not accomplish much. In 1820 M.G. Beijerinck had drawn up a scheme for the entire region but, after considerable time had elapsed without action, the Dreumel polder decided to fend for itself, and to establish a steam drainage station together with two neighbouring polders. Hydraulic Board engineer H.F. Fijnje van Salverda initially designed a vertical scoopwheel station, but a few years later the setup was modified. Fijnje now proposed a double acting beam engine with a double acting force pump of his own invention. The polder board hesitated, and to help in convincing them Fijnje purchased a sizeable tract of land in the polder, which made him a landholder sharing the risks of the other landholders !

The double acting 'Cornish engine' was supplied by Nering Bögel & Co. of Deventer and Isselborg (Germany), the foundry and engineering works of a college friend of Fijnje's. The pumping station became operational in mid-1846. Initially, the pump was



not a success. The large sluice-like clack doors on vertical hinges caused a great deal of damage through slamming. The problem was solved by fitting hanging 'letterbox-valves' (see box). The timber separation between top and bottom chambers was too weak, and it had to be replaced by cast iron. Efficiency was quite reasonable. Land prices soared. Twenty years later, Fijnje would say that this

A double acting force pump is a force pump (see box in chapter 2) with a set of inlet and delivery valves on each side of the piston, causing the strokes in both directions to raise water. Fijnje's pump is a special form. As shown in the diagram, the piston moves in a cylinder which is open at both ends — Fijnje termed this the force tube — which penetrates a horizontal partition separating two chambers in a round or square enclosure. Each chamber has a set of inlet and delivery valves, and the assembly is positioned under the beam of a steam engine — below the supply water level, i.e. below polder level. The valves are of the 'letterbox' type, light, easily moveable, with a large free passage. For varying lift the Fijnje pump has the same problems as the single acting pump (chapter 3), any improved suitability for this service must derive from a driving engine of which the work per stroke can be varied.

pensatie betekende voor zijn niet-waardevaste pensioen....

Bij lage rivierstand zette men de ruime pompkleppen open en gebruikte de pompkamer als uitwaterings-sluis. Men sprak wel van een Cornwall-machine, maar dat sloeg toch vooral op de uiterlijke vorm, de kleppen en hun bediening. Het hefgewicht — kenmerkend voor de enkelwerkende Cornwall-machine — ontbreekt, en daarmee ook de noodzaak tot (vrijwel) constante arbeid per slag. Via stoomdruk en expansiegraad (vulling) is de arbeid nu vrij goed regelbaar, maar het tegelijkertijd beheersen van de slaglengte moet veel vakmanschap van de machinist hebben geëist. Er was hier dus wel een goede oplossing gevonden voor het specifieke probleem van de wisselende opvoerhoogte, en in de volgende jaren tot ca.1860 werden nog ettelijke rivierpoldergemalen gebouwd volgens het Dreumelse stelsel — zoals men het ging noemen. Ze hadden vermogens tussen 80 en 130 kW. Een bijzondere variant is gebouwd als verticale machine *zonder* balans, als proef voor de funderingsmethode en kosten. Dit proefgemaal werd opgericht in de kleine droogmakerij Hofland bij Mijdrecht. De stoomcilinder stond omgekeerd *boven* de pomp. De gemeenschappelijke zuigerstang liep door een pakkingbus in het onder-deksel van de stoomcilinder. In Engeland was deze configuratie (maar dan enkelwerkend) bekend onder de naam *Bull engine*. Dit bouwde wel beknopt, maar machinisten hadden een hekel aan de moeilijk te smeren en te onderhouden 'hangende' pakkingbus. Ook de bediening was (naar verluidt) erg lastig. De geringe traagheid — in vergelijking tot een balansmachine — maakte de machine 'driftiger', wat uitzonderlijk hoge eisen aan de machinist stelde. Het gemaal van Hofland heeft maar kort dienst gedaan — de bemaling werd al spoedig overgenomen door een naburige grotere polder.

Een van de laatste gemalen volgens het Dreumelse stelsel is in 1860 gebouwd in Rotterdam: het Wester-gemaal van 68 kW, weer gemaakt door Nering Bögel & Co., met het fraaie rendement van 6 %. Het oorspronkelijke Dreumelse stelsel raakte daarna in onbruik omdat de vereiste diepe fundering toch wel kostbaar was. Bovendien moest voor onderhoud en reparatie de pomp drooggezet worden en ook dan was de toegankelijkheid nog slecht. Voor zover later nog zuigerpompen zijn toegepast, werden ze horizontaal boven de machinekamervloer geplaatst en aangedreven door horizontale stoommachines. Daarmee werden het zuig-perspompen. Het gevaar voor luchtlekken naar binnen en opbrengstverlies door lekkende kleppen werd onderzocht door rubber klepafdichtingen.

Toen er kort na het Wester-stoomgemaal ook een Ooster-gemaal moest komen, is in overleg met Fijnje — die de beide uitvoeringen wel eens wilde vergelijken — gekozen voor de horizontale versie. Dit gemaal van ca. 100 kW werd gebouwd door het Etablissement Fijenoord en was in 1861 klaar. Het werkte zeer betrouwbaar, maar het rendement van 2,4% was laag, misschien door de lage stoomdruk, de geringe expansie en de weerstand in pomp en kleppen. In 1867 werd één van de nieuwe gemalen voor de Alexanderpolder bij Rotterdam (zie hoofdstuk 18) onder leiding van de bejaarde

Het gemaal van Dreumel

Dubbelwerkende niet-roterende balansmachine		
Stoomcilinder boring		70,3 cm
	slag	2,1-2,2 m
Aantal slagen		10/min
Perspomp boring		2,04 m
	slag	2,5 m
Opvoerhoogte max.		3 m
Vermogen		ca.80 kW
Rendement		ca.4%

provided some compensation for his non-index-linked pension....

If the river was low, the large valves could be opened to use the pump chamber as a sluice. Even though the engine was referred to as 'Cornish', this applied mainly to its appearance and to the valves and valve gear. The weight — characteristic for the

The Dreumel pumping station

Double acting nonrotative beam engine

Steam cylinder bore 70,3 cm
stroke 2,1-2,2 m

Stroke rate 10/min

Pump bore 2,04 m
stroke 2,5 m

Lift max. 3 m

Power c.80 kW

Efficiency c.4%

single acting Cornish pumping engine proper — is absent, and as a consequence the work per stroke can be more easily varied via steam pressure and cutoff. Simultaneously controlling the stroke length must have required great driver skill.

This was evidently a feasible solution to the specific problem of varying lift, and in the following years until c.1860 several more pumping stations of the Dreumel type — as it came to be called — were built for river polders. Power ranged from 80 to 130 kW.

A variation on this theme was built as a vertical engine *without* a beam, as an experiment to investigate the effect on foundation technique and cost. This experimental pumping station was built in the small Hofland polder near Mijdrecht. The steam cylinder was inverted and arranged *above* the pump. The common piston rod passed through a stuffing box in the steam cylinder's bottom cover. The single acting version of this idea was well known in England as the *Bull engine*. This made for a small building, but drivers hated the 'hanging' stuffing box, which was hard to lubricate and maintain. Driving was reportedly very difficult too. The low inertia — as compared to a beam engine — made the engine more 'temperamental', requiring exceptional driver skill. The Hofland pumping station operated for a short period only — drainage was soon contracted to a neighbouring larger polder.

One of the last Dreumel type pumping stations to be built was the 68 kW West station in Rotterdam, again manufactured by Nering Bögel & Co., with a splendid 6% efficiency. The original Dreumel arrangement then fell into disuse. The deep foundation required was, after all, rather costly. Furthermore, the pump well had to be drained for maintenance and repairs, and even then accessibility remained a problem. If piston pumps were built at all, they would now be constructed as horizontal pumps at engine room level, driven by horizontal engines. They were known as combined lift-force pumps. The risks of air leaking in, and of losses via leaky valves, were counteracted by using india rubber seals.

When, shortly after the commissioning of the West pumping station, an East station was planned, the horizontal version was chosen — after consulting Fijnje, who was keen on an opportunity for comparing the two. This station was manufactured by Etablissement Fijenoord, and completed in 1861. It was very reliable, but its 2,4% efficiency was disappointing. Maybe the low steam pressure, the lack of expansion, and the flow resistance of pumps and valves were to blame. In 1867 the aging J.A. Beijerinck equipped one of the new pumping stations for the Alexanderpolder near

J.A. Beijerinck uitgerust met horizontale Fijnje-pompen met tandwielvertraging. Fijnje zelf heeft zijn diep geplaatste verticale versie nog lang gepropageerd, o.a. in 1878 in een discussie over droogmaking van de Zuiderzee.

Met het Dreumelse stelsel verdween ook de balans-stoommachine zonder draaiende beweging van het toneel. Dat was was in 1776 het enige *praktische* stoomtuig, en de latere versies ervan waren in hun tijd de *zuinigste* machines, vooral voor grote vermogens. De bediening vereiste echter veel vakmanschap — vooral door de moeilijke beheersing van de slaglengte. Toen met hogere stoomdruk, expansie en nieuwe materialen (staal) kleinere — meest horizontale — roterende machines met aanvaardbaar rendement en eenvoudiger bediening mogelijk werden, waren de grote balans-dinosaurussen tot uitsterven gedoemd. Ook de opkomst van de centrifugaalpomp speelde daarbij een rol. In de jaren 1870 zijn nog wel met succes grote Fijnje-pompen gebouwd voor riool-bemaling van een of meer steden in de Verenigde Staten.

Fijnje zelf heeft maar weinig plezier van zijn uitvinding gehad. Als ambtenaar mocht hij zich wel met de uitvoering van zijn projecten bezig houden, maar alleen binnen zijn eigen district — en dat heeft hem zeer gegriefd. Anderen speelden de hoofdrol bij het op grote schaal verbreiden van het stoomgemaal in de tweede helft van de 19e eeuw. Huet noemt P.A. Korevaar (1825-1892), een raadgevend ingenieur die meer dan zestig stoomgemalen heeft neergezet, waarvan drieëntwintig met horizontale pompen en de rest met schepradersen.

Toen in 1920 het laatste grote stoomgemaal werd gebouwd (zie hoofdstuk 19), kregen de machines luchtpompen van het Fijnje-type.

**Henri François Fijnje van Salverda
(1796-1889)**

Fijnje kreeg zijn (civiel)technische opleiding van 1814 tot 1816 aan de Artillerie- en Genieschool in Delft. In 1817 trad hij in dienst van Waterstaat met standplaats Groningen. Zijn eerste opdracht — het ontwerp van een kanaal-pompstation — zette hem aan tot zelfstudie van de werktuigbouwkunde. In 1819 werd hij overgeplaatst naar Arnhem en daar leerde hij de bijzondere problemen van de rivierpolders kennen. Die werden de rode draad van zijn verdere loopbaan. Hij klom uiteindelijk op tot hoofdinspecteur van de Waterstaat (een jaar voor zijn pensioen in 1867). Na zijn pensionering bleef hij adviseren en schrijven. Twee van zijn verhandelingen werden bekroond door de Hollandsche Maatschappij — waar hij lid van was, evenals van het Bataafsche Genootschap. Zijn grote deskundigheid ging samen met een vasthoudendheid, die niet altijd werd gewaardeerd.

Rotterdam (see chapter 18) with horizontal Fijnje pumps, driven by a rotative engine via step-down gears. Fijnje remained true to his low-placed vertical pump, e.g. in an 1878 debate about drainage of the Zuiderzee.

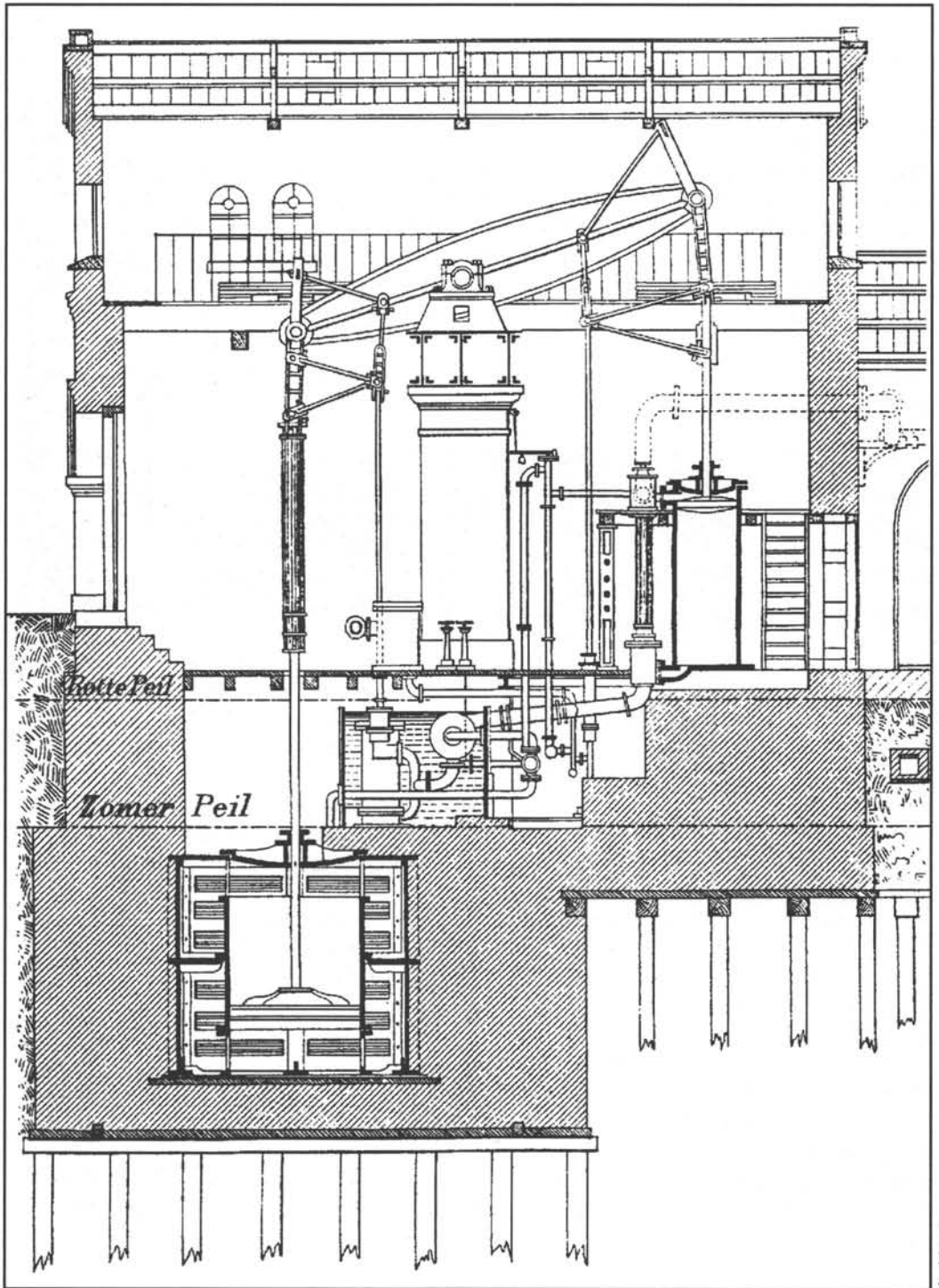
The demise of the Dreumel type pumping station also meant the end of the nonrotative beam engine. In 1776 this had been the only *practical* steam engine, and later versions of it were the most *efficient* engines of their time, particularly for high power. These engines did, however, require considerable driving skill — with particular emphasis on the difficult stroke length control. As higher pressure, increased expansion, and the use of new materials (steel) made feasible smaller — usually horizontal — rotative engines with acceptable efficiency and simplified operation, the large beam dinosaurs were destined for extinction. The advent of the centrifugal pump hastened this process. In the 1870s some large Fijnje pumps were successfully built for pumping sewage in one or more cities in the United States.

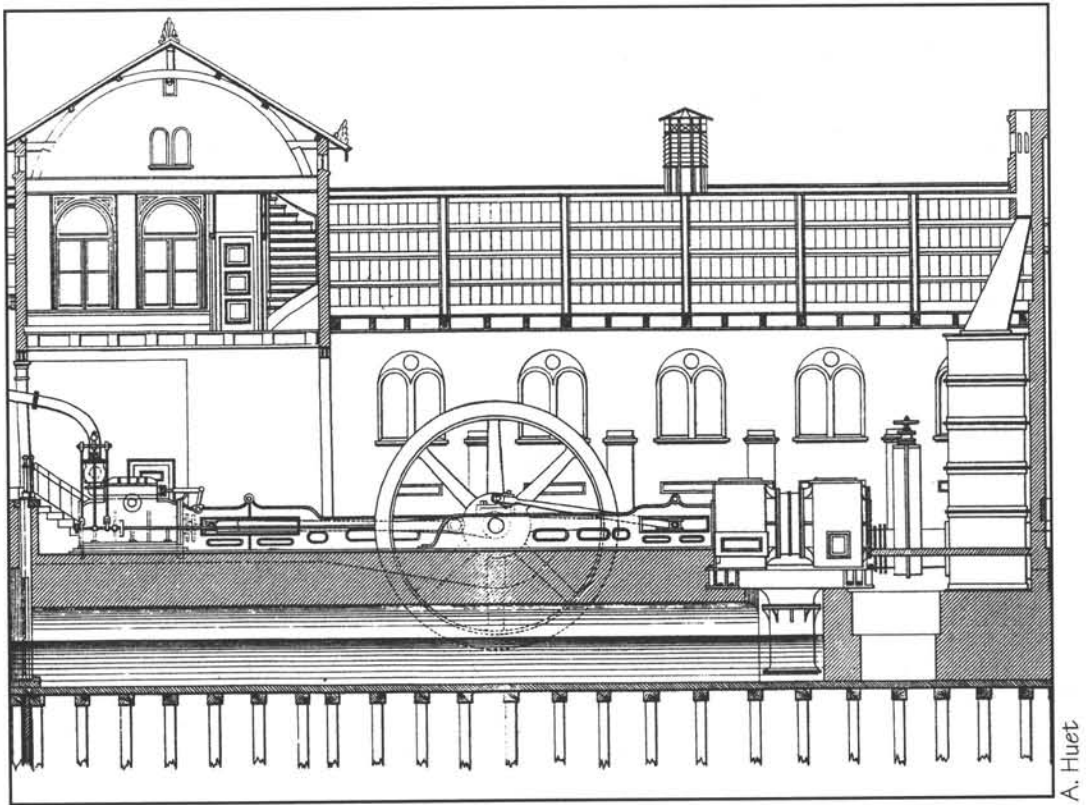


Fijnje studied (civil) engineering at the Artillery and Engineers School in Delft from 1814 to 1816. In 1817 he entered the service of the Hydraulic Board and was stationed in Groningen. His first assignment — the design of a canal pumping station — made him take up the private study of mechanical engineering. At his next station Arnhem (1819) he learned about the specific problems of river polders, and these became the leitmotiv of his further career. He rose to chief inspector of the Hydraulic Board (a year before he retired in 1867), and in retirement he continued to write and to advise. Two of his treatises were awarded prizes by the Holland Society of Sciences — of which he was a member, as well as of the Batavian Society. His vast expertise was matched by his tenacity, which was not universally appreciated.

