

PIE RAPPORTENREEKS

40

ELEKTRICITEITSVOORZIENING

(Branchenummer 38)

Peter van Overbeeke

m.m.v. Hans Buiten
 Ton Hesselmans
 Erik Nijhof
 Wouter Timmermans
 Geert Verbong
 Stichting Historie der Techniek

Uitgave:
Stichting Projectbureau Industrieel Erfgoed
Zeist, 1996

Inhoudsopgave

	Inleiding	2
1	Sociaal-economische ontwikkelingen 1880 - 1950	3
	Periode 1880 - 1900: particulier initiatief	3
	Periode 1900 - 1912: gemeentelijke elektriciteitsbedrijven	6
	Periode 1912 - 1925: provinciale elektriciteitsbedrijven	8
	Periode 1925 - 1950: verdere ontplooiing	11
	Architectuur en vormgeving	15
	Arbeid	15
	<i>Samenvatting</i>	16
	<i>Sociaal-economisch-historische kernpunten</i>	18
2	Ontwikkeling van de produktietechniek 1880 - 1950	20
	Beginperiode voor 1900	20
	Productie en distributie omstreeks 1910	23
	Belangrijke technische veranderingen na 1910	29
	Waterkrachtcentrales	32
	Zelfopwekkers	32
	De elektrificatie van de spoorwegen	33
	De bouwwijze van centrales	34
	Energietransport onder hoge spanning en het koppelnet	35
	<i>Typen-ordening onroerende goederen</i>	37
	<i>Typen-ordening roerende goederen</i>	44
3	Aanpak van het veldonderzoek	46
	Korte toelichting op de waarderingssystematiek	46
4	Resultaten van het onderzoek naar onroerende goederen	48
	<i>Waardering van de onroerende goederen</i>	49
5	Resultaten van het onderzoek naar roerende goederen	54
	<i>Waardering van de roerende goederen</i>	54
6	Conclusies en aanbevelingen	55
	Bijlagen	
	Literatuurlijst	56
	Lijst van objecten, ontleend aan literatuur	57
	Voorbeeld van een ingevuld inventarisatieformulier onroerend goed	61
	Voorbeeld van een ingevuld inventarisatieformulier roerend goed	64

Inleiding

Dit rapport is tot stand gekomen in opdracht van het Projectbureau Industrieel Erfgoed (PIE). Een van de taken van het PIE is het inventariseren welk industrieel erfgoed voor Nederland van nationaal cultureel belang is en het formuleren van selectiecriteria en aanbevelingen tot selectief behoud.

Het PIE laat daartoe vele branche-studies verrichten, waarin steeds het onroerend goed (bedrijfsgebouwen) en roerend goed (werktuigen en inrichting van die gebouwen) van een bepaalde tak van industrie, daterend uit de periode 1850-1950, centraal staat.

Dit rapport over het industrieel erfgoed van de elektriciteitsvoorziening gaat uit van de periode 1880-1950, omdat er daarvoor nog geen sprake was van elektriciteitsvoorziening. Het rapport gaat over de historische ontwikkeling van de opwekking, het transport en de distributie van elektriciteit. Van belang zijn de centrales, het elektriciteitsnet (ondergrondse en bovengrondse leidingen) en bijbehorende installaties en gebouwen, zoals schakelstations en transformatorhuisjes. Hoofdstuk 1 geeft een schets van de sociaal-economische ontwikkelingen, terwijl hoofdstuk 2 ingaat op de produktietechnische ontwikkelingen van de elektriciteitsvoorziening.

Een aantal van de bewaard gebleven onroerende goederen (gebouwen) is bezocht, beschreven en gefotografeerd (inclusief de in die gebouwen aanwezige roerende goederen). Welke gebouwen in het veldonderzoek zijn betrokken en waarom die keuze is gemaakt, komt aan de orde in hoofdstuk 3. De hoofdstukken 4 en 5 geven vervolgens de resultaten van het veldonderzoek naar onroerende respectievelijk roerende goederen. De bezochte objecten zijn gewaardeerd door ze te plaatsen tegen de achtergrond van de sociaal-economische en produktietechnische schetsen. Zodoende kan beoordeeld worden welke roerende en onroerende goederen kenmerkend zijn voor gesignaleerde ontwikkelingen.¹

Noten bij de inleiding

1. Zie voor een toelichting op de onderzoeksmethode:
H. Buitter, J.-P. Corten en E.J.G. van Royen, *PIE branche-onderzoek. Handboek branche-onderzoeker* (SHT, Eindhoven 1993).

Hoofdstuk 1: Sociaal-economische ontwikkelingen 1880 - 1950

Om de sociaal-economische ontwikkelingen van de elektriciteitsvoorziening te beschrijven kunnen twee deelvragen worden onderscheiden:¹

Enerzijds: Wat is typerend voor de elektriciteitsbedrijven in sociaal en economisch opzicht?

Anderzijds: Wat is de betekenis van de elektriciteitsbranche voor de samenleving in het algemeen en de economie in het bijzonder?

Het bestudeerde tijdvak (1880 - 1950) is opgedeeld in een aantal periodes, zodanig dat de hoofdlijnen van de sociaal-economische ontwikkelingen duidelijk tot uiting komen.

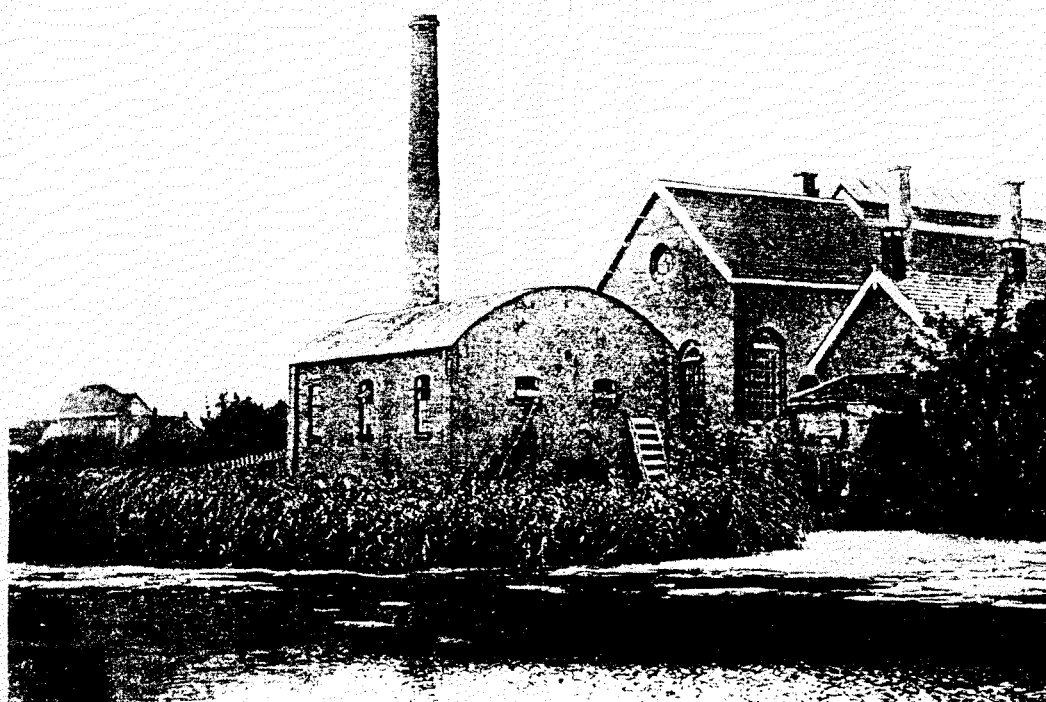
De eerste periode, van 1880 tot 1900, is de beginfase, waarin voornamelijk sprake is van particuliere initiatieven. Dan volgt de periode van 1900 tot 1912, waarin veel gemeentelijke elektriciteitsbedrijven worden opgericht, vooral in de grote steden. Vervolgens krijgen we de periode van 1912 tot 1925; in deze jaren ontstaan de provinciale elektriciteitsbedrijven, waarmee de basis wordt gelegd voor de organisatie van de elektriciteitssector, zoals die lange tijd heeft voortbestaan. (Met het aannemen van de Elektriciteitswet in 1989 is hierin verandering gekomen.) In de laatste periode, van 1925 tot 1950, is er sprake van verdere schaalvergroting, die samengaat met uitbreiding van de elektriciteitsnetten en toename van de elektriciteitsafzet. Tegelijkertijd gaan de elektriciteitsbedrijven meer samenwerken en wordt de produktie verder geconcentreerd.

Deze indeling is niet strikt; zo zijn er al vóór 1900 enkele gemeentelijke centrales opgericht. Desondanks is deze indeling bruikbaar. Deze perioden komen in vier achtereenvolgende paragrafen aan de orde, waarna nog een paragraaf over architectuur en vormgeving en een paragraaf over arbeid en arbeiders in de elektriciteitsvoorziening volgen.

Periode 1880 - 1900: particulier initiatief

Omstreeks 1880 verkochten installatiebedrijven in Rotterdam, Amsterdam en andere plaatsen de eerste elektrische installaties van Nederland. Sommige ondernemers schaften zo'n installatie aan voor de elektrische verlichting van hun werkplaats, kantoor, winkel of horeca-gelegenheid. In enkele gevallen werd zo'n installatie ook in een woonhuis aangebracht. Dat was destijds een noviteit die veel aandacht trok van het publiek. Vergeleken met andere lichtbronnen, zoals gas, was het wel erg duur. Het was dan ook vaak bedoeld als een vorm van reclame voor de betreffende ondernemingen. Verder schaften nogal wat fabrikanten, vooral uit de voedings- en genotmiddelen-industrie, een installatie aan.

Die elektrische installaties waren particulier eigendom en werden in eerste instantie enkel voor eigen gebruik geëxploiteerd. Later gingen sommige exploitanten ook elektriciteit aan derden leveren. Daarnaast werden er aparte ondernemingen opgericht om een



Afb. 1 De eerste centrale in Nederland te Kinderdijk
(*De ontwikkeling onzer electriciteitsvoorziening 1880-1938*. VDEN, p.781)

elektriciteitscentrale te exploiteren. Een voorbeeld is 'Electriciteitsmaatschappij systeem De Khotinsky' in Rotterdam. Die leverden stroom aan een relatief klein aantal klanten via leidingen of door elke dag verse accu's af te leveren.

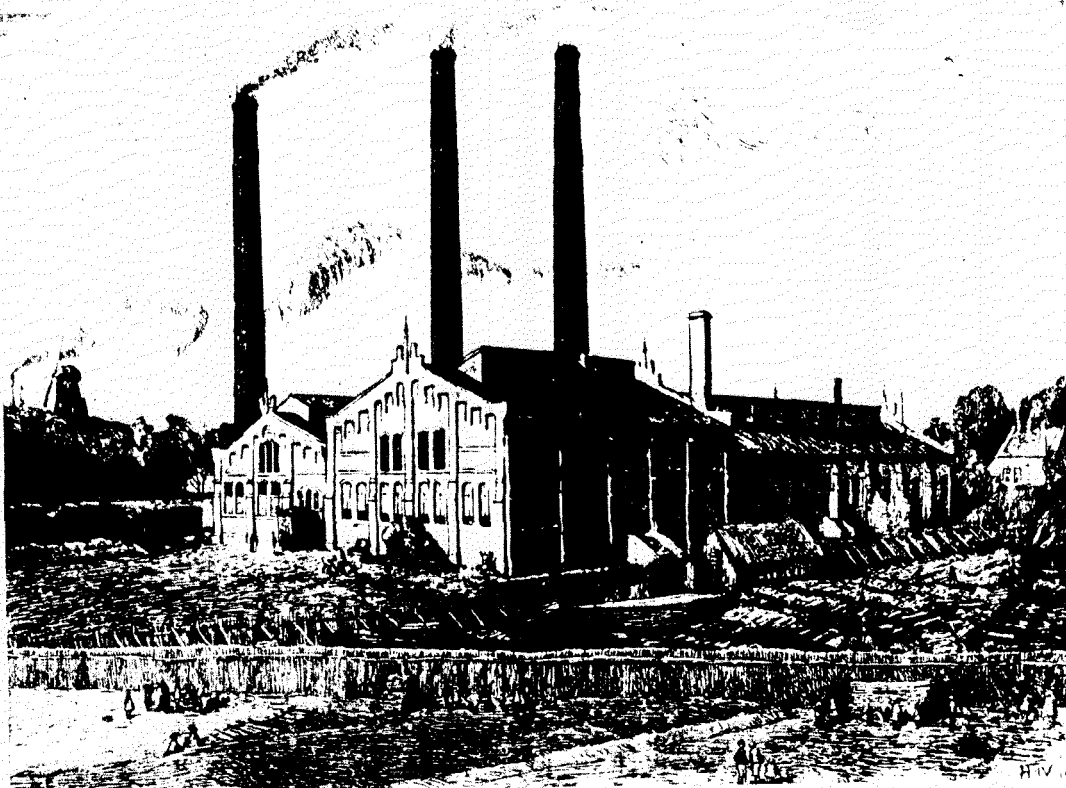
In 1886 werd te Kinderdijk het eerste openbare elektriciteitsbedrijf van Nederland opgericht, de 'NV Electriche Verlichting Kinderdijk' (afbeelding 1). Daarbij speelde Willem Smit, één van de grondleggers van de Nederlandse elektrotechnische industrie, een belangrijke rol. Dat bedrijf had 295 aansluitingen: bedrijven, woningen en straatlantaarns. Vanaf 1890 ging de centrale te Kinderdijk ook stroom leveren aan afnemers in Krimpen aan de Lek; dat was de eerste intercommunale stroomlevering in Nederland, dat wil zeggen van één gemeente naar een andere.

In datzelfde jaar begon de gemeente Nijmegen een elektriciteitscentrale ten behoeve van elektrische straatlantaarns langs de Waalkade. Die centrale leverde verder geen elektriciteit aan bedrijven of huishoudens, zodat het belang ervan in sociaal-economisch opzicht niet zo groot was, behalve misschien als voorbeeld van de moderne technologie.

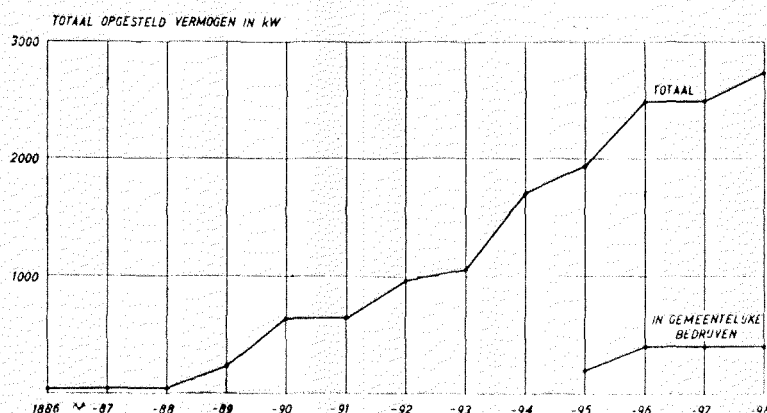
Den Haag was in 1889 de eerste grote stad met een wat grotere openbare elektriciteitscentrale; die centrale had een vermogen van 600 kilowatt (600 kW). In 1892 volgde Amsterdam, toen de eerste 'grootschalige' centrale van de 'Maatschappij voor Electriche Centraalstations Electra' in bedrijf kwam. De geschiedenis van Electra is typerend voor de eerste periode van de elektriciteitsvoorziening, omdat daarin het belang van particuliere initiatieven duidelijk naar voren komt.

Al in 1881 en 1882 werden maar liefst 10 aanvragen ingediend bij de gemeente Amsterdam voor een vergunning voor elektrische verlichting van de gemeente of een deel daarvan. De gemeente stond echter terughoudend tegenover elektriciteit, omdat ze de belangen van de gasbedrijven niet wilde schaden en omdat elektriciteit nog in een experimentele fase verkeerde. Electra exploiteerde in de Kalverstraat een installatie om elektriciteit op te wekken en leverde de elektriciteit aan gebouwen binnen hetzelfde stratenblok, zodat er geen vergunning vereist was. Zo'n installatie werd om die reden een blokstation genoemd. In 1888 kreeg Electra toch een vergunning om ook leidingen naar blokken in de omgeving te leggen. Daarvoor werd een grotere centrale gebouwd aan de Kalverstraat. Ook andere elektriciteitsbedrijven kregen een dergelijke vergunning, maar maakten daarvan geen gebruik. In 1890 kreeg Electra een nieuwe vergunning voor de elektriciteitsvoorziening van Amsterdam. Daarvoor was een nieuwe centrale nodig aan de Haarlemmerweg, die in 1892 in bedrijf kwam, met een totaal vermogen van meer dan 1600 kW (afbeelding 2).

In Rotterdam ontstond het eerste gemeentelijke elektriciteitsbedrijf van Nederland. Al in 1889 vatte de gemeente Rotterdam het plan op om de elektriciteitsvoorziening zelf ter hand te nemen, net zoals ze dat deed met de gasvoorziening. In 1894 werd een gemeentelijke centrale aan de Oostzeedijk voltooid, op het terrein van de gemeentelijke



Afb. 2 De centrale van 'Electra' aan de Haarlemmerweg te Amsterdam
(De ontwikkeling onze electriciteitsvoorziening 1880-1938. VDEN, p.30)



Afb. 3 Het verloop van het opgestelde vermogen in de Nederlandse centrales 1886-1898
(De ontwikkeling onze electriciteitsvoorziening 1880-1938. VDEN, p.39)

gasfabriek. Een van de redenen voor deze pioniersdaad was de gewenste modernisering van de Rotterdamse haven door het aanschaffen van elektrische kranen.

Een particuliere ondernemer die hier ook genoemd moet worden is R.W.H. Hofstede Crull. In 1896 kreeg hij van de gemeente Borne een concessie om een elektriciteitscentrale te bouwen en een distributienet aan te leggen. Andere elektriciteitsbedrijven volgden, onder andere in Driebergen in 1898 (1899 volgens veldonderzoek). Rond 1900 stond Hofstede Crull aan de wieg van het Twentsch Centraal-Station voor Electriche Stroomlevering (TCS). De centrale zelf stond in Hengelo, maar het distributienet werd in de loop der jaren uitgebreid over een groot deel van Overijssel en Gelderland. Hofstede Crull was ook betrokken bij de oprichting van een ander regionaal elektriciteitsbedrijf, de Stroom-Verkoop-Maatschappij in Limburg. Verder was hij een van de oprichters van het installatiebedrijf Hofstede Crull & Willink, dat later werd omgezet in de NV HEEMAF (Hengelosche Electriche- en Mechanische Apparaten Fabriek).²

Afbeelding 3 laat het verloop zien van het opgestelde vermogen in de Nederlandse centrales in de jaren 1886-1898. Rond 1900 (en ook nog in de jaren daarna) verrezen er in talloze kleinere plaatsen particuliere elektriciteitscentrales. De opkomst van de elektriciteitsvoorziening blijkt dus vrijwel uitsluitend te danken aan particulier initiatief, met Rotterdam als uitzondering. Gemeenten gaven slechts schoorvoetend vergunning aan particulieren voor elektriciteitslevering. De gasbedrijven, die vaak in handen van de gemeente waren, mochten niet lijden onder concurrentie van elektriciteit en kregen daarom voorrang bij vergunningen. Ook vond men elektrische experimenten gevaarlijk.

In economisch opzicht stelde de elektriciteitsbranche voor 1900 nog niet veel voor. De elektromotor werd nog nauwelijks toepast; als krachtbron in de industrie werden voornamelijk stoommachines en windmolens gebruikt. Bovendien beschikten de weinige bedrijven die wel al elektriciteit gebruikten meestal over een eigen elektrische installatie om elektriciteit op te wekken. In 1895 waren er zes elektriciteitscentrales: De Khotinsky te Rotterdam, Kinderdijk, Nijmegen, Den Haag, Electra te Amsterdam en de gemeentelijke centrale te Rotterdam. Daarin stond totaal ruim 2000 kW vermogen opgesteld. Omstreeks diezelfde tijd waren er ruim 400 afzonderlijke elektrische installaties met naar schatting in totaal bijna 10 000 kW.³

De elektriciteit werd in hoofdzaak gebruikt voor verlichting. De elektrische verlichting werd echter nog lang niet op zo'n grote schaal toegepast als de gasverlichting. In 1895 telde Nederland nog maar zo'n 1600 elektrisch verlichte gebouwen, terwijl er op de gasnetten van de twintig grootste gemeenten al 140.000 aansluitingen waren. In de concurrentiestrijd tussen gas en elektrische verlichting, die rond 1880 ontstond, kreeg gasverlichting in 1885 een extra voorsprong door de uitvinding van het gasgloeikousje.

Periode 1900 - 1912: gemeentelijke elektriciteitsbedrijven

Deze periode wordt vooral gekenmerkt door de oprichting van gemeentelijke elektriciteitsbedrijven. Na het vroege voorbeeld van de gemeente Rotterdam (1889) volgden tussen 1901 en 1913 meer dan twintig gemeenten. Maar dat wil niet zeggen dat er geen particuliere centrales meer werden gebouwd. Integendeel; in diezelfde periode werden er ongeveer zestig particuliere elektriciteitsbedrijven opgericht.

Het waren vooral grotere steden waar een gemeentelijk elektriciteitsbedrijf werd opgericht; om er enkele te noemen: in 1901 in Enschede, in 1902 Groningen en Haarlem, in 1904 Amsterdam, in 1905 Utrecht en in 1906 Den Haag. De particuliere centrales verschenen in kleinere plaatsen, verspreid over het gehele land.

Bij het bepalen van de lokatie van centrales lette men vooral op de mogelijkheden om per spoor of per schip steenkool en machines aan te voeren, op de beschikbaarheid van koelwater en op de afstand tot de afnemers. Voor zover de infrastructuur dat toeliet; bouwde men de centrale in of aan de rand van de stad en eventueel dichtbij de havens, waar vaak grote afnemers zaten. (Zie verder het tweede hoofdstuk over de produktie-techniek.)

De gebeurtenissen in Tilburg geven een typisch voorbeeld van de rol die gemeenten speelden bij het ontstaan van elektriciteitsvoorziening. Tilburg gaf in 1908 geen concessie voor een particuliere elektriciteitscentrale. Hoewel die centrale bedoeld was voor de stroomvoorziening van een elektrische tram, vreesde de gemeente de concurrentie van die centrale voor de gemeentegasfabriek. Het gevolg was wel dat Tilburg het plan opvatte om zelf een elektriciteitscentrale te bouwen.

In 1909 echter deed de 'Peelcentrale' Tilburg het aanbod om elektriciteit *en gros* te leveren (dat wil zeggen dat de gemeente een grote hoeveelheid elektriciteit zou inkopen en zelf de distributie in Tilburg zou verzorgen).⁴ Tilburg zag van dit aanbod af, omdat ze dacht goedkoper uit te zijn met een eigen centrale, maar vooral omdat de provincie Noord-Brabant waarschijnlijk toestemming zou weigeren voor de elektriciteitsvoorziening vanuit de Peelcentrale naar Tilburg. De provincie begon in die periode namelijk net te denken aan elektriciteitsvoorziening op provinciaal niveau, een idee dat in de periode na 1912 volop tot uiting zou komen. Zodoende besloot de Tilburgse gemeenteraad in 1910 om een gemeentelijk elektriciteitsbedrijf met een eigen centrale op te richten.

Er ontstond in de beschreven periode nog een belangrijke elektriciteitsproducent, die noch particulier, noch gemeentelijk eigendom was. Dat was het bedrijf van de Staatsmijnen. In 1904 nam de staatsmijn Wilhelmina een centrale in gebruik. De elektriciteit werd gebruikt voor drijfkracht en verlichting in de mijn zelf en later ook getransporteerd naar andere staatsmijnen. In 1909 werd door particulieren de 'Maatschappij tot Verkoop van den Electriscen Stroom der Staatsmijnen in Limburg' opgericht, kortweg de Stroomverkoop-

maatschappij. Die sloot een contract met de Staatsmijnen voor elektriciteitslevering en leverde die en gros aan Maastricht en andere gemeenten. In 1911 ging ook Heerlen elektriciteit betrekken van de Stroomverkoopmaatschappij en werd de gemeentelijke centrale aldaar gesloten.

Alle gemeentelijke en particuliere centrales hadden te maken met een snel toenemende vraag naar elektriciteit. Omstreeks 1905 deed de metaaldradlamp haar intrede; die had een hogere lichtopbrengst dan de kooldraadlamp en dus een lager elektriciteitsverbruik. De aanvankelijke kleine daling van het elektriciteitsverbruik veranderde al gauw in een sterke toename, doordat er veel meer lampen werden aangeschaft.

Naast elektrische verlichting werd ook de toepassing voor beweegkracht (tractie) belangrijk: in veel plaatsen werd de paardetram vervangen door een elektrische tram en havenbedrijven werden ook belangrijke afnemers. In een aantal plaatsen ging de bouw van een gemeentelijke centrale zelfs hand in hand met de elektrificatie van een tram of haveninstallaties. In Utrecht bijvoorbeeld werd een grote krachtstroomlevering als een noodzakelijke voorwaarde beschouwd voor de rentabiliteit van een elektrische centrale. De levering van enkel lichtstroom zou te weinig opbrengen, vanwege de lage tarieven van het concurrerende lichtgas. De gemeente Utrecht besloot in 1902 dan ook tot de bouw van een elektrische centrale en tot de aanleg van een elektrisch tramnet.

Een andere toepassing van krachtstroom was de aandrijving van poldergemalen; in 1913 leverde het Rotterdamse elektriciteitsbedrijf voor het eerst elektriciteit voor een aantal gemalen in de regio. Al met al nam de elektriciteitsafzet van de bestaande centrales via de bestaande netten steeds toe, doordat er meer aansluitingen kwamen en het verbruik per afnemer steeg. Daarnaast werden de verzorgingsgebieden van veel centrales ook groter. Door toepassing van wisselstroom was het mogelijk om elektriciteit over grotere afstanden te transporteren en naburige gemeenten te voorzien.

Door de snel toenemende vraag moesten alle centrales uit die tijd om de paar jaar worden vergroot en uitgebreid. Door die schaalvergroting en dankzij technologische vooruitgang nam de rentabiliteit van elektriciteitsbedrijven over het algemeen toe, terwijl ook de tarieven lager werden. Daardoor werd elektriciteit voor steeds meer mensen en bedrijven betaalbaar.

In de periode 1900-1912 was dus een duidelijk onderscheid te maken tussen particuliere en gemeentelijke elektriciteitsbedrijven. Wel moet worden opgemerkt dat sommige bedrijven weliswaar gemeentelijk eigendom waren, maar door een particuliere onderneming werden geëxploiteerd. De elektriciteitsbedrijven waren commercieel van aard; voor de particuliere centrales was het winststreven vanzelfsprekend, maar ook de gemeentelijke bedrijven werden in het algemeen zodanig geëxploiteerd dat er een batig saldo naar de gemeentekas vloeide.

Provincie	1890	1895	1900	1905	1910
Groningen	-	-	-	2	5
Friesland	-	-	-	-	2
Drenthe	-	-	-	-	-
Overijssel	-	1	3	5	4
Gelderland	-	-	3	3	6
Utrecht	-	-	4	7	8
Noord-Holland	-	1	6	10	12
Zuid-Holland	2	3	3	6	13
Zeeland	-	-	-	1	2
Noord-Brabant	-	-	-	1	2
Limburg	-	-	1	2	6
Totaal opgest. vermogen	633	1.936	5.370	19.523	66.559

Afb. 4 Tabel van het aantal elektriciteitsbedrijven met hun totaal elektrisch vermogen in kW
(Hans Buiter, *Nederland.Kabelland* p.16)

Bij de gemeentelijke elektriciteitsbedrijven was winstgevendheid niet het enige doel, want tegelijkertijd streefden de gemeenten ernaar om de elektriciteit ook binnen het bereik van de minder gegoede burgers te brengen. Een belangrijke stimulans daartoe was het muntmetertarief dat Amsterdam in 1913 invoerde. Dat hield in dat het elektriciteitsbedrijf in woonhuizen een elektrische installatie met een muntmeter aanlegde, waarvoor de eigenaar of de huurder niets hoefde te betalen. Telkens wanneer de bewoner elektriciteit wilde gebruiken voor verlichting (of een strijkijzer e.d.), moest hij een muntje in de meter werpen, waarna hij een bepaald aantal kilowatturen kon afnemen. Het grote voordeel van dit betaalsysteem, in vergelijking met de gebruikelijke elektriciteitsrekening over één of twee maanden, was dat de armere inwoners, die hun loon per week kregen uitbetaald, geen grote bedragen in één keer moesten betalen.

In het noorden van Nederland ontstond verder een aantal particuliere centrales met een afwijkende beheersvorm: rond 1910 werden in de veenstreken van Groningen en Drente en in Friesland coöperatieve elektrische centrales opgericht. De exploitatie daarvan geschiedde voor rekening van een groep belanghebbenden, dat wil zeggen afnemers.

Niet alleen de gemeentelijke overheden lieten zich in met de elektriciteitsvoorziening. Ook de provincies en de rijksoverheid begonnen in te zien dat elektrificatie belangrijk was voor de ontwikkeling van het land en de rijksoverheid meende dat er behoefte was aan regulering. In 1904 werd de 'Staatscommissie voor de elektrische geleidingen' ingesteld. Die adviseerde in 1911 omtrent wetgeving en de instelling van een 'Electriciteitsraad'. In 1911 stelde de regering een tweede commissie in, die moest bestuderen hoe de dreigende versnippering van de elektriciteitsvoorziening te voorkomen was en hoe de productie en distributie gerationaliseerd konden worden, met name op het platteland. Zo zien we in deze periode een geleidelijk begin van de algemene (openbare) elektriciteitsvoorziening van Nederland.

De tabel in afbeelding 4 geeft het aantal elektriciteitsbedrijven (centrales) met hun totaal elektrisch vermogen in de jaren 1890 - 1910. In 1910 waren er zestig centrales, met een grote variatie aan opgesteld vermogen en aantal aangesloten verbruikers. De grootste centrale van Nederland (in 1913), die van het elektriciteitsbedrijf in Amsterdam aan de Hoogte Kadijk, voorzag met een jaarproductie van bijna dertig miljoen kilowattuur meer dan 6000 klanten van elektriciteit. De vele kleinere centrales op het platteland hadden soms slechts een bereik van enkele honderden meters en enkele tientallen klanten.⁵

Periode 1912 - 1925: provinciale elektriciteitsbedrijven

De periode van 1912 tot 1925 werd door de elektriciteitssector zelf omschreven als een periode van stormachtige ontwikkeling. De elektriciteitsvoorziening breidde zich uit over het gehele land en het elektriciteitsverbruik groeide spectaculair.

Een organisatie die een belangrijke rol speelde in deze en de volgende periode was de Vereniging van Directeuren van Electriciteitsbedrijven in Nederland (de VDEN). Die werd in 1913 opgericht. De leden waren directeuren van particuliere en overheidsbedrijven, van grote en kleine bedrijven en van productie- en distributiebedrijven, een bonte verzameling dus.

De eerste jaren na 1914 stonden in het teken van de Eerste Wereldoorlog. Hoewel Nederland niet betrokken raakte in de strijd, had de Nederlandse samenleving wel ernstig te lijden onder schaarste. De elektriciteitsbedrijven konden niet of moeilijk aan machines, brandstoffen, koper en andere grondstoffen komen. Tot die tijd werd de steenkool ingevoerd uit de buurlanden, met name uit Groot-Brittannië, maar de oorlog bemoeilijkte die import in sterke mate. De Staatsmijnen in Limburg, die pas enkele jaren eerder opgericht waren, voerden hun productie op, maar konden niet voorzien in de hele Nederlandse behoefte.

Toch profiteerde de elektriciteitssector indirect van de brandstoffenschaarste. De gasfabrieken en andere industrieën leden namelijk nog sterker onder het gebrek aan brandstoffen dan de elektriciteitscentrales, en particulieren hadden gebrek aan petroleum voor hun lampen. Gasfabrieken hadden vetkolen nodig om te vergassen en die waren in Nederland onvoldoende leverbaar. Elektriciteitscentrales daarentegen, konden ook andere soorten steenkool of hout, bruinkool en turf stoken.

Vanwege de genoemde problemen oefende de regering druk uit op de elektriciteitsbedrijven om de elektrificering van woningen zo veel mogelijk te bevorderen. Binnen het stelsel van brandstof-rantsoenering kreeg de elektriciteitssector bovendien voorrang boven andere sectoren. Bovendien vervingen sommige steden de openbare gasverlichting door elektrische straatlantaarns. Dit leidde tot een zeer sterke toename van het aantal elektriciteitsaansluitingen en van de elektriciteitsafname. De nieuwe afnemers bleven vaak klant, ook toen er na de oorlog weer andere brandstoffen beschikbaar waren.

De vele gemeentelijke en particuliere elektriciteitscentrales die in het begin van de eeuw waren ontstaan richtten zich vooral op gebieden waar relatief veel afnemers waren te vinden. De grotere steden en ook sommige gebieden buiten de steden kenden zodoende een (winstgevende) elektriciteitsvoorziening, maar veel landelijke gebieden nog niet.

De provincies achtten het echter een algemeen belang dat het gehele platteland geëlektrificeerd zou worden en ze werden daarin gesteund door de rijksoverheid. De provincies wilden bijvoorbeeld de eventuele winst van de elektriciteitsvoorziening in stedelijke gebieden benutten om de exploitatietekorten in landelijke gebieden te dekken. De provincies Groningen en Noord-Brabant stelden in 1911 verordeningen vast omtrent de exploitatie van productie- en/of distributiebedrijven in de betreffende provincies. Deze provinciale verordeningen werden al snel door de rijksoverheid goedgekeurd, ondanks protesten van de gemeenten.

De regering diende in 1913 een wetsontwerp in dat onder andere aanstuurde op de verplichting een concessie aan te vragen bij de rijksoverheid bij het starten van een elektriciteitsmaatschappij. Hoewel dit ontwerp weer werd ingetrokken - mede onder druk van de pas opgerichte VDEN - was er in de praktijk toch een rijksconcessie nodig om elektriciteitslijnen of -kabels aan te leggen langs rijks(spoor)wegen. Groningen richtte in 1912 een provinciaal elektriciteitsbedrijf op en ontving daarvoor een rijksconcessie, en Noord-Brabant volgde in 1914.

Toen volgden de andere provincies al snel. Gelderland begon een eigen elektriciteitsbedrijf in 1914, de provincies Utrecht en Friesland in 1916 en Zeeland in 1919. Noord-Holland nam in 1917 de particuliere Kennemer Electriciteitsmaatschappij over en Limburg in 1918 de Stroomverkoopmaatschappij.⁶

In Overijssel bestond al een gemeenschappelijke centrale van de gemeenten Zwolle, Deventer en Zutphen, de IJsselcentrale. In 1917 nam de provincie Overijssel een groot deel van de aandelen over en veranderde het bedrijf in een provinciaal elektriciteitsbedrijf. Het verzorgingsgebied van die centrale viel echter niet samen met het grondgebied van de provincie; het particuliere Twentsch Centraal Station in Hengelo bleef tot 1951 zelfstandig en een aantal gemeenten in het zuiden van Drente werden ook vanuit de IJsselcentrale van elektriciteit voorzien. (Het noorden van Drente was aangesloten op de provinciale centrale van Groningen.)

Zuid-Holland vormde een uitzondering in deze provinciale ordening van de elektriciteitsvoorziening. In deze provincie bestonden zes gemeentelijke centrales (van Rotterdam, Dordrecht, Gouda, Leiden, Den Haag en Delft) die ook aan de meeste overige gemeenten in de provincie leverden (intercommunale levering). Omdat een nieuw provinciaal elektriciteitsbedrijf moeilijk zou kunnen concurreren met de bestaande centrales, besloot de provincie Zuid-Holland af te zien van een provinciaal bedrijf.

Van de acht provinciale bedrijven waren er drie zuivere overheidsbedrijven; de overige vijf provinciale bedrijven en de IJsselcentrale waren naamloze vennootschappen, waarvan de aandelen grotendeels in bezit van de provincie waren.