Fijnje himself did not benefit much from his invention. Being a civil servant, he was allowed to concern himself with projects in his own district only — which made him feel bitterly aggrieved. Others played the leading role in the large scale implementation of steam drainage during the second half of the 19th century. Huet mentions P.A. Korevaar (1825-1897), a consulting engineer, who put up more than sixty steam drainage stations, twenty-three with horizontal pumps, the others with vertical scoopwheels.

When the last large steam powered drainage station was built in 1920 (see chapter 19), its air pumps were of the Fijnje type.





Twee gemalen met Fijnje-pompen in Rotterdam: het Westergemaal (1860, links) met een vertikale pomp en het Oostergemaal (1861, boven) met de horizontale variant. Beide gemalen dienden voor het afvoeren van vuil water uit de grachten van Rotterdam — die toen nog steeds als open riolen dienden. Ze zijn gebouwd onder leiding van stads-ingenieur W.N. Rose (1801-1877), in het kader van zijn al uit 1842 daterende plan voor de verversing en beheersing van het stadswater. Na ca.1863 werd een stelsel van verzamel-riolen ingevoerd en de twee gemalen pompten toen het ongezuiverde rioolwater naar de rivier.

Two pumping stations with Fijnje pumps in Rotterdam: the West station (1860, left) with a vertical pump and the East station (1861, above) with the horizontal variety. Both were established to discharge foul water from the canals of Rotterdam — which at the time still served as open sewers. They were engineered by town engineer W.N. Rose (1801-1877) as part of his 1842 plan for cleansing and control of the town water. After c.1863 a system of collecting and outfall sewers was built, and the two stations then pumped the raw sewage into the river.

18. De centrifugaalpomp

1862

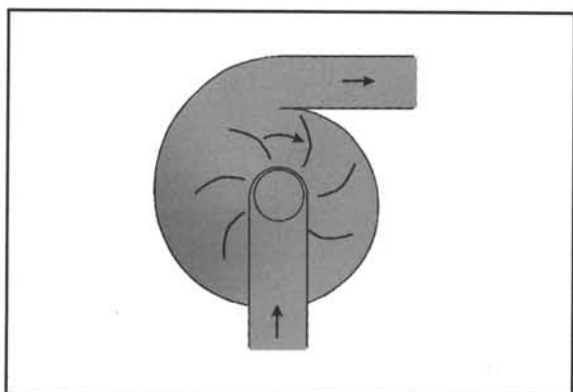
Al sinds het midden van de 17de eeuw zijn pogingen gedaan om de naar buiten werkende kracht van water in een sneldraaiende trommel te gebruiken voor het opvoeren van dat water. Christiaan Huygens (1629-1695) en vooral Denis Papin (1647-1714) verdienen het om in dit verband genoemd te worden. Na hen werden vele constructies voorgesteld, maar de meesten kwamen niet verder dan een natuurkundige curiositeit. Enkele werden praktisch beproefd en presteerden zó slecht, dat algemeen gebruik was uitgesloten. In windmolens werd nu en dan een primitieve vorm van liggend rad met centrifugale werking toegepast.

Op de eerste Wereldtentoonstelling in Londen (1851) werd een aantal centrifugaalpompen beproefd en daar kwamen enorme verschillen in hydraulisch rendement uit:

Radiale schoepen, naar buiten verbredend (Bessemer)	22%
Vlakke radiale schoepen (Gwynne)	19%
Vlakke radiale schoepen (Appold)	24%
Vlakke schoepen 45 graden achterwaarts (Appold)	43%
Achterwaarts gebogen schoepen en spiraal-huis (Appold)	68%

Van de laatste constructie weten we sinds ruim een eeuw dat zij de enige is met een acceptabel hydraulisch rendement. Dat kan ook niet veel hoger worden — want omzetten van stroming in opvoerhoogte (snelheid in druk) kan nu eenmaal niet verliesvrij. Appold-pompen werden gemaakt door *Easton, Amos & Sons* in Londen.

Rond 1855 werden plannen gemaakt voor het droogmaken van de uitgeveende Bullewijker en Holendrecht polder, tussen Ouderkerk en Abcoude ten zuiden van Amsterdam. De polder had al een wind-schepradmolen, en men besloot daarvóór een wind-vijzelmolen met 3,5 m opvoer te zetten. Bovendien moest er een stoomgemaal komen, dat water direct uit de polder 5 m zou kunnen opvoeren naar de boezem.



Een **centrifugaalpomp** heeft een sneldraaiend schoepenrad of waaier in een gesloten huis. In het midden wordt water toegelaten uit de zuigbuis. De waaier slingert het water met kracht naar de buitenomtrek, waar het via de perspijp wordt afgevoerd. Het is uiteraard de bedoeling, dat een zo groot mogelijk deel van de toegevoerde arbeid wordt omgezet in opvoer, terwijl een zo klein mogelijk gedeelte verloren gaat in wervelingen en opwarming. Daarvoor zijn de vorm van de schoepen en van het huis van veel belang.

18. The centrifugal pump

1862

As early as the mid-17th century attempts were made to utilize the outward force of water in a rapidly rotating drum, for raising that water. Christiaan Huygens (1629-1695) deserves to be mentioned in this respect, but above all Denis Papin (1647-1714). Many designs were proposed later, rarely getting beyond the stage of scientific curiosities. The few that could be tested in practice were such bad performers, that general use was out of the question. Drainage windmills occasionally had a primitive form of horizontal wheel with centrifugal action.

At the first World Exhibition in London (1851) a number of centrifugal pumps were subjected to trials, and their hydraulic efficiency was found to vary widely:

Radial vanes, widening outward (Bessemer)	22%
Straight radial vanes (Gwynne)	19%
Straight radial vanes (Appold)	24%
Straight vanes, sloping 45 degrees backwards (Appold)	43%
Vanes curved backwards, spiral housing (Appold)	68%

The last of these designs has been used for over a century now, being the only one showing an acceptable hydraulic efficiency. This efficiency cannot be increased much further — converting flow to head (velocity to pressure) cannot, after all, be achieved without losses. Appold pumps were made by *Easton, Amos & Sons* of London.

About 1855 plans were made for reclaiming the worked-out peat pits of Bullewijk and Holendrecht, between Ouderkerk and Abcoude, south of Amsterdam. The polder already had a scoop-wheel windmill, and it was decided to supplement this with an Archimedean screw feeder windmill of 3,5 m lift. In addition a steam station would be built, capable of raising water directly from the polder to the 5 m higher boezem.

A centrifugal pump has a rapidly rotating impeller (wheel with vanes) enclosed in a housing. Water is admitted at the centre by a suction pipe. The impeller hurls the water outward, where it exits via the delivery pipe. The aim is, of course, to convert a possibly large fraction of the energy supplied into raising the water, losing as little as possible in the form of turbulence and heat. Important parameters are the shapes of the vanes and of the housing.

In 1859 dacht men aanvankelijk aan een zuig- of perspomp. Harmens, de Nederlandse vertegenwoordiger van Easton, Amos & Sons, bracht de commissie op de gedachte, dat er wel wat in zo'n centrifugaalpomp zou kunnen zitten: vooral een kleiner en goedkoper gebouw met een minder diepe fundering. De installatie werd in 1862 via Harmens aan de Engelsen opgedragen met een zeer eenvoudige omschrijving (zie kader). Een dergelijke installatie kocht men destijds voor f 24 000 inclusief montage ! Het gemaal heeft de polder tweemaal achtereen drooggemaakt, want toen het de eerste keer zover was brak de ringdijk door en kon men opnieuw beginnen. De machine is tot 1880 in gebruik gebleven en werd toen gemoderniseerd en vergroot, zodat de windmolen overbodig werd. Dit polderbestuur was dus wel van de voordelen van stoombemaling overtuigd geraakt, hoewel hun eerste machine niet bijzonder zuinig genoemd kan worden. De landelijke Waterstaat was niet aan dit gemaal te pas gekomen. Harmens had de nodige commerciële publiciteit aan het succes gegeven, zodat het toch in brede kring bekend werd.

Het gemaal van Holendrecht

Horizontale stoommachine met riemaandrijving naar centrifugaalpomp	
Vermogen	48 kW
Opvoerhoogte max.	5,1 m
Opbrengst	25 m ³ /min
Rendement (garantie)	2,1%

In 1843 waren de eerste plannen gemaakt voor droogmaking van de uitgeveende plassen oostelijk van Rotterdam. Sommige plassen waren zeer diep, tot 6 m toe, en J.A. Beijerinck — toen bezig met de Haarlemmermeer — raadde aan om te wachten op deze ervaring met diepe stoombemaling. In 1864 werd uiteindelijk besloten tot droogmaking door Rijk en provincie samen volgens een door Beijerinck opgesteld plan. Dit omvatte een onderbemaling met drie dubbele vijzelgemalen van elk 68 kW en één bovengemaal met twee stoom-zuigerpompmachines van elk 82 kW. Er kwamen in dit plan géén balansmachines voor: Beijerinck was nogal geschrokken van enkele incidenten bij de Haarlemmermeer-gemalen (hoofdstuk 14). De droogmakerij kreeg de naam *Prins Alexanderpolder*.

Nog tijdens de nadere uitwerking van deze plannen zond de minister bericht, dat Harmens hem over de voordelen van centrifugaalpompen had ingelicht en dat twee technische adviseurs hierover zeer gunstige rapporten hadden uitgebracht. Eén van die adviseurs — Waldorp, oud-medewerker van Fijnje — had er zelfs een alternatief ontwerp voor de bemaling bij gevoegd, met onder vier en boven twee centrifugaalpompen. Beijerinck voelde er tegen het eind van zijn carrière niets voor om zich door anderen de wet te laten voorschrijven en wees dit categorisch af — vooral, omdat de critici zo afgaven op het slechte rendement van vijzels. Dat zou gebleken zijn uit de resultaten van de Zuidplas-polder en van Nootdorp (hoofdstukken 12 en 13). Beijerinck stelde dat zijn vijzels veel beter waren en door zuiniger machines aangedreven zouden worden. Dit zou, met een gegarandeerd rendement van 2,8%, véél zuiniger zijn dan het centrifugaal-gemaal van Bullewijk (zie boven) dat het maar tot 2,1% had gebracht. De discussie dreigde hoog op te lopen, tot een compromis bereikt werd: als ondergemalen twee centrifugaal-pompen plus één vijzel, en een ongewijzigd bovengemaal (twee pompen). Zo zou ook een vergelijking mogelijk zijn. Beijerinck ging hiermee akkoord, en de minister berustte ook.

In 1859 first thoughts were to use a lift or force pump, of as yet unspecified type.

Harmens, the Dutch representative of Easton, Amos & Sons, suggested to the Commission that there might be something in one of these new centrifugal pumps, the main advantage being a smaller and cheaper building without the need for deep foundations. The machinery was ordered from the English firm via Harmens in 1862, with a very elementary specification (see box). All this could be had at the time for f 24 000 including on-site erection ! The pumping station drained the polder twice in succession because, when the

The Holendrecht drainage station

Horizontal steam engine with belt drive to centrifugal pump

Power 48 kW

Lift max. 5,1 m

Capacity 25 m³/min

Efficiency (guarantee) 2,1%

first drainage was complete, the encircling dike broke, and work had to start anew. After this the station remained in use until 1880, when it was modernized and enlarged, making the windmill redundant. This polder board had indeed become convinced of the advantages of steam drainage, even though their first engine was not particularly efficient. The national Hydraulic Board had not been involved in this project, but Harmens had through commercial publicity made certain that the success became widely known

In 1843 the first plans were made to reclaim a number of peat extraction lakes east of Rotterdam. Some of these were very deep, up to 6 m, and J.A. Beijerinck — working on the Haarlemmermeer at the time — recommended waiting for the experience from this deep steam drainage project. Not until 1864 was the decision taken that the national and provincial authorities would reclaim this region, following plans drawn up by Beijerinck. These included a lower stage of three dual Archimedean screw stations of 68 kW each, and one upper stage with two steam pumping engines of 82 kW each. The scheme did not include any beam engines. Beijerinck had been rather put off those by the mishaps experienced during the Haarlemmermeer drainage (chapter 14). The reclamation project was given the name *Prins Alexanderpolder*. Even before the plans had been elaborated, the minister sent word that Harmens had informed him about the advantages of centrifugal pumps, and that two technical advisers had given him very favourable reports about such pumps. One of these advisers — Waldorp, a former assistant of Fijnje — had even added an alternative drainage plan, with four lower and two upper centrifugal pumps. Beijerinck, now approaching retirement, was not going to have matters dictated to him, and he categorically rejected this idea — particularly because the critics decried the low efficiency of Archimedean screws. They cited the figures for the Zuidplas and Nootdorp projects (chapters 12 and 13). Beijerinck asserted his Archimedean screws to be much better, and they would be driven by more efficient engines. With a guaranteed overall efficiency of 2,8% they would be much more economical than the Bullewijk centrifugal pumps (see above), which had not exceeded 2,1%. Feelings ran high, until a compromise was reached. The lower stage would consist of two centrifugal pumps plus one Archimedean screw, the upper stage would remain unchanged (two pumping engines). This would allow comparisons. Beijerinck agreed and the minister also resigned himself to this result.

De twee centrifugaalpomp-machines zijn in 1869 door Easton, Amos & Co geleverd voor f 35 000 per stuk en de fabriek garandeerde een rendement van 2,6%. Bij de beproeving werd ruim 2,8% bereikt. Het dubbele vijzelwerktuig kostte f 34 000 en haalde net de eis 2,8%. Het was nu wel duidelijk, dat het rendement van een centrifugaal-gemaal niet voor dat van andere typen hoefde onder te doen.

Deze vroege centrifugaalpomp-gemalen zijn verdwenen. De oudste in Nederland bewaard gebleven centrifugaalpomp is een Gwynne-exemplaar uit 1879, in de collectie van museum de Cruquius.

De in dit hoofdstuk genoemde vijzelgemalen waren overigens niet zonder problemen. Beijerinck propageerde vijzels met een holle geklonken plaatijzeren as. Die zou stijver zijn dan de traditionele houten as en zou dus beter in de opleider afgesteld kunnen worden, met kleiner lekverlies en hoger hydraulisch rendement. Dat uitgangspunt was juist, maar de uitvoeringspraktijk was nog onvoldoende. De klinknagels van de ijzeren platen werkten los en na een aantal jaren zijn toch houten vijzels aangebracht. Gelukkig heeft Beijerinck dit niet meer zelf behoeven te regelen. Hij was toen al gepensioneerd en overleed kort daarna. Het is wel de moeite waard om te vermelden dat vijzels met een holle stalen spil juist in de laatste jaren weer meer voor bemaling toegepast worden. Een grote kern-diameter maakt namelijk enige aanpassing aan een wisselende bovenwaterstand mogelijk zonder al te veel energieverlies.

Easton, Amos & Co. in 1869 supplied the two centrifugal pumps for *f* 35 000 each, guaranteeing 2,6% efficiency. Trials resulted in a good 2,8%. The double Archimedean screw station cost *f* 34 000 and just made the required 2,8%. This showed conclusively that the efficiency of a centrifugal pump station was in no way inferior to that of other types.

These early centrifugal pump drainage stations have all disappeared. The oldest surviving centrifugal pump in the Netherlands is an 1879 Gwynne specimen in the Cruquius museum.

The Archimedean screws mentioned in this chapter did have problems of their own. Beijerinck promoted the use of iron screws with a hollow riveted wrought iron core. This would have better stiffness than the traditional wooden core, allowing a narrower gap in the guide trough. This would reduce leakage and improve hydraulic efficiency. All very true in principle, but adequate construction techniques were still lacking. The rivets worked loose, and after a few years screws with wooden cores were substituted. Beijerinck had retired by that time, so he was spared the job of arranging this replacement. He died shortly after. It is of interest to note, that recently Archimedean screws with a hollow steel core are making a come-back for drainage purposes. A large core diameter allows adjustment to variations of the upper level without appreciable energy loss.

19. Besluit

Ontwikkelingen na ca. 1870

Met de introductie van de centrifugaalpomp was het arsenaal van de bemalingsingenieur voor vele tientallen jaren voltooid. In de 20ste eeuw is het voor kleine opvoerhoogten en grote hoeveelheden nog aangevuld met de schroefpomp. Na 1860 werden in steeds sneller tempo de wind-watermolens door stoomgemalen vervangen. De voordelen van betere waterpeilbeheersing voor de opbrengst van de landbouw werden langzamerhand algemeen erkend. De eisen aan die beheersing werden steeds hoger en men bouwde daarom steeds krachtiger gemalen. De ontwikkelingen in de ketelbouw maakten hogere stoomdrukken mogelijk. Dat leidde tot kleinere snellopende machines met een hoger rendement — dus een lager brandstofverbruik. Zo kon de stijging van de kosten (die natuurlijk door hogere landbouw-productie moest worden opgebracht) nog beperkt blijven. De goedkope centrifugaalpomp kreeg al spoedig de overhand voor grote opvoerhoogten. Voor kleinere hoogte gebruikte men — toen, en nu nog — vijzels, en later ook schroefpompen. In 1896 waren er 444 stoomgemalen die samen ongeveer 60% van het polder-areaal verzorgden. De resterende 40% werd toen nog verzorgd door bijna 2000 wind-watermolens.

Na de eeuwwisseling liep ook het stoomtijdperk ten einde. Dieselmotoren van passend vermogen kwamen beschikbaar en het elektriciteitsnet werd langzamerhand betrouwbaar. Beide krachtbronnen maakten de installaties nog weer kleiner en goedkoper. Ook de bediening werd eenvoudiger en eiste minder personeel.

In 1920 werd het laatste nieuwe stoomgemaal in bedrijf gesteld: het Wouda-gemaal bij Lemmer — meestal echter genoemd naar het even verderop gelegen dorpje Tacoziel. De boezem van Friesland kon (en kan) het grootste deel van het jaar via sluisen in het noorden lozen op de Waddenzee, behalve bij harde noordoostelijke wind. Die drijft het water naar de Zuidwesthoek, en daar is dan bemaling nodig. In de imposante machinezaal van dit gemaal staan vier horizontale tandem-compound machines die elk twee geklonken hevel-centrifugaalpompen aandrijven. In 1965 is de bemalingscapaciteit in de Friese Zuidwesthoek uitgebreid met een elektrisch gemaal bij Staveren. Door zijn minder gunstige toevoer is dat vooral geschikt voor langdurig uitmalen van betrekkelijk kleine waterhoeveelheden. Bij zware regenval en sterke opwaaiing wordt het stoomgemaal gebruikt, gemiddeld ca. twintig dagen per jaar. Dit gemaal — het grootste werkende stoomgemaal ter wereld — is daarmee een waardige laatste actieve vertegenwoordiger van het stoombemalings-tijdperk, dat nu voor het overige behoort tot het domein van de technische geschiedenis.

Van de meer dan 500 stoomgemalen in het begin van deze eeuw zijn er nu niet meer dan een tiental over. Zes hiervan werken nog regelmatig met stoom, de meeste als museum. Bijlage 5 geeft een zo volledig mogelijke opsomming.

19. Epilogue

Developments after c. 1870

The introduction of the centrifugal pump rounded out the drainage engineer's arsenal for many decades. In the 20th century the axial impeller pump has been added for low lift and high volume. After 1860 drainage windmills were replaced by steam drainage at an ever increasing rate, as the benefits of improved water table control for agricultural yield gradually achieved widespread recognition. The demands on such control became more stringent and, as a consequence, increasingly powerful drainage pumping stations were built. Developments in boiler technology allowed higher steam pressure, and with that came smaller high-speed engines with higher efficiency, i.e. lower fuel consumption. This helped to restrict the increase in cost — which of course had to be offset by the higher agricultural yield. For high lift the cheap centrifugal pump soon became dominant. For lower lift Archimedean screws remained in use, supplemented later by axial impeller pumps. In 1896, 444 steam drainage stations drained about 60% of the country's polder area. The remaining 40% was still being served by nearly 2000 drainage windmills.

After the turn of the century the steam era itself drew to a close. Diesel engines of adequate power became available, and the reliability of electricity supply improved. Both power sources helped to make drainage equipment smaller and cheaper again, also requiring less — and less skilled — staff.

The last new steam drainage station was commissioned in 1920: the Wouda station near the town of Lemmer — usually named Tacoziyl station after a nearby small village. The boezem of Friesland could (and can) use gravity discharge to the Waddenzee via sluices in the North. Strong northeasterly winds would impede this, and the water would accumulate in the southwestern portion of the boezem, necessitating power drainage there. The impressive engine room of this station houses four horizontal tandem compound engines, each driving two siphon-type centrifugal pumps of riveted construction. In 1965 an additional electric pumping station for this region was built in Staveren. Its long narrow supply channel makes this best suited for prolonged discharge of relatively modest quantities. The steam engines are used in periods of heavy rainfall and strong northeasterly winds, on average they work for about twenty days per year. This drainage station — the world's largest working steam one — is a worthy last active representative of the steam age in drainage, the rest of which now belongs to the realm of engineering history.

Of the over 500 steam drainage stations in the early years of this century, only ten remain today. Six of these are still regularly steamed, mostly as museum demonstrations. Annex 5 provides a comprehensive list.

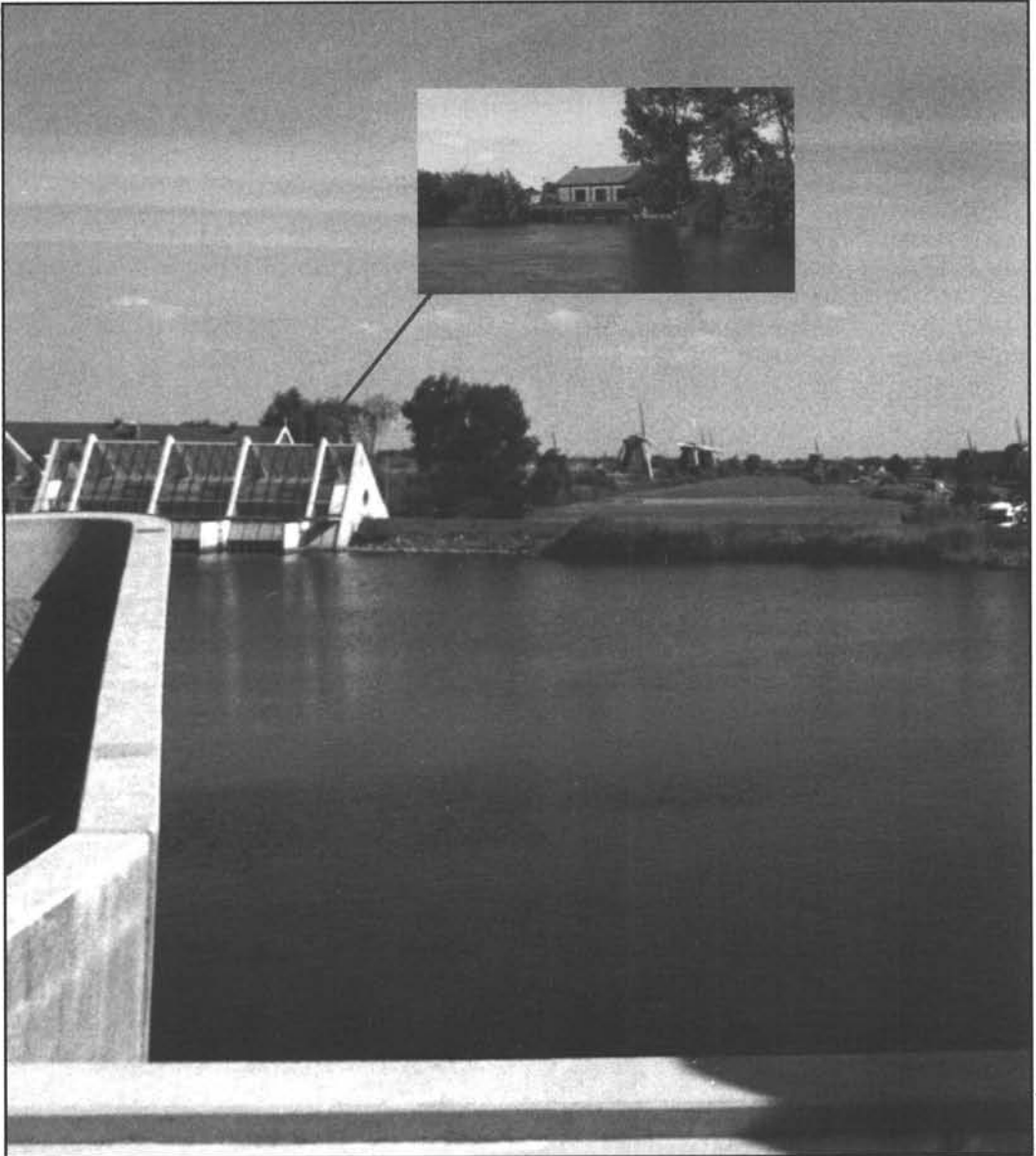


rechts: Bij Kinderdijk hebben vele generaties bemaling van de Alblasserwaard hun sporen nagelaten. Vanaf de moderne spuisluis zien we één van de twee hoofd-afwateringskanalen. Van de 14e eeuw tot ca.1985 loosde dit rechtstreeks op de Lek (achter ons) via de voorgangers van deze sluis. Daling van het land en stijging van het rivierpeil maakten lozing steeds moeilijker. Het kanaal had te weinig bergvermogen om lange ongunstige perioden te kunnen overbruggen. Men bedijkte toen een stuk land links van het kanaal als bergboezem. Rond 1740 werd het bergvermogen daarvan vergroot door het kanaalwater met 8 wind-schepradmolens (in de verte zichtbaar) op te voeren. De bergboezem werd toen hoge boezem. In 1869 werden de molens aangevuld met een stoom-schepradmemaal. Het dak daarvan is links achter het glazen gebouw zichtbaar. In 1924 is dat stoomgemaal verbouwd tot elektrisch centrifugaal-gemaal. In 1953 is de maalcapaciteit verder vergroot met nog een elektrisch gemaal (daarachter, niet zichtbaar op de overzichtsfoto, zie inzet). Ca.1985 is het kanaal afgedamd en sinds 1995 wordt het met een groot elektrisch vijzelgemaal (het glazen gebouw) afgemalen op het bassin op de voorgrond, dat via de spuisluisen op de Lek loost.

at right: Near Kinderdijk many generations of drainage of the Alblasserwaard district have left traces. From the modern sluice we look into one of the two main drainage channels which, from the 14th century to c.1985, discharged directly onto the Lek river (behind us) via this sluice's predecessors. Land subsidence and rising river level gradually impeded drainage. The storage capacity of the channel was inadequate for bridging long unfavourable periods. A tract of land to the left of the channel was endiked for additional storage. About 1740 the capacity of this secondary boezem was increased by building eight scoopwheel windmills (visible far off) to raise the water to it. In 1869 these were supplemented by a steam scoopwheel station, the roof of which is visible behind the glass building. In 1924 this steam station was converted to an electric centrifugal pump station. In 1953 discharge capacity was further increased by building another electric pumping station behind it (not visible in main picture, see inset). C.1985 the channel was dammed, and a large electric Archimedean screw station (the glass building) now raises its water to the basin in the foreground, which discharges to the Lek river via the sluice.

links: *De machinekamer van het in 1920 gebouwde stoomgemaal Tacozijl, dat anno 1996 nog steeds in bedrijf is.*

at left: *The engine room of the Tacozijl steam drainage station, commissioned in 1920 and still working in 1996.*



J. Verbruggen

Bibliografie

Bibliography

G.D.C. André de la Porte, L. Monhemius, 'Het Rijksstoomgemaal aan de Arkelse Dam' [The steam drainage station at the Arkelse Dam]

De Ingenieur (1949) no.51, p.W9-W13

Zie hoofdstuk 11 — See chapter 11.

J.C. Beijer, *Gedenkboek van Neerlands watersnood in Februarij 1825* [Chronicle of the flood disaster in the Netherlands, February 1825]

's Gravenhage: Immerzeel, 1826

Zie hoofdstuk 10 — See chapter 10.

J.A. Beijerinck, 'Geschied- en waterbouwkundige beschrijving der droogmaking van den Zuidplaspolder in Schieland' [A historic and engineering account of the Zuidplas polder drainage in the Schieland district]

Verhandelingen KIVI (1851-'52), p.6-38

Zie hoofdstuk 12 — See chapter 12.

[L. Bicker], *De groote voordeelen aangetoond, Welken ons Land genieten zou, Indien men Vuur-machines in plaatse van Watermolens gebruikte* [Proof of the large benefits which would accrue to our Country from the use of Fire engines instead of Drainage mills]

Rotterdam: Reinier Arrenberg, 1772

Anoniem verschenen, in 1798 deelde Bicker mee de auteur te zijn — zie bijlage 2.

Published anonymously, in 1798 Bicker claimed authorship — see annex 2.

L. Bicker, 'Historie der vuurmachines' [The history of fire engines]

Nieuwe Verhandelingen BG deel 1 (1800), p.1-132

Overzicht van de ontwikkelingen in Nederland tot ca.1800 door een van de oprichters van het Bataafsch Genootschap — zie hoofdstuk 2.

A survey of developments in the Netherlands up to c.1800 by a founding member of the Batavian Society — see chapter 2.

A. Blanken, 'Verslag van de aanleiding tot en het dadelijk bouwen van een nieuwe stoom-machine' [Report on the cause for and the actual building of a new steam engine]

Nieuwe Verhandelingen BG deel 5 (1810), p. 6-39 + 2 pl.

Dit is de bron voor Huet's beschrijving van de Krimpenerwaard — zie hoofdstuk 8.

This is the source for Huet's description of the Krimpenerwaard — see chapter 8

J.J. Bootsgezel, 'William Blakey — A Rival to Newcomen
Trans. Newcomen Soc. **16** (1935-'36), p.97-110
Zie hoofdstuk 2 — See chapter 2.

R.L. Brouwer, *Wederlegging der aanmerkingen van de heer Steenstra [Mr. Steenstra's criticisms refuted]*
Amsterdam: 1774
Zie bijlage 2 — See annex 2.

J.Th. Desaguliers, *A Course of Experimental Philosophy*
I — London: 1734, II — London: 1744
Gedrukt voor een groep uitgevers; vertaald als De natuurkunde uit ondervindingen opgemaakt en in drie delen uitgegeven in Amsterdam: Isaak Tirion, 1736-1751 — zie hoofdstuk 2.
Printed for a group of publishers. Dutch translation published in three volumes in Amsterdam by Isaak Tirion, 1736-1751 — see chapter 2.

D. Dresden, 'Een merkwaardige stoommachine uit 1856' [A remarkable steam engine from 1856]
De Ingenieur (1941) no.26, p.W46-W48
Zie hoofdstuk 16 — See chapter 16.

J. Farey, *A Treatise on the Steam Engine*
London: Longman, 1827 [facsimile reprint. Newton Abbot: David & Charles, 1971]
De ontwikkeling van de stoommachine tot ca.1800.
Development of the steam engine up to c.1800.

D.Th. Gevers van Endegeest, *Over de Droogmaking van het Haarlemmermeer [On the drainage of the Haarlemmermeer]*
I — Leiden: Luchtmans, 1843, II — 's Gravenhage [etc.]: van Cleef [etc.], 1853, III — Amsterdam: Muller, 1861
Uitvoerig verslag van alle aspecten van de droogmaking door de voorzitter van de Commissie van Beheer en Toezicht; het boek diende niet alleen een informatief, maar ook een publicitair doel, wat de informatie soms gekleurd heeft — zie hoofdstukken 14 en 15 en bijlagen 3 en 4.
An extensive report on all aspects of the drainage, by the chairman of the Commission for Management and Supervision; the book served both informative and publicity aims, and the latter occasionally coloured the former — see chapters 14 and 15 and annexes 3 and 4.

G. 't Hart, J.H. Riemens, *Rijnlands eerste stoomgemaal [Rijnland's first steam pumping station]*
Leiden: Hoogheemraadschap Rijnland, 1968
Dit boekje is de belangrijkste bron voor hoofdstuk 9.
This booklet is the principal source for chapter 9.

R.L. Hills, *Power from steam*
Cambridge: C.U.P., 1989 — ISBN 0 521 34356 9
Geschiedenis van de stoommachine.
A history of the steam engine.

G.J. Honig, *De Overstroming in de Zaanlanden in het jaar 1825* [The 1825 flood in the Zaan region]
Koog-Zaandijk: Out, 1916
Dagboek-aantekeningen van ooggetuige J.J. Honig — zie hoofdstuk 10.
The diary of eyewitness J.J. Honig — see chapter 10.

A. Huet, *Stoombemaling van polders en boezems* [Steam drainage of polders and boezems]
's-Gravenhage: van Cleef, 1885
Huet's standaardwerk is de basis voor dit boek. De aan diverse hoofdstukken ten grondslag liggende gedeelten zijn: 2 23-32, 3 32-43, 4 33-36, 5 44-54, 6 55-60, 7 68-70, 8 61-67, 9 60, 10 79,84, 11 69-77, 12 79-87, 13 263-265, 14 88-123, 15 124-166, 17 115,167-219, 18 274-311
Huet's classic forms the basis for the present book. References to the pages underlying the various chapters are listed above.

A. Huet, 'Ter nagedachtenis van Henri François Fijnje van Salverda' [To the memory of Henri François Fijnje van Salverda]
Tijdschrift KIVI (1893-1894), p.103-116
Zie hoofdstuk 18 — See chapter 18.

C. Jeurgens, 'De bouw van de stoomgemalen te Spaarndam en Halfweg in het midden van de 19e eeuw' [The building of the steam drainage stations at Spaarndam and Halfweg in the mid-19th century]
In: L.Giebels (ed.) *Zeven eeuwen Rijnlandse uitwatering in Spaarndam en Halfweg*
Leiden: Hoogheemraadschap van Rijnland, 1994 — ISBN 90 72381 05 X
De eerste twee stoomgemalen van Rijnland — zie hoofdstuk 15.
The first two steam scoopwheel stations of Rijnland — see chapter 15.

C. Jeurgens, 'Vreemde pennen en buitenlandse handen' [Strangers' pens and foreign hands]
Tijdschrift voor Waterstaatsgeschiedenis 3 no.2 (1994-11), p.43-51
Buitenlandse medewerking aan Nederlandse openbare werken, o.a. de rol van Gibbs & Dean bij de droogmaking van de Haarlemmermeer — zie hoofdstuk 14.
Foreign collaboration on Dutch public works, i.a. the role of Gibbs & Dean in the Haarlemmermeer drainage — see chapter 14.