Al bestaande elektriciteitsbedrijven hadden geen vergunning van de provincie nodig. Maar het algemene beeld was dat kleine gemeentelijke en regionale bedrijven hun eigen centrale na verloop van tijd sloten en elektriciteit gingen afnemen van een grotere, efficiëntere provinciale centrale. Die kleinere bedrijven bleven wel vaak de distributie in hun eigen gebied verzorgen.

Ook de grotere bedrijven gingen meer en meer samenwerken bij de elektriciteitsproductie. Die samenwerking werd onder andere gestimuleerd door de lange levertijden en hoge prijzen van ketels, turbines en generatoren. Door stroominkoop bij een naburige centrale werd de bestaande capaciteit van Nederland als geheel beter benut en werd uitbreiding voor sommige bedrijven minder urgent.

Elektriciteit vond in deze periode op steeds meer plaatsen toepassing en het verbruik bleef sterk stijgen. Rond 1914 kwam de gasgevulde gloeilamp op de markt. Die werkte efficiënter en verbruikte dus minder energie bij gelijke lichtopbrengst, zodat elektrische verlichting haar concurrentiepositie verder kon verbeteren. De gasbedrijven zagen in de daaropvolgende periode hun afzet voor gasverlichting steeds verder terug lopen, maar ze slaagden erin om nieuwe afzetmarkten aan te boren of uit te breiden, namelijk koken (gasfornuizen en -komforen) en warmwatervoorziening (gasgeisers).

Dankzij de ontwikkeling van betere elektromotoren en efficiënte grootschalige centrales namen steeds meer bedrijven, ook grote bedrijven, een aansluiting op het elektriciteitsnet. De massafabricage van kleine elektromotoren leidde tot de ontwikkeling en verkoop van talloze elektrische huishoudelijke apparaten. Een derde toepassing, naast licht en kracht, was warmte. Hoewel elektriciteitsbedrijven veel experimenteerden met elektrische kachels en daarvoor reclame maakten, lukte het nauwelijks om te concurreren met kolenkachels. Uitzonderingen waren misschien de straalkacheltjes voor bijverwarming en het relatief grote aantal scholen en kerken waar elektrische verwarmingssystemen werden geplaatst.

Een nieuw tariefstelsel zorgde ervoor dat het gebruik van elektriciteit voor de genoemde toepassingen min of meer betaalbaar werd. Voorheen betaalde de gebruiker een bepaalde prijs per kilowattuur, waarbij het soms uitmaakte op welk uur van de dag elektriciteit gebruikt werd en waarbij onderscheid werd gemaakt tussen grote en kleine gebruikers. In de periode van 1912 tot 1925 schakelden veel elektriciteitsbedrijven echter over op het vastrechtstarief. Daarbij betaalden gebruikers een vast bedrag per maand (het vastrecht), vermeerderd met een relatief laag bedrag per kilowattuur. Het effect daarvan was dat een huishouden bij gelijkblijvend verbruik (voor de elektrische verlichting) net zoveel betaalde als voorheen, maar dat extra elektriciteitsafname voor andere toepassingen (bijvoorbeeld een strijkijzer, straalkachel of stofzuiger) relatief weinig extra kostte.

Dit tariefstelsel was aantrekkelijk voor de elektriciteitsbedrijven. De vaste kosten van het bedrijf werden namelijk vooral bepaald door de investeringen in het elektriciteitsnet en de centrale, terwijl de variabele kosten in hoofdzaak uit de brandstofkosten bestonden. Het net lag al in de grond en de centrale draaide 24 uur per dag, dus de kostprijs om een extra hoeveelheid elektriciteit op te wekken was laag.

Periode 1925 - 1950: Verdere ontplooiing

In 1925 bracht de staatscommissie 'Van Lynden van Sandenburg' een rapport uit over de elektriciteitsvoorziening met een verdeeld advies. De hele commissie was voor verdergaande centralisatie en koppeling van verschillende centrales, maar een meerderheid wilde de bestaande toestand als uitgangspunt nemen, terwijl een minderheid pleitte voor een radicalere aanpak en voor directe controle van de rijksoverheid.

Ook de commissie voor hoogspanningslijnen die de VDEN in 1917 had opgericht, studeerde op het aantal centrales dat nodig was voor een efficiënte elektriciteitsvoorziening en op de vraag of hiervoor een landelijk hoogspanningsnet nodig was. Naast de schaal-grootte was de lokatie een belangrijk vraagstuk: moesten de centrales gebouwd worden in de gebieden met het hoogste verbruik of op plaatsen waar de goedkoopste brandstof beschikbaar was? De VDEN wilde de bestaande situatie verbeteren door een geleidelijke concentratie van produktie en ze wilde zo min mogelijk overheidsbemoeienis.

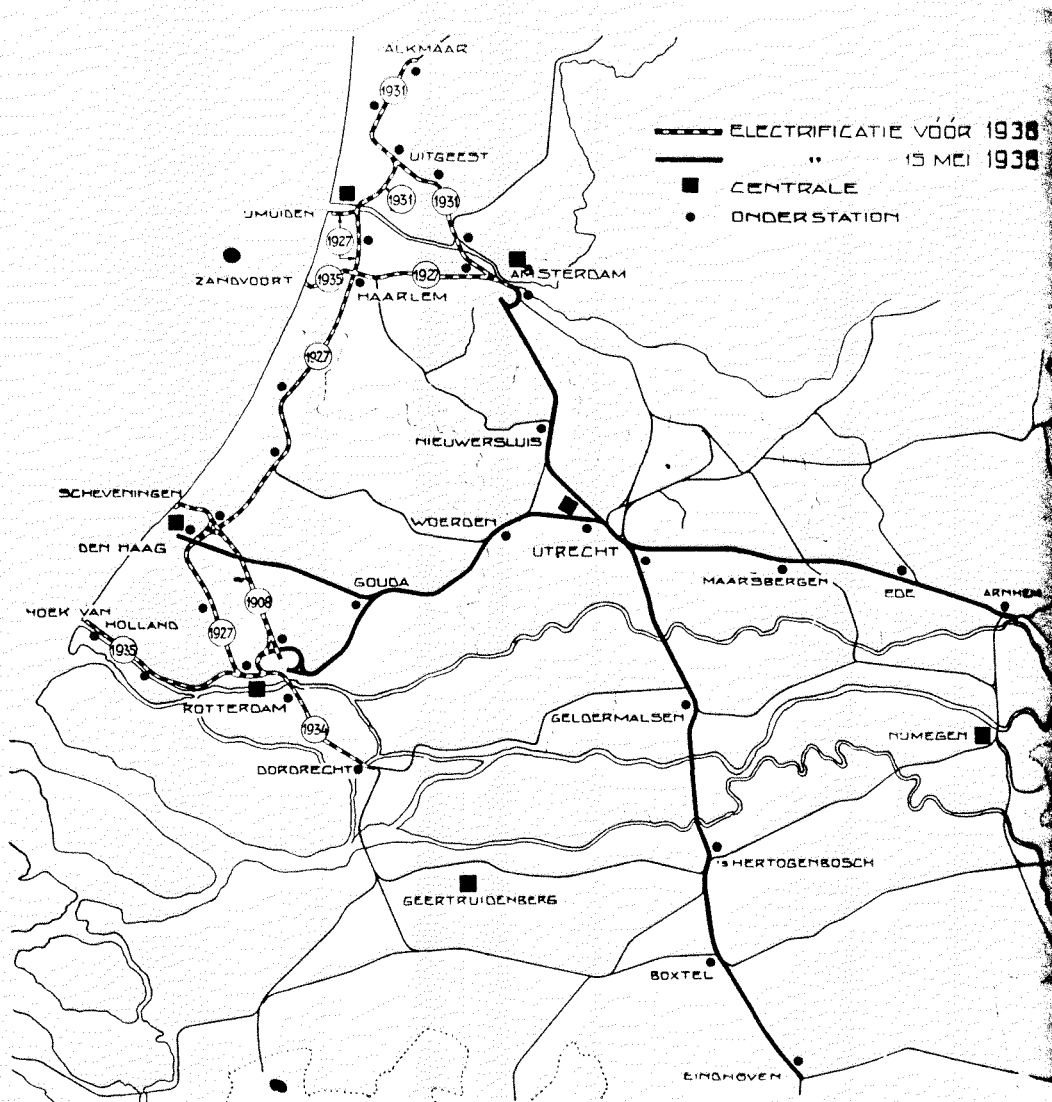
Het bureau van de VDEN-commissie voor hoogspanningslijnen, dat was onderge-bracht bij de Stroomverkoopmaatschappij in Maastricht, groeide in 1921 uit tot het Centraal Bureau van de VDEN. De taak van dat bureau werd uitgebreid met het adviseren van de aangesloten bedrijven en het keuren van elektrotechnische materialen. De groei van dat keuringswerk leidde ertoe dat de VDEN in 1927 een apart bedrijf oprichtte: de 'N.V. tot Keuring van Electrotechnische Materialen (KEMA), die in Arnhem eigen laboratoria liet bouwen.

Tijdens de jaren twintig vond de elektrificatie van het Nederlandse platteland plaats. Eind 1924 waren de meeste provincies al grotendeels of bijna helemaal geëlektrificeerd (gemeten naar het aantal gemeenten dat een aansluiting had). Bovendien waren er op dat moment veel gemeenten waar elektrificatie werd overwogen of voorbereid. Drente en Zeeland bleven daarbij achter; minder dan de helft van de gemeenten was in die provin-cies geëlektrificeerd.

Tot ongeveer 1929 was de ontwikkeling van de Nederlandse economie gunstig: het elektriciteitsverbruik nam in die jaren sterk toe, waardoor de elektriciteitsbedrijven hoge inkomsten genoten. De bedrijven breidden hun centrales uit en verzwaarden de regionale transport- en distributienetten. Er was sprake van verdere ontplooiing in de breedte en de diepte, dat wil zeggen het aantal aansluitingen en het verbruik per aansluiting nam toe.

De langdurige economische crisis die in 1929 begon, veroorzaakte een sterke vermindering van het elektriciteitsverbruik, vooral bij de industrie. Daarom gingen de elektriciteitsbedrijven, in navolging van buitenlandse bedrijven, meer aan voorlichting en propaganda doen om te proberen de afzet op peil te houden. Om het verbruik van huishoudens, dat minder conjunctuur-gevoelig was, te vergroten, voerden de elektrici-teitsbedrijven voorlichtingscampagnes, bijvoorbeeld voor elektrische fornuizen en boilers. Daardoor laaide de concurrentiestrijd tussen elektriciteit en gas weer op. In deze campag-nes namen de toonzalen en winkels van elektriciteitsbedrijven (en van gasbedrijven) een belangrijke plaats in. Hier werden verschillende huishoudelijke apparaten getoond en gedemonstreerd en ook wel verkocht of verhuurd, al of niet in samenwerking met de plaatselijke middenstand en installatiebedrijven.

De elektrificatie zette wel door, ondanks de crisis. Het net werd uitgebreid naar nieuwe gemeenten en in gemeenten die al eerder aangesloten waren werd het net wijder vertakt. In Noord-Brabant bijvoorbeeld werd het aantal transformatorstations uitgebreid



Afb. 5 Kaartje van de geëlektrificeerde baanvakken van de spoorwegen
(De ontwikkeling onzer electriciteitsvoorziening 1880-1938. VDEN, p.860)

van ongeveer 200 in 1924 naar ruim 400 in 1938. In 1938 was de elektrificatie van het platteland nagenoeg voltooid. De enige gebieden die nog niet waren aangesloten waren de oostelijke helft van Goeree Overflakkee en een enkele Brabantse gemeente.

Ook de spoorwegen werden in deze periode geëlektrificeerd. De eerste elektrische trein, van Rotterdam via Den Haag naar Scheveningen, reed weliswaar al in 1908, maar in de jaren 1927 tot 1938 werd een belangrijk deel van de baanvakken van bovenleiding voorzien.

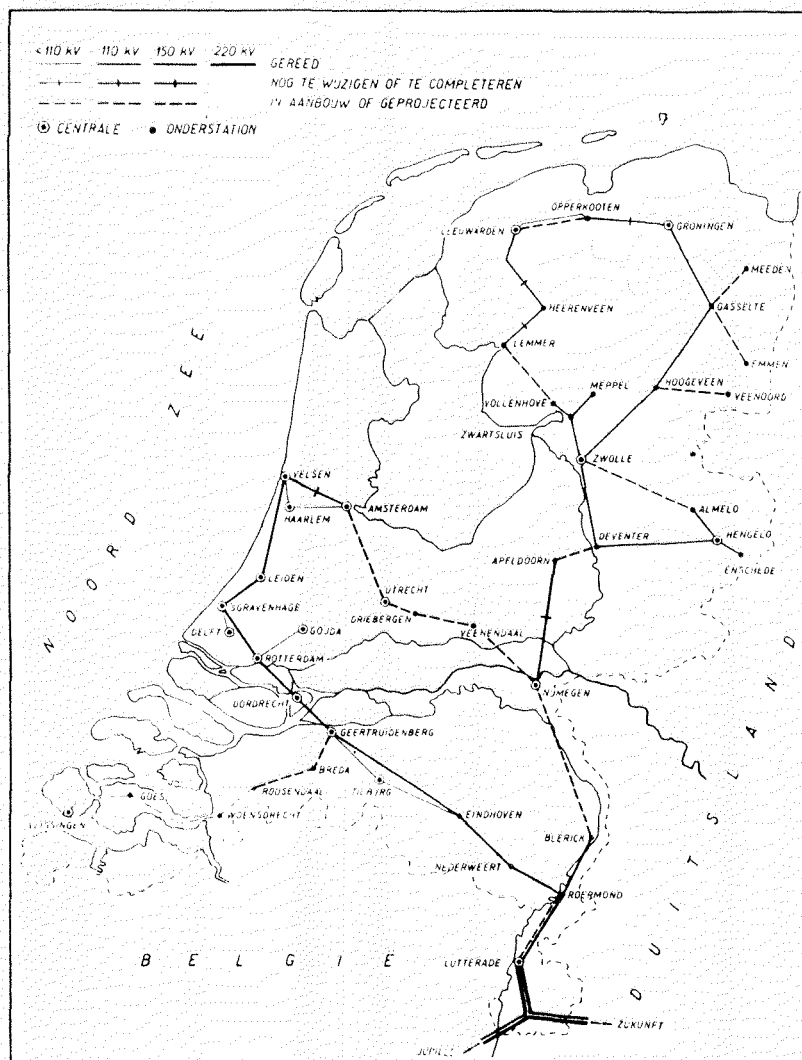
Die eerste elektrische treinverbinding werd aangelegd en geëxploiteerd door de Zuid-Hollandsche Electriche Spoorweg Maatschappij, die eigendom was van de Hollandsche IJzeren Spoorweg Maatschappij. De ZHESM bouwde ook een eigen elektriciteitscentrale in Leidschendam.

Omdat de elektrische trein goed voldeed, besloot de Hollandsche IJzeren Spoorweg Maatschappij in 1918 om het spoor tussen Rotterdam en Amsterdam te elektrificeren. De elektrificatie van die verbinding werd voltooid in 1927. Tegelijkertijd werd de bestaande centrale te Leidschendam gesloten en werden de spoorwegen aangesloten op de gemeentelijke centrales van Rotterdam, Den Haag en Amsterdam. In de daarop volgende jaren werden verschillende baanvakken in de buurt van Rotterdam en Amsterdam geëlektrificeerd en in 1938 volgden de verbindingen naar Utrecht, Arnhem en Eindhoven (zie het kaartje in afbeelding 5).

Bij de hiervoor genoemde plannen om met een relatief klein aantal grootschalige centrales het hele land van stroom te voorzien ging het niet zo zeer om een opdeling van het land in een aantal regio's met elk één grote centrale. Het was steeds de bedoeling om die grote centrales ook met elkaar te verbinden door middel van een koppelnet. Bij storing in een van de centrales zouden op die manier de overige centrales bij kunnen springen. Daardoor zou elke centrale op zich minder reservecapaciteit nodig hebben.

Een gevolg van koppeling zou wel zijn dat de gekoppelde centrales hun zelfstandigheid gedeeltelijk moesten opgeven. Omdat de meeste elektriciteitsbedrijven daartoe niet direkt bereid waren, duurde het lang voordat er op landelijke schaal gekoppeld werd. Wel werden er koppelingen gemaakt tussen gemeentelijke en provinciale centrales en tussen lokale centrales onderling.

De eerste koppeling tussen twee provinciale centrales - en daarmee het begin van een landelijk koppelnet - vond plaats in 1930, tussen de elektriciteitsbedrijven van Groningen en Friesland. In 1938 werden vervolgens de hoogspanningsnetten van Utrecht en Gelderland met elkaar verbonden. Gedurende de Tweede Wereldoorlog werden de koppelplannen verder ontwikkeld, maar de uitvoering van die plannen werd vertraagd door de oorlog. Om ingrijpen door de rijksoverheid (en de Duitse bezetters) te voorkomen, namen de elektriciteitsbedrijven zelf het initiatief tot verdergaande samenwerking. De VDEN stelde voor dat de verschillende elektriciteitsproduktiebedrijven gekoppeld zouden



Afb. 6 Een overzicht van het Nederlandse koppelnet in 1949
 (Hans Buiter, *Nederland.Kabelland* p.91)

	elektrische energie opgewekt in openbare bedrijven	elektrische energie opgewekt in overige bedrijven	totale opgewekte elektrische energie
1920	452 mln kWh		
1925	838		
1930	1608		
1935	1948		
1940	2534	1243 mln kWh	3777 mln kWh
1945	1059	772	1831
1950	5439	1978	7417
1993 (ter vergelijking)	60718	16225	76943

Afb. 7 Tabel van de opgewekte energie in openbare centrales en overige bedrijven
 (Gegevens afkomstig uit: *95 Jaren statistiek in tijdreeksen 1899-1994*. CBS)

worden, maar wel zelfstandig zouden blijven. Er werd een overeenkomst opgesteld over de coördinatie en over de verrekening van de onderling uitgewisselde elektriciteit.

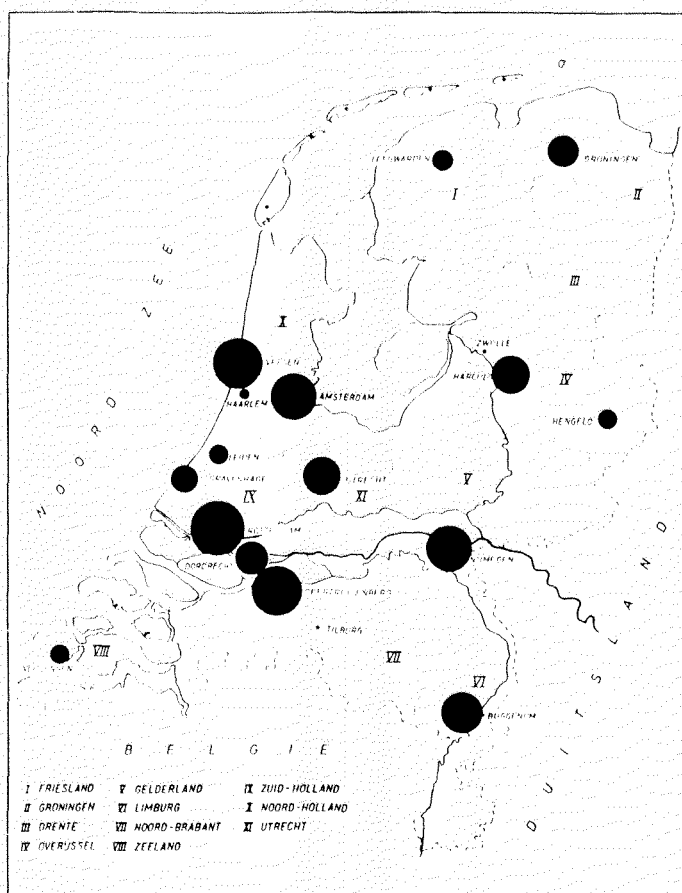
De strijd in het laatste jaar van de Tweede Wereldoorlog veroorzaakte veel schade aan de elektriciteitscentrales en aan de hoogspanningslijnen en kabelnetten, vooral in het zuiden van het land. Bovendien voerden de bezetters veel materiaal af naar Duitsland. Na de oorlog moest er dan ook hard gewerkt worden om de elektriciteitsvoorziening weer te herstellen.

Omdat de economie en het elektriciteitsverbruik na enige tijd onverwacht sterk begonnen te groeien en omdat niet elk elektriciteitsbedrijf over voldoende reservecapaciteit kon beschikken, werd de noodzaak voor een landelijke koppeling van de centrales nog groter. In 1949 werd de SEP opgericht (de NV Samenwerkende Elektriciteits-Productiebedrijven) en in 1953 tenslotte werd het landelijk koppelnet voltooid. De elektriciteitsproducenten sloten een overeenkomst inzake het in samenwerking opwekken, invoeren, uitvoeren en verdelen van elektrische energie. De coördinatie en de bewaking van het gekoppeld bedrijf werden daarbij aan de SEP toevertrouwd. Afbeelding 6 geeft een overzicht van het Nederlandse koppelnet in 1949. (In 1953 waren de trajecten, die op de kaart uit 1949 nog gestippeld zijn, gerealiseerd, zodat het koppelnet gereed was.)

De SEP is gevestigd op het landgoed De Brink bij Arnhem. Op dit terrein waren al eerder, in 1938, de KEMA en de VDEN gevestigd. Men spreekt daarom ook wel van de Arnhemse instellingen.

Tot slot nog enkele cijfers over de elektriciteitsbedrijven. De tabel in afbeelding 7 toont de groei van de opgewekte energie in de openbare centrales (zowel particulier als gemeentelijk of provinciaal) en in de overige bedrijven (bedrijven die elektriciteit opwekken voor eigen gebruik).

In 1950 droegen de elektriciteitsbedrijven voor ruim 1% bij aan het nationaal inkomen, terwijl er ongeveer vijftienduizend mensen werkten (ca. ½% van de beroepsbevolking).⁷ Nederlandse toeleveringsbedrijven leverden onder andere elektriciteitskabels en stoomketels aan de elektriciteitsbedrijven, terwijl turbines en generatoren over het algemeen geïmporteerd werden. Het sociale en economische belang van de elektriciteitssector is echter groter dan deze cijfers aangeven; elektriciteit is immers onmisbaar voor de Nederlandse samenleving en economie, en dat gold ook voor 1950 al. De elektriciteitsvoorziening en de elektromotor hebben de ontwikkeling en de geografische spreiding van de industrie in Nederland gestimuleerd. Elektrische trams en treinen verzorgen een deel van het transport en elektrische straatlantaarns zijn alom aanwezig. En ook in het huishouden heeft elektriciteit veel activiteiten veranderd en nieuwe apparaten mogelijk gemaakt. Afbeelding 8 geeft een indruk van de spreiding van de elektriciteitscentrales zelf over Nederland (in 1962).



Afb. 8 Overzicht van de ligging van de centrales in Nederland. De oppervlakte van de stippen is evenredig met de produktie in 1962.
(De elektriciteitsvoorziening van Nederland. VDEN, p.6)

Architectuur en vormgeving

De vormgeving van de gebouwen voor de elektriciteitsvoorziening, zoals centrales, schakelstations en transformatorhuisjes, werd in eerste instantie bepaald door de functionaliteit, dat wil zeggen dat de aanwezige machines en installaties het uiterlijk van de gebouwen bepaalden. Dat is ook terug te vinden in de typen-ordening van gebouwen, aan het eind van hoofdstuk 2.

Toch werd er vaak extra aandacht besteed aan de vormgeving en het uiterlijk van gebouwen. Sommige centrales en kantoorgebouwen werden bijvoorbeeld in een bepaalde stijl gebouwd of werden voorzien van versierende elementen om ze een zekere uitstraling te geven. De bouwwijze van transformatorhuisjes werd vaak aangepast aan de gebouwde omgeving waar de huisjes geplaatst werden. Voor deze gebouwen werden soms architecten van naam of navolgers van bijvoorbeeld de Amsterdamse School gevraagd. De stijl van de Amsterdamse School (of van de daarmee verwante 'nieuwe zakelijkheid') is terug te vinden in centrales, schakelstations en trafo-huisjes, die in de jaren twintig en dertig gebouwd zijn. Voor de ontwerpers van deze gebouwen gold de elektriciteitsvoorziening als een symbool bij uitstek van de vooruitgang, en dat wilden ze in de vormgeving tot uiting brengen.

Arbeid

Aan de elektriciteitsvoorziening kwam veel arbeid te pas. Zoals hierboven gezegd vonden er in 1950 zo'n 15000 arbeiders werk in de elektriciteitssector. Slechts 700 van hen was vrouw. Bijna 3000 arbeiders waren werkzaam in de elektriciteitsopwekking, en de overigen in het transport en de distributie of in de administratie.

De produktie vindt plaats in een elektriciteitscentrale. Om te beginnen was er veel arbeid nodig om centrales te bouwen en uit te breiden, maar dat werk valt onder de bouwsector. De arbeidsomstandigheden in de centrales waren slecht, vooral in het ketelhuis: hoge temperaturen, stof, lawaai en gevaarlijke gassen. Het was bovendien ploegendienst, want de centrales draaiden 24 uur per dag. In de beginjaren moesten de kolensjouwers en stokers zwaar werk doen, maar dat verbeterde toen de kolentoevoer werd gemechaniseerd. De stokers en machinisten waren vaak afkomstig uit de scheepsbouw of zeevaart, omdat er in het begin nog geen aparte opleidingen elektrotechniek bestonden. Bij sommige centrales woonden de arbeiders op of bij het terrein in speciale arbeiderswoningen.

Bij het transport en de distributie van elektriciteit bestaat het grootste deel van de arbeid uit het bouwen en aanleggen: hoogspanningsmasten bouwen en -lijnen trekken, schakelstations en transformatorhuisjes bouwen, sleuven graven en kabels leggen, en dergelijke. Vooral het graven van sleuven om kabels te leggen was arbeidsintensief; dat

gebeurde aanvankelijk met de hand (schop). Was het elektriciteitsnet eenmaal in gebruik, dan viel er veel minder werk te doen. Het ging dan om inspectie en onderhoud en het verhelpen van storingen. In het begin bouwde men wel een woning bij schakelstations, waar de opzichter woonde. Later was dat niet meer nodig, omdat de bediening op afstand vanuit de centrale kon gebeuren. Deze groep werknemers had te maken met de veiligheidsrisico's die het werken met elektriciteit met zich mee bracht. Ondanks voorschriften gebeurden er regelmatig ongelukken. Al rond 1920 bijvoorbeeld werd het de gewoonte om werkzaamheden aan het laagspanningsnet uit te voeren, zonder de spanning van het net te halen. De elektriciteitsvoorziening was toen al zo belangrijk dat onderbrekingen zo veel mogelijk vermeden moesten worden.

De derde en laatste groep arbeiders was werkzaam op kantoor of had contact met de afnemers: de meteropnemers die soms tevens het geld incasseerden bij de afnemers, de medewerkers van de debiteuren- en salarisadministratie, planners en leidinggevend, enzovoort.

Samenvatting

Tussen 1880 en 1900 namen particulieren (ondernemers zowel als enkele huishoudens) het initiatief voor (hun eigen) elektriciteitsvoorziening. In sommige woningen, horeca-gelegenheden, werkplaatsen en fabrieken werden installaties aangebracht met een eigen krachtwerktuig en dynamo, waarmee de gebruikers zelf hun elektriciteit opwekten. Daarnaast werden er vele particuliere elektriciteitsbedrijven opgericht die een blokstation of centrale exploiteerden. Die elektriciteit werd vooral gebruikt voor verlichting en concurreerde dus met gas. Bij elektrische verlichting kwamen geen verbrandingsgassen en minder warmte vrij en het was minder brandgevaarlijk dan gasverlichting. Zodoende zorgde elektrische verlichting voor meer comfort en betere arbeidsomstandigheden.

In de periode van 1900 tot 1912 nam het aantal particuliere elektriciteitsbedrijven (en zelfopwekkers) toe. De oprichting van relatief grootschalige gemeentelijke elektriciteitsbedrijven bepaalde echter het beeld van deze periode. Sommige gemeenten hadden als extra motief voor een gemeentelijke elektriciteitsvoorziening, dat ze een elektrisch tramnet of elektrische haveninstallaties, zoals hijskranen, wilden realiseren.

De vraag naar elektriciteit nam sterk toe, met name omdat het bedrijfsleven veel elektromotoren ging gebruiken. Veel grote bedrijven vervingen hun centrale stoommachine en bijbehorende drijfriemen door meerdere, relatief kleine, decentraal opgestelde elektromotoren, terwijl veel ondernemers die een te kleine zaak hadden voor een stoommachine, zich vaak wel een elektromotor konden veroorloven. Elektromotoren vervingen dus niet alleen stoomaandrijving, maar leidden tot verdere mechanisering van de nijverheid.

Zowel de gemeentelijke als de particuliere bedrijven streefden naar winst. Bij de gemeentelijke bedrijven kwam die winst ten goede aan de gemeentekas.

In de periode van 1912 tot 1925 eigenden de provinciale overheden zich een belangrijke positie toe inzake de elektriciteitsvoorziening. De provincies werden hierin gesteund door de rijksoverheid, die de elektriciteitsvoorziening wilde reguleren met het oog op het algemeen belang en elektriciteit binnen ieders bereik wilde brengen. Als reactie hierop werd in 1913 de VDEN opgericht, de Vereniging van Directeuren van Elektriciteitsbedrijven in Nederland. Door samen te werken slaagden de elektriciteitsbedrijven erin om ingrijpen van de rijksoverheid te voorkomen.

De verordeningen die provincies uitvaardigden waren in eerste instantie gericht tegen het stichten van nieuwe elektriciteitsbedrijven en verdere versnippering. Bestaande particuliere en gemeentelijke bedrijven moesten echter ook toestemming vragen aan de provincie voor uitbreiding of nieuwbouw van centrales, en die werd vaak geweigerd. De meeste provincies richtten provinciale elektriciteitsmaatschappijen op en lieten grootschalige, efficiënte centrales bouwen. Bij die provinciale bedrijven stond de nutsfunctie duidelijk voorop; eventuele baten van de elektriciteitsvoorziening in stedelijke en industriële gebieden werden gebruikt om tekorten op het platteland te dekken. Het gevolg was dat veel gemeentelijke en particuliere bedrijven hun eigen centrale sloten en elektriciteit gingen afnemen van de provinciale centrale, of dat die bedrijven, inclusief hun afnemers, werden overgenomen door het provinciale bedrijf. De concurrentie tussen gas en elektriciteit werd in deze periode ook zichtbaar in het straatbeeld; veel steden vervingen hun gaslantaarns door elektrische straatlantaarns.

In de laatste periode, van 1925 tot 1950, verschenen er geen nieuwe spelers meer op het toneel van de elektriciteitsvoorziening. Wel gingen de verschillende elektriciteitsbedrijven geleidelijk meer samenwerken bij het opwekken van elektriciteit. Dat begon met de koppeling van de wat grotere gemeentelijke centrales en provinciale centrales. De elektriciteitsnetten (en indirect dus ook de centrales) werden via hoogspanningsleidingen met elkaar verbonden, zodat het ene bedrijf het andere kon bijstaan in geval van storing. In de jaren dertig werd er voor het eerst gekoppeld tussen aangrenzende provincies. Pas na de Tweede Wereldoorlog kwam een landelijk koppelnet tot stand. Dat werd beheerd door de SEP, die daartoe door de VDEN was opgericht.

Dankzij de inspanningen van de provincies was eind jaren dertig nagenoeg heel Nederland geëlektrificeerd. De verminderde afzet aan het bedrijfsleven vanwege de economische crisis was aanleiding geweest voor de elektriciteitsbedrijven om het huishoudelijk elektriciteitsverbruik meer te stimuleren. Vrijwel iedereen kreeg de beschikking over elektrische verlichting en al gauw beschikte het merendeel van de huishoudens over een stofzuiger en strijkijzer. De concurrentiestrijd tussen elektriciteit en gas leidde tot een taakverdeling: gas werd vooral gebruikt voor koken en warm water en elektriciteit voor verlichting en andere huishoudelijke apparaten.

In de industrie nam het gebruik van elektromotoren verder toe en ook in de land- en tuinbouw werd elektriciteit belangrijk om allerlei machines aan te drijven. Verder werden

de hoofdspoorwegen tussen 1927 en 1938 van bovenleiding voorzien. Elektriciteit ontwikkelde zich tot de motor van de samenleving.

Het resultaat van de concentratie was dat rond 1950 vrijwel alle elektriciteit werd opgewekt door de centrales van de provincies en van de grote steden, afgezien van veel industrieën die hun eigen elektriciteit opwekten. De distributie werd niet zo sterk geconcentreerd; veel gemeenten kochten de elektriciteit in bij het provinciale elektriciteitsbedrijf en verzorgden zelf de distributie.

Sociaal-economisch-historische kernpunten

Sociaal-economische aspecten op bedrijfsniveau:

- Voor circa 1910 waren er veel particulieren en kleine bedrijven die zelf elektriciteit opwekten. Tot 1950 (en daarna) waren er veel grote bedrijven die hun eigen elektriciteitsopwekking verzorgden (zelfopwekkers).
- Openbare elektriciteitscentrales stonden op een lokatie met een spoorlijn en aan het water (vaarwater en koelwater), en zo mogelijk in de buurt van de afnemers.
- Veel (grote) elektriciteitsbedrijven waren gemeentelijke of provinciale bedrijven, of naamloze vennootschappen met gemeentelijk of provinciaal aandelenkapitaal. Bij de provinciale bedrijven was de nutsfunctie overheersend (ook onrendabele dunbevolkte gebieden elektrificeren). Daarnaast waren er coöperatieve en commerciële, particuliere elektriciteitsbedrijven.

Sociaal-economische aspecten op meso/macroniveau:

- Elektriciteitsbedrijven leverden elektrische energie voor licht, kracht en warmte aan alle andere sectoren van de Nederlandse economie (met uitzondering van zelfopwekkers); bijvoorbeeld voor elektrische trams en haveninstallaties, voor de spoorwegen, voor elektromotoren in de industrie en in de land- en tuinbouw. De elektrificering heeft de industrialisatie in de breedte (geografische spreiding) en in de diepte (steeds meer mechanisatie) bevorderd. Ook de huishoudens namen elektriciteit af voor verlichting en talloze huishoudelijke apparaten. De keerzijde hiervan is de toenemende afhankelijkheid in de samenleving van de elektriciteitsvoorziening. Een storing kan leiden tot grote economische schade en sociale ontwrichting.
- Het aantal centrales bereikte omstreeks 1913 een maximum. Tot die tijd zijn er ongeveer 100 verschillende centrales geweest. De opkomst van provinciale elektriciteitsbedrijven leidde tot elektrificatie van nagenoeg heel Nederland en tot sterke concentratie van de opwekking in grootschalige, efficiënte centrales. Enkel de grote bedrijven in de steden bleven zelfstandig, terwijl de kleinere centrales werden overgenomen door het provinciale bedrijf of ophielden te bestaan.

- De distributie werd niet sterk geconcentreerd; veel gemeenten kochten de elektriciteit in bij het provinciale elektriciteitsbedrijf en verzorgden zelf de distributie.
- De provinciale bedrijven gingen geleidelijk aan samenwerken bij de opwekking van elektriciteit en rond 1950 kwam er een landelijk koppelnet tot stand, beheerd door de SEP. Door die samenwerking slaagden de elektriciteitsbedrijven erin om ingrijpen van de rijksoverheid te voorkomen ('autonomie in eigen kring').

Noten bij hoofdstuk 1

1. Hoofdstuk 1 en 2 zijn in hoofdzaak gebaseerd op: *De ontwikkeling onzer electriciteitsvoorziening 1880-1938*, uitgegeven door de VDEN in 1948.
Zie de literatuurlijst voor overige literatuur.
2. A.N. Hesselmans en J. Tuik, 'Hofstede Crull, Rento Wolter Hendrik (1863-1938). Pionier van de elektriciteitsvoorziening'
in: J. Folkerts e.a. (red) *Overijsselse biografieën 2. Levensbeschrijvingen van bekende en onbekende Overijsselaars* (Meppel/Amsterdam z.j.(1992)).
3. A.N. Hesselmans, 'Elektriciteit' in: *Geschiedenis van de techniek in Nederland 1800-1890* deel III, p.159.
4. Het elektriciteitsbedrijf 'Peelcentrale' heeft met centrales in Eindhoven en Helmond elektriciteit opgewekt en verkocht in die plaatsen. In 1915 is het bedrijf failliet gegaan. De Peelcentrale wordt genoemd in: J.F.E. Bläsing, *Mensen en spanningen* (Leiden 1992) (diverse passages, zie register).
5. *De Ingenieur* 1913, p.846.
6. Hans Buiters, *Nederland Kabelland* (1994) p.16.
7. *Statistiek van de elektriciteitsvoorziening in Nederland 1949-1953* (CBS);
Zeventig jaren statistiek in tijdreeksen (CBS).

Hoofdstuk 2: Ontwikkeling van de produktietechniek 1880 - 1950

De beschrijving van de produktie-technische ontwikkelingen in de elektriciteitsvoorziening is niet opgedeeld in een aantal periodes, zoals de sociaal-economische schets van hoofdstuk 1. De beschrijving begint met de beginfase (1880-1900) van de elektriciteitsvoorziening inclusief de voorgeschiedenis. Vervolgens wordt beschreven hoe elektriciteit omstreeks 1910 werd geproduceerd en gedistribueerd, aan de hand van een bepaalde centrale die als illustratie dient. Daarna volgt een paragraaf over belangrijke technische ontwikkelingen en veranderingen na 1910. Verder paragrafen over waterkrachtcentrales, zelfopwekkers (bedrijven die voor eigen gebruik elektriciteit opwekken), de elektrificering van de spoorwegen, de bouwwijze van centrales en tenslotte over de koppeling van centrales en het transport onder hoogspanning.

Beginperiode voor 1900

Vooraleer de produktietechniek van de elektriciteitsvoorziening tussen 1880 en 1900 te beschrijven is het goed om eerst iets te vermelden over de wetenschappelijke en technische vorderingen met betrekking tot elektriciteit voor 1880.

Statische elektriciteit was al sinds de oudheid bekend. In de zeventiende en achttiende eeuw deed men proeven met elektriseermachines en Leidse flessen, maar de enige praktische toepassing was de bliksemafleider, halverwege de achttiende eeuw. Rond 1800 maakte Volta echter een bruikbare batterij (de zuil van Volta). Vervolgens ontdekte men dat er een verband was tussen elektriciteit en magnetisme en toen lukte het Faraday om beweging (mechanische energie) om te zetten in elektrische energie. Dankzij deze vorderingen van de wetenschap werd het mogelijk om in 1832 de eerste bruikbare generator (of dynamo) te maken. Een veranderend magnetisch veld, veroorzaakt door ronddraaiende magneten, wekt in zo'n generator een elektrische spanning op.

De eerste elektrische installaties, zoals Edison die onder andere maakte, werden omstreeks 1880 ook in Nederland aangeschaft door ondernemers die (vaak uit reclame-overwegingen) hun kantoor, winkel of café of hun fabriekshal wilden verlichten. In of bij het betreffende pand werd een krachtbron geplaatst, een zuigerstoommachine, een gasmotor of een dieselmotor. De heen en weer gaande beweging van de zuigers werd door de krukkenas in een ronddraaiende beweging omgezet, waarmee de dynamo aan het draaien werd gebracht.

Destijds werd gelijkstroom toegepast en die kon worden opgeslagen in accu's. Meestal werd de motor aangezet op het moment dat men 's avonds de lampen wilde ontsteken. De opgewekte stroom werd dan rechtstreeks gebruikt voor de voeding van de lampen, maar ook om de accu's op te laden. Na een aantal uren, wanneer de accu's voldoende opgeladen waren, werd de motor weer uitgezet. Gedurende de rest van de avond, en eventueel ook 's nachts, dienden de accu's voor de voeding van de lampen.

Het eerste type elektrische lamp was de booglamp. Daarin zaten twee koolstof spitsen. Een ontladingsboog tussen die spitsen gaf een fel licht. Dat licht was zo krachtig en er kwam zoveel warmte vrij, dat deze lamp enkel geschikt was voor buitenverlichting en voor grote binnenruimten, zoals fabriekshallen.

Er was ook een type elektrische lamp dat op een ander principe berust: de gloeilamp, in 1879 door Edison en Swan uitgevonden. In een luchtledige glazen ballon zat een draad van koolstof waar doorheen een elektrische stroom werd gestuurd, zodat de draad heet werd en ging gloeien (licht uitstralen). Die gloeilamp was moeilijk te maken en dus duur, terwijl de lichtopbrengst klein was ten opzichte van het elektriciteitsverbruik. Vandaar dan ook dat de gloeilamp niet kon concurreren met het gaslicht, zeker niet toen in 1885 het gaslicht veel beter en goedkoper werd dankzij het gloeikousje.

In latere jaren verbeterde de lichtopbrengst van de gloeilamp, doordat het metaal wolfram werd gebruikt voor de gloeidraad. Nog later, vanaf 1914, werden de gloeilampen gevuld met edelgas, zodat de temperatuur nog hoger kon worden gekozen en de lichtopbrengst nog verder toenam.

Als een van de grondleggers van de Nederlandse elektrotechnische industrie kan Willem Smit uit Slikkerveer beschouwd worden. Al in 1878 werkte hij aan een dynamo en in 1883 stelde hij een verlichtingsinstallatie op in Grand Hotel Coomans te Rotterdam. Installaties zoals in hotel Coomans werden soms alleen gebruikt voor verlichting in het gebouw zelf, maar vaak leverden de exploitanten ook elektriciteit aan derden, aan gebouwen binnen hetzelfde stratenblok (blokstation). Daarbij hoefden geen leidingen over de openbare weg te worden aangelegd, zodat er ook geen concessie van de gemeente nodig was.

Een van de elektriciteitsbedrijven uit die tijd was 'Electriciteitsmaatschappij systeem De Khotinsky'; in 1884 exploiteerde die onderneming een elektriciteitscentrale waar elke dag accu's opgeladen werden met een gelijkspanning van 110 volt (110 V). Die accu's werden vervolgens naar een aantal kantoorgebouwen gebracht waar ze werden aangesloten op de verlichtingsinstallatie. Men koos voor een spanning van 110 V, omdat de gloeilampen van Edison voor die spanning geschikt waren. Een jaar later opende 'De Khotinsky' een centrale met elektriciteitsleidingen over de openbare weg naar de afnemers. Die centrale stond in De Boompjes, een straat in Rotterdam.

De openbare elektriciteitscentrale die in 1886 te Kinderdijk werd opgericht bestond uit een stoomketel en een stoommachine die met een drijfriem twee gelijkstroomdynamo's voor 100 V aandreef. Toen de centrale in Kinderdijk in 1890 ook stroom ging leveren aan Krimpen aan de Lek, kon men geen gelijkstroom gebruiken, omdat de afstand te groot was. Er moest een leiding worden aangelegd met een lengte van 2,5 km, inclusief een kabel door de rivier de Lek. Bij zulke afstanden gaat er teveel spanning (en dus energie) verloren door de weerstand van de leiding zelf. Een oplossing hiervoor is het verhogen

van de spanning, want hoe hoger de spanning is, hoe lager de stroomsterkte bij gelijk vermogen ($P = V \times I$), en het vermogen dat in de leiding verloren gaat door weerstand is evenredig met het kwadraat van de stroomsterkte ($P = I^2 \times R$).

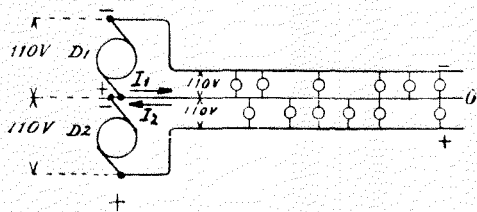
De spanning kan echter niet zonder meer verhoogd worden, omdat de lampen en eventuele andere elektrische apparaten voor een bepaalde, relatief lage spanning zijn gemaakt. Bovendien levert een hogere spanning meer (levens)gevaar op bij ongelukken. Er was echter een apparaat ontwikkeld, waarmee de spanning van wisselstroom kan worden veranderd: de transformator. Die bestaat uit twee spoelen met een verschillend aantal windingen. Als de secundaire spoel twee keer zoveel windingen heeft als de primaire, is de wisselspanning in die secundaire spoel ook twee keer zo hoog (en de stroomsterkte twee keer zo laag) als in de primaire spoel. De transformator is echter alleen geschikt voor wisselstroom, want de werking berust op veranderingen in het magnetisch veld van de spoelen en bij gelijkstroom is er een constant magnetisch veld.

Wisselspanning kende echter het nadeel dat er geen goed werkende wisselstroommotor bestond, terwijl er wel goede gelijkstroommotoren waren. Bovendien was de toepassing van wisselstroom gecompliceerder vanwege de frequentie-afhankelijke effecten. Maar omstreeks 1890 verbeterden de mogelijkheden voor wisselstroom met de motor van Von Dolivo-Dobrowolsky. Daarmee werd wisselstroom een reële mogelijkheid voor elektriciteitsvoorziening en begon een periode van concurrentie tussen gelijkstroom en wisselstroom. Het elektriciteitsbedrijf in Kinderdijk ging wisselstroom opwekken met een relatief hoge spanning (650 V) en de opgewekte energie transporteren via een kabel, zonder dat er te veel energie verloren ging. Aan het eind van die kabel, in Krimpen aan de Lek, stonden vier transformatoren, waarmee de spanning werd verminderd tot een geschikt niveau voor de gebruikers (65 V).

Maatschappij Electra in Amsterdam koos in 1889 ook voor wisselstroom, toen zij een grotere centrale aan de Kalverstraat opende. De stroom werd gedistribueerd onder een spanning van 2000 V en bij elke afnemer stond een huistransformator die de spanning omlaag bracht tot 70 V. In 1890 kreeg Electra een nieuwe, ruimere vergunning voor de elektriciteitsvoorziening van Amsterdam. Daarvoor was een nieuwe centrale nodig aan de Haarlemmerweg, die in 1892 in bedrijf.

De aard van het leidingnet speelde een cruciale rol in de planning van een elektriciteitscentrale. De onkosten van het net bedroegen ongeveer eenderde tot de helft van de totale investeringen. Om de weerstandsverliezen in de leidingen te beperken kan men een dikkere leiding nemen, maar meer koper maakt de leidingen duur. Een hogere spanning biedt hier de oplossing. Het verhogen en verlagen van de spanning met een transformator werkte echter alleen bij wisselstroom en niet bij gelijkstroom.

Voor gelijkstroom bedacht men een andere constructie om een hogere distributiespanning te bereiken. In plaats van de gebruikelijke dynamo met twee geleiders (plus- en min-pool) gebruikte men twee dynamo's die werden aangesloten op drie geleiders: een



Afb. 9 Schema van het drieleiderstelsel voor gelijkstroom. Daarmee was het mogelijk om elektriciteit te distribueren onder 220 V, terwijl de afnemers toch op 110 V werden aangesloten. D1 en D2 zijn dynamo's (generatoren) en I1 en I2 zijn stroomsterkten. (A.N. Hesselmans, 'Elektriciteit' p.151)

nulleider, een leider met een spanning van +110 V en een leider met een spanning van -110 V ten opzichte van de nulleider (zie afbeelding 9). De energie kon bij dit drieleiderstelsel onder een spanning van 220 V vervoerd worden (spanning tussen plus- en minleider), terwijl de lampen en apparaten aangesloten werden tussen de nulleider en plusleider of tussen de nulleider en de minleider (in beide gevallen 110 V).

Het gemeentelijk elektriciteitsbedrijf van Rotterdam slaagde erin om met een vijfleiderstelsel op vergelijkbare wijze een gelijkspanning van 440 V te bereiken (4x110 V). Die constructie bleek echter te ingewikkeld en daarom veranderde Rotterdam in 1900 het elektriciteitsnet in een drieleiderstelsel (2x220 V). De afnemers konden toen op 220 V worden aangesloten, omdat er ondertussen gloeilampen voor die spanning te koop waren.

Naarmate de elektriciteitsvoorziening zich verder ontwikkelde, ging het aspect van energie-opslag in accu's (voordeel van gelijkstroom) minder zwaar wegen, en het beperken van energieverlies bij transport (voordeel van wisselstroom) steeds zwaarder. Wisselstroom bood uiteindelijk betere mogelijkheden om het afzetgebied van een elektriciteitscentrale te vergroten. Daardoor kreeg wisselstroom tussen 1900 en 1910 de overhand op gelijkstroom.¹

Voor 1900 werd veruit het grootste deel van de opgewekte elektriciteit gebruikt voor verlichting. De weinige fabrieken die wel elektromotoren toepasten plaatsten één grote motor, die via drijfriemen de hele fabriek van beweegkracht voorzag, zoals dat gebruikelijk was met de stoommachine. Overige toepassingen, anders dan licht, waren de kranen in de Rotterdamse haven en de elektrische (accu)tramlijn die vanaf 1890 korte tijd Den Haag en Scheveningen heeft verbonden.

Productie en distributie omstreeks 1910

Deze paragraaf geeft een technische beschrijving van de productie, het transport en de distributie van elektriciteit aan het begin van deze eeuw. Dat gebeurt aan de hand van het gemeentelijk elektriciteitsbedrijf van Amsterdam en de eerste centrale van dat bedrijf. Amsterdam was in veel opzichten een voorloper vergeleken met andere Nederlandse steden en in het algemeen kan men stellen dat de beschreven situatie in Amsterdam werd nagevolgd door de rest van Nederland.

In de concurrentie tussen verschillende systemen voor de elektriciteitsvoorziening kreeg wisselstroom na 1900 al snel de overhand, omdat er goede wisselstroommotoren werden ontwikkeld en omdat energietransport over langere afstanden steeds belangrijker werd. Vanaf 1889 werd het eerste wisselstroomnet in Nederland geëxploiteerd, door Electra in Amsterdam. Dat was een eenfase-wisselstroomnet, met één faseleider waarop wisselspanning stond en één nulleider.

In 1900 besloot de gemeenteraad van Amsterdam zelf een elektriciteitsbedrijf op te richten, de Gemeente-Electriciteitswerken (afgekort tot GE of GEW). De eerste centrale van het GE werd gevestigd aan de Hoogte Kadijk in Amsterdam Oost en werd begin 1904 in gebruik genomen. Na Rotterdam in 1894, Enschede in 1901 en Haarlem en Groningen in 1902 was Amsterdam de vijfde stad met een gemeentelijk elektriciteitsbedrijf. Amsterdam koos voor een wisselstroomnet met drie fasen, ook wel draaistroomnet genoemd. Er kwam een distributienet van 3000 V (3 kV) waarmee energie werd getransporteerd naar 82 ijzeren transformatorzuilen, die verspreid in de stad stonden. Vanuit die transformatoren werd de energie via een ondergronds laagspanningsnet van 220 V en via verdeelkasten gedistribueerd naar de verbruikers.²

De gemeente koos er niet voor om de centrale en het net van Electra over te nemen, omdat dat systeem verouderd en te klein en daardoor te duur in exploitatie was. Dat bleek op termijn inderdaad het geval en in 1913 stopte Electra haar bedrijf. De afnemers van Electra werden overgenomen door de gemeentelijke centrale en het net werd omgebouwd.

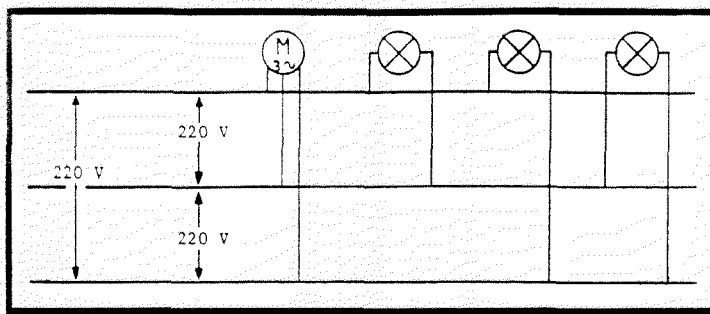
Het driefasennet waarvoor de gemeente Amsterdam koos, bestond uit drie faseleiders. Later werd daaraan een vierde geleider toegevoegd, de nulleider, en werd de spanning verhoogd tot 220/380 V. Amsterdam was in dit opzicht een voorloper; andere Nederlandse steden gingen op zeker moment ook over op een draaistroomnet. Tegenwoordig vinden we het draaistroomnet in heel Nederland en ook in andere landen. Het enige dat varieert in verschillende landen is de spanning en de frequentie van de wisselstroom.

De drie faseleiders voeren elk een wisselspanning (die sinusvormig varieert) met een frequentie van 50 Hz. Die drie wisselspanningen hebben een onderlinge faseverschuiving van 120° , zodat elk van die drie spanningsgolven iets voor of achter loopt op de twee andere golven. Met andere woorden: de drie wisselspanningen zijn ten opzichte van elkaar 'gedraaid'. Daarom noemt men zo'n elektriciteitsnet ook wel een draaistroomnet.

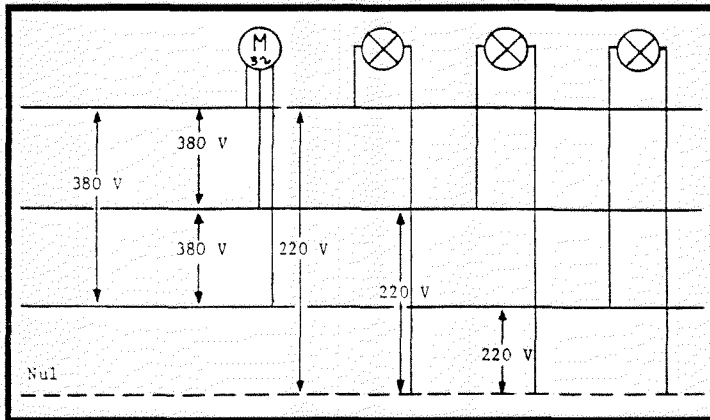
Draaistroom heeft twee belangrijke voordelen vergeleken met andere vormen van wisselstroom. In de eerste plaats kan het transport van elektrische energie goedkoper plaatsvinden: via een driefasennet met vier geleiders kan bij gelijke spanning driemaal zoveel energie worden getransporteerd als via een eenfase-wisselstroomnet met twee geleiders. En een driefasennet met drie geleiders kan ongeveer $1,7 (\sqrt{3})$ maal zoveel energie transporteren.

In de tweede plaats werken elektrische machines (daarmee worden zowel generatoren als elektromotoren aangeduid) optimaal, wanneer ze zijn aangesloten op een draaistroomnet. Wordt een normale elektromotor bijvoorbeeld aangesloten op een eenfasig net, dan presteert hij minder en kan hij bovendien niet uit zichzelf op gang komen vanuit stilstand.

De spanning van zo'n draaistroomnet kan men op twee manieren meten. Het spanningsverschil tussen een van de drie fasen en de nulleider of aardpotentiaal (de fasespanning) is 220 V, maar het spanningsverschil tussen twee verschillende fasen (de gekoppelde

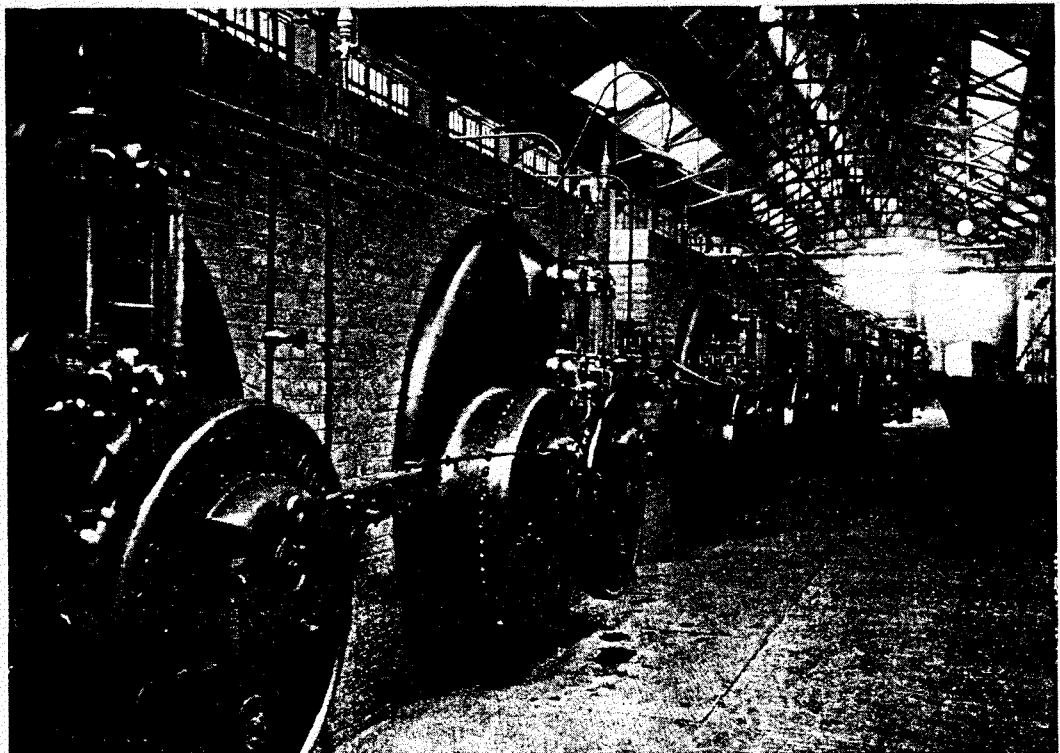


Het 220 volt drieleidersysteem



Het 380 volt vierleidersysteem

- Afb. 10 Schema van het oude en het nieuwe draaistroomnet in Amsterdam. In de oude situatie (boven) staat op elk van de drie geleiders een spanning van 127 V, maar de spanning tussen twee geleiders is 220 V. In de nieuwe situatie (onder) is de spanning op elk van de drie faseleiders 220 V, terwijl de nulleider geen spanning voert. De spanning tussen twee geleiders bedraagt nu 380 V. Het symbool met de M geeft een elektromotor aan en het symbool met een kruis geeft een installatie voor verlichting en kleine elektrische apparaten aan.
(Wilma Cornelisse, *Waar licht is, is vreugde. Een eeuw gemeentelijke energievoorziening in Amsterdam*, p.140)



- Afb. 11 Lancashire-ketels in de centrale van het GEB Den Haag in 1906
(*De ontwikkeling onzer electriciteitsvoorziening 1880-1938*. VDEN, p.79)

spanning) is 380 V. (Dat dat spanningsverschil niet nul is of juist 2×220 V heeft te maken met de 120° faseverschuiving.) Vandaar de notatie 220/380 V.

Het Amsterdamse draaistroomnet had aanvankelijk nog geen nulleider en alle verbruikers werden dus aangesloten op twee van de drie fasen, waardoor de spanning voor iedereen 220 V was. Zie afbeelding 10 voor een schema van het oude draaistroomnet in Amsterdam en het nieuwe draaistroomnet.

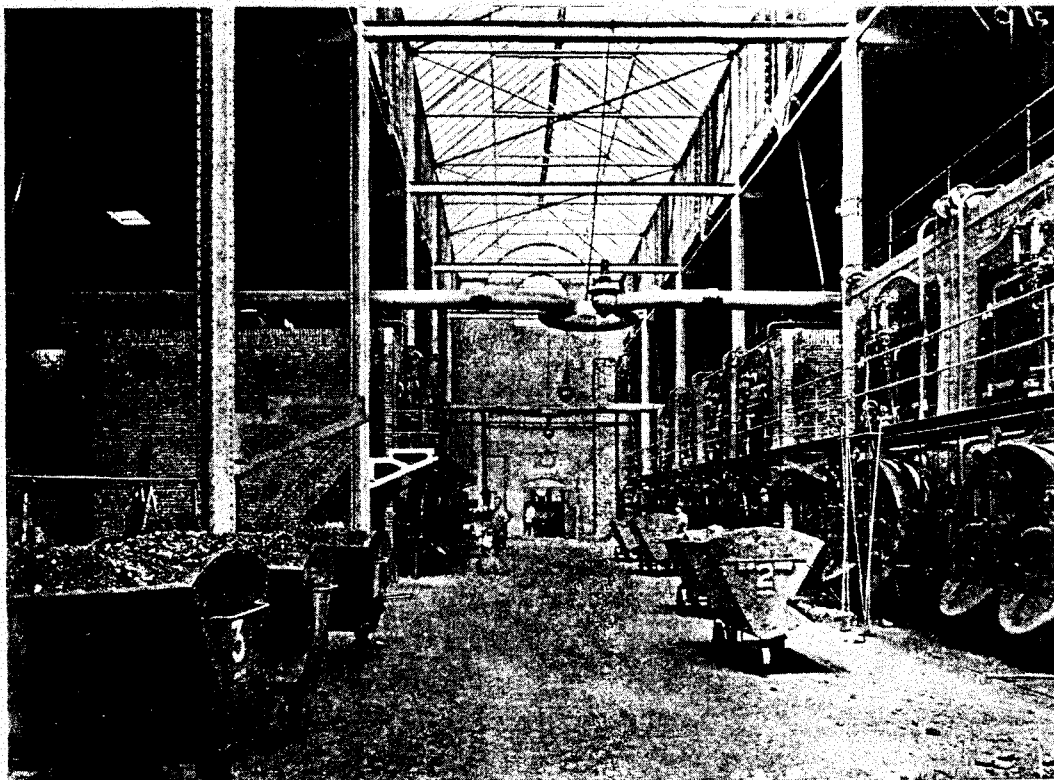
In de nieuwe situatie beschikken de (klein)verbruikers over aansluitingen voor 'lichtstroom' (220 V), bestaande uit één faseleider en de nulleider, en over aansluitingen voor krachtstroom (380 V), bestaande uit twee of drie faseleiders. Krachtstroom wordt vooral gebruikt voor elektromotoren en dergelijke in bedrijven, maar ook voor elektrische fornuizen in woningen. Lichtstroom wordt gebruikt voor alle overige toepassingen, zoals verlichting en kleinere elektrische apparaten.

Grootverbruikers, zoals grote bedrijven die veel elektriciteit verbruiken, worden meestal direkt aangesloten op het hoogspanningsnet met een spanning van bijvoorbeeld 3 of 10 kV. Ook dergelijke aansluitingen voor grootverbruikers kende het Amsterdamse elektriciteitsbedrijf in 1904 al. Afgezien van de spanning, koos Amsterdam in 1904 dus voor het type elektriciteitsnet dat in latere jaren in heel Nederland en ook in veel andere landen werd ingevoerd. Dat wil niet zeggen dat er sindsdien niet veel veranderd is in de schaalgrootte, in de manier van elektriciteitsopwekking en in de samenwerking tussen verschillende centrales.

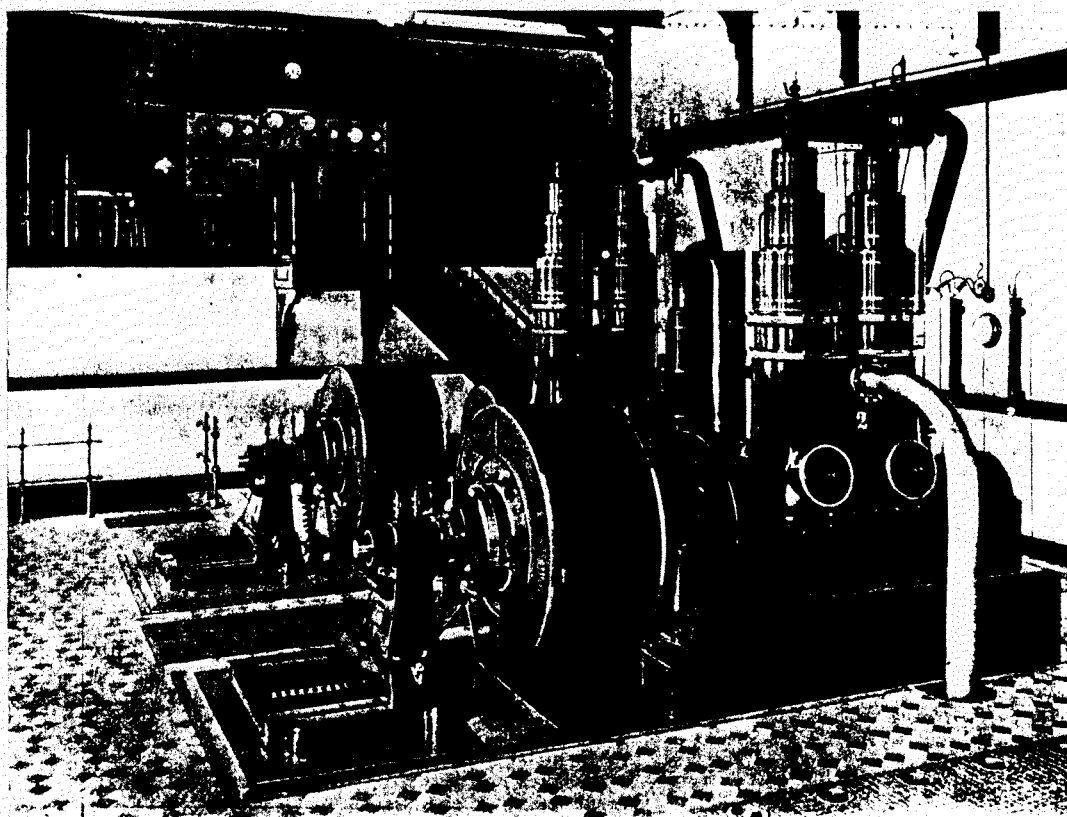
Als brandstof voor de centrale aan de Hoogte Kadijk (en voor bijna alle centrales) werd hoofdzakelijk steenkool gebruikt. (Soms werd daarnaast ook stookolie gebruikt voor 'snelketels' die binnen korte tijd werden ingeschakeld als de vraag naar elektriciteit de productie dreigde te overtreffen.) De fossiele energie die in de steenkool aanwezig is werd omgezet in warmte; daarmee werd stoom opgewekt en een stoommachine of stoomturbine in beweging gebracht. Die mechanische energie werd overgedragen op een dynamo of generator en zodoende omgezet in elektrische energie.

Bij het kiezen van de lokatie lette men op de infrastructuur en op het afzetgebied. In bijna alle gevallen koos men een terrein aan vaarwater en legde men een spoorverbinding aan, als die nog niet aanwezig was. Door schepen en treinen werd de steenkool aangevoerd en reststoffen afgevoerd. Het water werd bovendien als koelwater gebruikt. Een uitzondering hierop vormden de centrales van de Staatsmijnen en de gemeentelijke centrale in Tilburg; die waren voorzien van koeltorens, omdat er geen of onvoldoende oppervlaktewater in de buurt was voor koeling. Daarnaast werd de centrale zo mogelijk niet ver van het centrum van het verzorgingsgebied gebouwd. Voor de Amsterdamse centrale betekende dat niet te ver buiten het centrum en ook vlak bij de havens.

De aangevoerde steenkool werd opgeslagen bij de centrale en de stokers brachten de steenkool met kiepwagens naar de stoomketels, waar ze de kolen met de schep op de plaat of het rooster in de vuurhaard gooiden. Bij veel van de eerste centrales werd een



Afb. 12 Piedboeuf-ketels in de centrale Hoogte Kadijk te Amsterdam omstreeks 1905
(*De ontwikkeling onzer electriciteitsvoorziening 1880-1938. VDEN, p.80*)



Afb. 13 Verticale stoommachines in de Rotterdamse centrale aan de Oostzeedijk in 1895
(*De ontwikkeling onzer electriciteitsvoorziening 1880-1938. VDEN, p.32*)

grootwaterruim-ketel gebruikt, met name de Lancashire-ketel: een cilindervormige waterketel met daarin twee vuurgangen waarin het kolenvuur werd gestookt (zie afbeelding 11). Het water omsloot de de buitenkant van de vuurgangen (het verwarmend oppervlak) en werd zodoende verwarmd, waardoor er stoom ontstond.

In de centrale aan de Hoogte Kadijk gebruikte men echter de nieuwere en betere Cornwall-ketel (ook wel Piedboeuf-ketel genoemd). Die bestond uit twee ketels boven elkaar; in de onderste waterketel zaten de vuurgangen en in de bovenste waterketel zaten vlampijpen. De hete rookgassen werden door de vlampijpen geleid en verwarmden op die manier extra water. De vlampijpketel, zoals dit type genoemd werd, had minder vloeroppervlakte nodig, maar was wel hoger dan de grootwaterruimketel. Het was daarom nodig om een hoog ketelhuis te bouwen.

In het ketelhuis aan de Hoogte Kadijk werden 12 van dergelijke ketels geplaatst, met een keteldruk van 12 atm (atmosfeer) (zie afbeelding 12). Als gevolg van de al snel optredende schaalvergroting kreeg men behoefte aan grotere en continu gelijkmatige vuren. Dat vereiste een gemechaniseerde toevoer van kolen via een kettingrooster. Er werden kolenbunkers boven de ketel geplaatst van waaruit de kolen gestort werden op een bewegend rooster dat door de vuurhaard leidde. Die bunkers werden op hun beurt ook mechanisch gevuld, met een hijskraan en een transportband vanaf de kolenopslag. Verder waren er hulpwerktuigen, zoals voedingpompen, die het water in de stoomketels aanvulden. Die pompen waren ondergebracht in een pompenkelder of pompenhuis, onder of naast de machinehal. De stoomdruk nam in de eerstvolgende jaren maar weinig toe: in 1914 was een stoomdruk van 15 atm gebruikelijk.

Het volgende deel van de centrale was de machinehal. In de centrale Hoogte Kadijk werden in 1903 zuigerstoommachines geplaatst, horizontale compound-machines om precies te zijn. Die werden destijds ook in andere centrales het meest gebruikt. Een ander type, dat onder andere in de centrale aan de Oostzeedijk in Rotterdam stond, was de zogeheten stoomdynamo, een verticale snellopende stoommachine (zie afbeelding 13).

De stoomturbine bestond toen ook al, maar bij de toen gangbare, kleine vermogens (in de orde van 700 kW) was de zuigerstoommachine economischer dan een turbine. In 1907 werd de centrale te Den Haag uitgebreid met de grootste zuigerstoommachine die ooit in Nederland is geplaatst (met een vermogen van 1470 kW). Voor nog grotere vermogens bleek de zuigerstoommachine niet geschikt, omdat de massa van de heen en weer bewegende delen te groot werd. Men moest dus veel 'kleine' zuigermachines plaatsen, wat een groot grondoppervlak vereiste, of grotere turbines plaatsen. Bij een turbine brengt de stoom rechtstreeks een of meer schoepenwielen aan het draaien en zijn er geen heen en weer gaande onderdelen.

De stoom, die arbeid had verricht in de zuigermachine of turbine, werd vervolgens in de condensor geleid. Daar werd de stoom door afkoeling (met koelwater) gecondenseerd, waarna het condensaat (water) werd terug gepompt om de stoomketel te voeden.

Voordat het voedingwater weer de ketel in ging, werd het eerst voorverwarmd door de rookgassen in een 'economiser'. Dat apparaat wordt zo genoemd, omdat het rendement van de stoomketel verbetert als het water een hogere begintemperatuur heeft.

Aan de Hoogte Kadijk werden al in 1905 en 1906 enkele turbines geplaatst, maar de omslag kwam in 1908. De vraag naar elektriciteit groeide zo snel dat de centrale in dat jaar verdubbeld werd en dat er twee turbines van elk 4000 kW werden geplaatst. In veel bestaande centrales werden de zuigermachines in die periode vervangen door turbines. Op die manier kon de groei van de elektriciteitsafzet soms worden opgevangen zonder het gebouw uit te breiden, want turbines leverden meer vermogen bij gelijk vloeroppervlak. In de loop der jaren werden de turbine-eenheden steeds groter; in 1914 leverden de grootste turbines, die aan de Hoogte Kadijk stonden, 6000 tot 7500 kW. Het toerental van die turbines was 1500 tpm (toeren per minuut), maar 3000 tpm kwam ook veel voor.