J.B. Kist (coord.), *De Physique Existentie dezes Lands [The Physical Existence of this Country]*

Beetsterzwaag : AMA boeken, 1987 — ISBN 90 6474 701 6

Bundel opstellen over Jan Blanken ter gelegenheid van de gelijknamige tentoonstelling in het Rijksmuseum in Amsterdam in 1987 — zie hoofdstuk 7 en 11.

A collection of essays about Jan Blanken on the occasion of the exhibition of the same name at the Rijksmuseum in Amsterdam in 1987 — see chapters 7 and 11.

F.G. Baron van Lynden, *Verhandeling over de droogmaking van het Haarlemmermeer [Treatise on the reclamation of the Haarlemmermeer]*

's Gravenhage [etc.]: van Cleef, 1821

Een van de laatste van de vele niet-uitgevoerde plannen en het eerste met stoomkracht — zie hoofdstuk 14

One of the last of the many shelved schemes, and the first to plan the use of steam power — see chapter 14

L. Middelkoop, *Drie stoomgemalen voor het Haarlemmermeer [Three steam pumping stations for the Haarlemmermeer]*

Leiden: 1988 [doctoraalscriptie, undergraduate thesis]

De besluitvorming en bestuurlijke gang van zaken rond de droogmaking van het Haarlemmermeer — zie hoofdstukken 14 en 15.

Decisionmaking and administrative processes in the Haarlemmermeer drainage project — see chapters 14 and 15.

F. Muller, 'De eerste stoom-machines van ons land' [The first steam engines in this country]

De Ingenieur (1937) no.41, p.W11-W22

K. van der Pols, *De Alexanderpolder drooggemalen [The Alexanderpolder reclaimed]*

Rotterdam: Hoogheemraadschap van Schieland, 1978, 1989 — ISBN 90 71094 21 9

Zie hoofdstukken 17 en 18 — See chapters 17 and 18.

J.C. Ramaer, 'Levensschets van prof. ir. A. Huet' [Obituary of prof. ir. A. Huet]

De Ingenieur 35 (1920) no.16, p.271-276

L.T.C. Rolt, J.S. Allen, *The Steam Engine of Thomas Newcomen*

Hartington [etc.]: Moorland [etc.], 1977 — ISBN 0 903485 42 7

G. Simons, A. Greve, 'Verhandeling over de stoombemaling van polders en droogmakerijen' [Treatise on the steam drainage of polders]

Nieuwe Verhandelingen BG, deel 9 (1844)

G. Simons, *Over de stoomtuigen voor de droogmaking van het Haarlemmermeer* [On the steam engines for the reclamation of the Haarlemmermeer]

Amsterdam: Sulpke, 1848 — 2e druk [2nd ed.] 1853

Beknopte maar zorgvuldige beschrijving voor een groot publiek — zie hoofdstuk 14.

A brief but accurate description for the general public — see chapter 14.

A. Sipman, *Hellend scheprad* [Inclined scoop wheel]

Zutphen: Walburg, 1977 — ISBN 90 6011 263 6

Een kritische bespreking van het hellend scheprad van Eckhardt, een uiteindelijk weinig succesvolle vinding uit 1771, die echter tot het midden van de 19e eeuw voorstanders hield — zie o.a. hoofdstuk 12, 14 en 17.

A critical appraisal of Eckhardt's inclined scoop wheel, a 1771 invention which was eventually unsuccessful, but which found supporters until well into the 19th century — see e.g. chapters 12, 14 and 17.

J. Smeaton, *Diary of his Journey to the Low Countries — 1755*

The Newcomen Society, 1938

Zie hoofdstuk 2 — See chapter 2

P. Steenstra, 'Verklaring der oorzaken van de beurtwisselende beweeginge in de Vuur-Machines; en aanmerkingen, op de Groote voordelen, die 'er ons Land door genieten zoude, als ze in plaats van Watermolens gebruikt wierden' [An explanation of the causes of the reciprocating motion in Fire Engines; and comments on the Large benefits which would accrue to our Country from the use of these instead of Drainage mills]

Hedendaagsche Vaderlandsche Letteroefeningen (1772), p.621-638

Kritische reactie op de brochure van Bicker uit 1772 — zie bijlage 2.

A critical response to Bicker's 1772 pamphlet — see annex 2.

J. Tann, M.J. Breckin, 'The International Diffusion of the Watt Engine, 1775-1825'

The Economic History Review (1978-11), p.541-564

Een algemeen overzicht van de verspreiding van de Watt-machine, waarin o.a. alle door Boulton&Watt naar Nederland uitgevoerde machines zijn terug te vinden.

A survey of the diffusion of the Watt engine, with lists including e.g. all Boulton&Watt engines exported to the Netherlands.

E. Vale, *The Harveys of Hayle*

Truro: Bradford Barton, 1966

Uitgebreide bedrijfs-geschiedenis van de makers van de Haarlemmermeer-machines — zie hoofdstuk 14.

A comprehensive company history of the makers of the Haarlemmermeer engines — see chapter 14.

G.P. van der Ven (red.), *Leefbaar Laagland*

3e druk — Utrecht: Matrijs, 1994 — ISBN 90 5345 031 9 [English edition — Man-made lowlands — 2nd ed. — Utrecht: Matrijs, 1994 — ISBN 90 5345 030 0]

Een overzicht van de ontwikkeling van een bewoonbaar Nederland — zie hoofdstuk 1

A survey of how the Netherlands became fit for human habitation — see chapter 1.

A. Vrolik, 'Levensbericht van dr. G. Simons' [Obituary of dr.G.Simons]

Tijdschrift KIVI (1869-1870), p.58-75

Zie hoofdstuk 14 — See chapter 14.

A.J. Wijnsma, *Het stoomgemaal van Tacozijl [The Tacozijl steam drainage station]*

Leeuwarden: Monument van de Maand, 2 (1987) no.7

Zie hoofdstuk 19 — See chapter 19.

1757

Zoals in hoofdstuk 2 staat, stelde Steven Hoogendijk een studiereis naar Engeland voor. Deze reis werd in 1757 gemaakt door de Rotterdamse stadsopzichter Maarten Waltman in gezelschap van notaris Adam Schadee, die Engels kende. Zij bezichtigden vermoedelijk de waterleiding-pompmachine in de York Buildings te Londen. Waltman kreeg de volgende summiere instructie mee:

Bijt zien van de Machine
in Engeland te vragen

- 1 hoe veel Koole daartoe in 24 uuren worden verstoekt
- 2 hoe Hoog het selve het waeter te Londen opbrengt en hoe Hoog het selve het waeter wel kan opbrengen
- 3 hoe wijd de Sijp van de Pomp is
- 4 hoe veel Tonnen Waeters het selve wel kan opbrengen in 5 Minuten
- 5 of de Sijp niet wijder zoud konnen werden genomen als het waeter meer lande moet worden opgebragt tot 3 of wijdterlyk 15 Voeten
- 6 of de Machine veel Reparatie onder wyze is
- 7 als er 2 Pompen moeten werden gelyden veert of dan dat gehele Machine moet stil staen
- 8 hoe lang de Machine wel kan werken sonder dat er ymand bij is
- 9 hoe veel die Machine, daer weck te Londen is ghest heeft
- 10 of, wanneer men so een Machine in Holland wilt gebruiken, wel ymand uit Engeland te krijgen soude ghy ons de selve aldaer te konnen maken

Bijt zien van de machine in Engeland te vragen

1 hoeveel koole daartoe in 24 uren worden verstoekt

2 hoe Hoog het selve het waeter te Londen opbrengt en hoe Hoog het selve het waeter wel kan opbrengen

3 hoe veel Tonnen Waeters het selve wel kan opbrengen in 5 Minuten

Annex 1

Maarten Waltman's fact-finding trip

1757

(Translator's note: the quoted texts were written in 18th century Dutch. Spelling and punctuation are often rather inconsistent. No attempt has been made to artificially endow the translation with similar characteristics.)

As told in chapter 2, Steven Hoogendijk had proposed a fact-finding mission to England. This trip was made by the Rotterdam town supervisor Maarten Waltman, accompanied by public notary Adam Schadee who spoke the language. They probably visited the water supply pumping engine at York Buildings, London. Waltman was given the following summary instructions.

Questions to be asked when visiting the engine in England

1 what is the coal consumption in 24 hours

2 to what height is the water in London raised, and how high could the engine raise the water at its maximum

3 how many tuns of water could the engine raise in 5 minutes

4 how wide are the pump pipes

5 could the pipes be made wider if the water would have to be raised only 5, or at most 15 feet

6 is the engine subject to much repair

7 if 1 or 2 pumps must be repaired, must the entire engine be stopped

8 for how long can the engine work without supervision

9 what was the cost of the engine in London

10 if one should want to erect such an engine in Holland, could someone be found in England to come over and build it

Upon his return, Waltman filed the following report.

The engine in England, which is driven by fire, and which is kept going by continuous stoking, can raise its water up to 130 feet, I was told.

It is not easy to find out how high it actually raises its water, as this is delivered into underground pipes and pumps up and down into districts and streets.

Our informant states that only one tun of water per minute is delivered, but that does not satisfy me, it must needs be more, but I have not been able to verify, as the water is distributed via underground pipes. It works at 15 strokes up and down per minute.

One tun is reckoned to be 6 cubic feet, and so each stroke would only deliver less than half a cubic foot, which is very little, I think the informer is mistaken.

There is only one pipe delivering the water, which is ten inches wide on the outside as we measured it. If one should want to make this pipe considerably wider, this could be

4 hoe Wijt de Pijpen van de Pompen zijn
 5 of de Pijpen niet wijder zouden kunnen worden genoomen als het waater maar zoude moeten worde opgebracht tot 5 of uijterlijk 15 Voeten
 6 of de Machine veel reparatie onderworpe is
 7 Als er 1 a 2 Pompen moeten worden gerepareert of dan de geheele Machine moet stil staan
 8 hoe lang de Machine wel kan werke sonder dat er ijmand bij is
 9 hoe veel die Machine dewelke te Londen is gekost heeft
 10 of, wanneer men soo een Machine in Holland wilde gebruiken, wel ijmand uijt Engeland te krijgen zoude zijn om dezelve aldaar te komen maeken

Na zijn terugkeer bracht hij het volgende rapport uit:

De Machiene in Engelant, Die door het vuur Wert gaande gedreven En Door het altoos stookken gaande blijft, die kan sijn Water opbrengen ter hoogte van Hondert en dertig voeten; volgens den opgaaff aldaar;

Hoe hoog het nu Zijn Water opbrengt is niet gemakkelijk na te gaan terwijl Dat Door buijsen en pompen die in de gront gegraven Zijn in wijken en in straten hooger en lager wert Heen gedreven.

Den opgever Zegt Dat het maar een Ton water kan uijtgeven in ijder minuut, edog ben daar niet in voldaan geweest, het moet noodzakelijk meerder geven, maar hebbe dat niet kunne examineren terwijl het water sig Door de buijsen en pompen die onder de gront zijn verspreijt. Het werkt 15 slagen op en neder in een minuut men Rekent 6 kubick voeten in een ton, sou Dan ijder slag bij oft na geen halve voet water geven, sou zeer weijnig sijn, edog ik meen dat dit bij den opgever een abuijs sal zijn.

Wel is waar Daar is maar eene pijp Daar het water door uijtloost Die is wijt na onse meting tien Duijme Diameter buijten werks, indien men die pijp merkkelijk wilde verwijden dat wel te doen zou sijn, sou mijns Dunkens van weijnig meerder vrugt zijn. (Denke dat De machiene dan boven sijn kragt Soude moeten Werken)

Vinde niet veel Reparatie aan de machiene en wert mij alsoo ook opgegeven, maar moet alle vijff weken schoon gemaakt worden alser maar iets aan de machine mankeert hoegenaamt Dan moet het geheele werk Stil staan.

De machiene kan uijterlijk maar 7 a 8 minuten werken sonder dat het Vuur wert aengestookt, soo datter nagt en dag altoos een a twee man bij moet zijn.

Als De machiene eenige tijt heeft Stilgestaan sonder werk te Doen kan deselve in den tijt van een halven dag te stoken wederom aan de gang zijn.

De onderste ketel van de machine die over den Rooster waar op gestookt wort staat en in muurwerk gemetselt is, is wijt 10 voet, is omtrent negen voeten hoog, Loopt boven Schuijn toe, en in die ketel staat een tweede ketel die is wijt twee voet agt Duijm binnenwerks, hoog negen voet.

in Dese tweede ketel hangt een ijsere plaat die Door de hitte van 't water en stoom wert op en neer gedreven, Deselve plaat is dik vijff Duijm, hangt aan een ijsere ketting, Dese ketting is vast aan een hout off wentel as, boven de ketels, een hout ter lengte van 22 voeten en twee voeten vierkant, rustende in de midde en werkt altoos met de endens op en neder als een balans, aan het ander ende van die wentel as gaan wederom met kettinge nederwaarts vast gemaakt aan de suijs en perspomp, op en aan de perskamer staande, en wert alsoo door het op en neder drijven het water geperst uijt de perskamer in en door een pijp, die wijt is buijtenwerks 10 Duijmen en

De Machine en Engelen die door het vuur went gaande
gevoeren En door het altoos stoken gaande blijft, die kan zijn
Water opbrengen ten hoogte van Stouent en dertig Voeten, volgens
den opgaaff aldaar,

Hoe hoog het nu zijn Water opbrengt is niet gemakkelijck na te gaan
terwijl dat door buijlen en pompen die inde grond gegraven zijn
in Wijken en in Straten hoogen en Lager went heen gevoerd

done, but I consider this to be of little use. (I think that the engine would then have to work beyond its power)

I do not find many repairs on the engine, and I was told as much, but every five weeks cleaning is needed, and for any ever so small repair the entire machine must be stopped.

The engine cannot work for more than 7 or 8 minutes without stoking the fire, so one or two men have to be present day and night.

If the engine has stood idle for some time, it can be fired up in half a day.

The lower boiler of the engine, which stands over the fire grate, and is bricked in, is 10 feet wide and about nine feet high. It tapers upward, and inside that boiler is a second vessel of two feet eight inches inside width and nine feet tall.

In this second vessel hangs an iron plate which is moved up and down by the heat of water and steam, this plate is five inches thick and hangs on an iron chain. This chain is attached to a piece of wood or rocker over the vessels, a timber of 22 feet long and two feet square, with a rest in the centre, and with its ends continuously working up and down like a pair of scales. At the other end of this rocker chains come down, and are attached to the lift and force pumps arranged above and on the side of the pressure chamber, and thus the up-and-down motion forces the water from that chamber into a pipe of 10 inches outside width, and thus spreads its water through underground pumps and tubes to many districts and streets.

The fuel needed to keep this engine going, is two chaldrons of coals English measure every twenty-four hours. That is two 'hoed' Dutch measure. Coals in Holland nowadays cost 16 guilders per hoed, so that one would have to reckon with a fuel cost of thirty-two guilders per twenty-four hours.

This engine in Londen cost over 4000 pounds Sterling, as we were told. If one would desire to use such an engine in Holland, I would think that it could be had for less than a thousand pounds Sterling.

verspreijt alsoo Zijn water door pompen en buijzen onder het aardrijk Door in veele wijken en Straten.

Men Heeft om dese machiene gaande te houden aan brant van nooden, ijder vierentwintig uuren, twee Chaldron kole in het Engels. Dat is in hollant twee hoet. De kolen zijn tegenwoordig in prijs in Hollandt f 16 gulden het hoet, soo dat men zoude moeten Rekenen noodig te zijn ijder 24 uuren voor tweendertig gulden aan koolen.

Dese machiene heeft te Londen gekost volgens opgaaff over de 4000 ponden Sterlings. indien men in hollandt Soo een machiene wilde gebruiken sou men na gedagten die wel kunnen hebben, minder dan een duijsent ponden Sterling.

Waltman's rapport kan vergeleken worden met het vragenlijstje:

1. Per etmaal wordt twee chaldron kolen verbruikt. De Engelse chaldron (36 bushel of ca. $1,3 \text{ m}^3$) komt slechts zeer globaal overeen met de Nederlandse hoed van ruim $1,1 \text{ m}^3$. Bij een storgewicht van 1000 kg/m^3 zou het kolenverbruik dan zo'n 2600 kg per etmaal zijn.
2. De maximale opvoerhoogte is 130 voet ofwel 40 meter, de werkelijke opvoerhoogte heeft hij niet kunnen vaststellen.
3. Volgens opgave zou de opbrengst 1 ton per minuut zijn. Waltman neemt aan dat hier de Rijnlandse ton van ca. 160 liter bedoeld wordt, en vindt dat onwaarschijnlijk weinig, want de machine maakt 15 slagen per minuut, dus zou er per slag maar ruim tien liter worden verpompt. Waltman laat het bij dit ongeloof, en geeft bijvoorbeeld geen gegevens over boring en slag van de pompen. Ook komt het kennelijk niet bij hem op, dat de opgave wellicht in Engelse tonnen van 2240 pound of 1016 liter was, wat 63 liter per slag zou betekenen. Men zou ook nog aan een verwarring tussen 'per slag' en 'per minuut' kunnen denken.
4. De vraag was naar de diameter van de pomp-pijp, daarmee werd gewoonlijk de pompcilinder bedoeld, en dat is hier ook duidelijk de bedoeling. Waltman begrijpt dit echter als de persleiding en meet die op (25 cm).
5. Grotere leidingdiameter zou wel kunnen, maar zou niet veel nut hebben, omdat de machine dan overbelast zou worden. Na het misverstand over de vorige vraag wordt hier de verwarring alleen maar groter.
6. Er is weinig reparatie nodig, maar wel moet de machine elke vijf weken schoon-gemaakt worden. Dat is waarschijnlijk vooral het reinigen van ketels en pompen.
7. Voor elke reparatie moet de gehele machine stilgezet worden.
8. De ketels moeten voortdurend worden gestookt, dus er moeten altijd een of twee man bij zijn; over voortdurend bedienings-toezicht op de machine zelf spreekt Waltman niet.
9. De machine heeft meer dan £ 4000 gekost maar — denkt Waltman, zonder motivering — in Holland moet het wel voor een kwart van die prijs kunnen. Voor een pond sterling moest men destijds ca. twaalf gulden rekenen.
10. Over mogelijke leveranciers zwijgt hij.