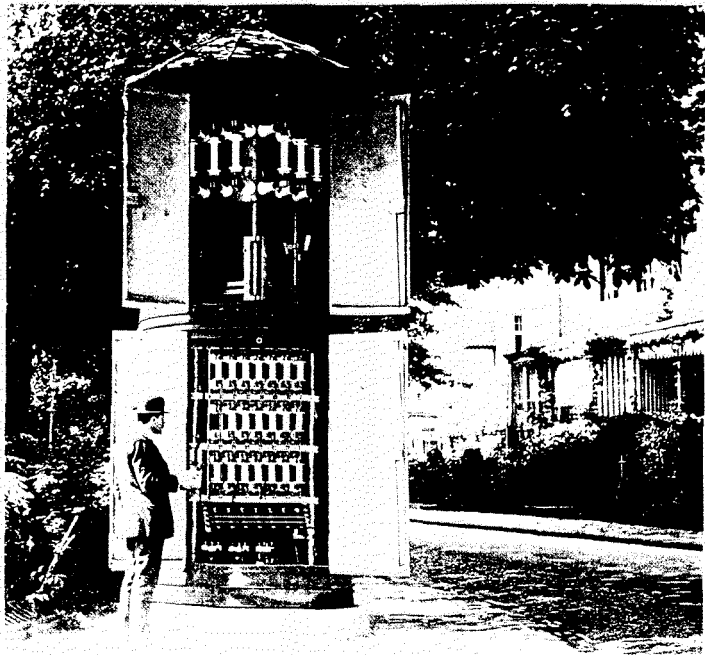
Er waren twee typen turbines: de gelijkdrukturbine en de overdrukturbine. De gelijkdrukturbine was gebaseerd op de turbine die De Laval in 1883 had ontwikkeld. Die Laval-turbine had één klein schoepenwiel met een hoog toerental en de constructie was niet geschikt voor grotere turbines. Daarom werden er meerdere soorten gelijkdrukturbines ontwikkeld die meer druktrappen ofwel meer schoepenwielen hadden.

Bij de overdrukturbine was de expansie over een groot aantal trappen verdeeld en expandeerde de stoom geleidelijk over het gehele samenstel van leid- en loopschoepen. De overdrukturbine vormde een langere constructie dan de gelijkdrukturbine. Beide typen turbine werden vaak voorzien van een zogenaamde Curtis-trap die voor de turbine werd geplaatst, waardoor de turbine zelf minder trappen hoefde te bevatten en dus korter werd. De gelijkdrukturbines werden onder andere geproduceerd door machinefabriek Stork en door het Duitse A.E.G; de overdrukturbines door het Zwitserse Brown Boveri.

De laatste stap van de elektriciteitsopwekking, na de stoomketel en de stoommachine c.q. turbine, wordt gevormd door de generator - die in de beginfase van de elektriciteitsvoorziening ook wel dynamo werd genoemd. Vaak duidt men het geheel van turbine en generator aan als turbo-generator, omdat die twee machines nauw verbonden zijn en dikwijls min of meer één geheel vormen. De generatoren werden daarom ook in de machinehal geplaatst, net als de turbines.

In de centrale aan de Hoogte Kadijk werden in eerste instantie vijf gelijke compound-stoommachines geplaatst; twee daarvan dreven elk een gelijkstroomdynamo (600 V) aan, twee dreven elk een draaistroom-vliegwielen-dynamo aan (3000 V) en de laatste machine diende als reserve en kon daarom naar keuze aan een gelijkstroom- of een draaistroomdynamo worden gekoppeld. Daaruit blijkt wel dat gelijkstroom in de eerste jaren van de centrale nog een belangrijke plaats in nam. Voor de gelijkstroomvoorziening beschikte men ook over een accumulatoren batterij.

De gelijkstroom werd gebruikt voor de tram en voor kranen en andere haveninstallaties - toepassingen die voor de gemeente Amsterdam de aanleiding waren geweest om zelf



Afb. 14 Geopende transformatorzuil omstreeks 1914 aan de Eekwal te Zwolle
(E.J. Fischer, *Stroom opwaarts. De elektriciteitsvoorziening in Overijssel en Zuid-Drenthe tussen circa 1895-1986* p.136)



Afb. 15 Kubistisch trafo-huisje uit 1935 aan de Hogeweg in Amersfoort
(Roland Blijdenstijn, *Trafohuisjes* p.45)

een elektriciteitscentrale te bouwen. Draaistroom werd gebruikt voor verlichting in woningen en andere gebouwen, voor straatverlichting en bruggen en voor elektromotoren bij bedrijven. In het begin was het voordeliger om gelijkstroom en draaistroom gescheiden op te wekken. Maar dankzij de technische ontwikkeling en door het feit dat de vraag naar draaistroom sneller steeg dan die naar gelijkstroom, werd het al snel voordeliger om enkel draaistroom op te wekken en vervolgens een deel daarvan om te zetten in gelijkstroom. Dat gebeurde met een omzetter, een draaistroom-elektromotor die gekoppeld was aan een gelijkstroomgenerator. Vanaf 1920 werden daarvoor de efficiëntere kwikdampgelijkrichters gebruikt.

In het begin werden de schakelpanelen en verdeelborden, waarmee de opgewekte elektriciteit het distributienet werd ingeleid, gemonteerd op een verplaatsbare wagen. Dat was gemakkelijk voor onderhoud. Maar al snel werden de vermogens groter en daarom werden de schakeltoestellen en transformatoren in afzonderlijke (brandvrije) cellen gemonteerd. Daarvoor werd er een schakelhuis tegen de machinezaal aangebouwd.

Na de elektriciteitsproductie volgt het transport en de distributie. Zoals al even genoemd aan het begin van deze paragraaf, werd de energie via een 'hoogspanningsnet' van 3 kV gedistribueerd naar de transformatorzuilen en van daaruit ging het via een laagspanningsnet naar de verbruikers. De elektrische energie werd ook opgewekt onder 3 kV en kon dus rechtstreeks aan het hoogspanningsnet worden geleverd. De vraag naar elektriciteit steeg echter al snel tot grote hoogte, waardoor de kabels van het 3 kV distributienet overbelast dreigden te raken. Daarom legde het elektriciteitsbedrijf al snel een nieuw voedingnet aan met een spanning van 10 kV. Bij de centrale werd een schakelhuis gebouwd, waarin de opgewekte spanning van 3 kV met transformatoren werd omgezet in 10 kV. Het voedingnet leidde naar een aantal schakelstations, waarin de spanning omlaag werd getransformeerd tot 3 kV en van waaruit het distributienet werd gevoed.

Korte tijd later werden het 3 kV-distributienet en de transformatorzuilen aangepast voor 10 kV, zodat de schakelstations weer overbodig werden. Ook verschenen er vanaf 1912 generatoren met een klemspanning van 10 kV. Rond 1914 zag het elektriciteitsnet van Amsterdam er zodoende als volgt uit: de opwekking geschiedde onder een spanning van 6 of 10 kV, de distributie naar de transformatorzuilen (en naar de grootverbruikers) onder 10 kV, en van daaruit distributie via het lokale laagspanningsdistributienet naar de verbruikers onder 220 V. De toenemende elektriciteitsbehoefte vereiste wel grotere transformatoren en schakelaars en meer aandacht voor beveiliging. Op een gegeven moment gingen de elektriciteitsbedrijven de transformatorzuilen vervangen door stenen transformatorhuisjes, omdat de zuilen niet meer voldeden (te klein waren). Er waren trouwens ook elektriciteitsbedrijven die al vanaf het begin stenen trafo-huisjes hadden geplaatst. Zie de afbeeldingen 14 en 15 van een transformatorzuil en -huisje. Die stenen transformatorhuisjes waren wel duurder en daarom werden in dunbevolkte gebieden, waar een bovengronds

net was, masttransformatoren geplaatst. Die hadden een zeer klein vermogen en werden zonder ombouw opgehangen in een mast.

Niet alle trafo-zuilen zijn vervangen door trafo-huisjes. Het Amsterdamse elektriciteitsbedrijf, dat in de jaren 1920 een eigen model trafo-zuil had ontworpen, heeft de zuil in het centrum van Amsterdam gehandhaafd, omdat trafo-huisjes door hun omvang en vierkante vorm te veel zouden opvallen. Die ijzeren zuilen hebben het uitgehouden tot heden toe. Pas zeer recent heeft het Amsterdamse energiebedrijf een nieuwe, betonnen zuil ontworpen en sinds een paar jaar worden de oude ijzeren zuilen verwijderd en vervangen door die betonnen zuilen.

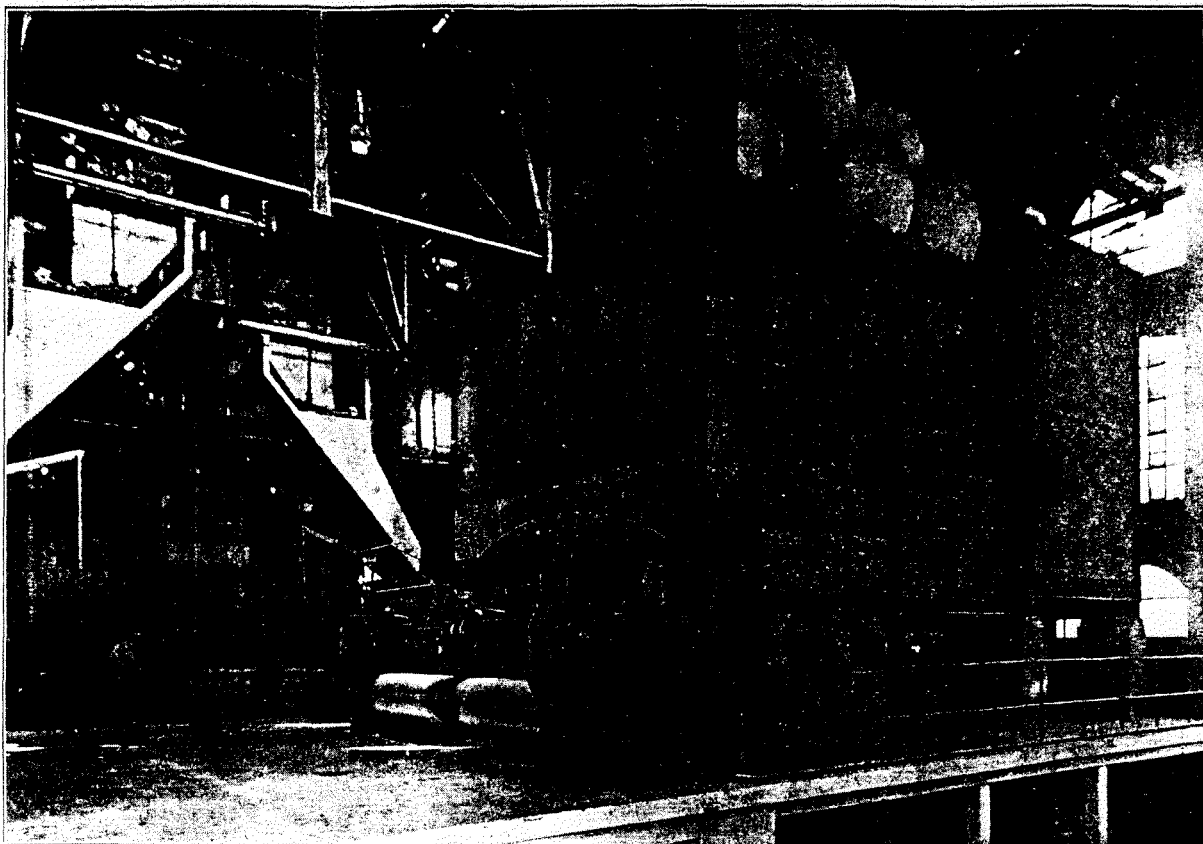
De andere elektriciteitsbedrijven van rond 1900 gingen na verloop van tijd over van gelijkstroom op draaistroom en de later opgerichte bedrijven begonnen direct met draaistroom. Een deel van de bestaande gelijkstroominstallaties bleef overigens gehandhaafd voor trams en havenkranen. Haarlem bijvoorbeeld, dat in 1902 begon met een gelijkstroomcentrale, bouwde in 1911 een nieuwe draaistroomcentrale en verving geleidelijk het oude net door een draaistroomnet. Groningen en Rotterdam gingen ook draaistroomgeneratoren gebruiken voor de opwekking (Rotterdam vanaf 1906 en Groningen pas vanaf 1920), maar die steden handhaafden nog lange tijd het bestaande gelijkstroomnet, zodat er schakelstations met omzetters nodig waren.

Belangrijke technische veranderingen na 1910

In deze paragraaf wordt de technische ontwikkeling geschetst van de opwekking, het transport en de distributie van elektriciteit tot ongeveer 1950, door die af te zetten tegen de beschreven situatie van rond 1910.

De elektriciteitscentrales werden steeds gemoderniseerd en verbouwd of er werden nieuwe grotere centrales gebouwd. In dat geval bleven de oude centrales meestal dienst doen als reserve, tot ze na verloop van tijd werden gesloten. Bij de lokatie van nieuwe centrales werd nog meer dan voorheen belang gehecht aan de infrastructuur (vaarwater, koelwater en spoorweg) en aan de mogelijkheden voor uitbreiding. De afstand tot de afnemers werd van minder belang, doordat er hogere spanning werd gebruikt voor transport.

Bovendien waren er provinciale elektriciteitsbedrijven ontstaan. Die bouwden grote centrales die niet een stad en omgeving van elektriciteit moesten voorzien, maar vaak een hele provincie. Die centrales werden dus niet noodzakelijk in de buurt van een grote stad geplaatst. Een voorbeeld is de Donge-centrale bij Geertruidenberg voor de provincie Noord-Brabant.



Afb. 16 Eén van de stoomketels ('Steilrohrkessel') die het PEB Groningen in 1923 aanschafte
(*De ontwikkeling van de electriciteitsvoorziening van Nederland tot het jaar 1925.*
VDEN, p.539)

Vlampijpketels werden al in de periode 1910 à 1920 vervangen door waterpijpketels. Die hadden geen vlampijpen die omsloten waren door ketelwater, maar het omgekeerde; vanuit een ketel die boven de vuurhaard was geplaatst werd het ketelwater door waterpijpen geleid, die omsloten waren door het vuur. De ontstane stoom kwam weer in de ketel terecht. Omdat die ketel relatief klein was, kon men zo nodig snel over stoom beschikken na het opstarten. Een gevolg was wel dat het waterniveau in de ketel continu op peil moest worden gehouden.

Een manier om het rendement van de stoomketel verder te verhogen was het isoleren van de ketel inclusief de vuurhaard. Afbeelding 16 laat daarvan een voorbeeld zien: een ketel uit 1923 die geheel met baksteen is bekleed. Nog beter was het om de vuurhaard geheel te omsluiten door ketelwater. Deze ontwikkeling leidde tot de geheel gekoelde vuurhaard, die een groter verwarmd oppervlak had en een hogere stoomtemperatuur gaf. De economisers, waarin het voedingwater werd voorverwarmd, werden in de jaren twintig niet langer achter, maar bovenop de ketel geplaatst. Door deze en andere ontwikkelingen werden de ketels steeds groter en de ketelhuizen steeds hoger.

Als brandstof bleef men vooral steenkool gebruiken, maar dan in gemalen vorm, als poederkool. De centrale Noord in Amsterdam werd in 1922 als eerste in Europa voorzien van een poederkoolketel. Andere centrales volgden dat voorbeeld of bleven (verbeterde) roosters gebruiken. Door poederkool te stoken was het mogelijk om grotere ketels te bouwen. Zowel het verbrandingsproces als de schaalgrootte van de poederkoolketel droegen bij aan een verbetering van het rendement. Bovendien was de poederkoolketel ook geschikt voor minderwaardige, goedkopere kolen.

De kolen werden centraal gemalen in een poederkoolmolen die in het 'maalhuis' stond opgesteld, of ze werden decentraal gemalen, in welk geval er bij elke ketel een aparte molen stond. Poederkoolketels moesten ook voorzien worden van vliegassvangers, om de uitstoot van grote hoeveelheden vliegass via de schoorsteen te voorkomen.

De druk en temperatuur van de stoom werd in de loop der tijd steeds hoger. De toegepaste druk steeg tot 25 à 40 atm in de jaren twintig, en daarna verder tot 80 atm. Door de stoom buiten de eigenlijke ketel (dus zonder contact met water) te verhitten nam de temperatuur verder toe. Het betreffende apparaat wordt een oververhitter genoemd. Niet alleen het voedingwater, ook de verbrandingslucht werd voorverwarmd, en door deze en andere maatregelen steeg het ketelrendement tot 85 à 90%. Doordat de stoomketels meer in omvang toenamen dan de turbines, nam het aantal ketels af ten opzichte van het aantal turbines, zodat er ongeveer evenveel ketels als turbogeneratoren werden opgesteld. De ketels werden voor elke centrale speciaal op maat gemaakt. De Nederlandse industrie (Stork en De Schelde) speelde een grote rol bij de ketelbouw.

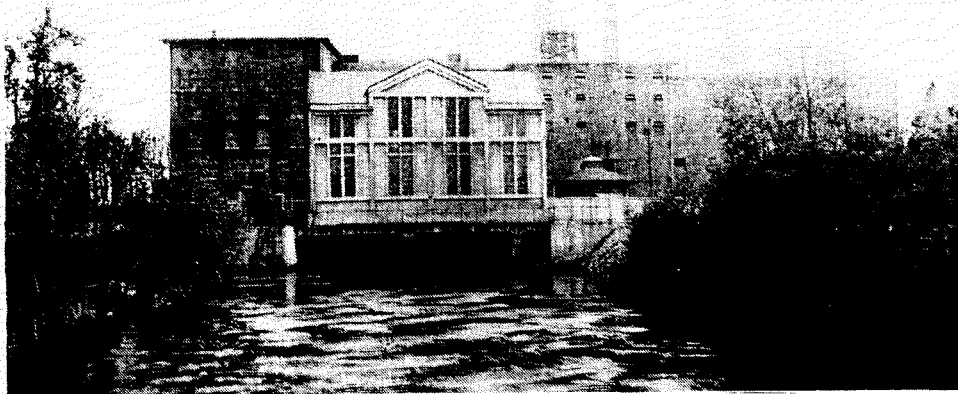
De turbines groeiden in de eerste jaren mee met de centrale. Bij uitbreiding werden vaak turbines aangeschaft die twee keer zo groot waren als de oude, zonder dat de constructie principiële anders was, dat wil zeggen dat de druktrappen in één huis waren onderge-

bracht. Dat veranderde in de jaren twintig. Het was op een gegeven moment niet meer mogelijk steeds grotere turbines te bouwen van hetzelfde type. Dat gold zowel voor gelijkdruk- als overdrukturbines. Een van de redenen was dat de gebruikte materialen, zoals staal en brons, niet sterk genoeg waren. Daarop werden turbines ontwikkeld waarbij de expansie van de stoom verdeeld werd over vele trappen, ondergebracht in meerdere huizen, bijvoorbeeld een hoge-druk-huis, een middel-druk-huis en twee parallelle lage-druk-huizen. Ook werden er voorspanturbines toegepast die voor een 'gewone' turbine werden geplaatst (vergelijkbaar met de eerder genoemde Curtis-trap). Een veel toegepast type vanaf de jaren twintig is de Zweedse Ljungström-turbine, een overdrukturbine. Dankzij betere constructies en materialen waren de nieuwe turbines bestand tegen hogere drukken en temperaturen dan voorheen. Naast de genoemde turbine-fabrieken kwamen er meer buitenlandse leveranciers die leverden aan Nederlandse centrales. De Nederlandse fabrieken Stork en De Schelde bouwden ook een aantal turbines in licentie.

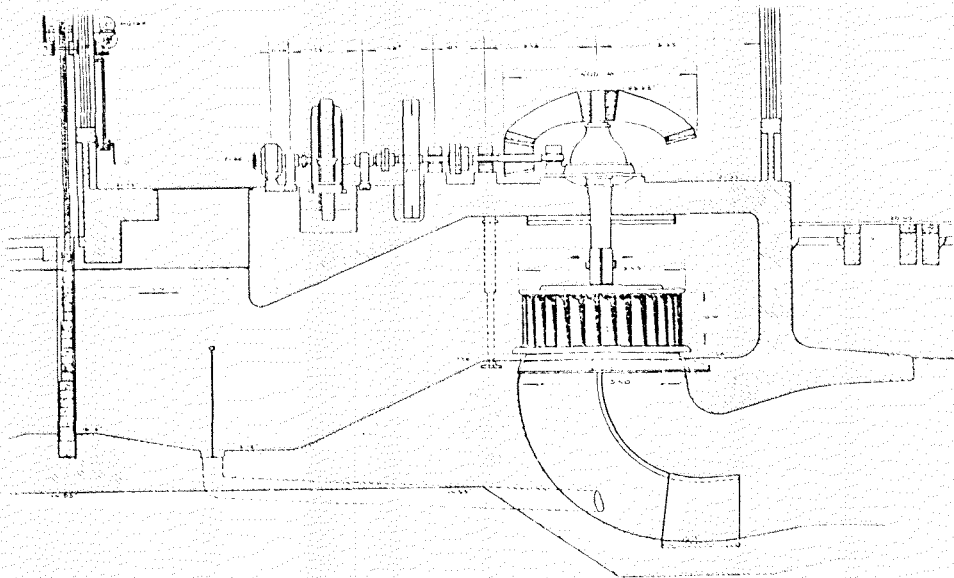
De hele centrale werd meer en meer een complex thermodynamisch systeem; waardoor de turbines niet meer zoals voorheen beschouwd werden als een losstaand onderdeel van het proces. Een deel van het vermogen (huisturbine) en van de stoom werd gebruikt voor het proces van de centrale zelf. De ingewikkelder constructie van de turbines vereiste meer regelapparatuur en geleidelijke start- en stopprocedures. Daarom kwamen er naast de gewone turbines speciale turbines die snel in bedrijf waren te nemen. De omvang van de turbines nam verder toe: in 1924 had de grootste een vermogen van 16000 kW en eind jaren dertig werd 55000 kW bereikt.

De vermogens van de generatoren gingen over het algemeen gelijk op met die van de turbines, omdat die apparaten direct gekoppeld waren en als turbogenerator min of meer één geheel vormden. Een nieuwe ontwikkeling was het gebruik van synchroonklokken vanaf 1924. Die worden gestuurd door de frequentie van de wisselstroom (50 Hz), en daarom moest de schakelbordwachter zorgen voor een constant toerental van de generatoren. De klemspanning van de generatoren bleef beperkt tot 10 kV, maar omdat veel centrales in de jaren twintig werden aangesloten op een transportnet met een spanning van bijvoorbeeld 50 kV, kreeg elke generator een eigen transformator. (Zie voor een verdere beschrijving van energietransport de paragraaf over energietransport onder hoge spanning en koppelnetten.) De verschillende generatoren van een centrale werden via die transformatoren aangesloten op een verzamelrail.

De distributienetten veranderden niet wezenlijk, behalve dat gelijkstroomnetten (en draaistroomnetten met een lagere spanning) geleidelijk aan werden omgebouwd voor draaistroom met 220/380 V. (Op sommige plaatsen zijn afwijkende netten nog vele jaren gehandhaafd; in het centrum van Amsterdam zelfs tot op heden.) Verder werden de bovengrondse 10 kV-distributienetten en de laagspanningsnetten op het platteland vervangen door kabelnetten. In de steden had men in het algemeen vanaf het begin al kabels gebruikt.



Afb. 17 Het turbinehuis van de Roermondse waterkrachtcentrale (lichtgekleurd), met op de achtergrond andere bedrijfsgebouwen (G.C.P. Linssen, 'De Roermondse waterkrachtcentrale' p.110)



Afb. 18 Langsdoorsnede van het turbinehuis (schaal 1:100). Het water stroomt van links naar rechts. (G.C.P. Linssen, 'De Roermondse waterkrachtcentrale' p.108)

Waterkrachtcentrales

Een heel andere manier om elektriciteit op te wekken dan met de beschreven kolencentrales is met behulp van waterkracht. Waterkrachtcentrales zijn in Nederland slechts op kleine schaal toegepast en die toepassing was vooral in Limburg te vinden. Vanwege zijn andere constructie wordt de waterkrachtcentrale in deze paragraaf apart behandeld. De nadruk ligt hierbij niet op de technische ontwikkeling in de loop der jaren, maar op de algemene kenmerken en een enkel voorbeeld.

Zoals de conventionele (met steenkool, olie of gas gestookte) centrale is afgeleid van de stoommachine, zo is de waterkrachtcentrale afgeleid van de watermolen. Het rad van een watermolen kan rechtstreeks een machine aandrijven om bijvoorbeeld graan te malen, maar kan ook een generator aandrijven om elektriciteit op te wekken. Zo kon de molenaar zijn bedrijf elektrisch verlichten, maar soms ook elektriciteit leveren aan bedrijven of woningen in de buurt.

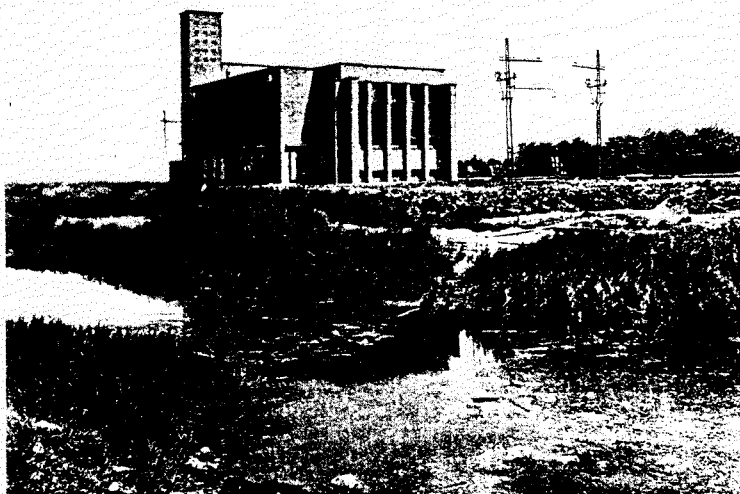
Al voor 1900 werden er wel 'waterturbines' gebruikt in plaats van een waterrad om de generator aan te drijven en daarmee kon meer vermogen worden opgewekt. Een deel van het stromende water uit de rivier of beek (met i.h.a. een verval van één of enkele meters) werd door de turbine geleid, die op zijn beurt de generator deed draaien.

Vergeleken met een conventionele centrale, heeft een waterkrachtcentrale eigenlijk enkel een machinehuis, waar de turbine(s) en generator(en) staan. Zoiets als het ketelhuis of de kolenberging ontbreken. In die zin wijkt een waterkrachtcentrale sterk af van een kolencentrale. Er bestaat echter wel veel overeenkomst tussen waterkrachtcentrales en elektrische gemalen, die in Nederland veel zijn toegepast.

Een bekend voorbeeld is de Roermondse waterkrachtcentrale, die van ongeveer 1920 tot 1974 in gebruik is geweest.³ Een fabriek voor aardappelprodukten ('Het Steel') kocht in 1918 een bedrijfsterrein dat langs de rivier de Roer was gelegen. Bij dat terrein hoorden een watermolen en turbine waarmee elektriciteit kon worden opgewekt. Het Steel wilde de capaciteit van die elektriciteitsopwekking voor eigen gebruik vergroten en bouwde daarom een nieuwe centrale met twee turbines en twee draaistroomgeneratoren van elk 320 kW. Het Steel ging echter al snel failliet en in 1926 nam de 'Electro-Chemische Industrie' een deel van de gebouwen over, waaronder de waterkrachtcentrale. Ook dat bedrijf heeft waarschijnlijk enkel elektriciteit opgewekt voor eigen gebruik. Afbeelding 17 en 18 tonen een foto en een langsdoorsnede van het turbinehuis.

Zelfopwekkers

Met het voorbeeld van de Roermondse waterkrachtcentrale zijn we aangekomen bij de zelfopwekkers: bedrijven die elektriciteit opwekken voor hun eigen gebruik. Bedrijven konden verschillende argumenten hebben om een eigen 'centrale' te exploiteren, in plaats



Afb. 19 Onderstation en bovenleiding voor de elektriciteitsvoorziening van de trein
(*De ontwikkeling onzer electriciteitsvoorziening 1880-1938. VDEN, p.857*)

van (of eventueel als aanvulling op) een aansluiting op het openbare net. Er was bijvoorbeeld geen elektriciteitsbedrijf in de buurt, of de tarieven van het elektriciteitsbedrijf waren zo hoog dat het goedkoper was om zelf elektriciteit op te wekken. De laatste reden gold met name voor bedrijven die al beschikten over een stoommachine of een installatie die restwarmte opleverde.

De uitbouw van de provinciale netten en de bouw van grootschalige centrales vanaf 1920 leidde ertoe dat de meeste bedrijven die voorheen zelf opwekten niet langer konden concurreren en dus stopten met zelfopwekking. Alleen de echte grootverbruikers handhaafden hun eigen centrales. Sommige van deze grote zelfopwekkers sloten zelfs een regeling met het elektriciteitsbedrijf, dat ze (gedurende bepaalde perioden) hun overschot aan elektriciteitsproductie tegen een vergoeding aan het openbare net leverden. In dit kader moeten de 'centrales' van de Staatsmijnen genoemd worden, want daar werd tot na 1950 alle elektriciteit voor nagenoeg heel Limburg opgewekt. De speciaal daarvoor opgerichte Stroom-Verkoop-Maatschappij kocht de elektriciteit in van de Staatsmijnen en zorgde voor de distributie. Daarbij ging het dus niet zozeer om de restcapaciteit van een zelfopwekker, maar om elektriciteitsopwekking als nevenbedrijf.

In technisch opzicht waren er geen wezenlijke verschillen tussen de opwek-installaties van zelfopwekkers en de centrales van elektriciteitsbedrijven, afgezien van bedrijven waar de warmte (stoom) niet werd opgewekt met gewone stoomketels, maar een nevenproduct was van bepaalde fysische of chemische processen. De meeste centrales voor zelfopwekking waren wel kleiner en ze werden minder vaak uitgebreid of gemoderniseerd. Daardoor zijn er bij sommige bedrijven tot op heden centrales of installaties bewaard die uit het begin van deze eeuw stammen en nauwelijks veranderd zijn.

De elektrificatie van de spoorwegen

Aan de beschrijving van de elektrificatie van de spoorwegen, die in het vorige hoofdstuk staat, valt nog iets toe te voegen met betrekking tot de toegepaste techniek. De trein uit 1908, tussen Rotterdam en Den Haag, reed op eenfase-wisselstroom van 10 kV en 25 Hz. Die stroom werd geleverd door een eigen centrale in Leidschendam. Toen men later meer baanvakken wilde elektrificeren, was dat systeem verouderd en daarom koos men in 1927 voor gelijkstroom van 1500 V. De benodigde energie werd door gemeentelijke centrales geleverd aan onderstations die langs het spoor werden gebouwd, op onderlinge afstanden van ongeveer 20 km (zie afbeelding 19). In die onderstations stonden transformatoren en gelijkrichters die de 5 of 10 kV draaistroom omzetten in 1500 V gelijkstroom. De gelijkstroom werd van daaruit via de bovenleiding naar de elektromotor in de trein gestuurd en ging via de rails terug naar het onderstation. (Een alternatief dat destijds in sommige andere landen werd toegepast was eenfase-wisselstroom van 15 kV en $16\frac{2}{3}$ Hz. Het

voordeel daarvan was de hogere spanning, maar wisselstroommotoren waren minder geschikt voor tractie.)

Voor de meeste toepassingen (kracht, licht en warmte) is gelijkstroom vervangen door draaistroom, maar voor de aandrijving van onder andere trams en treinen is gelijkstroom gehandhaafd, omdat dat meer geschikt is. Toen de centrales geen gelijkstroom meer opwekten, moest een deel van de opgewekte draaistroom daarom omgezet of omgevormd worden tot gelijkstroom. De eerste gelijkrichter die daarvoor werd gebruikt was een motorgenerator (een draaistroom-elektromotor die een gelijkstroomgenerator laat draaien) of een cascade-omvormer. In 1921 kwam er een nieuw type omvormer, de éénanker-omvormer. Hierin waren het motordeel en het generatordeel in één anker tezamen gebracht. De energie werd langs zuiver elektrische weg omgezet, zonder tussenschakeling van een mechanische fase, en daardoor was het rendement van dit type hoger.

Dit waren allemaal draaiende omvormers, die gebaseerd waren op het principe van de elektrische machine (generator c.q. elektromotor). Een nieuwe ontwikkeling was de kwikdampgelijkrichter, die in 1926 voor het eerst werd gebruikt en al snel de plaats innam van draaiende omvormers. In deze stationaire apparaten werd gebruik gemaakt van de eigenschap van kwik dat het elektronen - de dragers van de elektrische lading - kan uitzenden. Koolstof bijvoorbeeld kan dat niet. Door een kwik-elektrode en een koolstof-elektrode in een luchtledig vat samen te brengen ontstaat er éénrichtingsverkeer voor elektronen. Als men nu een wisselspanning aansluit op deze elektroden, zal er maar in één richting een stroom lopen, omdat de stroom in de tegengestelde richting niet wordt doorgelaten.

De bouwwijze van centrales

De massieve gemetselde muren van de eerste centrales hadden drie functies: de kaspanten voor het dak en de kraanbanen dragen; beschermen tegen regen en wind; en warmte isoleren. De draagfunctie werd vanaf ongeveer 1920 overgenomen door een vakwerk of skelet van staal of gewapend beton. Dat was met name nodig om de kraanbanen (waarover de loopkraan beweegt) te dragen; zo'n loopkraan diende om de steeds grotere turbines en condensoren te plaatsen of te verwijderen. De twee overige functies werden vervuld door metselwerk of door een aparte waterdichte mantel waarop isolatiemateriaal werd aangebracht. Bij sommige centrales was het stalen vakwerk zichtbaar en gevuld met metselwerk, terwijl het bij andere centrales aan de buitenkant niet zichtbaar was.

Toen het beter mogelijk werd om daken met asfalt te dekken, kregen de centrales al gauw platte daken. Dankzij die constructie konden de machinehal en het ketelhuis breder worden en kwam er ruimte om bijvoorbeeld de turbines dwars in de hal te plaatsen. (Een hellend dak op een bredere hal zou immers te hoog worden.) Bovendien was het bij platte daken gemakkelijker om ventilatie-kappen en schoorstenen aan te brengen.

Ook de kenmerkende ramen in de machinehal veranderden. Bij de oudere centrales zaten er drie rijen ramen boven elkaar (pompenkelder, onder c.q. boven de kraanbaan). Het dragende skelet maakte het echter mogelijk om zeer hoge ramen te plaatsen, waardoor 'de machtige ruimte der machinehal naar buiten gemanifesteerd' kon worden.⁴

Energietransport onder hoge spanning en het koppelnet

Zoals al eerder is beschreven werd de elektriciteit opgewekt onder een klemspanning van 5, 6 of 10 kV. In het schakelhuis stonden zonodig transformatoren die de spanning verhoogden tot 10 kV. Rond 1920 gingen gemeentelijke elektriciteitsbedrijven op steeds grotere schaal en over steeds grotere afstanden aan omliggende gemeenten leveren, terwijl de pas opgerichte provinciale bedrijven over nog grotere afstanden elektriciteit moesten leveren. Daarom werd de spanning bij de centrale verhoogd van 10 tot 25 of 50 kV. Dat gebeurde eerst in het schakelhuis dat tegen de machinehal aan was gebouwd, maar later in openluchtstations (schakeltuinen), waarin de transformatoren en olieschakelaars in de open lucht stonden opgesteld. Dat was goedkoper, overzichtelijker, gemakkelijk uit te breiden en bij eventuele explosie was er minder schade. Nog later werden ook wel volledig gesloten schakelinstallaties gebruikt (die weer wel in een gebouw werden ondergebracht): de schakelaars zaten daarbij in een gesloten ijzeren omhulsel dat gevuld was met olie of kabelmassa. Vanaf 1930 werden deze onderstations veelal op afstand bediend.

Het werd pas mogelijk om de elektrische energie onder hogere spanningen te transporteren, toen er ook lijnen (bovengrondse leidingen aan masten) en kabels (ondergrondse leidingen) ontwikkeld waren die die hoge spanningen aankonden. Voor zover mogelijk ging de voorkeur uit naar kabels, zowel voor hoogspanning als voor distributie, met name in stedelijke gebieden. Nederland bekleedt in dit opzicht zelfs een uitzonderingspositie, want in andere landen zag en ziet men veel meer bovengrondse leidingen.

In de jaren twintig was het mogelijk geworden, mede dankzij het onderzoek van de KEMA, om kabels te leggen voor 50 en 60 kV. Dat waren zogenoemde massakabels. De geleider van de kabel bestond uit samengedraaide koperen draden. Papier dat met een mengsel van olie en hars (de massa) was geïmpregneerd, zorgde voor de isolatie van deze geleider. De om deze isolatielaag geperste loodmantel beschermde de geleider tegen vocht en zorgde ervoor dat de impregneermassa niet de kabel uitliep. De massakabels waren echter niet zo bedrijfszeker als bovengrondse lijnen en daarom legden de provinciale bedrijven van Noord-Brabant en Gelderland in de jaren twintig een luchtnet aan van 50 kV.

Het bleek niet mogelijk om een massakabel met nog hogere spanningen te belasten, want de daarbij optredende temperatuurverschillen zouden de isolatielagen beschadigen en doorslagen veroorzaken. Een oplossing voor dat probleem bleek de oliedrukkabel. Die is voorzien van een oliekanaal (bijvoorbeeld in het midden van de geleider) en de olie

waarmee dit kanaal wordt gevuld vangt de drukverschillen op die optreden als gevolg van de temperatuurswisselingen. Hiermee werd het mogelijk om kabels voor 150 kV te gebruiken.⁵ Tussen Rotterdam en Den Haag werd in 1938 zo'n oliedrukkabel gelegd; het traject daarvan kan men in het landschap herkennen aan de oliedrukhuisjes die om de 1½ à 2 kilometer staan opgesteld. In die huisjes staan reservoirs en pompen die de oliedruk in de kabel regelen.

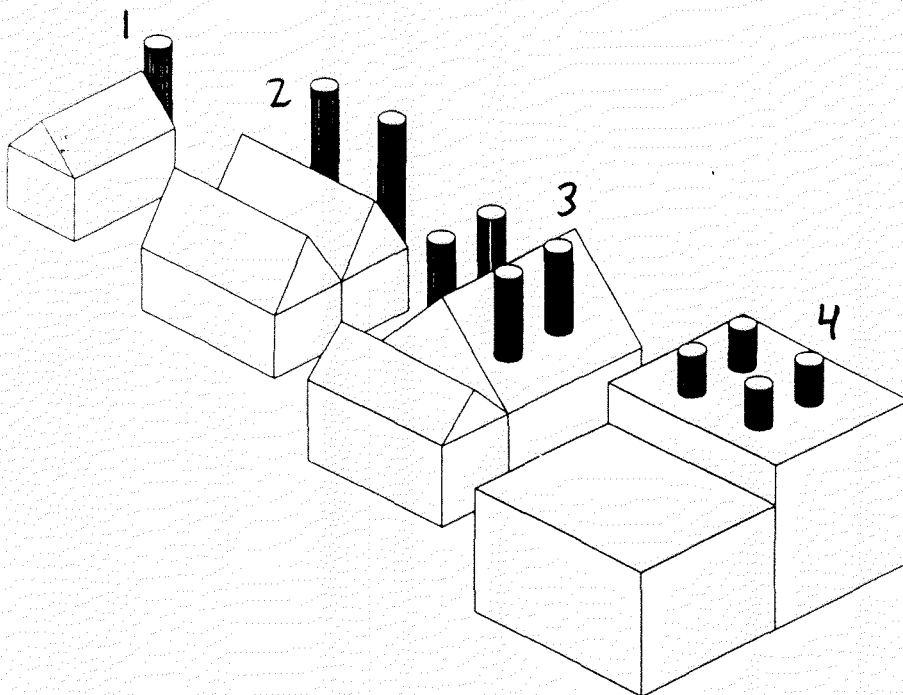
De bovengrondse leidingen bestonden (en bestaan) uit niet geïsoleerde geleiders die door middel van isolatoren aan masten werden opgehangen. Die masten bestonden uit houten palen (enkel voor laagspanning) of stalen constructies.

Zo ontstond de situatie dat de elektrische energie vanuit de centrales, via een regionaal of provinciaal hoogspanningstransportnet, naar een aantal schakelstations (ook wel onderstations of verdeelstations genoemd) werd geleid. De distributie is in grote lijnen onveranderd gebleven (zelfs tot nu toe). Bij de schakelstations wordt de spanning verlaagd en via het 10 kV-verdeelnet naar de transformatorhuisjes of rechtstreeks naar de grootverbruikers gevoerd. En vanuit de trafo-huisjes gaat de elektriciteit met 220/380 V naar de verbruikers.

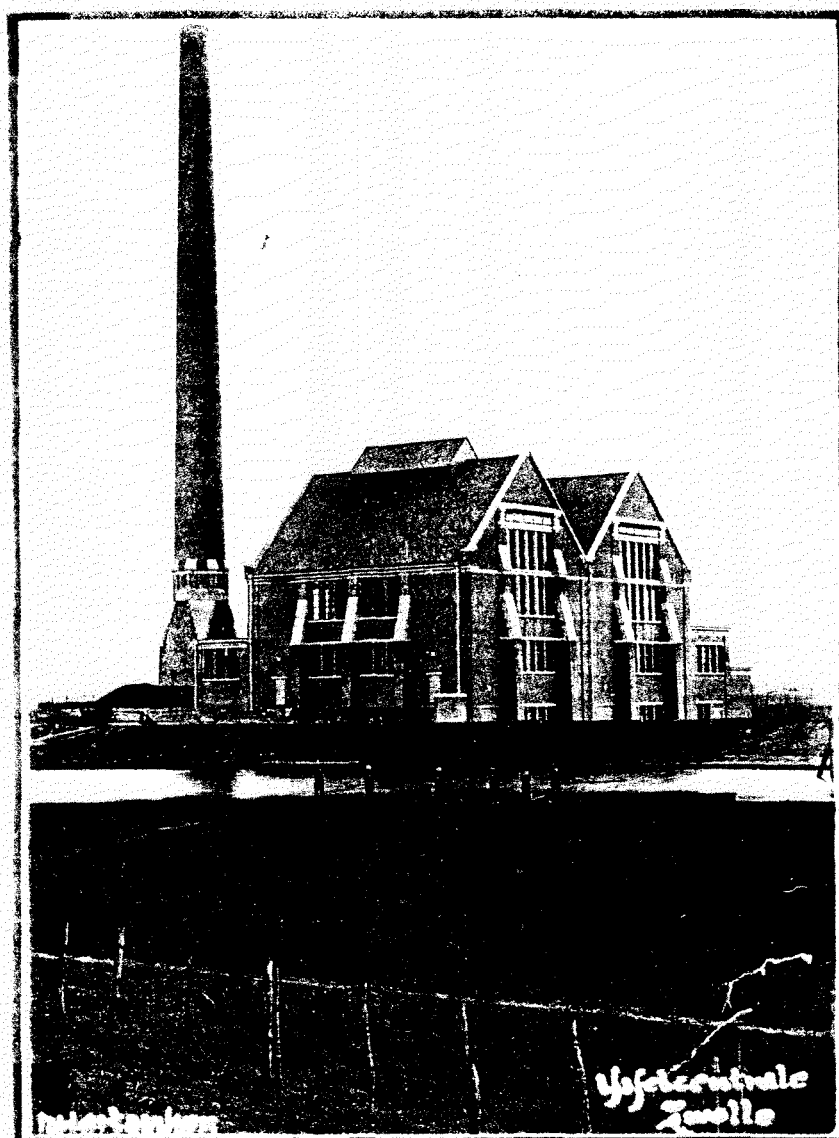
Om de continuïteit van de elektriciteitsvoorziening te verzekeren moet een centrale een zekere overcapaciteit aan productievermogen opstellen. Dit reserve-vermogen moest groot zijn bij centrales die geheel op eigen middelen waren aangewezen, zoals in het begin gebruikelijk was. Een oplossing daarvoor was het koppelen van centrales. Elke aangesloten centrale kon dan mede gebruik maken van het reserve-vermogen in de overige centrales, waardoor een kleinere totale hoeveelheid reserve-vermogen nodig was.

Het vroegste voorbeeld van koppeling vinden we bij de Eerste Nederlandse Electriciteits-Maatschappij die twee centrales exploiteerde, een gelijkstroomcentrale in Bloemendaal en een wisselstroomcentrale in IJmuiden. Kort na 1910 werd er in Bloemendaal een gelijkstroom-wisselstroom-omzetter opgesteld en werden de twee centrales verbonden, zodat parallelle bedrijfsvoering mogelijk werd. Dat duurde echter niet lang, want al snel werd de centrale in IJmuiden uitgebreid, terwijl de productie in Bloemendaal werd gestopt en de centrale werd verbouwd tot onderstation.

Zoals in het vorige hoofdstuk al genoemd, werden in 1930 voor het eerst twee provinciale centrales gekoppeld onder 60 kV, die van Groningen en Friesland. Dat zou het begin van het landelijk koppelnet genoemd kunnen worden. In 1938 werden vervolgens de 50 kV-netten van Utrecht en Gelderland met elkaar verbonden. Pas na de oorlog, in 1953, werd het landelijk koppelnet gerealiseerd: een 110 kV-ring in de vier noord-oostelijke provincies van het land en een 150 kV-ring in het westen, midden en zuiden. Beide ringen waren met elkaar verbonden door een lijn van Nijmegen naar Zwolle en dit Nederlandse koppelnet was vanuit Zuid-limburg door een 220 kV-lijn met België en West-Duitsland verbonden. In de 150 kV-ring waren tien centrales en acht schakelstations opgenomen en in de 110 kV-ring vier centrales en veertien schakelstations (zie afbeelding 20).



Afb. 21 Schets van de bouwwijze die kenmerkend is voor de vier typen centrales.
(Overgenomen uit de scriptie over industrieel erfgoed van de elektriciteitsvoorziening,
die Maarten van Maarschalkerweerd en Henk Stadens hebben geschreven, p.23)



Afb. 22 De eerste centrale van de NV IJsselcentrale omstreeks 1917
(E.J. Fischer, *Stroom opwaarts* p.14)

In principe zorgde elke centrale voor de elektriciteitsproductie van het eigen verzorgingsgebied. Bij 'overproductie' voedde een centrale daarnaast ook het koppelnet, terwijl bij 'onderproductie' van de centrale het tekort aan het regionaal transportnet wordt toegevoerd uit het koppelnet. In de loop der jaren ontstond echter de praktijk dat de SEP de modernste centrales met het hoogste rendement zo veel mogelijk liet draaien om te voorzien in de basislast, terwijl de minder efficiënte en dus duurdere centrales enkel werden ingezet om de pieklast op te vangen en als reserve.

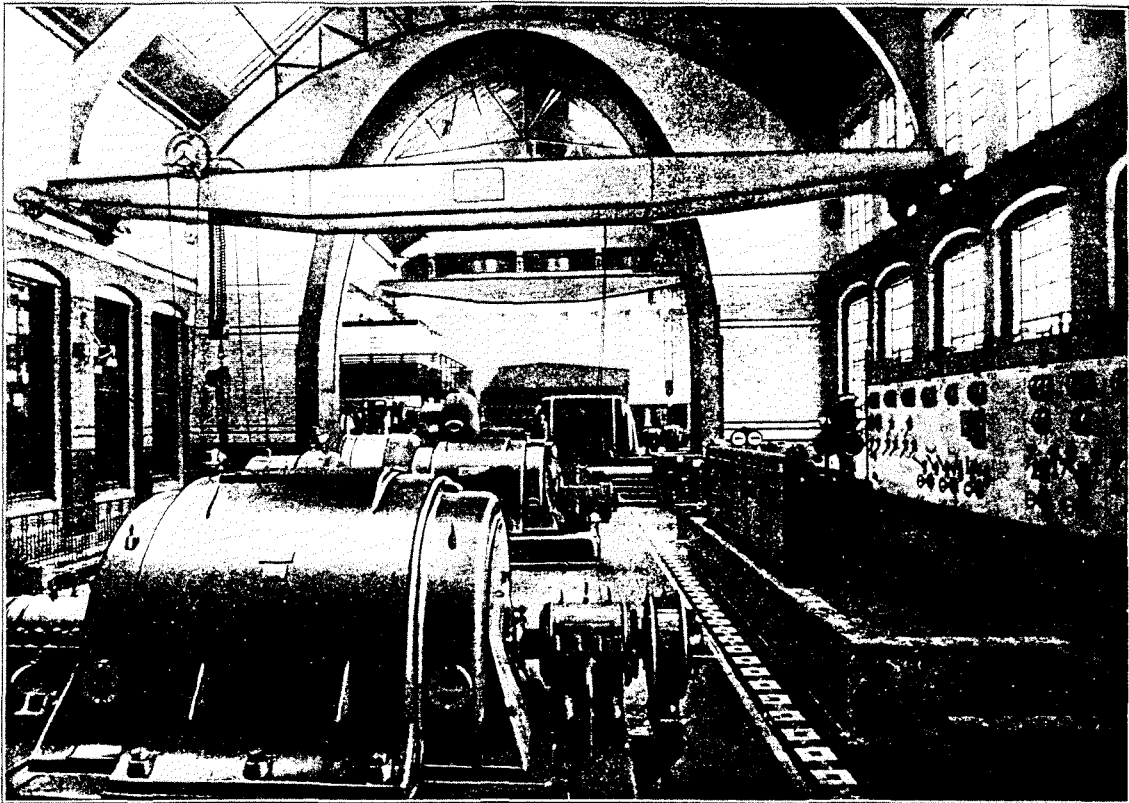
Typen-ordening onroerende goederen

Bij de gebouwen ten dienste van de elektriciteitsvoorziening kan er in de eerste plaats onderscheid gemaakt worden tussen centrales, schakelstations, transformatorhuisjes en overige gebouwen. Voor de duidelijkheid volgt hieronder eerst een korte opsomming van de typen van gebouwen, gevolgd door een beschrijving van elk type. De typen zijn doorlopend genummerd.

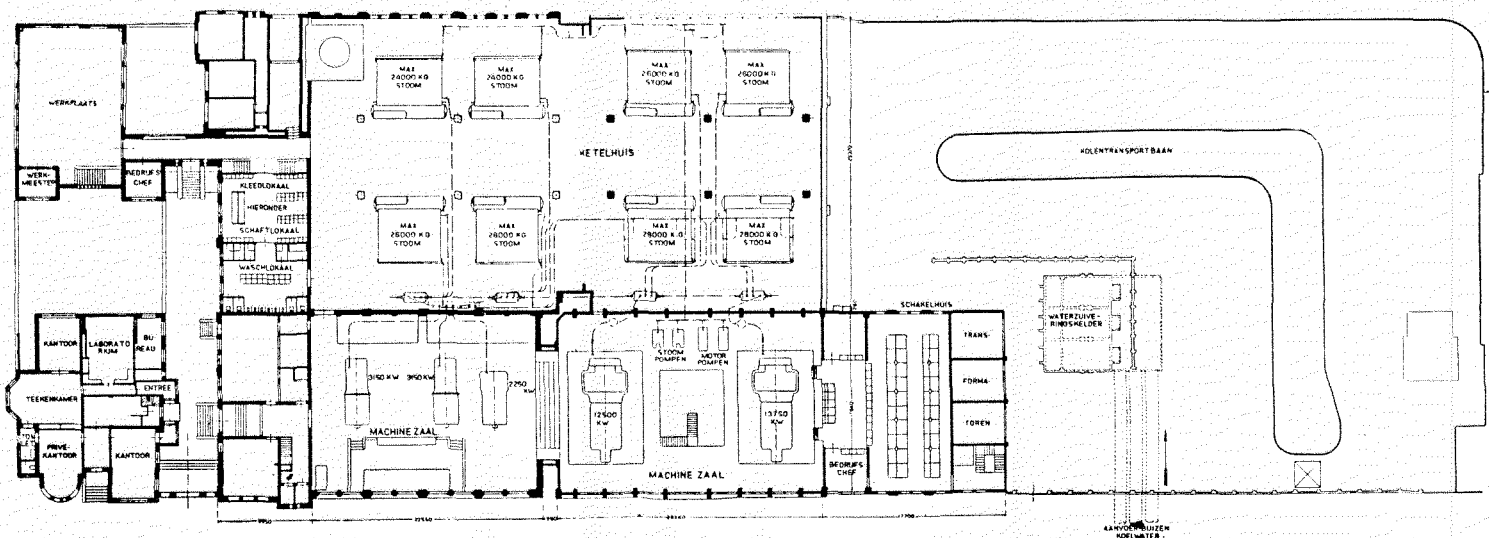
- 1 Centrale die uit één gebouw bestaat
- 2 Centrale die uit twee gebouwen van gelijke constructie en afmetingen bestaat
- 3 Centrale met ketelhuis dat groter (hoger) is dan het machinehuis
- 4 Centrale met dragende staalconstructie en plat dak
- 5 Waterkrachtcentrale
- 6 Schakelstation
- 7 Spoorweg-onderstation
- 8 Oliedrukhuisje
- 9 Trafo-huisje met enkel ondergrondse kabelaan sluitingen
- 10 Trafo-huisje met één of meer bovengrondse aansluitingen (Torenmodel)
- 11 Transformatorzuil met enkel ondergrondse kabelaan sluitingen
- 12 Toren-transformatorzuil
- 13 Kantoorgebouw van elektriciteitsbedrijf
- 14 Gebouw van de KEMA
- 15 Toonzaal / winkel / leerkeuken van elektriciteitsbedrijf

Een elektriciteitscentrale is een gebouw of een terrein met meerdere gebouwen en installaties waar elektriciteit wordt opgewekt die elders wordt verbruikt. De term 'centrale' wordt in dit rapport gebruikt om vier soorten opwek-installaties aan te duiden:

- de openbare centrales, die aan afnemers op enige afstand levert;
- het blokstation, dat enkel aan afnemers binnen hetzelfde stratenblok levert en dus geen leidingen op de openbare weg heeft;
- de zelfopwekker: een bedrijf dat voor eigen verbruik elektriciteit opwekt;



Afb. 23 Interieur van het machinehuis van de centrale in Nijmegen omstreeks 1925. Deze centrale was in 1921 door het GEB Nijmegen overgedragen aan de Provinciale Gelderse ElektriciteitsMaatschappij en in de daaropvolgende jaren vernieuwd en uitgebreid. Let op de turbines, het schakelbord en de kraanbaan.
(De ontwikkeling van de electriciteitsvoorziening van Nederland tot 1925 p.364)



Afb. 24 Plattegrond van de centrale in Nijmegen omstreeks 1925 (type 3)
(De ontwikkeling van de electriciteitsvoorziening van Nederland tot 1925 p.362)

- het nevenbedrijf: een zelfopwekker die voor eigen verbruik opwekt maar ook aan derden of aan het openbare net levert.

Bij alle centrales van voor 1950 gaat het om kolengestookte centrales, tenzij anders vermeld. Steenkool vormde de enige of in ieder geval belangrijkste brandstof (met uitzondering van turf in enkele gevallen). Daarnaast beschikten grotere centrales vaak over een snelketel die met olie werd gestookt, voor als er plotseling behoefte was aan extra stoom (in geval van een storing bijvoorbeeld). De weinige waterkrachtcentrales van Nederland vormen een eigen type.

1 Centrale die uit één gebouw bestaat

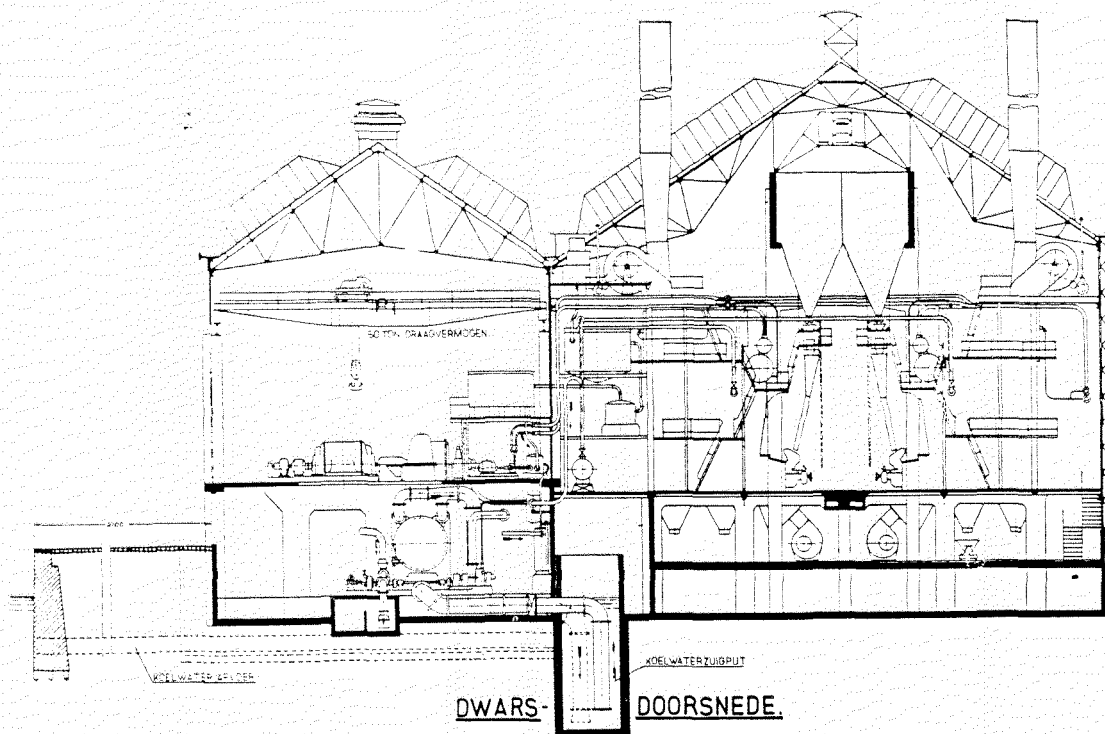
De stoomketel en de machines (stoommachine of -turbine en generator) staan in één gebouw. Waarschijnlijk zit er wel een scheidingswand tussen de ketelruimte en de machineruimte, om te voorkomen dat het kolenstof van de ketel de machines zou schaden. Het schakelbord staat soms in een aparte schakelruimte binnen het gebouw en soms ook in dezelfde ruimte als de machines. Het betreft in het algemeen een bakstenen gebouw met kap (hellend dak), gedekt door dakpannen, en een raampartij, zoals gebruikelijk was bij bedrijfsgebouwen. Verder staat er altijd een schoorsteen bij het gebouw. Dit type centrale werd gebouwd tussen circa 1880 en 1910. (Afbeelding 21 geeft een schets van centrales van type 1, 2, 3 en 4.)

Een voorbeeld is de eerder genoemde centrale van 1886 in Kinderdijk (zie afbeelding 1). Ook veel blokstations en installaties voor zelfopwekking kunnen tot dit type gerekend worden. Opgemerkt moet worden dat dergelijke installaties vaak geplaatst werden in bestaande bedrijfsgebouwen die eerder al een andere functie hadden vervuld.

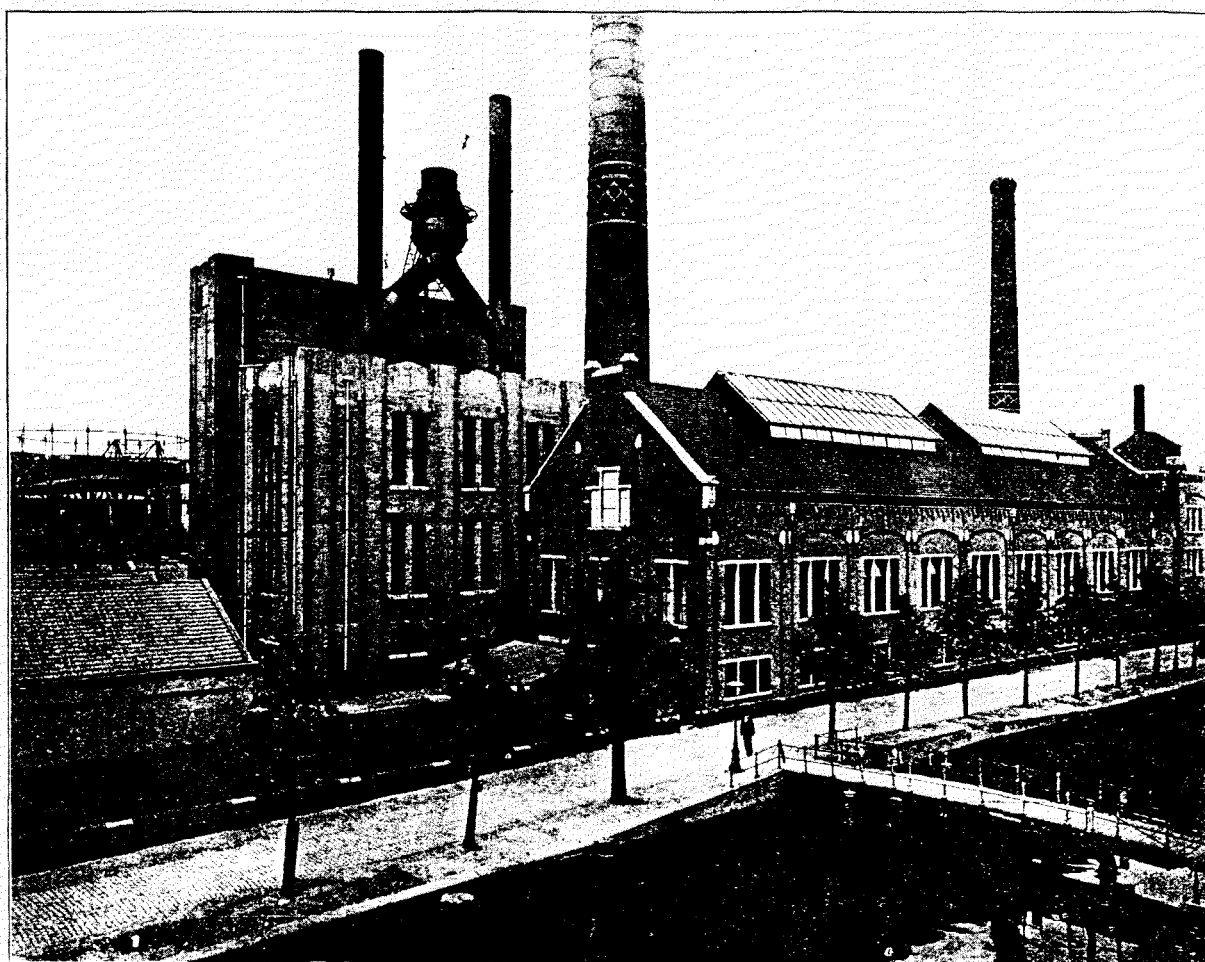
2 Centrale die uit twee gebouwen van gelijke constructie en afmetingen bestaat: een ketelhuis en een machinehuis

Ketels en machines zijn in twee aparte gebouwen geplaatst (vanwege kolenstof). Ketelhuis en machinehuis staan meestal parallel naast elkaar (zie afbeelding 22). De opgewekte stoom gaat via een leiding van het ketelhuis naar het machinehuis. Na benutting in de stoommachine of -turbine wordt de stoom gecondenseerd in de condensor (die vaak in de kelder van het machinehuis is geplaatst) en het condenswater wordt door een voedingpomp terug in de stoomketel gepompt.

Afbeelding 23 toont het interieur van een machinehuis; links staat een aantal turbines; rechts, op een verhoging, zijn de schakellessenaar en het schakelbord zichtbaar, dat bij type 2 vaak tegen een wand van het machinehuis is geplaatst. Het komt echter ook voor dat er een aparte schakelruimte is (binnen het machinehuis) of zelfs een apart schakelhuis.



Afb. 25 Dwarsdoorsnede van het nieuwe gedeelte van de Nijmeegse centrale (type 3)
(De ontwikkeling van de electriciteitsvoorziening van Nederland tot 1925 p.363)



Afb. 26 De centrale van Leiden in 1924. Op het nieuwe ketelhuis staat een rookgasreiniger.
(De ontwikkeling van de electriciteitsvoorziening van Nederland tot 1925 p.194)

De gebouwen zijn van baksteen met een kap. Het machinehuis en vaak ook het ketelhuis zijn voorzien van een loopkraan, die over een kraanbaan beweegt, om zware machine- en ketelonderdelen te plaatsen of te verwijderen. Meestal wordt die kraanbaan gedragen door de muren en in dat geval zijn er twee rijen ramen in de zijgevel, één onder en één boven de kraanbaan, zoals op het voorbeeld van afbeelding 23. Centrales van type 2 werden gebouwd tussen circa 1890 en 1920.

3 Centrale met ketelhuis dat groter (hoger) is dan het machinehuis

Het toenemend vermogen van centrales vergt meer ruimte om meer en grotere ketels te plaatsen. Om de omvangrijke ketels te plaatsen is een hoog gebouw nodig dat ook ruimte biedt voor kolenbunkers boven de ketels. Door de invoering van stoomturbines, die minder ruimte innemen en toch meer vermogen leveren dan zuigerstoommachines, hoeft het machinehuis niet vergroot te worden.

Het ketelhuis staat soms parallel aan en soms haaks op het machinehuis. Meestal zijn er een of meer bijgebouwen; met name het schakelhuis, waarin de schakelaars en transformatoren worden geplaatst. Afbeelding 24 geeft een plattegrond van een centrale van het type 3. Ketel- en machinehuis staan parallel; achter het machinehuis staat het schakelhuis met transformatoren en voor ketel- en machinehuis staat een gebouw met kantoren, werkplaatsen en dergelijke.

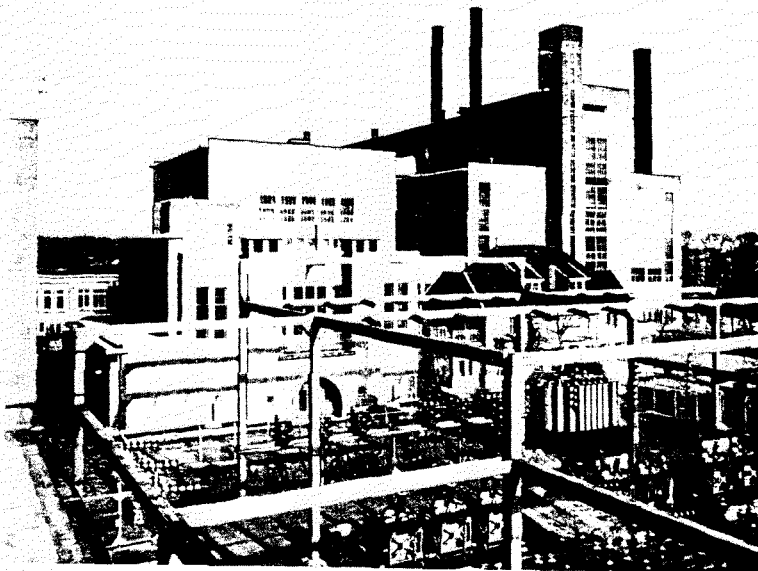
Op de dwarsdoorsnede in afbeelding 25 staat het ketelhuis dat breder en hoger is dan het machinehuis. Verder is boven de turbine de kraanbaan zichtbaar en in de kelder onder de turbine de condensor. De acht ketels (vier links en vier rechts) hebben elk een schoorsteen, die door het dak steekt. In de nok bevinden zich kolenbunkers van waaruit de kolen naar de roosters onderin de ketels gevoerd worden.

Centrales van type 3 werden gebouwd (of ontstonden uit type 2 door verbouwing) tussen circa 1900 en 1930.

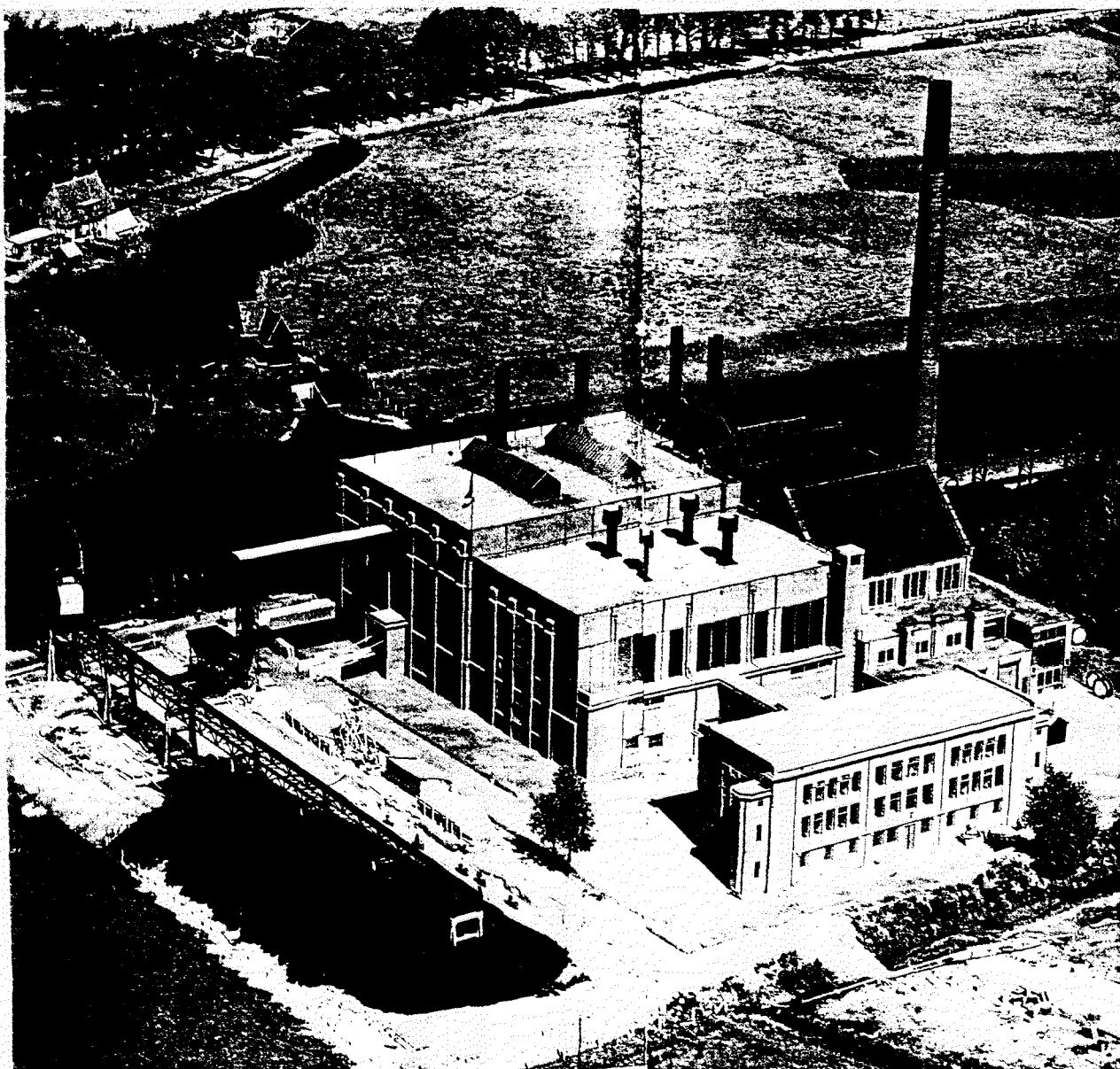
4 Centrale met dragende staalconstructie en plat dak

Het steeds toenemende vermogen van centrales en de hogere constructie van ketels (economizer en kolenbunker boven de eigenlijke ketel) vereisen een groter en hoger ketelhuis. Ook het machinehuis wordt groter om ruimte te creëren voor meer of grotere turbogeneratoren. Daardoor voldoen gemetselde draagmuren en kappen niet langer en dankzij nieuwe bouwtechnieken kan men ketel- en machinehuizen met dragende staalconstructies en platte daken bouwen. Verder zijn er bijgebouwen, zoals schakelhuis (of schakeltuin), pomphuis voor koelwater, werkplaatsen en kantoorgebouwen.