De constructie van de machine beschrijft hij maar kort: een stoomketel van 3 m middellijn en 2,7 m hoog, met daar *binnenin* een cilinder van 80 cm middellijn en eveneens 2,7 m hoog. De 13 cm dikke zuiger hangt met een ketting aan een 6,6 m lange houten wiparm of balans met doorsnede 60 cm vierkant, die aan de andere zijde een zuig- en

If we check Waltman's report with the list of questions, we find:

1. Coal consumption is two chaldrons per 24 hours. One chaldron (36 bushels or c.1,3 m³) is only very roughly equivalent to one 'hoed' Dutch measure, which is about 1,1 m³. For an effective specific mass of 1000 kg/m³ coal consumption would then be about 2600 kg in 24 hours.
2. Maximum lift is 130 ft or 40 m, he has not managed to find out the actual lift.
3. According to his information the delivery rate was 1 tun per minute. Waltman assumes that the Rijnland 'ton' or tun of c.160 litres is meant, and he finds that unbelievably low as, at 15 strokes per minute, this would be about 10 litres per stroke. Waltman leaves it at that, and he does not, for instance, produce data on the bore and stroke of the pumps. Nor does the idea seem to occur to him, that the Dutch 'ton' of 160 litres may have been confused with the English ton of 2240 lbs or 1016 litres, which would result in 63 litres per stroke. Maybe 'per stroke' and 'per minute' have been confused as well.
4. The question is after the diameter of the pump pipe, which can only make sense as the pump barrel or cylinder. Waltman, however, understands this to mean the delivery pipe, which he measures to be 25 cm.
5. A larger diameter of this pipe would be possible, but would be of little use, as the engine would be overloaded. After the misunderstanding about the previous question, this reply adds to the confusion.
6. Little repair is needed, but cleaning is required every five weeks. This is probably mainly the cleaning of the boilers and pumps.
7. Any repair requires a complete stop.
8. Stoking the boilers requires one or two men at all times. Waltman does not mention driving, but continuous supervision is needed there, too.
9. The cost of the engine is over £ 4000 but — as Waltman asserts without elaborating — an engine in Holland should be obtainable for less than a quarter of that. The exchange rate at the time was about twelve guilders to the pound.
10. He does not mention possible suppliers.

Waltman describes the engine only briefly. A boiler with 3 m diameter and 2,7 m height, with a cylinder of 80 cm diameter and also 2,7 m height *inside* it. The piston is 13 cm thick and hangs by a chain from the end of a 6,6 m long wooden beam of 60 cm square. The other end carries combined lift and force pumps. For an atmospheric

perspomp drijft. Voor een atmosferische machine is het monteren van de cilinder in de ketel (in plaats van er boven of naast) onbekend en nutteloos en Waltman's beschrijving is dus twijfelachtig. Of hij zijn afmetingen opgeeft in Engelse of Rijnlandse maat is niet duidelijk, maar het verschil daartussen is maar drie procent. Hij meet het water in tonnen van 6 kubieke voet, sommige andere bronnen uit die tijd rekenen daarvoor 5 of $5\frac{1}{4}$ kubieke voet.

In 1772 schrijft Bicker over de machine in York Buildings dat de cilindermiddellijn 100 cm is, terwijl de machine 9 slagen per minuut maakt en aldus per uur 175 m^3 opbrengt, dat is 320 liter per volledige slag. De opvoerhoogte noemt hij niet. Het pompstation York Buildings is in 1827 uitvoerig beschreven door John Farey. Er hebben in de loop der jaren diverse pompmachines gestaan. In 1752 werd een atmosferische machine opgesteld, die jaren lang als de beste van zijn tijd gold. Die machine heeft Waltman wellicht gezien. De cijfers kloppen echter niet erg. Farey noemt een ketel van 4,5 m middellijn, uit zijn schets lijkt die ruim 2,5 m hoog. De stoomcilinder van 115 cm middellijn staat waarschijnlijk boven de ketel. De slag is 2,4 m en de cilinder zal dus minstens 2,7 m hoog zijn. De balans is ruim 8 m lang met doorsnede 65×75 cm. De pomp bestaat uit een zuig- en een perspomp naast elkaar, die samen een dubbelwerkende pomp vormen met 30 cm middellijn. Voor 2,4 m slag is dan het slagvolume 170 liter. Ook als men pompverliezen in rekening brengt, is Waltman's ongeloof dus wel terecht, maar hierboven zijn al mogelijke verklaringen gegeven. Farey geeft 7,5 volledige slagen per minuut op. Als Waltman op en neer elk als een slag rekent komt dat overeen met de 15 in zijn rapport. De machine zou dan zo'n 132 m^3 per uur opbrengen. Dertig meter hoog, schrijft Farey. De persleiding van de pompen was voorzien van een windketel of luchthelm plus een standpijp in een toren, waardoor de druk op het leidingnet constant bleef. Dit heeft Waltman kennelijk niet gezien, of niet begrepen. Farey geeft het kolenverbruik op als ca. 150 kg per uur. Daaruit is een rendement te berekenen van ca. 0,7%, wat voor een goede atmosferische machine normaal is. Over een andere machine in hetzelfde pompstation deelt hij mee, dat die zeven uur per dag werkt.

Alles bijeen genomen zijn de resultaten van Waltman's reis dus onvolledig, ten dele onjuist, en slecht bruikbaar. Er is zelfs twijfel mogelijk, welke machine hij nu gezien heeft. Toch moeten we hem daarover achteraf niet te hard vallen. Het was voor hem een bijzonder moeilijke opgave om de relevante gegevens te verzamelen en een afgewogen oordeel te vormen op een gloednieuw vakgebied dat helemaal buiten zijn ervaring lag.

engine, fitting the cylinder inside the boiler (instead of above or beside it) is unusual, and serves no good end, which makes Waltman's description dubious. It is not clear whether his figures are in English or Rijnland measure, but the difference is only three percent. His 'tun' measures six cubic feet, some other sources of that time use 5 or 5 1/4 cubic feet.

In 1772 Bicker writes about the York Buildings engine as having a 100 cm cylinder, raising 175 m³ per hour at 9 strokes per minute. This corresponds to 320 litres per stroke. He does not mention the lift.

The York Buildings pumping station has been described in considerable detail by John Farey in 1827. Over the years the building housed several pumping engines. In 1752 an atmospheric engine was installed which for many years was considered to be the best of its time. It seems quite likely that this was the engine Waltman saw. The figures, however, do not tally too well.

Farey mentions a boiler of 4,5 m diameter, and from his sketch it appears to be some 2,5 m tall. The 115 cm steam cylinder would probably be above the boiler. Stroke is given as 2,4 m, which would make the cylinder about 2,7 m tall. The beam is over 8 m long, with cross-section 65 x 75 cm. The pump is a combination of a lift and a force pump, which effectively form a double acting pump of 30 cm bore. For 2,4 m stroke the displacement is then 170 litres. Waltman's disbelief is understandable; some possible explanations have already been given. Farey gives the stroke rate as 7,5 per minute. If Waltman counts up and down strokes separately, his reported 15 agrees. The machine would, according to Farey, raise about 132 m³ per hour 30 m high. The delivery pipe of the pumps had both an air-chamber and a standpipe in a tower, which kept the mains pressure constant. Waltman apparently did not notice or understand this. Farey gives coal consumption as being 150 kg per hour, from which the efficiency can be calculated as c.0,7%, quite normal for a well-designed atmospheric engine. About another engine in the same pumping station he notes, that it normally operates for seven hours per day.

When all is said and done, the results of Waltman's mission are incomplete, partly wrong, and of not much use. There is even room for doubt about which engine he actually saw. We should probably not be too harsh in our judgment of him. It must have been extremely difficult for him to find the relevant facts and to form a balanced opinion about a completely new field totally outside his previous experience.

Bijlage 2

Een geleerde pennestrijd

1772-1774

In 1772 verscheen een anonieme brochure met de titel *De groote voordeelen aangetoond, Welken ons Land genieten zou, Indien men Vuur-machines in plaatse van Watermolens gebruikte*. We weten nu, dat de auteur de medicus Lambertus Bicker was, een van de oprichters van het Bataafsch Genootschap (zie hoofdstuk 2).

- De schrijver begint met een lofrede op het vernuft van hen die de windmolens zover ontwikkeld hebben dat wij tenminste niet verdrinken. Vervolgens betreurt hij het, dat er niet meer aandacht besteed wordt aan modernere middelen zoals vuurmachines, om hetzelfde doel te bereiken — maar dan veel krachtiger. Sterker nog, er is veel weerstand tegen die machines — ten onrechte, vindt hij. Vervolgens geeft hij een beschrijving van een vuurmachine van Newcomen, ontleend aan Desaguliers en Belidor, en vergelijkt de prestaties met die van een wind-watermolen met scheprad.
- Hij berekent de opbrengst van een molen met een scheprad, van 5,5 m middellijn en 45 cm breed, met 75 cm tasting (indompelings-diepte). Bij acht omwentelingen per minuut kan dit rad per minuut $37,5 \text{ m}^3$ water 1,2 m opvoeren. Dat is een vermogen van ca. 13,5 kW. Ditzelfde rad kan met grotere tasting wel bijna het dubbele opbrengen, maar dan is de opvoerhoogte de helft, en dus het vermogen hetzelfde.
- Een vuurmachine met een stoomcilinder van 1,25 m middellijn en 1,8 m slag, die 14 slagen per minuut maakt met tweederde van het theoretisch maximale vacuum, kan per minuut 155 m^3 water 1,2 m opvoeren. Het pompvermogen is dan 60 kW, ruim viermaal dat van de windmolen.
- Daar blijft het niet bij: een windmolen is afhankelijk van goede maalwind en die is er — zo leert de ervaring — gemiddeld maar tien procent van de tijd. Een vuurmachine werkt wanneer men wil, en is dus in feite gelijkwaardig aan wel veertig windmolens!
- De opvoerhoogte van een pomp met een vuurmachine kan ruim variëren — van enkele cm tot wel zestig meter. Met een scheprad komt men niet beneden 10-15 cm, en niet hoger dan 1,2 à 1,4 meter.
- Zowel polders als boezems zouden voordeel hebben van de voortdurende beschikbaarheid van een vuurmachine. Daarmee zou men kunnen voorkomen dat de landerijen na de winter langdurig onder water blijven staan.
- Bicker's conclusie is: serieuze proeven zullen dubbel en dwars de moeite waard zijn.

Terugkijkend valt hierbij op te merken, dat Bicker over het slagental en het praktisch bereikbare vacuum van de vuurmachine wel wat optimistisch is, maar bij de omrekening van 1,8 m slag naar 1,2 m opvoerhoogte doet hij de vuurmachine ruim tien procent tekort. Enkele aangeroerde punten hebben meer te maken met het opvoerwerktuig zelf — pomp of scheprad — dan met de aandrijfkracht. En zelfs de betrekkelijk bescheiden variatie van opvoerhoogte die hij voor een scheprad noemt, is problematisch.

1772-1774

In 1772 there appeared an anonymous pamphlet entitled (translated) *Proof of the large benefits which would accrue to our Country from the use of Fire engines instead of Drainage mills*. We now know the author to have been the physician Lambertus Bicker, one of the founding members of the Batavian Society (see chapter 2).

- The author starts by eulogizing those who so ingeniously developed the drainage windmill to its present state, which at least prevents us from drowning. He proceeds to deplore the lack of attention given to more modern means to achieve the same end — but more powerfully — by using fire engines. Indeed, there is quite unwarranted resistance to the use of these engines. He then describes a Newcomen engine, basing himself on Desaguliers and Belidor, and he compares its performance to that of a scoopwheel drainage windmill.

- He calculates the capacity of a windmill-driven scoopwheel, of 5,5 m diameter and 45 cm width, immersed 75 cm in the lower level water. At 8 revolutions per minute this wheel can lift 37,5 m³/minute of water 1,2 m high. Developed power is then c.13,5 kW. The capacity of this wheel could be doubled by immersing it deeper, but then the lift would be halved, resulting in the same power.

- A fire engine having a steam cylinder of 1,25 m diameter and 1,8 m stroke, doing 14 strokes per minute at two-thirds of theoretical full vacuum, can lift 155 m³/minute 1,2 m high, developing 60 kW. This is about four times as much as a windmill.

- That is not all, however: a windmill is dependent on favourable wind, and from experience this is known to occur on average only about ten percent of the time. A fire engine works whenever needed, and it is thus the equivalent of no less than forty windmills!

- The lift of a pump with a fire engine may vary from a few cm to over sixty metres. A scoopwheel will not do less than 10-15 cm, and 1,2 to 1,4 metres is a practical upper limit.

- Both polder and boezem drainage would benefit from the permanent availability of fire engine power. This might solve the problem of agricultural land remaining flooded long after the winter season.

- Bicker concludes: serious experiments will be well worth the effort.

With hindsight it may be said that Bicker is a bit over-optimistic about the attainable vacuum and stroke rate. On the other hand, he sells the fire engine short by about ten percent when converting a stroke of 1,8 m to a lift of 1,2 m. Some of the points raised have more to do with the water-raising device — pump or scoopwheel — than with the motive power. And even the rather modest lift variation he mentions for a scoopwheel is debatable.

In 1773 verscheen een kritiek op deze brochure, door Pybo Steenstra, leraar in de wiskunde, zeevaartkunde en sterrekunde aan het Athenaeum te Amsterdam.

- In een evenzeer hoogdravende inleiding bevestigt hij dat, als alles in die brochure waar is, het een belangrijke zaak zou zijn. Maar hij toont al meteen groot wantrouwen, omdat de betekenis van deze voordelen kennelijk was ontsnapt aan de aandacht van zijn leermeester — onze grote 's Gravesande, die zoveel van dit soort machines afwist en er zelfs verbeteringen aan heeft aangebracht. Hij gaat daarom na wat er aan zou kunnen mankeren, aan de hand van een doorgerekend voorbeeld van een door Desaguliers beschreven vuurmachine. Hij kruidt zijn zeer leesbare betoog hier en daar met een vleugje stevig sarcasme.
- Steenstra meent, dat voor een opvoerhoogte van 1,2 m ook de slag 1,2 m moet zijn. Voor de gewenste opbrengst zou dan een pomp nodig zijn van 2,5 m in het vierkant, veel te groot en niet meer naast het machinehuis onder te brengen. Hij heeft bij Hoogendijk een werkend model van 30x45 cm gezien en betwijfelt nu of een pomp van 2,5 m het opgevoerde water wel snel genoeg zal kunnen uitstorten.
- Als de pompzuiger omhoog gaat en het water uitstort, neemt het gewicht van het water op die zuiger af en daardoor versnelt de machine. Als gevolg daarvan daalt de stoomzuiger steeds sneller en verbrijzelt na weinige slagen de cilinderbodem. Hij weet, dat de stoom-inlaatklep al vóór het einde van de slag opent, maar van de bufferwerking daarvan stelt hij zich kennelijk niet veel voor.
- Hij tobt over het vereiste grote gewicht van de pompstang om via de balans de stoomzuiger omhoog te trekken.
- Vervolgens stelt hij het vermogen van wind-watermolens hoger dan Bicker — op grond van een enkele waarneming met kleine opvoerhoogte. Omdat met een vuurmachine ook wel eens wat aan de hand zal zijn, is het aantal volledige werkdagen per jaar daarvan ongetwijfeld minder dan 365 — hij schat het op hoogstens zo'n 320.
- Steenstra komt tot de slotsom, dat een vuurmachine nauwelijks de prestaties van één windmolen zal kunnen evenaren.

Bicker heeft niet op Steenstra gereageerd, maar in 1774 deed de Amsterdamse natuurkundige en koopman Rinze Liewe Brouwer dat wel — na overleg met het Bataafsch Genootschap.

- In zijn inleiding verwijt hij Steenstra, dat hij niets tot het begrip van de werking der vuurmachines heeft bijgedragen en dat hij slechts geschreven heeft om onwetenden tegen het gebruik ervan in te nemen. Hij neemt het Steenstra zeer kwalijk dat hij in Rotterdam geen contact had gezocht met Hoogendijk's vrienden, die al tekeningen en modellen klaar hadden voor diverse delen van een aangepaste pomp. Hij zegt verder dat 's Gravesande wel aan verbeteringen van de oudere Savery-pomp had bijgedragen, maar zich niet had bezig gehouden met de vuurmachine van Newcomen. Hij had wél bemiddeld bij plaatsing van zulke machines in het buitenland.
- Brouwer is het met Steenstra eens, dat voor 1,2 m opvoerhoogte ook een pompslag van 1,2 m nodig is. Dat leidt dan tot een grote pomp aan een verkorte balans-arm, maar aan de constructie en water-ontlasting van zo'n pomp tilt hij niet zo zwaar.
- Hij ontzenuwt Steenstra's vrees voor het lot van de cilinderbodem door erop te wijzen, dat de zuiger niet alleen een kleiner wordende kolom water omhoog *duwt*, maar tegelijk een groeiende kolom water omhoog *trekt*. En, schrijft hij, tijdig openen

In 1773 Pybo Steenstra, a lecturer in mathematics, navigation and astronomy at the Amsterdam Athenaeum, published a critical brochure.

- In his introduction — as grandiloquent as Bicker's — he confirms that, if what Bicker writes were true, the matter would be of great importance indeed. But he expresses mistrust rightaway, as the significance of these benefits had evidently escaped the notice of his master — the great 's Gravesande, who was very knowledgeable about these engines, and who had even devised improvements to them. So he proceeds to investigate the shortcomings, using for his calculations a fire engine described by Desaguliers, and spicing his well-written argument with occasional doses of heavy sarcasm.
- Steenstra asserts that 1,2 m lift implies 1,2 m stroke, which would require a pump of 2,5 m square for the required capacity. This is unacceptably large and would not fit in the available space outside the engine house. Furthermore, after visiting Hoogendijk in Rotterdam, and seeing the working of a 30x45 cm model pump, he doubts that a full scale pump could discharge its water in the short time available.
- If the pump piston rises and discharges its water load, the weight of the water on that piston decreases, and the engine will increasingly accelerate. As a result, the steam piston will accelerate downward and before long it will smash the cylinder bottom. He is aware, that the steam inlet valve will open before the end of the stroke, but obviously he has little confidence in the buffer action thus obtained.
- He worries about the heavy pump rod needed to raise the steam piston by way of the beam.
- He puts the power of a windmill at a larger figure than Bicker does — basing this on a single observation with low lift. As a fire engine will need maintenance and repair, its number of full working days will no doubt be less than 365 — no more than 320, he estimates.
- Steenstra concludes, that a fire engine can barely equal the performance of a single windmill.

Bicker did not reply to Steenstra's criticism, but Rinze Lieuwe Brouwer, an Amsterdam physicist and merchant, did so in 1774 — after consulting the Batavian Society.

- He starts by reproaching Steenstra for not contributing to a proper understanding of fire engines, and for presenting an argument which can only serve to give the wrong ideas to people ignorant of such matters. And he strongly blames Steenstra for not contacting Hoogendijk's friends while he was in Rotterdam, as they could have shown him drawings and models of a pump engine adapted to the purpose. He further writes, that 's Gravesande did indeed contribute to improving the older Savery engine, but that he had not occupied himself with Newcomen's fire engine. He had, however, acted as an intermediary for the installation of such engines abroad.
- Brouwer agrees with Steenstra that 1,2 m lift implies 1,2 m pump stroke. This results in a large pump on a short beam arm, but he sees no insurmountable design or water delivery problems for such a pump.
- He refutes Steenstra's anxiety about the fate of the cylinder bottom by pointing out that not only is there a shrinking water column being *pushed* up by the piston, but also a growing column being *drawn* up. And, he writes, timely opening the steam inlet valve

van de stoominlaat helpt de zuiger opvangen.

- Hij weerlegt Steenstra's zorgen over het gewicht van de pompstangen.
- Vervolgens toont hij aan dat de hoge opbrengsten van Steenstra's windmolens optraden onder bijzondere omstandigheden — hoog binnenwater, laag buitenwater, abnormaal langdurige sterke wind — zodat ze geen algemene geldigheid hebben.
- Tenslotte rekent Brouwer — vooral voor Amsterdamse lezers — uit hoeveel besparing de toepassing van vuurmachines zou geven als de Bovenkerker polder, de ban Oostzaan en de Beemster daarmee zouden worden bemalen.

In deze gedachtenwisseling zien we duidelijk een vakgebied in de kinderschoenen. Veel is nog onzeker, maar er zijn krachtige standpunten die met verve worden verdedigd. Daarbij praat men soms langs elkaar heen.

- Het misverstand, dat de slag van een pomp gelijk moet zijn aan de opvoerhoogte, treffen we ook nu nog wel aan. In feite hebben die twee weinig met elkaar te maken, als de pomp maar helemaal beneden het hoogste waterpeil staat. Een pomp met een slag van drie meter kan een opvoerhoogte van vijf meter hebben, en omgekeerd.
- Zeer grote pompen bleken al spoedig realiseerbaar.
- Het beheersen van de slag van een balans-pompmachine vereiste veel vakmanschap van de machinist, maar de zorg van Steenstra — en anderen — over verbrijzelde cilinderbodems bleek ongegrond.
- Ook het kiezen en afregelen van de gewichtsverdeling eiste zorg, maar het bleek goed te doen.
- Het debat over de bedrijfstijd liet twee aspecten buiten beschouwing: de *behoefte* aan bemaling is er ook niet 365 dagen per jaar en maalperioden kunnen — afhankelijk van de bergcapaciteit van de boezem — uitgesteld worden. Ook het meest beschikbare gemaal werkte destijds voor *drooghouden* niet meer dan een dag of zestig per jaar (nu, met de huidige krachtige gemalen, nog wel minder). Algemene uitspraken over het aantal windmolens-per-stoomgemaal zijn daarom niet zo zinnig.

will cushion the descending piston.

- He disproves Steenstra's worries about the weight of the pump rods.
- He proceeds to show that the very high capacity of the windmills in Steenstra's calculations was obtained due to unusual conditions — high inside and low outside levels plus unusually long periods of strong winds — which may not be generalized.
- Finally Brouwer calculates — particularly for the benefit of readers in Amsterdam — the economies achievable by using fire engines for a number of polders in that particular region.

This discussion clearly shows the characteristics of a field of expertise in its infancy. Much is still uncertain, but there are strong opinions, which are upheld with much fervour. Sometimes the opponents talk at cross-purposes.

- The fallacy, that the stroke of a pump must equal the lift, is still occasionally encountered today. In actual fact, the two are quite unrelated, as long as the pump is entirely below the upper water level. A pump with three metres stroke may operate at a lift of five metres, and vice versa.
- Very large pumps soon became feasible.
- Stroke control of a beam pumping engine requires considerable driver skill, but the worries of Steenstra and others about smashed covers turned out to be unfounded.
- Planning and adjusting the weight distribution demanded great care, but it proved perfectly feasible.
- The debate about availability/downtime left two aspects open: there is no 365-day-per-year *demand* for drainage, and discharge can often be delayed to wait for favourable conditions — depending on boezem storage capacity. Even the most available drainage pumping station would, at the time, not be required to work more than about sixty days per annum (even less for today's high capacity stations). This makes general statements about the number of windmills-per-steam-station rather meaningless.

Problemen in de bouwput van de Cruquius

1847

De bouw van het Haarlemmermeer-gemaal Cruquius (hoofdstuk 14) verliep volgens Commissie-voorzitter Gevers van Endegeest niet zonder problemen. In zijn boek schrijft hij o.a. het volgende. Hij noemt daarbij maten in *ellen* en *duimen*. Die namen werden toen nog wel gebruikt, maar er worden *meters* en *centimeters* mee bedoeld. Gevers woonde op het landgoed Endegeest bij Leiden.

De gebouwen waren beiden tijdig genoeg gereed geweest, ofschoon buitengewoon ongunstige verschijnselen den eersten aanleg van den Cruquius zeer hadden belemmerd, ten bewijze alweder, hoe bij zulke werken soms met onvoorziene tegenspoeden valt te kampen.

Aan den Leeghwater had de diepe funderingsput, in gemengde grondsoorten gegraven, geen buitengewone wateruitmaling vereischt, maar aan den Cruquius hadden voorafgaande boringen dadelijk doen zien, dat de bodem ongunstig zou zijn. Dit vooruitzicht werd bevestigd: de beide putten moesten 7.50 ellen onder A.P. diep zijn, en op deze aanmerkelijke diepte 130 à 140 ellen omtrek houden, om in elk 1700 palen van 11 ellen lengte te heijen.

Aan den Lijnden vond de aannemer digt veen, en schier geene toevloeiing van water in den funderingsput, zoodat één geringe kettingmolen, door twee paarden in beweging gebragt, overvloedig was tot drooghouding; aan den Cruquius integendeel ontmoette hij op de diepte van 6 ellen eene schulplaaig, waardoor water met loopzand van alle zijden opborrelde als door eene zeef. Er kwamen, tot drooghouding van den put, drie kettingmolens met 60 paarden, benevens een vervoerbaar stoomtuig van 10 paardenkrachten, dag en nacht in werking; maar water, loopzand en schulpen bleven aan alle zijden uit de afkabbelende en uitzakkende boorden van den put, als om strijd, toevloeijen; bij elken duim met alle inspanning gewonnen namen de moeilijkheden toe: men kon de wellen niet meester worden. Ingenieurs en aannemers hadden nimmer zulk een toevloed van water bij dergelijken arbeid gezien.

In dit hagchelijk oogenblik - Julij 1847 - komt de aannemer, geheel ter nedergeslagen, op Endegeest mij verklaren, dat het werk is gestaakt, dat onoverkomelijke tegenstand de uitvoering onmogelijk maakt, dat hij ontslagen moet worden en het werk verlaat. Het antwoord is: "alle hulpmiddelen zijn niet uitgeput; er is op het werk plaats voor nog een vervoerbaar stoomtuig en voor nog een kettingmolen; alle zijdelingsche toevloeiing en verzakking der putkade kan geweerd worden door eene diepe kuipvormige afsluiting met zware damplanken: falen die laatste hulpmiddelen, dan eerst is de onmogelijkheid aan te nemen; voordat zij zijn aangewend, mag de Commissie u niet ontslaan; verlaat gij het werk, zij zal u in regten doen vervolgen; maar zij wil u in billijkheid bijstaan en zal f 10,000 aanvragen voor vergoeding, en tevens voor de afsluiting met damplanken, mits gij aanstonds met nieuwen moed het werk weder opvat." Deze woorden hebben het gewenscht gevolg: eene voorloopige overeenkomst wordt aanstonds gesloten (1), en reeds den volgenden dag is het werk opnieuw, onversaagd en krachtiger dan immer, voortgezet. De vierde kettingmolen verschijnt; zware damplanken besluiten den put van onderen, zoo als de Ingenieur Beijerinck dit vooraf had beraamd; de heiblokken worden vermeerderd; de Burgemees-

Problems in the Cruquius' building excavation

1847

According to Commission chairman Gevers van Endegeest, building the Haarlemmermeer pumping station Cruquius (see chapter 14) met with problems. In his book he describes one event as follows. At the time the old names *ell* and *inch* were still being used for the new units *metre* and *centimetre*. Gevers' estate was Endegeest near Leiden.

(Translator's note: the quoted text was written in 19th century Dutch, which to the modern Dutch reader has a rather flowery and wordy flavour and peculiar punctuation. Spelling is often rather inconsistent. No attempt has been made to artificially endow the translation with similar characteristics, nor to fully modernize.)

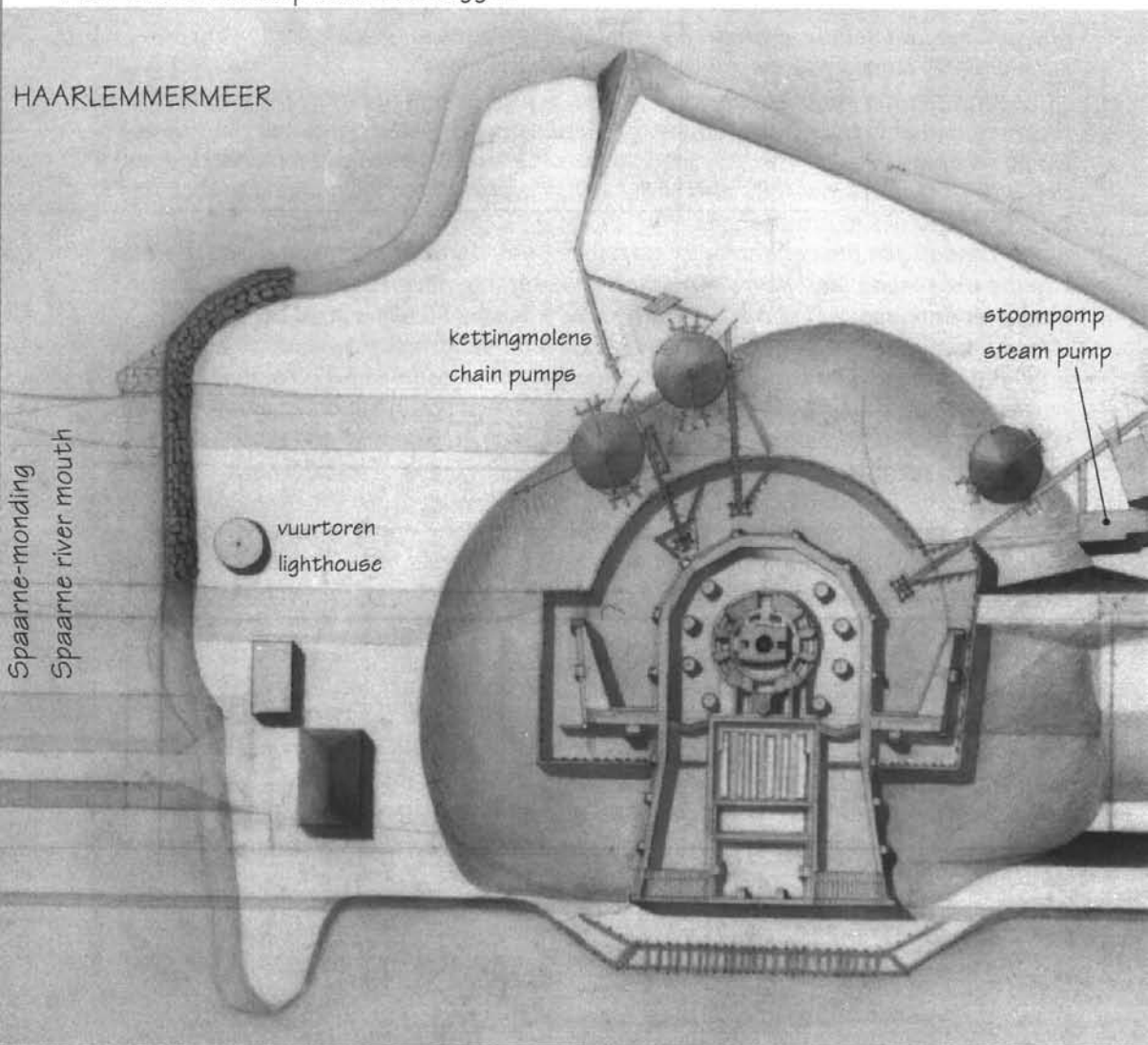
The buildings had been completed soon enough, even though exceptionally adverse phenomena had seriously interfered with the first stages at Cruquius, showing how such projects sometimes meet with unforeseen difficulties.

At Leeghwater the deep excavation in mixed soil types had not required extensive drainage, but at Cruquius preparatory drill holes had indicated rightaway that the soil would be unfavourable. This prediction was confirmed: both excavations had to have a depth of 7.50 ells below A.P., and at this considerable depth their circumference had to be 130 to 140 ells to provide space for driving 1700 piles of 11 ells long.

At the Lijnden site the contractor found dense peat, and virtually no seepage of water into the excavation, and so a single small chain pump, driven by two horses, proved ample for drainage. At Cruquius, however, at a depth of 6 ells a shell bank was encountered, through which water and sand came bubbling up as through a sieve. To drain the pit, three chain pumps with 60 horses, and a portable 10 hp steam engine worked night and day, but water, sand and shells kept flowing in on all sides from the crumbling and foundering sides of the pit. With each inch gained, the problems increased, and the wells could not be brought under control. The engineers and contractors had never before seen such an influx of water in similar jobs. At this perilous moment -- July 1847 -- the contractor, all put out, came to my Endegeest mansion to announce that work has been stopped, that insurmountable problems make it impossible to proceed, that he must be dismissed, and that he abandons the project. The reply is "not all resources have been exhausted yet; there is room for another steam engine, and for another chain pump. All lateral influx may be dammed by a deep tub-like enclosure of sheet piling. Only if those last measures fail, may impossibility be assumed. In the meantime the Commission may not dismiss you; should you abandon the work, you will be taken to court, but the Commission will support you in all fairness, and will request f 10,000 as compensation and for the sheet piling, provided you restart the work with renewed vigour." These words have the desired effect: a provisional contract is concluded forthwith (note 1), and already on the

ter van Leijden zendt, op aanvraag om hulp, in 24 uren tijds 60 kloeke manschappen; een krachtig stoomwerktuig, vier zware kettingmolens twaalf vervaarlijke heistellingen, 450 werklieden met 83 paarden, zijn in den engen put in volle beweging; de boorden en de kruin der putkade zijn met keeten, hutten, stallingen, materialen, fourage, overdekt; al wat leven heeft sleept, kruit, werkt en zwoegt dooreen, onder vrolijk gejuich; en terwijl men duim bij duim langzaam wint op het opbruischende water, hoort men onafgebroken de twaalf heiblokken te gelijk, op de maat van het luide gezang, de zware funderingpalen beuken. Het is een treffend schouwspel, dat ingespannen, volhardend, schijnbaar verward en toch volkomen geregeld gewoel van zoo vele opeengehoopte menschen, te midden van water en slijk, met het eenige doel om voor eene poos tegen te gaan de werking der natuurwet, die het water noopt om het verstoorde waterpas te herstellen. Het menschelijk vernuft zegeviert over de natuur: een digte dennenvloer overdekt welhaast de koppen der 1700 heipalen; het muurwerk rijst op den dennenvloer; en de statige Cruquius wordt rustig opgetrokken, verre boven de golven van het Meer.