Afbeelding 26 laat een centrale zien, die oorspronkelijk (in 1907) van het type 2 was, en die in 1922 werd uitgebreid met een nieuw ketelhuis van type 4. De afbeelding 27 en 28 tonen beide foto's van type 4 centrales die in de jaren dertig werden gebouwd. Op afbeelding 27 is rechts het hoge ketelhuis te zien, links



Afb. 27 De nieuwe Helpmancentrale in Groningen in 1933
(J. de Groot en B. van Houten, *Tweestromenland. Electriciteitsvoorziening in Groningen en Drenthe* p.179)



Afb. 29 De centrale aan de Weteringkade te Zwolle omstreeks 1932
(E.J. Fischer, *Stroom opwaarts* p.214)

daarvan het machinehuis; het lagere gebouw daarvoor is het schakelhuis en op de voorgrond is de schakeltuig gedeeltelijk zichtbaar. Let bij afbeelding 28 op de hoge ramen in het machinehuis; haaks op het machinehuis staat het ketelhuis, geflankeerd door twee hoge schoorstenen. Deze centrale is een voorbeeld van 'moderne zakelijkheid'.

Een mooi plaatje is ook afbeelding 29: rechts de oude centrale van type 2 (dezelfde als afbeelding 22), daarnaast de nieuwe centrale van type 4; van achter naar voor ketelhuis, machinehuis en schakelhuis.

Centrales van type 4 werden gebouwd vanaf circa 1920 en tot 1950 toe (en ook daarna nog, maar deze typen-ordening is slechts van toepassing tot 1950.) Enkele belangrijke ontwikkelingen sinds 1950 zijn:

- ketel en turbogenerator zijn nog meer een eenheid geworden: bij elke ketel hoort één turbogenerator en omgekeerd;
- aardolie en aardgas zijn belangrijke brandstoffen geworden, naast steenkool, waardoor kolenparken, kolenbunkers e.d. gedeeltelijk zijn verdwenen;
- waar STEG-eenheden (SToom- En Gasturbine) worden toegepast, is het onderscheid tussen ketelhuis en machinehuis vervallen;
- de bouw van kerncentrales, die sterk afwijken van conventionele centrales.

Algemene kenmerken die zijn terug te vinden bij kolengestookte elektriciteitscentrales van alle vier de typen zijn: een gebouw of terrein voor kolenopslag; eventueel een kolenkraan en kolentransportinrichting; eventueel een koeltoren; vaarwater en een spoorlijn.

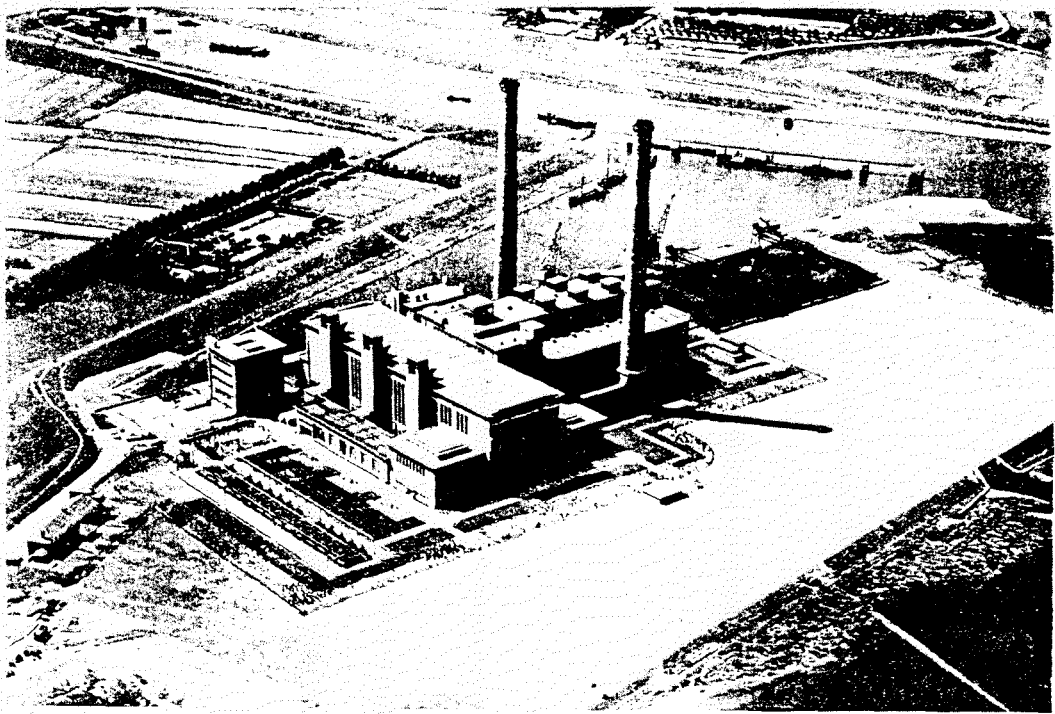
5 Waterkrachtcentrale

Een waterkrachtcentrale is geplaatst aan een rivier of beek. (Een deel van) het rivierwater wordt langs een waterrad of door een waterturbine geleid, waardoor die gaat draaien. Daardoor gaat de generator ook draaien en elektriciteit opwekken. Turbine en generator kunnen zonder probleem in dezelfde ruimte worden geplaatst. Een voorbeeld is te zien op afbeelding 17.

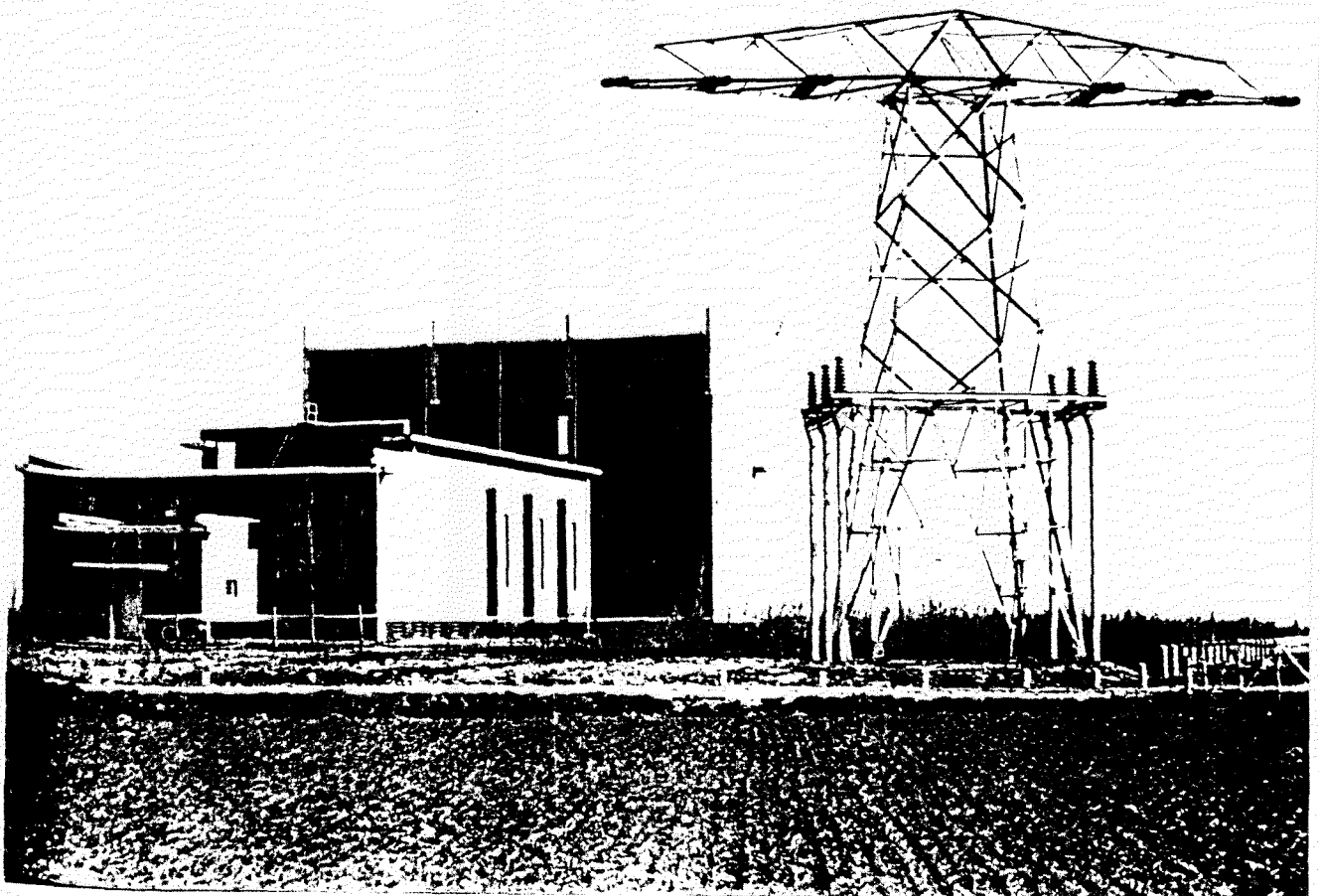
6 Schakelstation (ook wel onderstation of verdeelstation genoemd)

In een schakelstation zijn vermogensschakelaars en meestal ook transformatoren geplaatst. Het vormt bijvoorbeeld een verbinding tussen het transportnet en het distributienet. De transformatoren in een schakelstation brengen de spanning zonodig omhoog voor een hoogspanningstransport- of koppelingverbinding, of omlaag om het distributienet te voeden met een spanning van 3, 6 of 10 kV.

Het zogenaamde schakelhuis dat deel uitmaakt van een centrale is dus ook te beschouwen als een soort schakelstation. De transformatoren in het schakelhuis vormen een verbinding tussen de generator, die elektriciteit met een spanning van bijvoorbeeld 10 kV opwekt, en de transportleidingen, waardoor elektrische energie



Afb. 28 De centrale van de PGEM aan het Maas-Waalkanaal, gebouwd in 1935
(*De ontwikkeling onzer electriciteitsvoorziening 1880-1938*. VDEN, p.782)



Afb. 30 Onderstation uit 1935, onderdeel van de 100 kV lijn Groningen-Gasselte.
Op de voorgrond een hoogspanningsmast.
(J. de Groot en B. van Houten, *Tweestromenland* p.169)

met een spanning van bijvoorbeeld 50 of 150 kV over grotere afstanden wordt vervoerd. De schakelaars zijn nodig om de juiste generatoren te verbinden met de juiste transportleidingen, want zowel generatoren als leidingen kunnen uitvallen door storing of onderhoudsbeurten.

Behalve de eigenlijke schakel- en transformatorcellen zijn er in een schakelstation ook een bedieningskamer, werkplaats(en) en dergelijke. En sommige schakelstations werden voorzien van een hijstoren om de (metershoge) transformatoren vanaf een lorrie op te tillen en uit elkaar te halen voor onderhoud of reparatie.

Vaak is een deel van de installaties niet in een gebouw, maar in de openlucht opgesteld. Dat wordt een schakeltuin of openluchtstation genoemd (en dat betreft geen onroerend goed.) Op afbeelding 27 staat het schakelhuis en de schakeltuin bij een centrale; afbeelding 30 toont een (relatief groot) schakelstation.

7 Spoorweg-onderstation

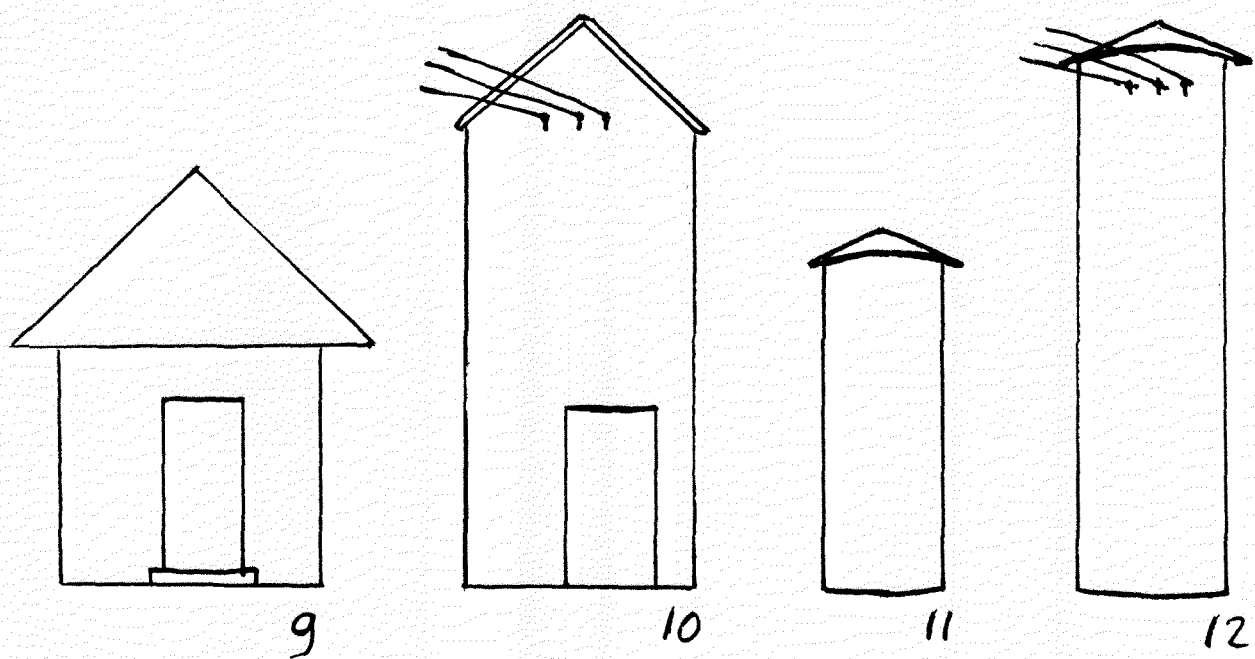
Voor de elektrificatie van het Nederlandse spoorweg-net werd in 1927 gelijkstroom van 1500 V gekozen. De benodigde energie werd echter door openbare centrales geleverd in de vorm van draaistroom met een hogere spanning, en daarom werden er onderstations langs het spoor gebouwd, op onderlinge afstanden van ongeveer 20 km (zie afbeelding 19). In die onderstations stonden transformatoren en gelijkrichters die de draaistroom omzetten in 1500 V gelijkstroom om de bovenleiding te voeden. (De verschillende typen gelijkrichters, die in de paragraaf 'elektrificatie van de spoorwegen' beschreven worden, komen terug in de typen-ordening roerende goederen.)

Dergelijke onderstations staan natuurlijk altijd direkt langs het spoor en zijn ook eigendom van de spoorwegen.

8 Oliedrukhuisje

Oliedrukhuisjes staan langs het traject van een oliedrukkabel, die voor transport onder hoge spanning worden gebruikt. (De kabel van Rotterdam naar Den Haag is de enige van voor 1950 en langs dat traject staan dus ook de enige oliedrukhuisjes in Nederland.) Die huisjes hebben een onderlinge afstand van 1½ à 2 kilometer en daarin staan reservoirs en pompen die de oliedruk in de kabel regelen. De huisjes bestaan uit metselwerk of betonnen platen, met een plat dak of een kap. Het grondoppervlak beslaat 5½ bij 8 meter en de hoogte 3 meter (of meer als er een kap opzit).

De typen 9 tot en met 12 betreffen transformatorhuisjes, die ook wel trafo-huisjes of hoogspanningshuisjes (-gebouwtjes) worden genoemd. Ook hierin staan schakelaars en transformatoren opgesteld. Het trafo-huisje vormt de schakel tussen het (hoogspannings)distributienet en het laagspanningsnet. In een woonwijk staan trafo-huisjes doorgaans op 300 à 500 meter van elkaar.⁶ In de beginperiode zijn er verschillende spanningsniveaus



Afb. 31 Schets van de vier typen transformatorhuisjes

gebruikt (nog afgezien van het verschil tussen gelijkstroom en draaistroom), maar standaardisatie heeft geleid tot een laagspanningsnet met een verbruiksspanning van 220/380 volt.

9 Trafo-huisje met enkel ondergrondse kabelaan sluitingen

Een stenen huisje van metselwerk (in opvallende danwel eenvoudige bouwstijl) of van (prefab) beton. Een deur biedt toegang tot de schakelaars en transformatoren. De elektriciteit wordt zowel aangevoerd als afgevoerd door ondergrondse kabels. De meeste huisjes van voor 1950 zijn relatief hoog (minimaal 3½ meter), opdat er voldoende ruimte is om open, niet-geïsoleerde hoogspanningsschakelaars tegen de muur te plaatsen. Soms zijn de hoog- en laagspanningsruimte gescheiden. In dat geval zijn er twee aparte deuren en bij sommige huisjes ook twee aparte bouwvolumes, een laag en een hoger gedeelte. Omdat de transformator warmte ontwikkelt, is het huisje voorzien van ventilatie-roosters in de muren en meestal ook in het dak, bijvoorbeeld in de vorm van een dakkapel.

Huisjes van type 9 zijn gebouwd vanaf 1900 tot heden. (Het trafo-huisje op afbeelding 15 is van type 9.) In afbeelding 31 staan schetsen van de vier typen trafo-huisjes en zuilen.

10 Trafo-huisje met één of meer bovengrondse aansluitingen (Torenmodel)

In gebieden waar een bovengronds hoogspanningsnet en/of een bovengronds laagspanningsnet is, zijn de trafo-huisjes hoger dan normaal, minimaal zo'n 7 meter. Die hoogte is vereist voor een veilige aansluiting van de bovengrondse, niet-geïsoleerde leidingen. Hoog boven de grond, tegen de gevel, zitten de isolatoren, waaraan de bovengrondse leidingen worden bevestigd; de hoogte en die isolatoren vormen het kenmerkende verschil met trafo-huisjes van type 9. Verder geldt voor type 10 dezelfde beschrijving als voor type 9.

Van het torenmodel bestaan twee sub-typen:

- a) met bovengrondse hoog- en ondergrondse laagspanningsaansluiting;
- b) met bovengrondse hoog- en laagspanningsaansluiting.

Van de derde mogelijke variant, met ondergrondse hoog- en bovengrondse laagspanningsaansluiting, geeft de literatuur geen voorbeelden; die is blijkbaar niet of nauwelijks toegepast.

Trafo-huisjes van type 10 zijn gebouwd vanaf 1900 tot minstens 1950. Sinds de jaren zestig worden ze niet meer gebouwd, omdat er geen bovengrondse netten meer worden aangelegd. Afbeelding 32 toont een voorbeeld uit 1954.

11 Transformatorzuil met enkel ondergrondse kabelaan sluitingen

Van 1900 tot circa 1920 plaatsten veel elektriciteitsbedrijven ronde, ijzeren zuilen als omhulling van de schakelaars en transformatoren. Die transformatorzuilen werden



Afb. 32 Een trafo-huisje (type 10) uit 1954, op de Eemdijk bij Bunschoten
(Roland Blijdenstijn, *Trafohuisjes* p.60)

wel 'peperbussen' genoemd en dienden ook vaak als reclame-zuil. Ze waren zo'n 4 à 5 meter hoog en ongeveer 1½ meter in doorsnee (zie afbeelding 14). Toen het toenemend gebruik van elektriciteit grotere transformatoren ging vereisen, bleken de zuilen te klein en gingen de meeste bedrijven stenen huisjes bouwen. (In Amsterdam echter zijn tot op heden nog steeds trafo-zuilen in gebruik.)

12 Toren-transformatorzuil

Zoals er trafo-huisjes van het torenmodel zijn gebouwd op plaatsen waar een bovengronds net is, zo zijn er op kleine schaal ook zuilen van het torenmodel geplaatst.⁷ Die zijn zo'n 7 à 8 meter hoog en worden gekenmerkt door isolatoren op de buitenzijde om de leidingen aan te sluiten.

Zoals er schakelstations zijn van grotere en kleinere omvang, zo zijn er ook grotere en kleinere trafo-huisjes. De omvang wordt bepaald door het aantal en de omvang van de transformatoren die nodig zijn om het vereiste vermogen om te zetten. Daardoor kan het gebeuren dat een relatief groot transformatorhuis(je) ongeveer even groot is als een klein schakelstation. In dat geval kan het moeilijk zijn om op grond van het uiterlijk het type te bepalen.

De eerder genoemde mast-transformatoren, die soms in dunbevolkte gebieden met een bovengronds net werden geplaatst, worden niet tot het onroerend goed gerekend en vormen daarom geen apart type transformator-huisje.

13 Kantoorgebouw van elektriciteitsbedrijf

Alle elektriciteitsbedrijven bezaten ook een of meer kantoorgebouwen, inclusief werkplaatsen om bijvoorbeeld kWh-meters te ijken. Die stonden vaak op het bedrijfscomplex van een centrale, maar soms ook elders. Die kantoorgebouwen horen ook tot de elektriciteitssector en kennen soms ook een kenmerkende architectuur.

14 Gebouw van de KEMA

De KEMA (N.V. tot Keuring van Electrotechnische Materialen) liet verschillende laboratoria bouwen op het KEMA-terrein in Arnhem. De KEMA als organisatie maakt deel uit van de elektriciteitsvoorziening, en daarom worden die gebouwen hier als apart type opgenomen (hoewel die gebouwen ook tot de elektro-technische industrie gerekend kunnen worden.)

15 Toonzaal / winkel / leerkeuken van elektriciteitsbedrijf

Het laatste type onroerend goed wordt gevormd door de toonzalen, winkels en 'leerkeukens' van elektriciteitsbedrijven, waar elektrische huishoudelijke apparaten werden gedemonstreerd en verkocht of cursussen werden gegeven. Deze winkels en

<i>Kolentoevoer</i>	- handmatig transport: (1) kiepwagen, (2) schep - gemechaniseerd transport: (3) hijskraan, (4) transportbaan, (5) kolenbunker	(6) vast rooster (of plaat) (7) kettingrooster (8) poederkoolmolen
<i>-- Toevoer van andere brandstoffen</i>	• (9) (turf)gasgenerator • (10) olietank	
<i>Verbranding en stoomproduktie</i>	(11) grootwaterruimketel (12) vlampijpketel (13) waterpijpketel (14) ketel met geheel gekoelde vuurhaard (15) poederkoolketel	• (16) pomp • (17) condensor • (18) economiser • (19) oververhitter • (20) vliegsvanger • (21) olieketel (snelketel)
<i>Opwekking van mechanische energie</i>	(22) verticale zuigerstoommachine (23) horizontale zuigerstoommachine (24) gelijkdruk stoomturbine (25) overdruk stoomturbine	• (26) waterturbine • (27) gasmotor • (28) dieselmotor • (29) Curtis-trap / voorspanturbine
<i>Opwekking van elektrische energie</i>	(30) gelijkstroomgenerator (31) eenfase-wisselstroomgenerator (32) draaistroomgenerator	
<i>-- Omzetting van draai- in gelijkstroom</i>	(33) motorgenerator (34) éénanker-omvormer (35) kwikdampgelijkrichter	• (36) accu (accumulatoren batterij)
<i>Transport en distributie</i>	• (37) kabels (ondergrondse leidingen) • (38) lijnen (bovengrondse leidingen) • (39) masten (om lijnen te dragen) • (40) transformator • (41) schakelaar / schakelpaneel • (42) meet- en regelapparatuur	

Afb. 33 Schema van de typen-ordening roerend goed. Tussen haakjes staat het toegekende volgnummer van elk roerend goed. Zie de toelichting in de tekst.

demonstratielokalen waren soms in een gewoon winkelpand gevestigd, maar vaker in het kantoorgebouw van het elektriciteitsbedrijf. Net als de kantoorgebouwen zijn ze niet zozeer in productie-technisch opzicht van belang, maar wel in sociaal-economisch opzicht.

Tot slot van deze typen-ordening onroerende goederen moet nog opgemerkt worden dat elektriciteitsbedrijven in het algemeen ook beschikken over een eigen telefoonnet en een telefooncentrale. Dat net verbindt de centrale(s) met alle schakelstations (en trafo-huisjes) en met de kantoren en dienstwoningen, en het is vooral van belang bij het lokaliseren en verhelpen van storingen. Het werd niet alleen gebruikt voor mondelinge communicatie maar ook voor meet- en regeltechniek op afstand.

Typen-ordening roerende goederen

In het schema (afbeelding 33) staan de belangrijkste roerende goederen geordend. Met lijntjes is aangegeven welke artefacten min of meer dezelfde functie konden vervullen. In die ordening is vaak de technische ontwikkeling in de tijd terug te vinden ('state of the art'); stoom werd bijvoorbeeld achtereenvolgens geproduceerd met de grootwaterruimketel, de vlampijpketel, de waterpijpketel enz. Maar de op deze manier geordende artefacten werden ook vaak naast elkaar gebruikt, zelfs binnen hetzelfde elektriciteitsbedrijf.

Bij de artefacten die met een ● zijn aangegeven is geen sprake van zo'n opeenvolging van innovaties. Dat betreft artefacten die ieder hun eigen functie hadden en die al of niet gebruikt werden in een bepaalde situatie op zeker moment. Pompen (van verschillende aard) en condensors werden bijvoorbeeld bij elke stoomketel en stoomturbine gebruikt. Accu's daarentegen alleen bij gelijkstroomcentrales. De waterturbine, die net als de stoommachine of stoomturbine een generator kan aandrijven, komt voor in waterkrachtcentrales; en de gasmotor of dieselmotor werd vaak gebruikt om een relatief kleine generator aan te drijven, meestal door zelfopwekkers.

Elektriciteitskabels horen eigenlijk tot het onroerend goed, omdat ze in de praktijk niet weggehaald worden om elders te leggen. Ze zijn desondanks opgenomen in de typen-ordening roerende goederen, omdat ze geen zichtbaar onderdeel vormen van het industriële landschap (met uitzondering van de oliedrukhuisjes die langs het traject van een oliedrukkabel staan).

Elektriciteitslijnen (bovengrondse leidingen) horen wel tot het roerend goed, terwijl de masten die die lijnen dragen weer een twijfelgeval zijn, zeker als het gaat om hoge stalen masten met betonnen funderingen. Voor deze studie is dat niet van groot belang, omdat nagenoeg alle laagspanningslijnen in Nederland opgeruimd zijn en er ook weinig hoogspanningslijnen en -masten van voor 1950 bewaard zijn.

De machines en installaties die zelfopwekkers gebruikten zijn vergelijkbaar met de installaties in openbare centrales (vaak wel veel kleinschaliger). Bij bedrijven met een al bestaande stoommachine (voor aandrijving) werd vaak een deel van de stoom uit de ketel afgetapt en naar een aparte stoommachine (of turbine) geleid waaraan een generator was gekoppeld.

Noten bij hoofdstuk 2

1. Deze uitleg over het drie- en vijfleiderstelsel en wisselstroom is gedeeltelijk overgenomen uit: A.N. Hesselmans, 'Elektriciteit' in: *Geschiedenis van de techniek in Nederland 1800-1890* deel III.
2. *De ontwikkeling van de electriciteitsvoorziening van Nederland tot het jaar 1925* (VDEN 1926).
Winkler Prins Technische Encyclopedie.
3. G.C.P. Linssen, 'De Roermondse waterkrachtcentrale' *Industriële Archeologie* 2 (1982) 103-115.
Linssen zegt over de centrale: 'Het is de grootste van de overigens weinige waterkrachtcentrales die Nederland telt en heeft dus een uniek karakter.' Deze centrale is meegenomen in het veldonderzoek (zie hoofdstuk 4).
4. *De ontwikkeling onze electriciteitsvoorziening 1880-1938* VDEN (Arnhem 1948) deel 2 p.786.
5. Hans Buiters, *Nederland Kabelland* (1994) p.22, 63.
6. Roland Blijdenstijn, *Trafohuisjes* (1993, Utrecht) (tweede deel in de Stichtse Monumenten Reeks) p.10, 14-19.
7. In de bestudeerde literatuur wordt slechts één keer een 'torenzuil' genoemd:
E.J. Fischer, *Stroomopwaarts* (1986) p.136.

Hoofdstuk 3: Aanpak van het veldonderzoek

Als bijlage bij dit rapport is een lijst gevoegd van centrales, schakelstations en andere gebouwen van de elektriciteitsvoorziening, uit de periode 1880-1950. De gegevens waarop die lijst is gebaseerd zijn afkomstig uit de literatuur, uit contacten met deskundigen en andere onderzoekers en uit de MIP-gegevens (Monumenten Inventarisatie Project).

De lijst geeft geen volledig overzicht van centrales (laat staan van schakelstations en overige gebouwen). Het uitgangspunt was een redelijk willekeurige lijst van centrales, en vervolgens zijn de gebouwen waarvan zeker is dat ze zijn afgebroken, van de lijst geschrapt (met uitzondering van de centrales die Van Maarschalkerweerd en Stadens in een eerder, niet-voltooid PIE-onderzoek al hadden bezocht). Transformatorhuisjes zijn helemaal niet opgenomen in de lijst, omdat er daarvan alleen al honderden bewaard zijn.

De genoemde gebouwen die wel bewaard zijn, komen in aanmerking om bezocht, beschreven en gewaardeerd te worden. Omdat het er teveel zijn om allemaal te bezoeken (ruim 100), is er een keuze gemaakt van ongeveer 30 objecten. Naast het selectiecriterium om van elk type enkele voorbeelden te kiezen, heeft het feit dat sommige centrales al eerder bezocht zijn bij de selectie een rol gespeeld. Evenzo de lokatie en reisafstand, dat wil zeggen dat van vergelijkbare objecten van hetzelfde type hetgene is gekozen dat het makkelijkst te bereiken is. (De geselecteerde objecten zijn in de betreffende lijst aangegeven met een *.)

Het veldonderzoek is verdeeld over zes personen: Geert Verbong en Ton Hesselmans (beiden bezig met onderzoek naar de elektriciteitsvoorziening), Wout Timmermans (deskundig m.b.t. waterkracht en elektriciteit in Limburg), Hans Buiten en Erik Nijhof (begeleiders van dit PIE-onderzoek) en Peter van Overbeeke (de auteur van dit rapport).

Wie behoefte heeft aan een meer compleet overzicht van alle elektriciteitscentrales die Nederland heeft gekend, al of niet bewaard, wordt verwezen naar het werk van Ton Hesselmans.¹

Korte toelichting op de waarderingssystematiek

Het belangrijkste doel van de beschrijving van roerende en onroerende goederen is het opstellen van een waardering. Op het inventarisatieformulier wordt aangegeven of het object een slechte/matige/redelijke/goede illustratie vormt van een of meer sociaal-economisch-historische kernpunten en of het object in dit opzicht zeldzaam is. Ook wordt aangegeven of het object een slechte/matige/redelijke/goede illustratie vormt van de produktietechniek in de elektriciteitsvoorziening en of het ook in dit opzicht zeldzaam is. Tenslotte wordt aangegeven in hoeverre het object compleet bewaard is. (Roerende goederen worden overigens enkel beoordeeld op de produktietechniek en de compleetheid, niet op de sociaal-economische kernpunten.)

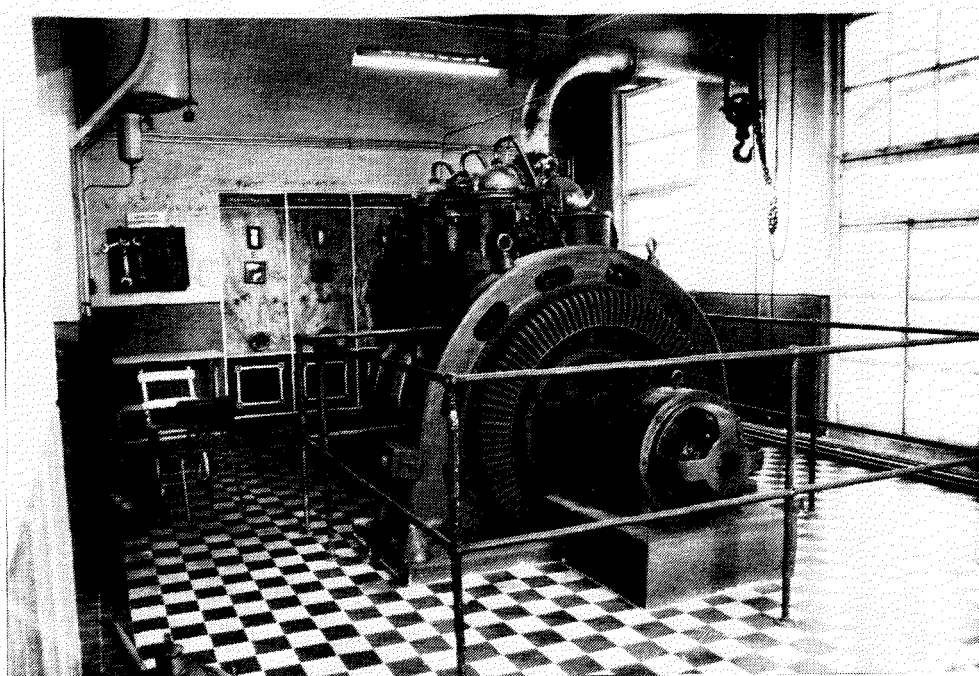
Deze waarderingsmethode levert drie scores op voor elk onroerend goed (en twee voor elk roerend goed). De sociaal-economisch-historische waarde wordt uitgedrukt in een combinatie van een letter en een cijfer (lopend van A1 tot D4); evenzo de produktie-technische waarde; de compleetheid wordt uitgedrukt in een cijfer (1 tot 4). De eindwaardering is een optelsom. De score wat betreft compleetheid wordt opgeteld bij de hoogste van de twee andere scores. (Bijvoorbeeld: C3, B2 en 4 levert C7.) Voor een uitvoeriger beschrijving van de waarderingssystematiek wordt verwezen naar het *Handboek branche-onderzoeker* van Buiters e.a.

Noten bij hoofdstuk 3

1. A.N. (Ton) Hesselmanns, werktitel: 'Elektriciteitsvoorziening in de twintigste eeuw', te verschijnen in: 'Geschiedenis van de techniek in Nederland in de twintigste eeuw' deel II (Stichting Historie der Techniek, Eindhoven 1998).



Afb. 34 De centrale in Veenhuizen: voorgevel met twee nokken



Afb. 35 De centrale in Veenhuizen: machinezaal met dieselmotor en daarvoor generator; tegen de achterwand schakelbord

Hoofdstuk 4: Resultaten van het onderzoek naar onroerende goederen

De bezochte onroerende goederen en de eventueel aanwezige roerende goederen zijn beschreven aan de hand van de inventarisatieformulieren die het PIE daarvoor opgesteld heeft (zie de twee ingevulde formulieren die als voorbeeld aan dit verslag zijn toegevoegd). Daarnaast zijn er ook foto's gemaakt. Een klein aantal daarvan is opgenomen in dit rapport (afbeelding 34 tot 49).

Verderop in dit hoofdstuk is een lijst opgenomen van alle onroerende goederen die op het programma stonden om bezocht te worden. Van de 40 gebouwen/complexen uit de lijst zijn er 27 bezocht. De overige zijn afgefallen omdat ze recentelijk gesloopt of niet toegankelijk waren, of omdat de betreffende onderzoeker geen gelegenheid had om het object te bezoeken. Die 27 bezochte objecten geven een voldoende overzicht van het bewaarde onroerend erfgoed van de elektriciteitsvoorziening.

Wat opvalt aan de lijst is dat bijna alle bezochte centrales (type 1 tot 5) gewaardeerd zijn met de maximale score 'D', wat betekent dat ze een goede representatie vormen van de sociaal-economische kernpunten of van de produktietechniek. De overige objecten (type 6 tot 15) zijn daarentegen bijna allemaal gewaardeerd met een 'C' (redelijke representatie). Zoals verwacht, hebben onderstations, trafo-huisjes en dergelijke inderdaad minder te bieden aan de toeschouwer dan centrales; de functie van die objecten is minder zichtbaar en spreekt minder tot de verbeelding.