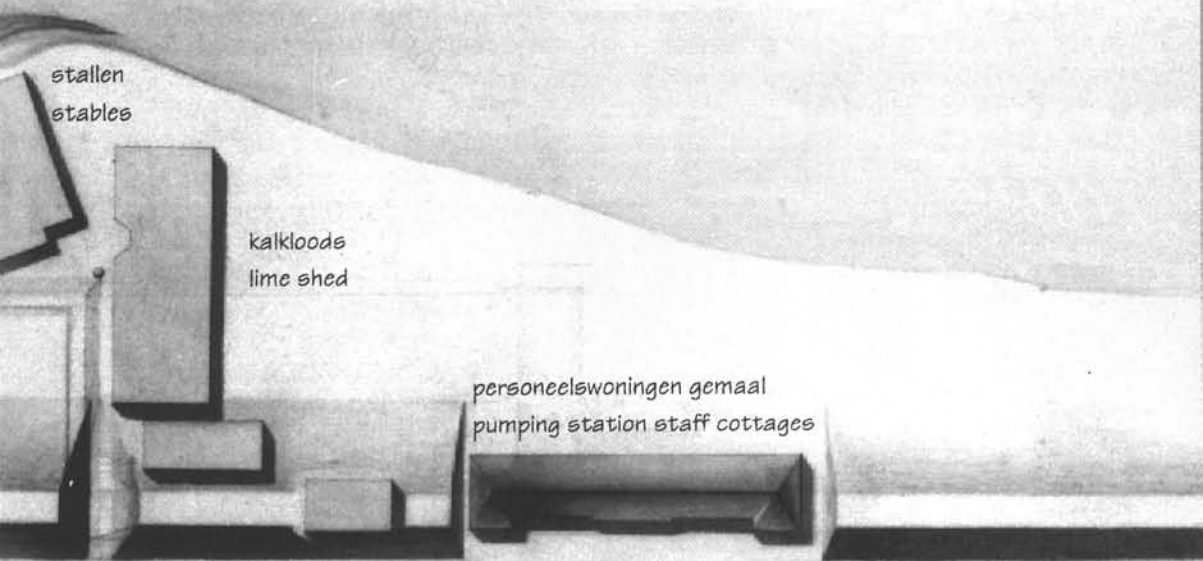
H.L.P. bewerkt/adapted J.Verbruggen



next day work is resumed, undaunted, and more vigorously than ever. The fourth chain pump appears; heavy sheet piling encloses the bottom of the pit, as planned earlier by engineer Beijerinck; more pile driver blocks are brought in; the Burgomaster of Leiden at our request sends 60 stout men within 24 hours; one powerful steam engine, four hefty chain pumps, twelve redoubtable pile frames, 450 labourers, with 83 horses are milling around in the narrow pit; the slopes and crown of the dam around the pit are strewn with shacks, sheds, stables, materials, and forage; everybody hauls, wheels, labours, and toils in the fray, with merry cries; and as inch by inch is gained on the ebullient waters, one hears the twelve pile hammers, in the rythm of loud singing, thumping away on the massive piles.

A striking scene indeed, this arduous, persevering, seemingly chaotic and yet fully controlled bustling of so many people among water and mire, with as their sole purpose to halt for a while nature's law which drives the water to revert to its natural level. Human ingenuity triumphs over nature: a solid pine floor almost covers the heads of the 1700 piles; the masonry rises on the pine floor; and the grand Cruquius building is steadily going up, far above the waves of the Lake.

HAARLEMMERMEER



(1) Nader den 15 Julij 1847 officiëel tot stand gekomen. De aannemer beweerde later, dat die f 10,000 volgens het contract, waren eene gedeeltelijke vergoeding, en eischte voor verdere vergoeding nog f 22,871. Dit werd geweigerd, die schade was overdreven: had hij aan den Cruquius verloren, aan den Lijnden had hij voordeelig gewerkt; hij stelde een proces in, maar verloor het.

Dit is voorwaar een dramatisch verhaal, met verve gebracht. Bij het nalezen van de uitvoerige maandrapporten van Jan Anne Beijerinck — de ingenieur die de dagelijkse leiding had — komt een ander beeld naar voren. In juli 1847 schrijft hij o.a. dat er drie kettingmolens aanwezig zijn (waarvan een in reserve) plus één 'stoommachientje'. Hij voegt daaraan toe, dat de put vrijwel droog is. Ook eerder schrijft hij niets over noodmaatregelen en extra molens. Dat is ook wel te begrijpen, want de moeilijke bodem was bij de Commissie al bekend uit boringen en dijk-werk in 1841. Toen werd ook al duidelijk, dat damwanden nodig zouden zijn. Uit Beijerincks gegevens is verder een maximale bezetting van 415 man en 70 paarden af te leiden — maar die waren zeker niet allemaal tegelijk in de bouwput aan het werk.

Ongetwijfeld was de bouwput nogal nat, maar voor de ergste maanden mei en juni schrijft Beijerinck dat een stoompomp en twee kettingmolens de toevloed wel aan kunnen. De hoofdreden om nog een derde kettingmolen op te stellen was, dat men reserve wilde hebben voor reparatieperioden. In mei wordt een extra stuk damwand aangebracht en de aannemer krijgt daarvoor extra betaling.

Het stoommachientje was afkomstig van de noodbemaling uit 1825 (hoofdstuk 10). De tekening van de bouwput is het ontwerp voor een illustratie in het boek van Gevers. De aangegeven toestand heeft zo nooit bestaan: toen de bouw zo ver was gevorderd als getekend, waren de kettingmolens en de stoompomp allang verwijderd, en stond de put alweer onder water. Links is al aangegeven hoe de ringdijk de monding van het Spaarne zal afsluiten. De vele werklieden woonden in tijdelijke onderkomens aan de overkant van de Ringvaart.

De voetnoot illustreert de vaak taaie en meestal ongelijke financiële strijd tussen aannemer en overheid. Wie hier gelijk had, is achteraf moeilijk vast te stellen, maar het argument dat Gevers noemt klinkt niet sterk.

Het boek van Gevers was niet zomaar een verslag. Het diende ook om de lezer duidelijk te maken dat zijn belastinggeld goed en zuinig werd besteed. Daarom staat het vol met overzichten van de kosten en daarom schrok de schrijver ook niet terug voor wat heroiek en aanzetten van kleur.

(note 1) Contract officially concluded on 15 July 1847. Later, the contractor asserted that these f 10,000 were only agreed as partial compensation, and he demanded a further f 22,871. This was refused, the damage claim was exaggerated: he may have lost on Cruquius, but he had made a profit on Lijnden; he started legal proceedings, but lost.

This is a dramatic tale indeed, told with a great deal of verve. From the elaborate monthly reports of Jan Anne Beijerinck — the engineer in charge — a different picture emerges. For July 1847 he reports that three chain pumps are on the site, one of which is standby, plus one small steam engine. He adds that the excavation is virtually dry. Reports for earlier months do not mention any emergency measures or extra mills either. This is understandable, as the Commission knew from drillholes and dike excavations in 1841 that the subsoil would be difficult, and that sheet piling would be required. Beijerinck's data indicate a maximum work force of 415, with 70 horses — certainly not all working in the pit simultaneously.

The excavation was certainly rather wet, but for the worst months May and June Beijerinck reports that one steam pump and two chain pumps handled the influx quite well. The main reason for setting up a third chain pump was, to have a standby during the frequent repairs. In May, some additional sheet piling was put in, for which the contractor received extra payment.

The steam engine had been used for emergency drainage in 1825 (chapter 10). The drawing of the building excavation is the design for an illustration in Gevers' book. Some of the elements depicted never co-existed — by the time the building had advanced to the stage shown, the chain and steam pumps had long been dismantled, and the excavation was flooded. At left, the outline is indicated of the dike that was to dam the Spaarne river mouth later. The numerous labourers used temporary accommodation across the Encircling Canal.

The footnote illustrates the frequently tenacious and usually uneven financial struggle between a contractor and the authorities. It is hard to determine with hindsight who was right here, but the argument Gevers uses does not ring very convincing.

Gevers' book was not just a report. It was also meant to convince the reader that his tax money was being spent cautiously and to good ends. Hence the many cost surveys, and hence also the added colourful touches of drama and heroism.

De schuld van de bemaling ! (?)

1851

In de hoofdstukken 14 en 15 staat, dat de belangrijkste vertragingen bij de droogmaking van de Haarlemmermeer veroorzaakt zijn door afspraken met Rijnland over de boezemstand, en door meningsverschillen over de uitvoering van die afspraken. Rijnland wilde vooral zijn boezem veiligstellen, want daar zou door het verlies van de Meer maar een fractie van overblijven — terwijl op die kleinere boezem alle bestaande polders plus de nieuwe Haarlemmermeerpolder hun water moesten lozen. Daarom eiste Rijnland, dat bij een afgesproken *alarmpeil* de bemaling gestaakt zou worden. Verder zou al vóór het bereiken van het alarmpeil het stoomgemaal van Spaarndam in werking moeten komen. Als dat nog niet genoeg hielp, moest boezemwater terug in de Haarlemmermeer geloosd worden. De Commissie vond het door Rijnland geëiste alarmpeil onredelijk laag, maar heeft het tenslotte aanvaard. Tegen het teruglozen heeft zij zich met hand en tand verzet. Het kwam wel in de overeenkomst, maar is uiteindelijk nooit gebeurd.

Deze overeenkomst werd pas in 1847 gesloten en alleen al daardoor ontstond vertraging — de Leegwater had anders al in 1846 met de bemaling kunnen beginnen. Er was al gauw verschil van mening over de peilmeting, wat de oplossing van geschillen over het alarmpeil niet makkelijker maakte. Regelmatig werd door verschillende polders geklaagd, dat de gemalen bij een te hoge boezemstand bleven doorwerken. Niet altijd waren die klachten terecht. Gevers van Endegeest noemt er vele en beschrijft één ervan als voorbeeld van de pogingen om allerlei problemen op de Haarlemmermeer af te wentelen. Deze gebeurtenis deed zich voor aan de oostkant, bij Aalsmeer, waarschijnlijk in 1851. Gevers woonde op het landgoed Endegeest bij Leiden. Hij noemt maten in *ellen* en *duimen*. Die namen werden toen nog wel gebruikt, maar er worden *meters* en *centimeters* mee bedoeld.

(De klachten) kwamen niet alleen van bezuiden, zij kwamen ook van benoorden den Rijn (noot van de bewerker: dit is de Oude Rijn): had men dáár nu en dan hooge boezemstanden, het heette alom, dat het een gevolg was der insluiting van het Meer; en men vergat dat vóór die insluiting in plaats van hooge boezemstanden breede overstromingen wel eens heerschten. Werd eene kade bedreigd of liep een polder onder, de droogmaking had altijd de schuld. Zeer laat op een guren December-avond kwamen eens bij mij op Endegeest eenige Bestuurders van Amstel en Nieuwer-Amstel met Ingelanden van het toen reeds gedeeltelijk verkochte Haarlemmermeer, vol angstvalligheid mij melden, dat de polders Stommeer en Hornmeer door den hoogen boezemstand waren ondergelopen; dat het water Amstelland bedreigde; en dat bij

1851

In chapters 14 and 15 the agreement with Rijnland about the boezem level, and quarrels about the adherence to that agreement, were cited as the principal cause of delays for the Haarlemmermeer drainage. Rijnland wanted to safeguard its boezem, as the loss of the Lake would reduce it to a fraction of its former size — while still all the existing polders, plus the new Haarlemmermeer one, would have to discharge their water into it. Rijnland therefore demanded, that the Haarlemmermeer pumps would have to stop when the boezem reached an *alarm level*. Even before reaching that level, the Spaarndam steam scoopwheel station would have to be started up. If all this did not produce the desired effect, boezem water would have to be discharged back into the Haarlemmermeer. The Commission considered the alarm level demanded by Rijnland unreasonably low, but they eventually accepted. The stipulation for returning water to the lake they fought tooth and nail. It was put in the agreement, but eventually it was never done.

The agreement was not concluded until 1847, which in itself caused delays — otherwise Leeghwater could have started pumping in 1846. The level measurement procedure soon caused disagreement, which did nothing to help resolve alarm level disputes. Several polders lodged complaints about the pumping stations continuing to work at high boezem levels. The complaints were not always justified. Gevers van Endegeest lists many, and he describes one event as an example of the attempts to shift the burden of diverse problems onto the Haarlemmermeer. This happened on the east side, near Aalsmeer, probably in 1851. Gevers' estate was Endegeest near Leiden. At the time the old names *ell* and *inch* were still being used for the new units *metre* and *centimetre*.

(Translator's note: the quoted text was written in 19th century Dutch, which to the modern Dutch reader has a rather flowery and wordy flavour and peculiar punctuation. Spelling is often rather inconsistent. No attempt has been made to artificially endow the translation with similar characteristics, nor to fully modernize.)

(The complaints) came from both south and north of the Rhine (editor's note: this is the Oude Rijn branch between Utrecht and Leiden): wherever high boezem levels were experienced, the Haarlemmermeer drainage was blamed; one forgot, that before the closure of the dike there had occasionally been widespread flooding instead of high boezem levels. Whenever a dike was under threat, or a polder was flooded, it was always the drainage's fault.

Late one bleak December's evening a number of administrators of the parishes of Amstel and Nieuwer-Amstel, together with landholders of the then already partially sold Haarlemmermeer, called at my mansion at Endegeest and notified me anxiously, that

grootte opgewondenheid wegens dit noodlottig gevolg der droogmaking haren ringdijk met doorsteking konde worden bedreigd. Allen verzochten mij op de meest ernstige wijze de werking der stoommachines tot uitpomping van het Meer te doen staken. In dezen drang der omstandigheden was het bedaren der gemoederen pligt. Dadelijk werd in den nacht de order tot den zoo nadrukkelijk gevraagden stilstand afgezonden, maar tevens aan den Luitenant Hamming het verzoek om zich met al onze hulp-marechaussées rondom Aalsmeer te vereenigen en aan onzen Ingenieur om tot mij te komen. Toen deze mij had medegedeeld, dat tijdens de doorbraak, het boezemwater bij het officiëel boezempeil aan de Kaag, op 0.35 el - A.P. stond, ofschoon het aan een peil te Aalsmeer, door opwaaijing tot 0.16 - A.P. was gerezen, en dat in den laatsten tijd de stoomgemalen (d.w.z. het gemaal bij Spaarndam — noot van de bewerker) meer water van den boezem hadden afgevoerd, dan er door de pompmachines op was gebragt, begaf ik mij naar Aalsmeer. Dáár bleek het al ras dat de doorbraak eenvoudig veroorzaakt was door ongeoorloofde uitbaggering te dicht aan den buitenvoet van den doorgebroken dijk, want die was niet door den hoogen boezem overstroomd en naar binnen geslagen, maar omgekeerd, tegen den hoogen boezem in, naar buiten gekanteld. Daar stonden de ruiters onder hunnen aanvoerder, die zeker was elken moedwilligen aanslag op den dijk te kunnen tegengaan. Toen gaf ik nog spoediger last om de uitpomping te hervatten, dan ik bevel had gegeven om ze te staken; geen ongeregeldeheid viel voor. Had de overtuiging, dan wel de aanwezigheid der ruiters de gemoederen bedaard? Het is mij onbekend; maar zeker bleef de meening, dat de schuld aan de droogmaking te wijten was, bij menigeen levendig.

the high boezem level had caused flooding of the Stommeer and Hornmeer polders; that the waters threatened the Amstelland district; and that the agitation caused by this disastrous result of the drainage could lead to cutting of the encircling dike. All pleaded with me in the most pressing manner to have the pumping engines of the Lake stopped. In these circumstances the first duty was to calm down emotions. Immediately, the order to stop the engines was sent out, but also a request to Lieutenant Hamming to come to Aalsmeer with all our temporary military policemen to concentrate around Aalsmeer, and to our Engineer to join me. When the latter told me that, when the dike broke, the level at De Kaag was at 0,35 ells below A.P., although wind had caused it to be 0,16 ells below A.P. at Aalsmeer, and that the steam engines (i.e. the scoopwheel station at Spaarndam — editor's note) had lately discharged more water from the boezem than the pumping stations had put into it, I went to Aalsmeer. There it soon turned out, that the dike had given way simply because of unauthorized dredging too close to its outside foot, as it had not collapsed inward into the polder, but outward into the high level boezem. Here were the horsemen and their commander, confident to prevent any wilful attack on the dike. Even faster than the stoppage command had been given, I now issued the order to resume pumping; no disturbances occurred. Had emotions calmed down by persuasion, or by the presence of the cavalry? I do not know, but the idea, that the drainage was to blame, lingered with many.

1996

De gemalen zijn vermeld met het jaar van ingebruikneming. De plaats is aangegeven op de kaart tegenover het titelblad. De meeste historische gemalen — niet alleen stoom — zijn aangesloten bij:

De Nederlandse Gemalenstichting
Willem de Zwijgerlaan 11
2351 RA LEIDERDORP
tel. 071-5894997

1849 **Cruquius.** Eén van de drie gemalen die de Haarlemmermeer droogmaakten — zie hoofdstuk 14 — en het enige dat in de oorspronkelijke staat bewaard is, met de Cornwallische ring-compound-machine (Harvey & Co., Hayle) met acht balansen en acht zuigpompen. Buiten bedrijf gesteld in 1932, nu bemalingsmuseum, open maart-oktober. In dit museum staat ook een van de drie roterende balansmachines (Cockerill, Seraing, 1826) van het stoomgemaal aan de Arkelse Dam — zie hoofdstuk 11.

Informatie: Museum de Cruquius
Cruquiusdijk 27
2142 ER CRUQUIUS
tel. 023-5285704

1853 **Halfweg.** Eén van de boezemgemalen van Rijnland, gebouwd met twee groepen van drie schepraderen, aangedreven door een 'horizontale Cornwall-machine' — zie hoofdstuk 15. De aandrijving is enige malen vernieuwd, nu een gelijkstroom-stoommachine (Stork, Hengelo, 1923) en Babcock & Wilcox ketels. In 1977 buiten bedrijf gesteld. Sinds 1987 museum, open april-september woensdag, donderdag, zaterdag; ca. tien stoomdagen per seizoen.

Informatie: Stoomgemaal Halfweg
Haarlemmermeerstraat 4
Postbus 83
1160 AB ZWANENBURG
tel. 020-4974396

1996

The year given is the year the pumping station was commissioned. Locations are indicated on the frontispiece map. Most historic drainage stations — not just steam ones — are affiliated to the Dutch Drainage Stations Foundation:

De Nederlandse Gemalenstichting
Willem de Zwijgerlaan 11
2351 RA LEIDERDORP
tel. +31-71-5894997

1849 **Cruquius.** One of the three pumping stations which drained the Haarlemmermeer — see chapter 14 — and the only one surviving in its original condition, with its Cornish annular compound engine (Harvey & Co., Hayle) with eight beams and eight lift pumps. Stopped in 1932, now a drainage museum, open March-October. The museum also has one of the three rotative beam engines (Cockerill, Seraing, 1826) of the Arkelse Dam scoop wheel station — see chapter 11.