Twee objecten zijn gewaardeerd met de hoogste score (D8): de centrale Veenhuizen en de waterkrachtcentrale Nederweert, beide zelfopwekkers. De centrale van de penitentiaire inrichting Veenhuizen diende voor verlichting van het gevangenis-complex en aandrijving van de machines in de bijbehorende werkplaatsen. De centrale werd gestookt met turf. Het gebouw toont in zijn vorm en plattegrond zeer duidelijk hoe rond 1920 centrales ingericht werden. De machines en installaties voor de elektriciteitsopwekking zijn bijna compleet bewaard (zie afbeelding 34 en 35).

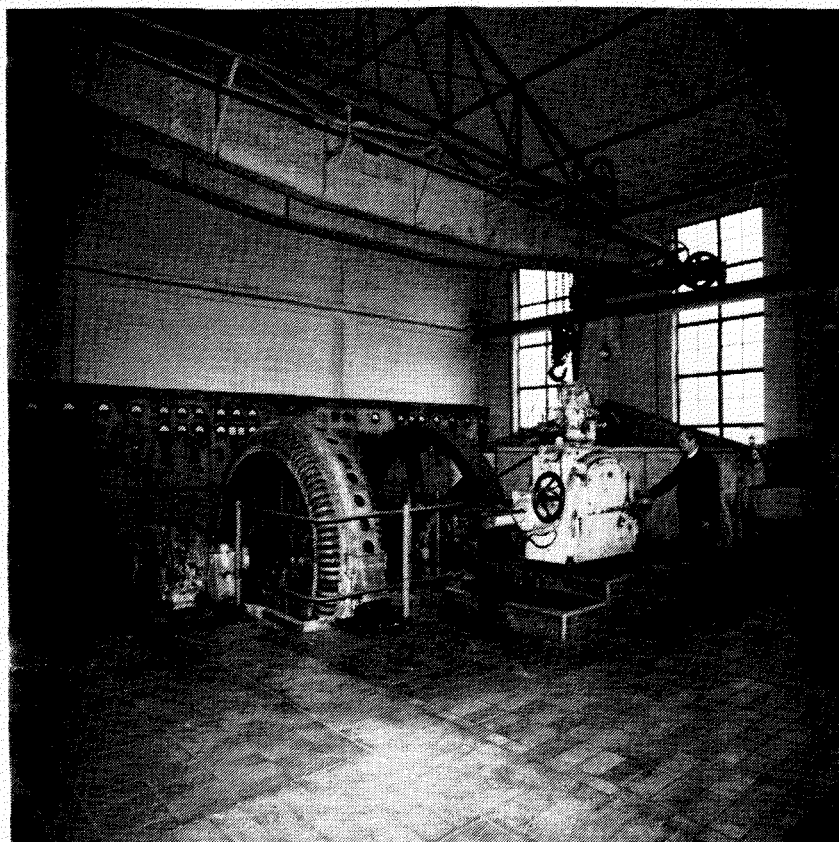
De waterkrachtcentrale bij Nederweert diende om elektriciteit op te wekken voor de bediening van een sluis tussen twee kanalen, en voor de verlichting van dienstwoningen en enkele andere gebouwen. Het hoogteverschil tussen die twee kanalen werd gebruikt om via een turbine de generator aan te drijven. In de jaren 1930 werd de sluis aangesloten op het openbare elektriciteitsnet, waarna de waterkrachtcentrale buiten gebruik en in verval raakte. In 1993 is het gebouw en de installatie gerenoveerd en de centrale levert nu aan het net (zie afbeelding 36).

Het is waarschijnlijk niet toevallig dat beide objecten die 'D8' scoren zelfopwekkers waren die na verloop van tijd op het openbare net werden aangesloten, waarbij de eigen installatie bleef dienen voor reserve. Want daardoor verviel de noodzaak om die centrales te moderniseren of te verbouwen, terwijl ze vanwege hun reserve-functie gedurende vele jaren gehandhaafd moesten blijven en dus niet gesloopt konden worden.

Hierna volgt eerst de lijst van de objecten. Vervolgens elk type afzonderlijk.



Afb. 36 De waterkrachtcentrale bij Nederweert ((c) NV MEGA Limburg)



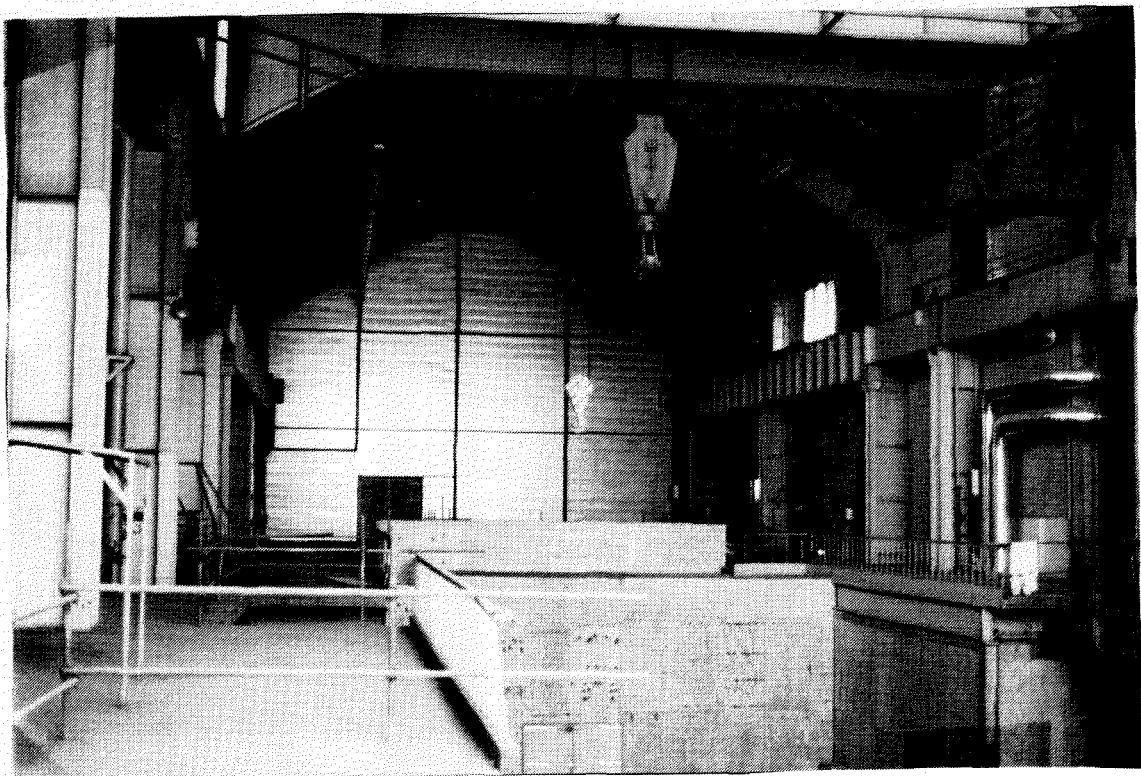
Afb. 37 Het vliegwiel en de generator van de waterkrachtcentrale in Roermond ((c) NV MEGA Limburg)

Lijst van de geïnventariseerde onroerende goederen

	Waardering	Opmerkingen
type-1 centrale		
centrale Kinderdijk	-	niet bezocht
centrale De Khotinsky, Rotterdam	-	niet bezocht
1 centrale Veenhuizen	D8	zelfopwekker
2 centrale Driebergen	D6	
3 centrale Raamsdonk	D5	
type-2 centrale		
centrale Naarden	-	niet bezocht
centrale Schiehaven, Rotterdam	-	niet bezocht
Peelcentrale Eindhoven	-	(nog) niet beschreven
4 centrale Den Haag	D6	
centrale voor gemaal, Raamsdonk	-	zelfopwekker; (nog) niet beschreven
5 centrale Nicolaas Beetsstraat, Utrecht	D4	ondertussen gesloopt
type-3 centrale		
6 TCS-centrale Hengelo	D6	
7 centrale St.Michaëlsklooster	D6	zelfopwekker
centrale Mauritsmijn	-	zelfopwekker / nevenbedrijf
	(geen toegang vanwege veiligheid en bedrijfsgeheim)	
8 centrale Hoogte Kadijk, Amsterdam	D4	
type-4 centrale		
9 centrale Merwedekanaal, Utrecht	C5	
10 centrale Lage Weide, Utrecht	D5	gebouwd na 1950
11 Dongecentrale, Geertruidenberg	D6	
centrale Galileistraat, Rotterdam	-	(gesloopt)
type 5: waterkrachtcentrale		
12 waterkrachtcentrale Nederweert	D8	zelfopwekker
13 waterkrachtcentrale Roermond	D6	zelfopwekker (zie afbeelding 37)
type 6: schakelstation (onderstation)		
14 schakelstation 150 kV-kabel, Rotterdam	C4	
15 schakelstation (annex toonzaal), Zeist	D7	
25 kV schakelstation Rotterdam	-	niet bezocht
150 kV schakelstation Roermond	-	niet bezocht
16 150 kV schakelstation Eindhoven	C7	
schakelstation Blauwkapelseweg, Utrecht	-	(nog) niet bezocht
17 schakelstation Laren	C5	
type 7: NS-onderstation		
		niet betrokken in veldonderzoek



Afb. 38 De centrale in Den Haag: gevel van het dienstgebouw met daarachter het ketelhuis



Afb. 39 De centrale in Den Haag: interieur van het machinehuis uit 1904

type 8: oliedrukhuisje

18 oliedrukhuisje bij Delft C6

type 9: trafo-huisje

19 trafo-huisje Bilthoven C4

trafo-huisje Utrecht - (nog) niet bezocht

20 trafo-huisje St.Theresiaplein, Eindhoven C4

21 trafo-huisje Wielewaal, Eindhoven C8

type 10: toren-trafo-huisje

geen exemplaar bezocht

type 11: trafo-zuil

22 trafo-zuil bedrijfsmuseum, Amsterdam C6

23 trafo-zuil Westergasfabriek, Amsterdam C4

24 trafo-zuil Van Limburg Stirumplein, A'dam C5

25 trafo-zuil Lindengracht, Amsterdam C5

type 12: toren-trafo-zuil

geen bewaard exemplaar bekend

type 13: kantoorgebouwen

26 kantoorgebouw PNEM, Den Bosch - niet gewaardeerd

27 kantoorgebouw IJsselmaatschappij, Zwolle - niet gewaardeerd

type 14: KEMA-gebouwen

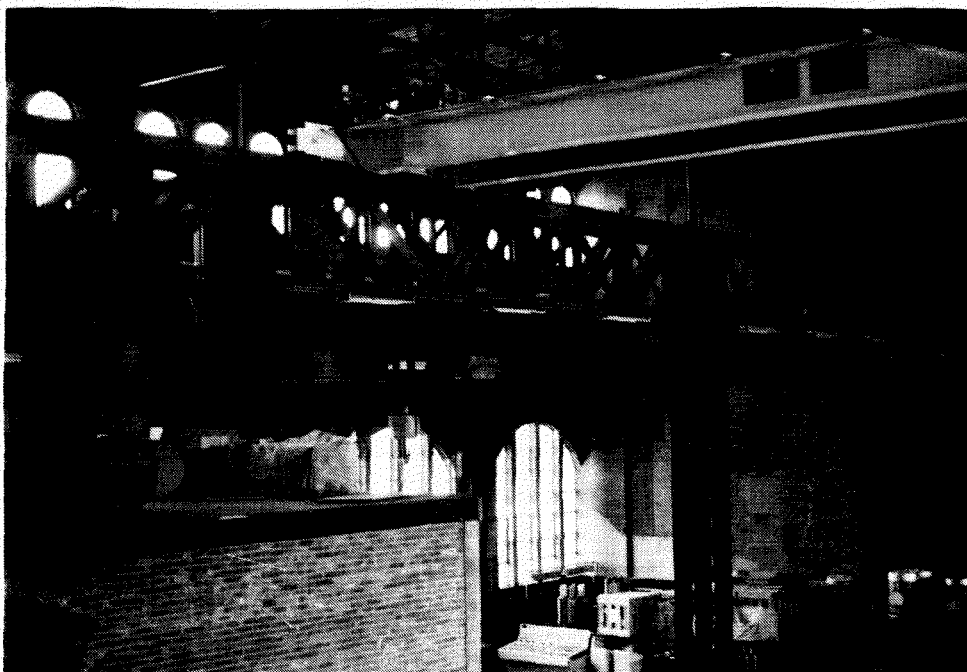
KEMA-gebouwen - (nog) niet bezocht

type 15: toonzalen

15 toonzal (annex schakelstation), Zeist (D7) (zie object 15: schakelstation)

Er zijn drie type-1 centrales bezocht: de gaaf bewaarde zelfopwek-centrale Veenhuizen, die hiervoor al aan de orde is geweest; de centrale Driebergen, die door Hofstede Crull gebouwd is; en de centrale Raamsdonk, ook een vroege centrale voor lokale voorziening. Bij de twee laatstgenoemde objecten is slechts weinig bewaard dat herinnert aan de vroegere centrales. Helaas zijn de centrales in Kinderdijk en van De Khotinsky, die steevast genoemd worden in elke geschiedschrijving van de elektriciteitsvoorziening en waarvan onduidelijk is wat ervan bewaard is, niet bezocht.

Van de type-2 centrale zijn twee voorbeelden bezocht: één midden in Utrecht (die ondertussen al is gesloopt), en één midden in Den Haag. Die Haagse centrale is bijzonder, omdat het de oudste grootschalige centrale is die nog steeds volop in gebruik is. Er is weliswaar veel verbouwd, gesloopt en nieuw gebouwd, maar de gevel van het dienstgebouw bijvoorbeeld is grotendeels bewaard (zie afbeelding 38 en 39). Tijdens het veldon-



Afb. 40 De centrale aan de Hoogte Kadijk in Amsterdam: interieur van het machinehuis uit 1908 met de originele kraanbaan



Afb. 41 De Donge-II centrale: aan de sporen op de gevel zie je waar vroeger het gebouw van Donge-I heeft gestaan

derzoek werden ook nog twee onvermoede centrales (van type 2) aangetroffen, onder andere de Peelcentrale in Eindhoven, maar die zijn (nog) niet beschreven.

Er zijn drie centrales van type 3 bezocht: de TCS-centrale in Hengelo, de oudste grootschalige centrale waarvan althans het gebouw is bewaard; de centrale van het St. Michaëlsklooster (zelfopwekker), die vergelijkbaar is met de type-1 centrale in Veenhuizen; de machines en installatie van het klooster zijn echter minder in originele staat bewaard; en de centrale aan de Hoogte Kadijk in Amsterdam, waarvan enkel het karakteristieke machinehuis (zonder machines) is bewaard (zie afbeelding 40).

Ook van het type 4 zijn drie centrales bezocht: de Dongecentrale, die vrij hoog gewaardeerd is (D6) (zie afbeelding 41 en 42); de centrale Merwedekanaal; en de centrale Lage Weide, die van na 1950 dateert.

De indeling van centrales in type 1 tot 4 (onderscheid naar de omvang van ketel- en machinehuis) blijkt hanteerbaar.

Van de waterkrachtcentrales (type 5) is die bij Nederweert (met D8 gewaardeerd) hiervoor al genoemd.

Schakelstations (type 6) zijn in het algemeen productie-technisch minder illustratief dan centrales, omdat in mindere mate te zien is waarvoor de installaties dienen. Het meest herkenbaar zijn de eventueel aanwezige transformatoren voor het verhogen of verlagen van de spanning. Van twee schakelstations is nog iets bijzonders te melden: het schakelstation in Zeist bood tevens onderdak aan een toonzaal en is mede daarom hoog gewaardeerd (zie afbeelding 45); bij het schakelstation in Eindhoven staat een zeldzame hijstoren, die bedreigd wordt met sloop (zie afbeelding 49).¹

NS-onderstations, die in latere instantie zijn toegevoegd aan de typen-ordening als type 7, zijn niet betrokken in het veldonderzoek.

De oliedrukhuisjes (type 8) tussen Rotterdam en Den Haag, die het traject van de hierlopende 150 kV oliedrukkabel markeren, springen nogal in het oog, omdat een aantal ervan vlak langs de snelweg staat. De functie ziet men er echter niet aan af; ze lijken uiterlijk op (grote) trafo-huisjes.

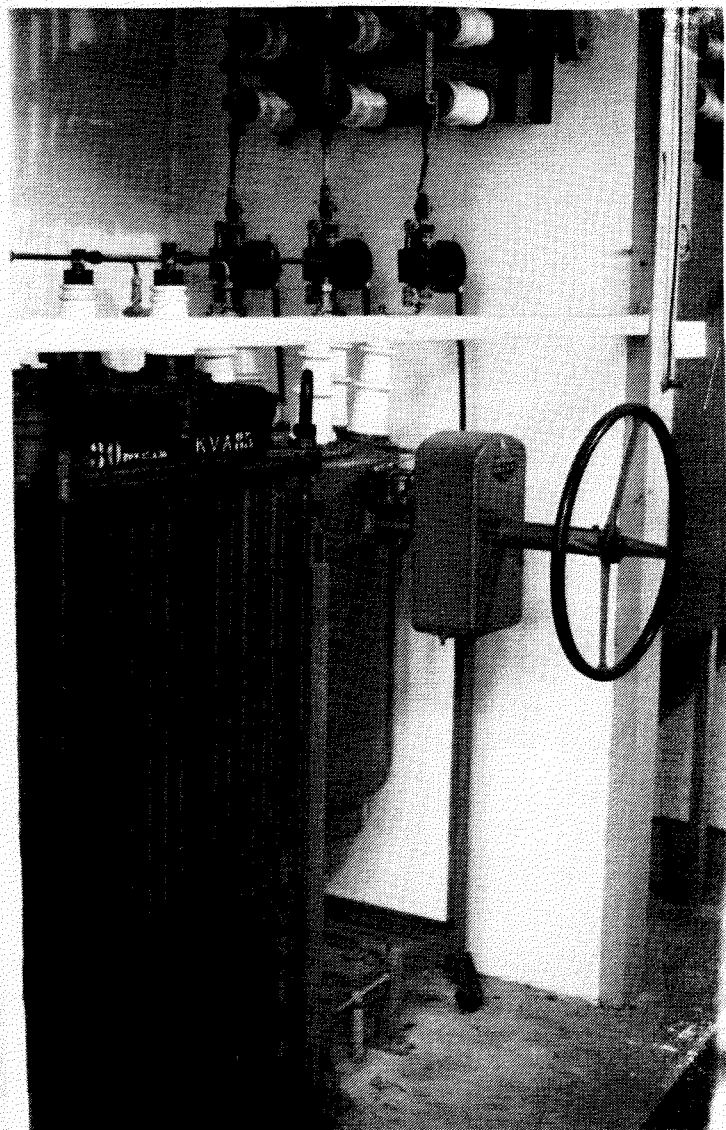
Van de bezochte trafo-huisjes (type 9) is het meest bijzondere het huisje op het landgoed Wielewaal, in Eindhoven (gewaardeerd met C8). Het dateert uit de jaren dertig en het is het enige huisje uit het veldonderzoek waarvan de inventaris (nagenoeg) geheel in originele staat is (zie afbeelding 43).

Trafo-huisjes van het torenmodel zijn nauwelijks bewaard, omdat de bovengrondse leidingen zijn vervangen door kabels. Er zijn twee exemplaren bekend uit de literatuur, maar die zijn niet bezocht.²

IJzeren trafo-zuilen (type 11) werden enkel in Amsterdam aangetroffen. De hoogst gewaardeerde is de zuil die in de (openlucht)museumcollectie van het energiebedrijf staat



Afb. 42
De machines in het pompenhuis
van de Donge-centrale



Afb. 43
Transformator en olieschakelaar
met handwiel, in het trafo-huisje
op het landgoed Wielewaal in
Eindhoven

opgesteld (zie afbeelding 44). De zuilen die in de stad stonden zullen op zeer korte termijn verwijderd worden en vervangen worden door nieuwe betonnen zuilen.

Transformatorzuilen van het torentype zijn, voor zover bekend, zelden toegepast en waarschijnlijk zijn er geen voorbeelden bewaard. Het loont niet de moeite om er een te zoeken en daarom blijft deze voor het veldonderzoek buiten beschouwing.

Twee kantoorgebouwen (type 13) zijn bezocht: het gebouw van de PNEM in Den Bosch en het gebouw van de IJsselmaatschappij in Zwolle. Deze kantoren zijn wel beschreven, maar niet gewaardeerd, omdat er te weinig vergelijkingsmateriaal was en omdat kantoorgebouwen sociaal-economische categorieën zijn.

Toonzalen (type 15) zijn er nauwelijks bewaard, voor zover bekend. De toonzaal annex schakelstation in Zeist, die toevallig werd ontdekt, is wel bijzonder en ook hoog gewaardeerd (D7) (zie afbeelding 45).

In het algemeen kan men stellen dat er weinig gebouwen van de elektriciteitsvoorziening bewaard zijn in de voor het type meest kenmerkende staat. Van centrales is meestal slechts een deel van het gebouw, c.q. de gebouwen, bewaard, voor zover ze al niet volledig gesloopt zijn. Bovendien is het interieur van die bewaarde centrales vaak verbouwd en zijn er niet of nauwelijks machines en installaties van voor 1950 aanwezig. De gebouwen die bewaard zijn hebben vaak een functie voor het betreffende elektriciteitsbedrijf of zijn herbestemd, en daarom worden ze in het algemeen redelijk onderhouden. Vaak dreigt op termijn sloop. Voor schakelstations geldt in grote lijnen hetzelfde als voor centrales.

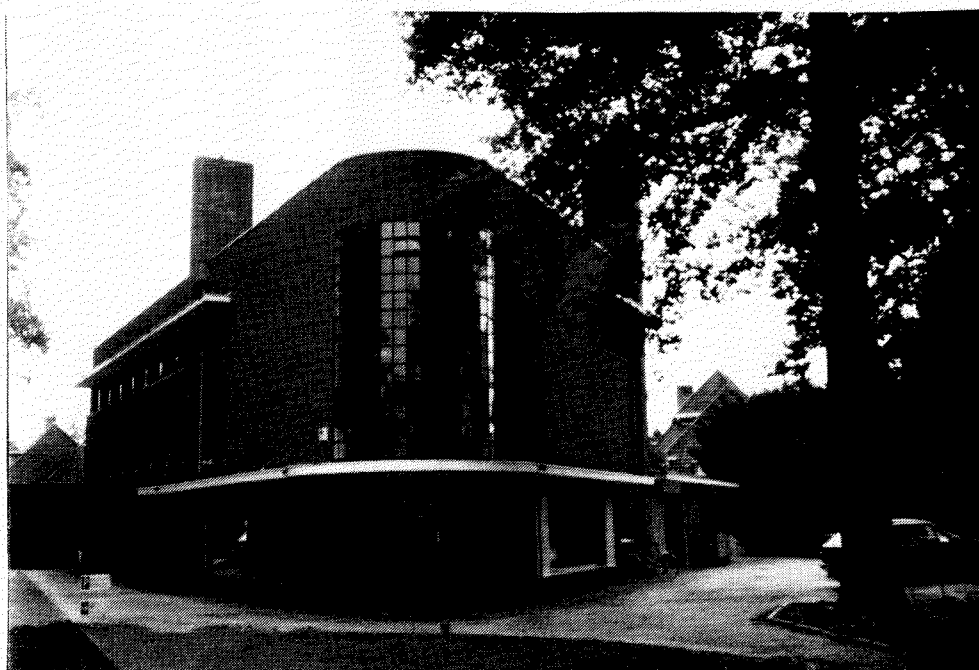
De twee hoogstgewaardeerde centrales, Veenhuizen en Nederweert, zijn uitzonderingen op dit algemene beeld. Het feit dat die in zo'n goede staat bewaard zijn (al dan niet na renovatie) is waarschijnlijk te danken aan het feit dat ze gebruikt werden door zelfopwekkers.

Oliedrukhuisjes en trafohuisjes van voor 1950 zijn wel relatief vaak bewaard; dat wil zeggen: het gebouwtje verkeert nog in oorspronkelijke staat. Maar de aanwezige roerende goederen, zoals transformatoren en schakelaars, zijn in bijna alle gevallen van later datum. Deze objecten hoefden niet verbouwd of uitgebreid te worden, in tegenstelling tot centrales; vandaar dat ze nog in originele staat zijn.

Tot slot rest de vraag in hoeverre de historische sociaal-economische en de produktie-technische ontwikkelingen door deze objecten 'gedekt' worden. Tonen de beschreven objecten goede voorbeelden van de sociaal-economisch historische kernpunten en van alle typen uit de produktietechnische typen-ordening?

De conclusie luidt dat er naar verhouding weinig objecten bewaard (althans beschreven) zijn van de zelfopwekkers en van de particuliere elektriciteitsbedrijven; deze bedrijven hebben met name in de periode 1880-1912 veel centrales gebouwd. De gemeen-

Afb. 44
Trafo-zuil met geopende deur, bij het
museum van het energiebedrijf in Amsterdam



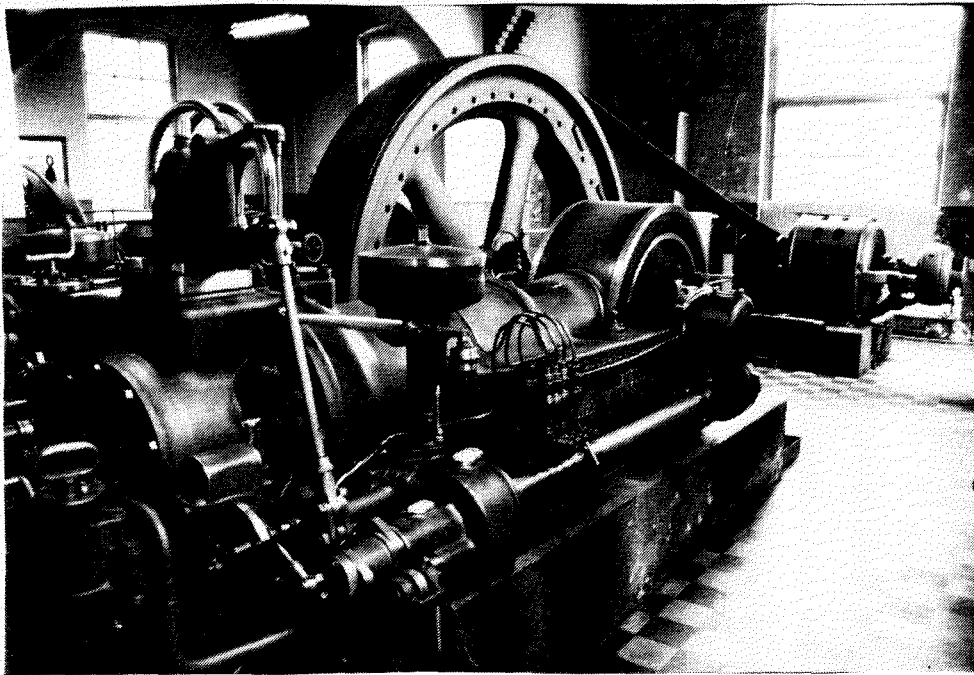
Afb. 45 Gerestaureerd schakelstation annex toonzaal in Zeist, met twee etalageruiten

telijke en provinciale elektriciteitsvoorziening wordt wel goed gedekt door de tijdens dit onderzoek onderzochte objecten.

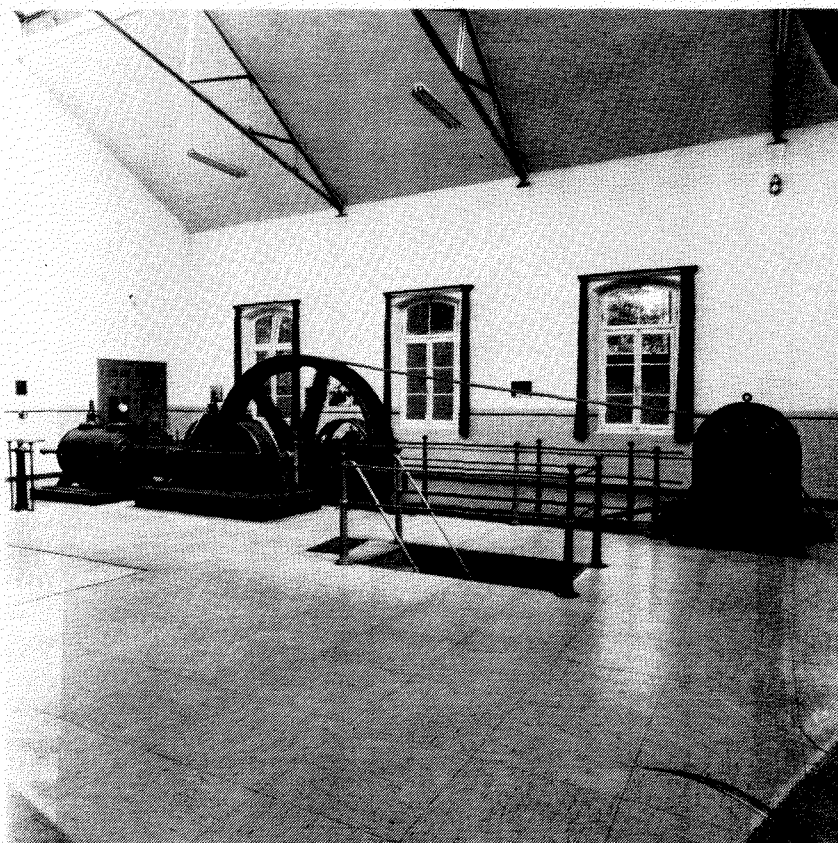
Uit de bovenstaande lijst van bezochte objecten, per type geordend, blijkt dat centrales van type 2 ondervertegenwoordigd zijn en dat NS-onderstations en de KEMA-gebouwen helemaal niet beschreven zijn.

Noten bij hoofdstuk 4

1. De meeste schakelhuizen (waar de spanning omhoog wordt getransformeerd t.b.v. het transport) horen bij een centrale en staan ook op het terrein van de centrale, met name bij centrales van het type 3 en 4. Daarom zijn eventuele schakelhuizen meegenomen bij de beschrijving en beoordeling van de bezochte centrales.
2. Volgens de literatuur staat er bij Bunschoten, in de provincie Utrecht, nog een torentrafohuisje uit 1954, en bij Ooy, in Gelderland, staat een exemplaar uit circa 1930 (op een verhoging i.v.m. overstromingsgevaar).
Roland Blijdenstijn, *Trafohuisjes* (Utrecht 1993) (Stichtse Monumenten Reeks, deel 2);
Roger Crols en Taco Hermans, *Trafohuisjes* (Gelderse monumentenreeks 2).



Afb. 46 Installatie van de centrale in Veenhuizen: de Crossly-gasmotor die d.m.v. een vliegwiel en drijfriem met een generator is verbonden



Afb. 47 Stoommachine, vliegwiel en generator in de machinehal van de centrale van het St.Michaëlsklooster ((c) NV MEGA Limburg)

Hoofdstuk 5: Resultaten van het onderzoek naar roerende goederen

Over de roerende goederen die beschreven en gewaardeerd zijn, kunnen we kort zijn. Slechts in twee gevallen is er een formulier ingevuld om roerende goederen die in een onroerend object werden aangetroffen, te beschrijven en te waarderen. Bij veel objecten waren niet of nauwelijks roerende goederen bewaard, en als ze wel aanwezig waren, zijn ze meestal genoemd en kort beschreven op het formulier voor de onroerende goederen.

Lijst van de geïnventariseerde roerende goederen

	Waardering	Opmerkingen
installatie Veenhuizen	D8	zelfopwekker
installatie St.Michaëlsklooster	C7	zelfopwekker

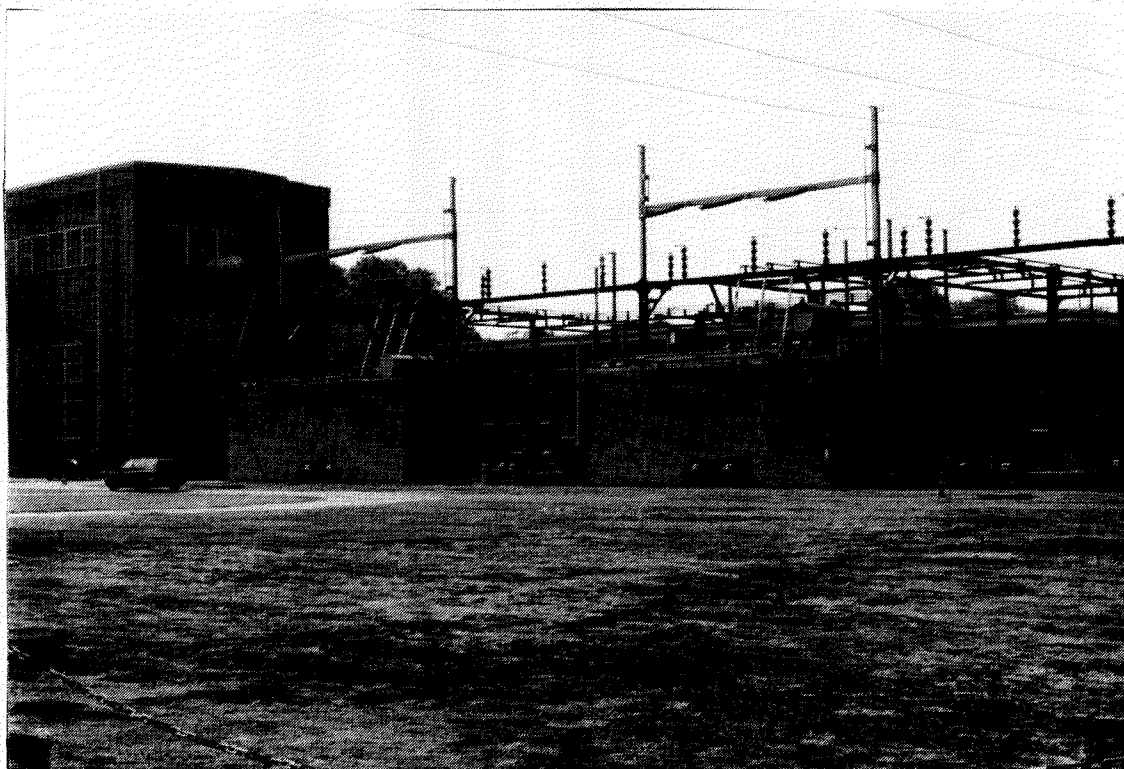
De twee genoemde installaties betreffen een min of meer samenhangend geheel van roerende goederen, dat ook als één geheel is beschreven en gewaardeerd in de formulieren. De eerste installatie is die van de centrale (zelfopwekker) van de penitentiaire inrichting Veenhuizen. Die centrale is als onroerend goed gewaardeerd met D8, en ook de installatie zelf krijgt die maximale waardering. Zowel gebouw als machines zijn namelijk nagenoeg compleet en in originele staat bewaard. Enkel de turfgasgenerator (die gas leverde voor de gasmotor) ontbreekt. Naast de gasmotor staat er een dieselmotor; deze centrale werd namelijk niet met kolen gestookt en kent dus geen stoomketel, noch stoommachine of -turbine (zie afbeelding 46).

De tweede installatie diende ook voor zelfopwekking, namelijk in de centrale van het St.Michaëlsklooster. Deze centrale is minder hoog gewaardeerd: voor het onroerend goed met D6, en voor het roerend goed C7. De oude stoomketels zijn begin jaren 1950 vervangen en in 1970 werd de steenkool vervangen door aardgas, waarbij de kettingroosters zijn verwijderd. Er staat een stoommachine van ca. 1910 en een turbogenerator uit de jaren 1950. Kortom, de installatie van voor 1950 is slechts gedeeltelijk bewaard en niet meer operationeel (zie afbeelding 47).

Van de 42 onderscheiden typen (zie typen-ordening roerend goed, afbeelding 33) zijn er slechts negen genoemd in de inventarisatie van de twee bovenstaande installaties. Daarnaast zijn er in de formulieren voor onroerende objecten ook wel roerende goederen genoemd - bijvoorbeeld waterturbines, transformatoren en schakelaars - maar wezenlijke goederen, zoals stoomketels, stoommachines, stoomturbines en generatoren, zijn weinig aangetroffen en niet uitvoerig beschreven. Het veldonderzoek heeft onvoldoende opgeleverd om de technische ontwikkeling (opeenvolgende typen) van die apparaten te illustreren.



Afb. 48 Op het moment dat we de centrale aan de Nicolaas Beetsstraat in Utrecht bezochten, was de sloop in volle gang.



Afb. 49 Schakelstation voor 150 kV Eindhoven-Noord: op de voorgrond staan de muurtjes waarachter de transformatoren staan opgesteld; links de hijstoren, die gebruikt werd voor onderhoud aan transformatoren.

Hoofdstuk 6: Conclusies en aanbevelingen

Uit het onderzoek blijkt dat er van de elektriciteitsvoorziening tussen 1880 en 1950 weinig onroerende goederen in hun geheel bewaard zijn (met uitzondering van trafo-huisjes); in veel gevallen is een deel van het gebouw of complex gesloopt en bovendien zijn veel elektriciteitscentrales compleet gesloopt (zie afbeelding 48). De gebouwen die wel bewaard zijn geven desondanks nog een redelijk beeld van de sociaal-economische en produktie-technische geschiedenis van de elektriciteitsvoorziening. Bijna alle typen uit de typen-ordening onroerend goed zijn vertegenwoordigd in het veldonderzoek.

Van het roerende erfgoed (machines en installaties) is veel minder bewaard, voor zover uit het veldonderzoek blijkt. Er zijn slechts weinig gebouwen gevonden waarin de originele roerende goederen (of althans goederen van voor 1950) aanwezig waren. Van de typen die in hoofdstuk 2 beschreven zijn, zijn er vele niet aangetroffen.

Tot slot iets over de toekomstplannen (dan wel de dreiging van sloop) voor de meest waardevolle objecten:

- de centrale en de installatie van de penitentiare inrichting Veenhuizen wordt mogelijk opgenomen in het al aanwezige gevangenis-museum;
- het gebouw van de voormalige centrale te Driebergen is nu in gebruik als bedrijfspand, maar de gemeente wil geen bedrijfsactiviteit op die lokatie;
- het oudste deel van het ketel- en machinehuis van de centrale in Den Haag wordt op termijn bedreigd met verbouw of sloop;
- de voormalige centrale in Hengelo is nu in gebruik als museum, maar dat museum overweegt verhuizing;
- de centrale van het St. Michaëlsklooster wordt op termijn bedreigd met sloop of verval, aangezien het voortbestaan van het klooster als zodanig onzeker is;
- voor het resterende deel van de centrale Hoogte Kadijk dreigt op termijn sloop.
- de hijstoren bij schakelstation Eindhoven Noord wordt bedreigd met sloop;
- het hoogst gewaardeerde trafo-huisje (Wielewaal, Eindhoven) zal op termijn waarschijnlijk gemoderniseerd worden, waarbij originele roerende goederen zullen worden vervangen.

De hijstoren die bij het schakelstation Eindhoven Noord werd aangetroffen was een verrassing. Nader onderzoek leerde dat er meerdere zijn gebouwd in de jaren twintig en dertig, maar het is onbekend of er ook andere exemplaren bewaard zijn. Het verdient daarom aanbeveling om naar andere hijstorens te zoeken en om die ene te beschermen (zie afbeelding 49).

Literatuurlijst

- 50 Jaar elektrische spoorwegen in Nederland* Nederlandse Spoorwegen.
- Bläsing, J.F.E., *Mensen en spanningen. Sociaal-economische geschiedenis van de NV Provinciale Noordbrabantsche Electriciteitsmaatschappij 1914-1985* (Leiden 1992).
- Blijdenstijn, Roland, *Trafohuisjes* (Utrecht 1993) (tweede deel in de Stichtse Monumenten Reeks).
- Blijdenstein, Roland, 'Transformatorhuisjes, spanningsveld tussen techniek en esthetiek' in: *Monumenten* 1989 nr.6 p.40-43.
- Buiter, H., J.-P. Corten en E.J.G. van Royen, *PIE branche-onderzoek. Handboek branche-onderzoeker* (SHT, Eindhoven 1993).
- Buiter, Hans, *Nederland. Kabelland. De historie van de energiekabel in Nederland* (Den Haag, Eindhoven 1994).
- CBS 1899-1969. Zeventig jaren statistiek in tijdreeksen* CBS (Den Haag 1970).
- CBS 1899-1994. 95 Jaren statistiek in tijdreeksen* CBS (Den Haag 1994).
- Cornelisse, Wilma, *Waar licht is, is vreugde. Een eeuw gemeentelijke energievoorziening in Amsterdam* (Amsterdam 1995).
- Crols, Roger en Taco Hermans, *Trafohuisjes* (Utrecht 1995) (2e deel in de Gelderse monumentenreeks).
- De elektriciteitsvoorziening van Nederland* Vereniging van Directeuren van Electriciteitsbedrijven in Nederland / VDEN (Arnhem 1963).
- De ontwikkeling van de electriciteitsvoorziening van Nederland tot het jaar 1925* VDEN (Amsterdam 1926).
- De ontwikkeling onzer electriciteitsvoorziening 1880-1938* VDEN (Arnhem 1948).
- Fischer, E.J., *Stroom opwaarts: de elektriciteitsvoorziening in Overijssel en Zuid-Drenthe tussen circa 1895 en 1986* (Zwolle 1986).
- Goey, F.M.M. de, *PUEM 75 jaar 'bron van licht en welvaart'* (Utrecht 1991).
- Groot, J. de en B. van Houten, *Tweestromenland. Elektriciteitsvoorziening in Groningen en Drenthe* (Groningen 1988).
- Hesselmans, A.N., 'Elektriciteit' in: *Geschiedenis van de techniek in Nederland* deel III (SHT, 1993).
- Hesselmans, A.N. en J. Tuik, 'Hofstede Crull, Rento Wolter Hendrik (1863-1938). Pionier van de elektriciteitsvoorziening' in: J. Folkerts e.a. (red) *Overijsselse biografieën 2. Levensbeschrijvingen van bekende en onbekende Overijsselaars* (Meppel/Amsterdam z.j.(1992)).
- Linssen, G.C.P., 'De Roermondse waterkrachtcentrale' in: *Industriële archeologie* 2 (1982) p.103-115.
- Noort, Jan van den, *Licht op het GEB. Geschiedenis van het Gemeente-Energiebedrijf Rotterdam* (Rotterdam 1993).
- Statistiek van de elektriciteitsvoorziening in Nederland 1949-1953* CBS (Utrecht 1956).

Lijst van centrales, onderstations en andere gebouwen van de elektriciteitsvoorziening, uit de periode 1880-1950, geordend per provincie

N.B. De lijst geeft geen volledig overzicht van centrales (laat staan van onderstations en overige gebouwen)! Uitgangspunt was een redelijk willekeurige lijst van centrales, en vervolgens zijn de gebouwen waarvan zeker was dat ze zijn afgebroken, uit de lijst verwijderd. De centrales die Van Maarschalkerweerd en Stadens eerder al hebben bezocht zijn wel alle twaalf opgenomen in de lijst, ook al zijn sommige daarvan inmiddels afgebroken. Die twaalf zijn aangegeven met een #.

Als er in de kolom onder *bewaard, ja of nee* een vraagteken (?) staat, betekent dat dat het onbekend is of het object bewaard is.

De genoemde gebouwen die wel bewaard zijn, komen in aanmerking om bezocht, beschreven en gewaardeerd te worden. Omdat het er teveel zijn om allemaal te bezoeken, is er een keuze gemaakt van circa 25 objecten, waarbij geprobeerd is om van elk type (zie typen-ordening) een aantal voorbeelden te kiezen. De centrales en gebouwen die zodoende uitgekozen zijn, zijn aangegeven met een *.

<i>object</i>	<i>bouwjaar oudste deel of jaar inbedrijfname</i>	<i>bewaard ja of nee</i>	<i>adres (bijzonderheden)</i>
---------------	---	------------------------------	-------------------------------

Groningen

contactpersoon voor Groningen, Friesland, Drenthe en Overijssel:

Annemiek de Groot (EDON Groningen) tel 050 - 317 20 87

#	(tweede) Helpmancentrale	1933	ja	aan Winschoterdiep (1982 deels afgebroken) machinezaal in gebruik als sporthal
	centrale Electriciteits-Mij Veenkoloniën	1901	?	Veendam (SHT-foto-archief 401.074)
	60 kV onderstation Gasselte	1935	?	
	toonkamer Mij.Laagspanningsnetten	ca.1930	?	Oude Boteringestraat 69, Groningen

Drenthe

*	centrale Veenhuizen	1885	ja	(gasgenerator en dieselgenerator met 'mengpanelen' (schakelpaneel?) compleet aanwezig)
---	---------------------	------	----	--

Friesland

#	centrale GEB Kimsward	1910	nee	Grotereed 8
#	particuliere centrale Witmarsum	1910	nee	Mulierlaan 4
#	centrale GEB Idaarderadeel	1912	ja	2e Oosterveldstr.8, Grouw
#	onderstation Rauwerd	1922	ja	Snekerstraatweg
	onderstation Lemmer	1935	ja	Pasveer 3
	onderstation Kootstertille	1940	ja	De Koaten 43
	60 kV onderstation Opperkoten	1930	ja	

Overijssel

*	T.C.S. centrale Hengelo	1900	ja	Bornsestraat 7 (SHT-foto-archief 401.002) herbergt nu Hengelo's Educatief Industriemuseum
	onderstation Deventer	ca.1913	?	

<i>object</i>	<i>bouwjaar oudste deel of jaar inbedrijfname</i>	<i>bewaard ja of nee</i>	<i>adres (bijzonderheden)</i>
---------------	---	------------------------------	-------------------------------

Gelderland

contactpersoon: Mevr. Lim (EPON) tel 038 - 427 29 90.

krachtcentrale tram, Beek	1898/1910	ja	Van Randwijckweg 2
stoomhoutzagerij Nahuis	ca.1914	ja	Winterswijkseweg 49, Groenlo (intact) (zelfopwekker)
onderstation Millingen a/d Rijn	1933	ja	Meester v/d Bergstraat 1
centrale Nijmegen	1908	?	Waalkade (SHT-foto-archief 401.035)
centrale Arnhem	1907	?	
50kV openlucht onderstation Lent	1920 à '30	?	(Noordzijde Waal, tegenover centrale Nijmegen)
50 kV openlucht onderstation Arnhem		?	
50 kV openlucht onderstation Hien		?	
50 kV openlucht onderstation Ede		?	
50 kV openlucht onderstation Kootwijk		?	
50 kV openlucht onderstation Wormen		?	(bij Apeldoorn)
50 kV openlucht onderstation Tiel		?	
50 kV openlucht onderstation Bredevoort		?	(bij Doetinchem)
KEMA-gebouwen, oa hoogspanningslab	1935 ?	?	Utrechtseweg 310, Arnhem

Noord-Holland

aangerade contactpersoon: Dhr. Heida (PEN, stationsbeheerder) tel 072 - 518 22 61

contactpersoon Amsterdam: Henk Smit (beheerder EBA-museum) tel 020 - 597 31 07

* centrale Hoogte Kadijk, Amsterdam	1904	ja	Hoogte Kadijk
onderstation Oostzaan	1920 à '30	ja	De Haal 84
# nieuwe centrale IJmuiden	1911	ja	Kanaalweg 257
centrale Assendelft	1911	ja	Dorpsstraat 272
centrale Den Burg, Texel	1935	ja	Schilderend 70
centrale (?) Sint Pancras	1915	ja	Bovenweg 73
* schakelstation Laren	1920	ja	Remiseweg 12
tramcentrale Halfweg	1904	ja	Beatrixstraat 9-11
* centrale Naarden	1899	ja	
ziekenhuiscentrale (zelfopwekker)	1909	ja	Duinenboschweg 3, Bakkum
centrale Electra, Amsterdam	1892	?	Haarlemmerweg
centrale IJmuiden	1901	?	Kanaalweg 257
centrale Velsen	1930	?	
50 kV onderstation Wormerveer	ca.1923	?	
50 kV onderstation Oterleek	ca.1923	?	
50 kV onderstation Diemen	ca.1923	?	
50 kV onderstation Naarden	ca.1923	?	
opstijgstation (50 kV) Nauerna	ca.1923	?	
50 kV onderstation Uitgeest	> 1925	?	
50 kV onderstation Medemblik	> 1925	?	
50 kV onderstation Schagen	> 1925	?	
centrale Haarlem	1902	?	Noorder Buiten Spaarne (SHT-foto 401.035)
nieuwe centrale Haarlem	1912	?	(zelfde lokatie)

Bijlagen

PIE-rapport Elektriciteitsvoorziening pagina 59

<i>object</i>	<i>bouwjaar oudste deel of jaar inbedrijfname</i>	<i>bewaard ja of nee</i>	<i>adres (bijzonderheden)</i>
---------------	---	------------------------------	-------------------------------

Utrecht

contactpersoon: Jan van Leeuwen (UNA) tel 030 - 247 28 76

* centrale Merwedekanaal	1925	ja	(middendeel van de machinezaal is nog origineel)
toonwinkel Zeist	1930 à '40	ja	Waterige weg
* # gemeentelijke centrale Utrecht	1905	nee	Nicolaas Beetsstraat
50 kV onderstation Veenendaal		?	

Zuid-Holland

contactpersoon: Dhr. Hasselman (EZH) tel 070 - 382 00 28;

Betreffende gemeenten;

ENECO, Rochussenstr 200, 3015 EK Rotterdam, tel 010 - 457 79 11

* centrale van De Khotinsky	1885	ja?	De Boompjes
* # GEB Rotterdam centrale Schiehaven	1906	ja	Lloydstraat 5 (gemeente Rotterdam)
			(belangrijk in het havenlandschap, volgens PIE-rapport over Rotterdamse haven)
* GEB Rotterdam centrale Galileistraat	1934	nee	Galileistraat 15 (gesloopt in 1996)
# GEB Dordrecht centrale	1910	ja	Noordendijk 250 (gem. Dordrecht)
* GEB Den Haag centrale	1906	ja	De Constant Rebecquepln 2 (in gebruik: EZH)
			(SHT-foto-archief 401.017, 020 t/m 022)
GEB Leiden centrale	1907/'13?	ja	Langegracht 70 (in gebruik: EZH)
(zelfde complex of andere centrale?)		ja	Hooigracht 12-16
# GEB Gouda centrale	1910	ja	aan de Gouwe (ketelhuis gesloopt)
* meerdere 25 kV onderstations		ja	verspreid over Rotterdam
			(enkele zijn nog in gebruik bij EZH)
GEB Delft centrale	1910	ja	(nog in gebruik bij EZH)
* 13 oliedrukhuisjes 150 kV kabel	1938	ja	langs traject v/d 150 kV kabel tussen Rotterdam en Den Haag, langs de rijksweg
* eindstation 150 kV kabel Rotterdam	1938	ja	Marconistraat (bij centrale Galileistraat ?)
GEB Rotterdam centrale Maashaven	1912	?	
GEB Rotterdam centrale Keilehaven	ca.1925	?	
centrale Den Haag	1889	?	Hofsingel/Hofweg
eindstation 150 kV kabel Den Haag	1938	?	Van Tuylstraat

Zeeland

Aangerade contactpersoon: PZEM Middelburg, tel 0118 - 62 53 51

centrale ACZC (zelfopwekker)	ca.1915	ja	Sluiskil (machines bewaard)
PZEM-onderstation Oostburg	1930	ja	Kaas en Broodsedijk 2
centrale Sas van Gent	1922	ja	Westkade 125-126
PZEM-centrale Vlissingen		?	
PZEM-centrale Westdorpe		?	
centrale Middelburg		?	

<i>object</i>	<i>bouwjaar oudste deel of jaar inbedrijfname</i>	<i>bewaard ja of nee</i>	<i>adres (bijzonderheden)</i>
---------------	---	------------------------------	-------------------------------

Noord-Brabant

Contactpersoon Donge/Amercentrale: H. Hofkens (EPZ) tel 0162 - 58 42 86;

Aangerade contactpersoon PNEM Den Bosch: H. van Rozendaal, tel 073 - 615 43 90

* centrale Raamsdonk	1908	ja	
* 150 kV onderstation Eindhoven	1928	ja	Vredeoord 10
* # Dongecentrale II	1933	ja	Geertruidenberg
Peelcentrale Eindhoven	ca.1910?	ja	Nachtegaallaan, op terrein nutsbedrijf NRE (SHT-foto-archief 401.004)
# Dongecentrale I	1919	nee	Geertruidenberg
150 kV onderstation Geertruidenberg		?	
50 kV onderstations in Roosendaal, Teteringen, Tilburg, Den Bosch, Uden, Helmond en Eindhoven	ca.1920?	?	
gemeentelijke centrale Tilburg	1910	?	
gemeentelijke centrale Tilburg	ca.1950?	?	Lange Nieuwstraat 168-170

Limburg

contactpersonen: Wout Timmermans (MEGA) tel 043 - 385 55 93;

Frans Senden (coördinator vastgoed energietransportbedrijf MEGA) (onderstations);

literatuur: Staarmans en Daru: Inventarisatie industrieel erfgoed Limburg.

* # centrale St. Michaëlsklooster	1899	ja	Michaëlstr 7, Steyl (bij Tegelen) (zelfopwekker, gelijkstroom, compleet bewaard)
10kV-onderstation Sittard	1930	ja	Rijksweg Zuid 128A Bovenop het onderstation zijn 2 woonhuizen gebouwd (voor opzichters)
* waterkrachtcentrale Nederweert	1923	ja	Roeven (bij Sluis 15) Is in '93 gerenoveerd; op monumentenlijst; levert nog steeds elektriciteit aan het net
* waterkrachtcentrale Reuver	ca.1920	ja?	a/h riviertje de Itter (onbekend bij Timmermans)
* centrale v/d Staatsmijn Maurits	ca.1927	ja	in gebruik bij DSM; sloop- en nieuwbouwplannen (SHT-foto-archief 401.008)
centrale v/d mijn Laura		ja	(gedeeltelijk bewaard)
* waterkrachtcentrale ECI Roermond	ca.1917	ja	(Electro-Chemische Industrie) Gebouw(en) ouder; installatie in slechte staat; belangrijk voor industriële geschiedenis
onderstation Maastricht	ca.1916	ja	Wittevrouwenveld 50kV-onderstation (een v/d eerste openluchtstations in Europa!) niet bewaard; 10kV-onderstation (gebouw) op zelfde lokatie uit ca.1916 wel bewaard; op monumentenlijst
* 150 en 10kV-onderstation Roermond	ca.1930	ja	
waterkrachtcentrale De Grote Molen		ja	Meersen (goed bereikbaar) (intact en/of gerenoveerd; levert aan net)
waterkrachtcentrale De Dubbele Molen		ja	Wijlre (intact en/of gerenoveerd; levert aan net)
waterkrachtcentrale		ja	Eijsden (niet goed bereikbaar) (intact en/of gerenoveerd; levert aan net)
centrale Maastricht		ja	Bassin (havengebied, vlakbij KNP papierfabriek)
centrale Venlo		?	
centrale Hoensbroek	1920	nee?	Hommerterweg 15
toonzaal Venlo (of Venray?)		?	
toonzaal Maastricht		?	

PIE-INVENTARISATIE ONROERENDE GOEDEREN (voorbeeld van een ingevuld formulier)

BASISGEGEVENS

1. **PIE-code:** (nog) niet bekend
2. **Naam object:** Elektriciteitscentrale Veenhuizen / zelfopwekker
3. **Bedrijfsnaam:** Penitentiare inrichtingen Veenhuizen
4. **Branche:** (38) Elektriciteitsproductie en -distributie
5. **Subbranche:** opwekking
6. **Provincie:** Drenthe
7. **Gemeente:** Norg
8. **Plaats:** Veenhuizen
9. **Wijk/buurt:**
10. **Straat + huisnr:** Oude Gracht 6 A
11. **Postcode:** 9341 AB
12. **Bouwjaar oudste deel:** 1910
13. **Achtereenvolgende functies:** Elektriciteitscentrale (1910 - 1975); leegstaand (1975 - heden)

BESCHRIJVING OBJECT/COMPLEX**14. Korte beschrijving van verschijningsvorm en functie:**

Enkellaags bakstenen gebouw met dubbele dakpartij. De nokken van beide daken lopen in dezelfde richting. Voorzien van boogramen. Aan de voorzijde van het gebouw is het pand voorzien van dubbele deuren. Het inwendige van het gebouw bestaat uit drie delen. Achterin bevindt zich de machinezaal, midden in het gebouw een schakelruimte, terwijl voorin het gebouw vroeger de stookplaats was, tegenwoordig is hier een werkplaats gevestigd.

Sociaal-economische historische aspecten**15. Oprichtingsjaar:** 1910**16. Bedrijfsvoering:**

De centrale werd opgericht om elektrische aandrijving van de krachtwerktuigen mogelijk te maken en daarmee de mechanisering van de arbeid binnen de werkinrichtingen van het gesticht mogelijk te maken. De brandstof van de centrale bestond uit turf, dat in de directe omgeving in zeer ruime mate aanwezig was. Een dergelijk brandstofgebruik paste in het streven van de gestichtsleiding naar een zo autarkisch mogelijke bedrijfsvoering binnen het complex. In 1918 werd de centrale uitgebreid om het gesticht ook van elektrisch licht te voorzien. In 1927 werd het gesticht ook aangesloten op het net van de PEB-Groningen. De eigen centrale bleef daarnaast doordraaien.

17. Architectuur als functie van bedrijfsvoering:

Het gebouw is op traditionele wijze opgetrokken in traditionele materialen.

18. Arbeid: geoefend

19. Branche-context: De centrale is een voorbeeld van bedrijfscentrale gebouwd om in een instelling elektriciteit voor eigen gebruik te produceren. Kenmerkend voor het soort object is dat toen de instelling later overging op het betrekken van elektriciteit van het PEB, de instelling gebruikte de centrale als verdeelpunt van elektriciteit voor de verschillende onderdelen van de instelling.

20. Vervaardigde producten:

Draaistroom

Aspecten van productie-organisatie**21. Typering:**

Machinezaal en ketelruimte waren in hetzelfde gebouw onder één dak gehuisvest. Beiden waren slechts gescheiden door een binnenmuur.

22. Type-nummer:

1

23. Overige aspecten:

WAARDERING**24. M.b.t. sociaal-economische aspecten**

soc.-ec.-hist. waarde	klein		A	B	<u>C</u>	D		groot
zeldzaamheid	niet		1	2	3	<u>4</u>		zeer

25. Subtotaal: C4**26. Toelichting:**

Het gebouw is een zeer goed voorbeeld van een centrale opgericht door een instantie om zelf elektriciteit op te wekken. Dergelijke gebouwen werden op zeer ruime schaal door bedrijven opgericht. De onderhavige centrale is een zeldzaam voorbeeld hiervan, zeker ook gezien de ouderdom en de aanwezige apparatuur.

27. M.b.t. aspecten van productie-organisatie

illustratieve waarde	slecht		A	B	<u>C</u>	D		goed
zeldzaamheid	niet		1	2	3	<u>4</u>		zeer

28. Subtotaal: D4**29. Toelichting:**

Het gebouw toont in zijn vorm en plattegrond zeer duidelijk hoe rond 1920 centrales ingericht werden. De nog aanwezige opwekkingsapparatuur vormt een belangrijke meerwaarde.

30. Compleetheid: niet 1 2 3 4 wel**31. Toelichting:**

Door de aanwezigheid van originele opwekkingsapparatuur en schakelopstellingen is de centrale zeer compleet, wat ook de illustratieve waarde vergroot. Het enige gemis is de afwezigheid van de oven/ketel waarin de turf gestookt werd.

32. Eindoordeel: D8**BIJZONDERHEDEN****33. Staat van onderhoud:**

Goed, maar de schakelruimte behoeft restauratie.

34. Bouwhistorische elementen:

Traditionele bouwwijze met houten balken.

35. Wel of niet onderdeel van een industrieel landschap?

De centrale maakt onderdeel uit van een geheel van ambachtelijke bedrijfjes op en rond het terrein van de werkinrichting Veenhuizen. Er vlakbij liggen onder andere een houtzagerij en een maalderij, waaraan de centrale elektriciteit leverde. De originele gebouwen van deze bedrijven zijn bewaard gebleven.

36. Toekomstplannen:

Er bestaan plannen om de opwekeenheden bij wijze van werkend museumstuk weer in werkzame staat te brengen in het kader van de plannen om wegens modernisering van de gevangenis vrijkomende gebouwen te betrekken bij het gevangenis museum Veenhuizen.

37. Overig:

De centrale werd met turf gestookt. Een dergelijke centrale was in Nederland een zeer zeldzaam fenomeen.

VERWIJZINGEN**38. Datum inventarisatie:** 11 06 96**39. Naam inventarisator:** H. Buiten / T. Hesselmans**40. Contactpersoon:**

dhr. Klopstra / dhr. Sluiter / Petrinaire inrichtingen Veenhuizen / tel. 0592-397451

41. Inventaris (nog aanwezige roerende goederen):

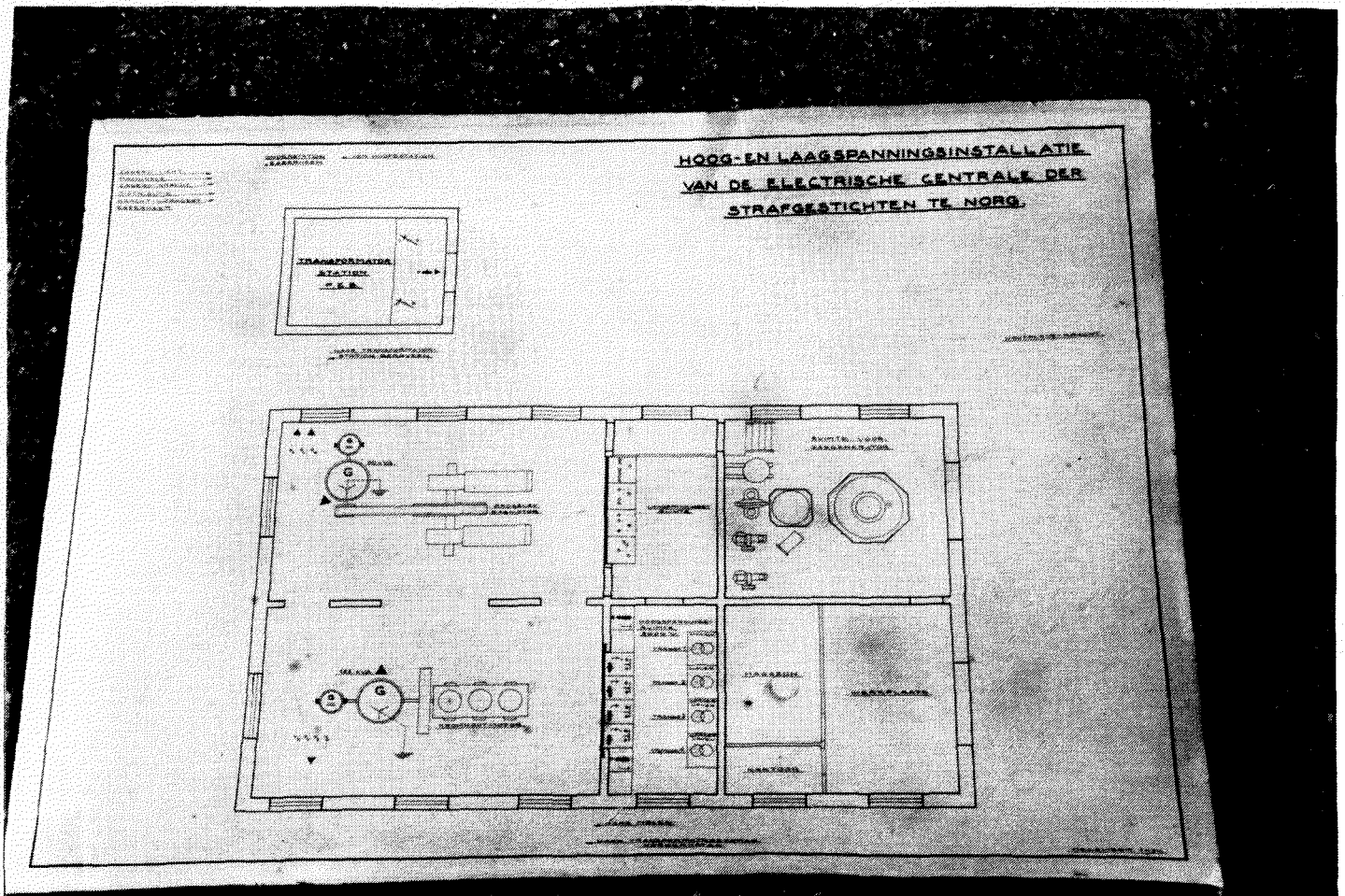
Dieselgenerator; gasgenerator; schakelpanelen; hijsinstallatie (zie ook formulier roerend goed)

42. MIP-code:**43. BARN:**

44. Andere archiefverwijzingen:

Dossier (verwijzingen):

45. **Bouwtekeningen/plattegronden:**
46. **Beeldmateriaal:** Foto's
47. **Literatuur:** P. Nijhof '101 industriële monumenten', Zutphen, 1996; 'Een erfenis voor de toekomst' (Groningen, 1994); 'Honderd jaar gemeenschapsregime in Esserheem Veenhuizen 1895 - 1995', 1995.
48. **Extra inventarisatie-informatie:**



Afb. 50 De centrale in Veenhuizen: foto van de plattegrond van de centrale

PIE-INVENTARISATIE ROERENDE GOEDEREN**BASISGEGEVENS**

1. **PIE-code:** (nog) niet bekend
2. **Naam object:** Produktie-installatie Veenhuizen (zelfopwekker)
3. **Branche:** (38) Elektriciteitsproduktie en -distributie
4. **Subbranche:** *opwekking, transport of distributie*
5. **Produktiefase:** Opwekking
6. **Soort object:** Zelfopwekker: aandrijving en generatoren
7. **Bouwjaar:** 1912, met uitbreiding in 1918
8. **Herkomst:** Engeland, Zwitserland en Nederland
9. **Vroegere plaatsing**
 - Gemeente:** Norg
 - Straat + huisnr:**
 - Postcode, Plaats:**
 - Naam object (onroerend goed):** Veenhuizen: Zie verslag H. Buiters.
10. **Huidige plaatsing**
 - Gemeente:** Norg
 - Straat + huisnr:**
 - Postcode, Plaats:**
 - Naam object (onroerend goed):** Veenhuizen.

BESCHRIJVING OBJECT

11. Korte beschrijving van verschijningsvorm en functie: Machine-installatie gebruikt voor het opwekken van elektriciteit in penitentiaire-inrichting Veenhuizen. In het begin werd de stroom gebruikt voor het aandrijven van elektromotoren (o.a. houtzagerij), later ook voor verlichting. Er staan twee installaties, verdeeld over twee zalen die in een open verbinding met elkaar staan. De installaties staan in een lijn opgesteld.

De eerste installatie werd bij de opening van het gebouw in 1912 geplaatst. Daarvan ontbreekt de turfgasgenerator, die in een andere zaal stond. Wel aanwezig is de twee-cilinder-Crosslymotor (Manchester) van 100 pk. De motor zet een vliegwiel in beweging, die via een drijfriem verbonden is met een draaistroom-generator van Oerlikon (Zwitserland) van 80 KVA en een klemspanning van 220\380 volt. De generator kent een toerental van 1000 omwentelingen per minuut.

De tweede installatie werd bij de uitbreiding van het gebouw in 1918 in gebruik genomen en is compleet. Ze bestaat uit een drie cilinder-Kromhout-dieselmotor van 150 pk, die direct gekoppeld is aan een Smit-draaistroom-generator (met opwekker) van 125 KVA (100 kW). De klemspanning is 220\380 volt. De generator kent een toerental van 3000. De gehele installatie komt uit Nederlandse

fabrieken.

Achter in de eerste zaal staat een wit-marmeren schakelbord dat bestaat uit vier panelen. Het bord is uitgerust met veiligheids-, meetinstrumenten en een omschakelaar. De laatste werd gebruikt om te schakelen tussen de eigen installatie en de stroom afkomstig van het PEB-Groningen. Vanaf 1927 (?) was Veenhuizen aangesloten op het provinciale net. De 10 kV-netspanning van het PEB werd in een apart transformatorgebouwtje -nog aanwezig, maar niet toegankelijk- naar 3 kV getransformeerd en dan naar het schakelbord getransporteerd. De eigen machines dienden voortaan als reserve. Ook in de tweede zaal bevindt zich een 3 kV-schakelbord. In een gang achter de schakelborden staan de transformatoren om de 3 kV om te zetten in de gebruikersspanning van 220\380 volt.

Aspecten van produktie-organisatie

12. **Typering:** I. Turftoevoer-turfgasgenerator-gasmotor-draaistroomgenerator

(27)

II. Dieselaanvoer-dieselmotor-draaistroomgenerator (28)

13. **Type-nummer:**

Opmerking: Gas- en dieselmotoren werden in Nederland zeker tot aan 1913 veelvuldig gebruikt voor het aandrijven van dynamo's en generatoren. Hoort bij kleinschalige elektriciteitsopwekking.

Aspecten van arbeid

14. **Kwalificatie:** Ongeschoold en geschoold

15. **Arbeidsomstandigheden:** ?

WAARDERING

16. **M.b.t. aspecten van produktie-organisatie**

illustratieve waarde	slecht	A B C <u>D</u>	goed
zeldzaamheid	niet	1 2 3 <u>4</u>	zeer

17. **Toelichting:** Het feit dat zowel het gebouw als de machines voor het grootste deel nog in hun oorspronkelijke opzet aanwezig zijn, maakt het geheel tot een uniek stukje industrieel erfgoed. Van andere centrales zijn of het gebouw of de machines bewaard gebleven

18. **Compleetheid:** niet 1 2 3 4 wel

19. **Toelichting:** Nagenoeg compleet en origineel. Alleen de turfgasgenerator ontbreekt. De zaal waar die zich bevond, is nu een opslagplaats.

20. Eindwaardering: D 8**BIJZONDERHEDEN**

- 21. Staat van onderhoud:** Redelijk tot goed. Men verwacht de boel weer te kunnen opstarten.
- 22. M.b.t. machinefabriek/installatiebedrijf:** Voor Crosslymotor e.d. zie 11.
- 23. Onderdeel van samenhangend oud machinepark:** Ja. Maakte onderdeel uit van licht- en kracht voorziening van gebouwen van het gevangenis complex.
- 24. Plannen met object:** Er wordt overwogen om er een bedrijfsmuseum van te maken.
- 25. Overig:** In het gebouw zijn verspreid aanwezig: technische tekeningen, dagstaten, los installatie materiaal, smeermateriaal en een luchtcompressor met vaten

VERWIJZINGEN

- 26. Datum inventarisatie:** 11 juni 1996
- 27. Naam inventarisator:** A.N. Hesselmans en H. Buiten
- 28. Contactpersoon: naam, functie, tel.nr.:** Zie verslag H. Buiten over het gebouw.
- 29. PIE-code onroerend goed:**

Dossier (verwijzingen)

- 30. Technische tekeningen:**
- 31. Beeldmateriaal:**
- 32. Literatuur:**
- 33. Extra inventarisatie-materiaal:**

Literatuur:

J.C. Dyxhoorn, H. Ter Meulen en S.J. Vermaes (alle hoogleraar aan de TH Delft) publiceren in opdracht van het ministerie van Justitie op 29-12-1909 een rapport over het gebruik van veen als brandstof. Op basis van dat rapport is in Veenhuizen gekozen voor turfgasmachines. Het rapport is vooralsnog niet gevonden.

Rijksgebouwendienst. Bureau Rijksbouwmeester, *Historische documentatie en waardebeoordeling; Veenhuizen, gebouwen, werken, terreinen. Deel I Tekst* (Den Haag 1990).