Inquiries: Museum de Cruquius
Cruquiusdijk 27
2142 ER CRUQUIUS
tel. +31-23-5285704

1853 **Halfweg.** One of the boezem discharge stations of Rijnland, built with two rows of three scoopwheels, driven by a 'horizontal Cornish engine' — see chapter 15. The driving engine was replaced several times, it is now a uniflow steam engine (Stork, Hengelo, 1923) with Babcock & Wilcox boilers. Stopped in 1977, opened as a working museum 1987, open April-September on Wednesdays, Thursdays, Saturdays; about ten steaming days per season.

Inquiries: Stoomgemaal Halfweg
Haarlemmermeerstraat 4
Postbus 83
1160 AB ZWANENBURG
tel. +31-20-4974396

- 1855 **Mastenbroek.** Kamperzeedijk-Oost bij Genemuiden, gemaal van de Mastenbroeker polder. Horizontale 'Cornwall'-machine (de Atlas, Amsterdam) met tandwiel-overbrenging en twee schepraders — zie hoofdstuk 16. Buiten gebruik 1961, gerestaureerd 1984. Enige nog bestaande voorbeeld van dit machinetype. Acht stoomdagen in periode april-oktober, in vakantie seizoen ook daarbuiten open (op afspraak, niet op zondag).
 Informatie: Stichting Vriendenkring "d'Olde Mesiene"
 Postbus 103
 8280 AC GENEMUIDEN
- 1869 **Medemblik.** Gemaal van poldercomplex "De Vier Noorderkoggen". Oorspronkelijk stoom-schepraders en vijzels als aanvulling op windmolens. In 1898 vervangen door vier stoom-centrifugaalpomp (daarvan staan er nog twee, nu met elektromotoren). In 1907 rest windmolens vervangen door centrifugaal-pomp met zuiggasmotor, vanaf 1927 met gelijkstroom-stoommachine (Backer en Rueb, Breda). Buiten bedrijf 1975, stoommuseum in 1984 met ruim honderd machines, hoofdmachine weer onder stoom in 1985. De resterende inventaris van het uit 1892 daterende en ca. 1993 gesloopte gemaal Schellingwoude bij Amsterdam — een compound-stoommachine (Phoenix, Gent) en een van de schepraders — wacht in opslag op behuizing en restauratie.
 Informatie: Nederlands Stoommachinemuseum
 Oosterdijk 4
 Postbus 74
 1670 AB MEDEMBLIK
 tel. 0227-544732
- 1871 **Kamerik.** Gemaal van de polder Kamerik-Teylingen. Eerst scheprad, in 1907 vervangen door centrifugaal-pomp met tandem-compound stoommachine (Hoogenlande, Utrecht). Electriche aandrijving in 1953, stoommachine nog aanwezig. Buiten bedrijf 1989. Bezichtiging door kleine groepen op afspraak.
 Informatie: Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden
 Afd. Voorlichting
 Postbus 1054
 3430 BB NIEUWEGEIN
 tel. 030-6082900

- 1855 **Mastenbroek.** Kamperzeedijk-Oost near Genemuiden, pumping station for the Mastenbroeker polder. Horizontal 'Cornish' engine (de Atlas, Amsterdam) geared down to two scoopwheels — see chapter 16. Stopped in 1961, restored to steam 1984. This is the only surviving example of this engine type. Eight steam days in the period April-October, during the holiday season also open on other days (by appointment, not on Sundays).
Inquiries: Stichting Vriendenkring "d'Olde Mesiene"
Postbus 103
8280 AC GENEMUIDEN
- 1869 **Medemblik.** Pumping station for the polder complex "De Vier Noorderkoggen". Originally steam scoopwheels and Archimedean screws, supplementing windmills. In 1898 replaced by four steam centrifugal pumps (two still in place, now with electric drive). In 1907 remaining windmills replaced by single centrifugal pump driven by suction gas engine. In 1927 this was replaced by uniflow steam engine (Backer & Rueb, Breda). Stopped in 1975, opening as live steam museum in 1984 with over a hundred engines, main engine restored to steam 1985. Remaining inventory of Schellingwoude scoopwheel station near Amsterdam (built 1892, demolished c.1993), viz. cross-compound engine (Phoenix, Gent) and one of the scoopwheels, lies outside, waiting for a house and restoration.
Inquiries: Nederlands Stoommachinemuseum
Oosterdijk 4
Postbus 74
1670 AB MEDEMBLIK
tel. +31-227-544732
- 1871 **Kamerik.** Pumping station for the Kamerik-Teylingen polder. Originally a scoopwheel, replaced in 1907 by centrifugal pump with tandem compound steam engine. (Hoogenlande, Utrecht). Converted to electric drive in 1953, steam engine still present. Stopped 1989. Small group visits by appointment.
Inquiries: Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden
Afd. Voorlichting
Postbus 1054
3430 BB NIEUWEGEIN
tel. +31-30-6082900

- 1878 **Winschoten.** Gemaal van de polder Reiderland, oorspronkelijk twee vijzels met horizontale stoommachine (Landweer, Martenshoek), in 1929 vervangen door elektrische aandrijving. Tweede tandem-compound machine met vijzel (Landweer, Martenshoek, 1895) nog aanwezig, de enige nog bestaande vijzel met stoom-aandrijving. Gestopt in 1971, gerestaureerd 1989. Open mei-september, laatste twee zondagen van elke maand onder stoom.
Winschoten valt buiten de kaart vóórin. Het ligt op ca. 35 km oostelijk van Groningen, dat is ca. 85 km oostelijk van het op de kaart aangegeven Leeuwarden.
Informatie: Museum Stoomgemaal Winschoten
Oostereinde 4
9672 TC WINSCHOTEN
tel. 0597-425070 of 417356
- 1882 **Nijkerk.** Gemaal van de polder Arkemheen, dubbel scheprad met horizontale stoommachine (Backer & Rueb, Breda) en tandwielvertraging. Gestopt in 1983, gerestaureerd en weer onder (museum)stoom gebracht in 1986. Het gemaal kan de polder nog bemalen, er wordt zo nu en dan een beroep op gedaan. Geopend in het zomerseizoen, laatste twee zondagen van elke maand onder stoom.
Informatie: Stoomgemaal "Hertog Reijnout"
Zeedijk 6
3861 MD NIJKERK
tel. 033-2457757
- 1885 **Putten.** Gemaal van de Putter polder, scheprad met horizontale stoommachine (Sepp & Co., Enschede). Buiten bedrijf 1971. Bezoek op afspraak.
Informatie: zie Nijkerk
- 1918 **Appeltern.** Gemaal van rivierpolder De Tuut benoorden de Maas. Twee centrifugaalpompen met horizontale gelijkstroom-stoommachines (Stork, Hengelo). Buiten bedrijf 1969, wordt sinds 1984 gerestaureerd. Bezoek op afspraak.
Informatie: Monumentenstichting Baet en Borgh
Postbus 113
6658 ZK BENEDEN LEEUWEN
- 1918 **Tacoziel.** Bemaalt de boezem van de provincie Friesland. Acht centrifugaalpompen, met vier tandem-compound horizontale stoommachines met enkelwerkende HD en dubbelwerkende gelijkstroom LD (Smulders, Utrecht). In bedrijf, zie hoofdstuk 19. Beperkte mogelijkheid tot (groeps)bezoek op afspraak.
Informatie: Waterschap Friesland
afd. Voorlichting
Postbus 36
8900 AA LEEUWARDEN
tel. 058-2339930

- 1878 **Winschoten.** Pumping station for the Reiderland polder. Originally two Archimedean screws with horizontal steam engine (Landeweer, Martenshoek), replaced by electric drive in 1929. Second tandem compound engine with Archimedean screw still in situ, the only surviving example of a steam powered Archimedean screw. Stopped 1971, restored to steam 1989. Open May-September, in steam on the last two Sundays of each month.
Winschoten is outside the frontispiece map. It is situated c.35 km east of Groningen, or c.85 km east of Leeuwarden (which is on the map).
Inquiries: Museum Stoomgemaal Winschoten
Oostereinde 4
9672 TC WINSCHOTEN
tel. +31-597-425070 or 417356
- 1882 **Nijkerk.** Drainage station for the Arkemheen polder. Horizontal steam engine (Backer & Rueb, Breda) geared down to double scoopwheel. Stopped 1983. Restored to (museum) steam 1986. The station is still capable of draining the polder, and it is occasionally called upon to do so. Open in the summer season, in steam on the last two Sundays of each month.
Inquiries: Stoomgemaal "Hertog Reijnout"
Zeedijk 6
3861 MD NIJKERK
tel. +31-33-2457757
- 1885 **Putten.** Drainage station the Putter polder. Horizontal steam engine (Sepp & Co., Enschede) driving single scoopwheel through gears. Stopped 1971. Visits by appointment.
Inquiries: see Nijkerk
- 1918 **Appeltern.** Pumping station for river polder De Tuut north of the Maas river. Two centrifugal pumps driven by horizontal uniflow steam engines (Stork, Hengelo). Stopped 1969, restoration in progress since 1984. Visits by appointment.
Inquiries: Monumentenstichting Baet en Borgh
Postbus 113
6658 ZK BENEDEN LEEUWEN
- 1918 **Tacozijsl.** Provides power discharge for the boezem of Friesland. Four tandem compound engines with single acting HP and double acting uniflow LP (Smulders, Utrecht) drive eight centrifugal pumps. Operational, see chapter 19. Limited possibilities for group visits by appointment.
Inquiries: Waterschap Friesland
afd. Voorlichting
Postbus 36
8900 AA LEEUWARDEN
tel. +31-58-2339930

Colofon

Eerste uitgave:

Titel *De ontwikkeling van het wateropvoerwerktuig in Nederland 1770-1870*

© 1984 Delftse Universitaire Pers / K. van der Pols

Tweede herziene en tweetalige uitgave:

© 1996 Stichting De Cruquius

Bewerking, vertaling, omslagontwerp en opmaak J.A. Verbruggen

Druk Haveka, Alblasserdam

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

ISBN 90-407-1353-7

Omslagfoto: *Het gemaal Cruquius, gezien vanuit de polder ca.1920*

Colophon

First edition:

Title *De ontwikkeling van het wateropvoerwerktuig in Nederland 1770-1870*

© 1984 Delftse Universitaire Pers / K. van der Pols

Second revised and bilingual edition:

© 1996 Stichting De Cruquius

Revision, translation, cover design and layout J.A. Verbruggen

Printed by Haveka, Alblasserdam

No part of this book may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

ISBN 90-407-1353-7

Cover photograph: *The Cruquius pumping station as seen from the polder c.1920*

Bronvermelding illustraties — Illustration sources

Bij een aantal bladzijdennummers is (BG) toegevoegd. De originelen van deze figuren behoorden tot de verzameling van het Bataafsch Genootschap, die verloren is gegaan tijdens het bombardement van Rotterdam op 14 mei 1940; de illustraties zijn naar reproducties uit de aangegeven bron. Van enkele figuren konden maker en/of bron niet achterhaald worden.

Where (BG) has been added to a page number, the original of the figure was in the collection of the Batavian Society, which was destroyed in the Rotterdam blitz on 14 May 1940. The illustration concerned is then based on a reproduction from the source indicated. The maker and/or source of a few figures could not be traced.

omslag/cover, p.76+77,166+167(inv.1556): Rijksarchief in Noord-Holland, Haarlem

p.9(BG),11,46(BG): Iconografisch Bureau, Den Haag

p.10,124: Erven v.d.Pols heirs

p.16,17,34,52,132,133: Huet

p.18+19: Zuiderzeemuseum, Enkhuizen

p.22,23,29: Museum Boerhaave, Leiden

p.28,42,43: Farey

p.34,52,109,110,125: Stichting de Cruquius, Cruquius

p.35(BG),40(BG),41(BG),49(BG),150,153: Gemeente-archief, Rotterdam

p.48: Atlas van Stolck, Rotterdam

p.59(inv.RP-T-1913-12): Rijksmuseum, Amsterdam

p.62,63: Teylers Museum, Haarlem

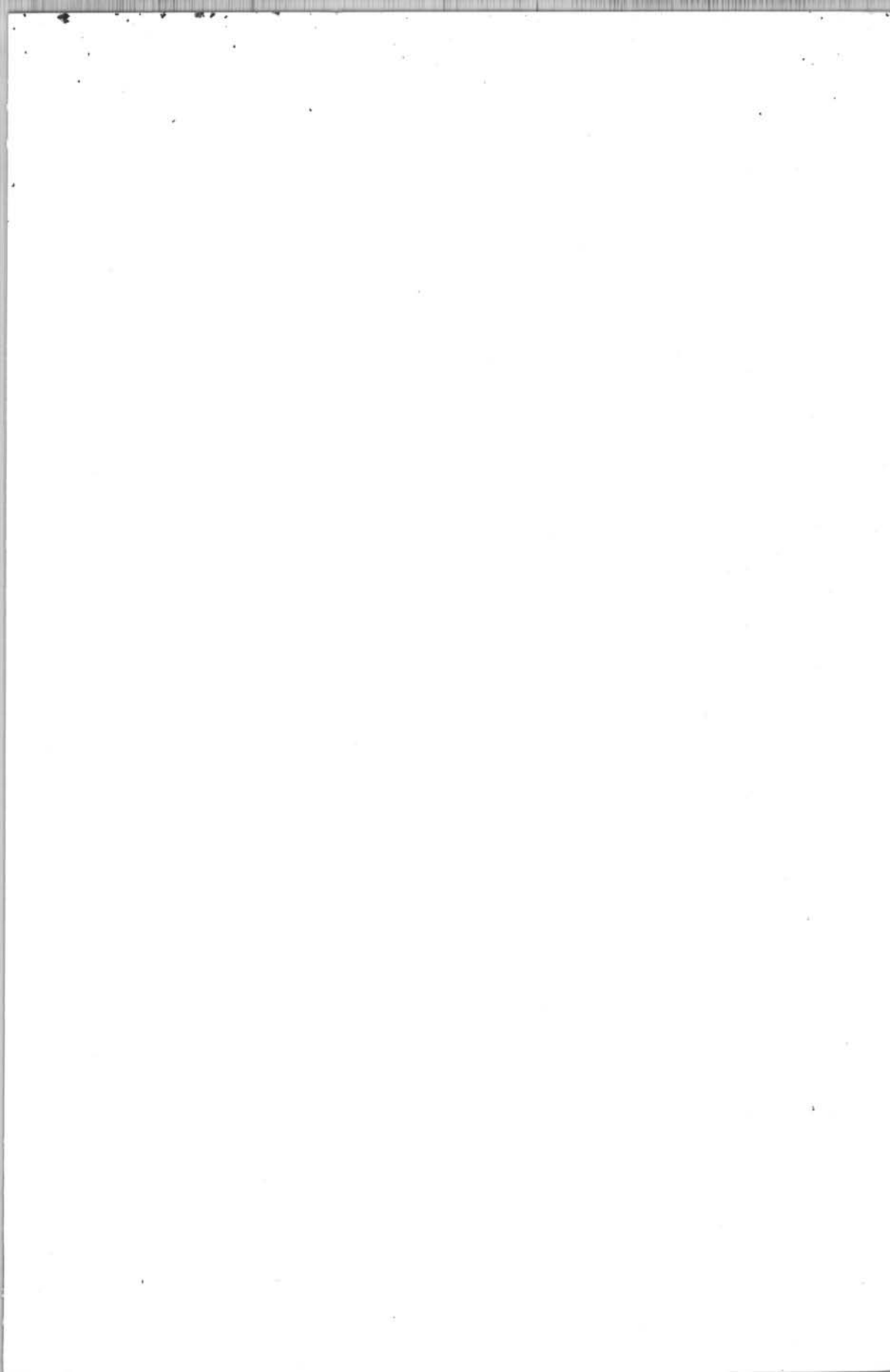
p.67(pf.590): Birmingham Public Libraries, Birmingham

p.84+85,93,131: KIVI, Den Haag

p.102: C.Crowle, Hayle

p.116,117: Kaartenarchief Rijnland, Leiden

p.142(inv.126616): Nederlands Openluchtmuseum, Arnhem



Even na 1770 werd in Nederland een moeizaam begin gemaakt met het gebruik van stoomkracht voor bemaling. Tot die tijd gebeurde dat alleen met windmolens. Een eeuw later waren er nog steeds veel windmolens, maar stoombemaling was intussen het belangrijkste middel geworden om land droog te maken en te houden. Dit boekje behandelt deze ontwikkeling, die niet van een leien dakje ging. K. van der Pols (1906-1995), de schrijver van de eerste uitgave, nam een standaardwerk uit 1885 als leidraad en vulde het aan met nieuwere ontdekkingen en inzichten. Voor deze geheel herziene en aangevulde nieuwe uitgave heeft J.A. Verbruggen deze lijn voortgezet. Naast een overzicht van de soms ingewikkelde — en zelden rechtlijnige — procedures, overwegingen, besluiten en proeven, worden ook enkele belangrijke personen belicht. Verder worden enige technische grondslagen kort behandeld.

Shortly after 1770 the first attempts — riddled with difficulties — were made to use steam power for drainage purposes. Until then all power drainage had been done with windmills. A century later many windmills were still operating, but steam had by that time become the principal power source for reclaiming land, and for keeping it dry. This little book describes that transition, which was anything but plain sailing. K. van der Pols (1906 - 1995), the author of the first edition, based it on an 1885 standard work, supplemented by later discoveries and insights. For this revised and expanded edition, J.A. Verbruggen has continued this approach. The book discusses the often complex — and rarely straightforward — procedures, considerations, decisions and trials, and it presents some of the principal players. Several technical aspects are briefly explained.

ISBN 904071353-7



9 789040 713538