

De rioolwaterzuiveringsinrichting Amsterdam-Oost, ontwerpgrondslagen en uitvoering in hoofdlijnen

grote aantallen onderaannemers die ingeschakeld werden.

In tweede instantie is een woord van dank op zijn plaats voor de medewerkers van de Rijkswaterstaat Noord-Holland en het RIZA die i.v.m. de overheidssubsidie van 60 % voor vrijwel alle investeringen, een begeleiding gaven die het uiteindelijke succes verzekerde.

Het ziet er dan ook naar uit dat in 1982 het project RI-Oost voltooid zal worden binnen het daarvoor beschikbare krediet, te weten ca. f 130.000.000,— voor de RI-Oost en ca. f 50.000.000,— voor beide gemalen met persleidingen.

Voordat in het volgende meer in detail op de technische zaken van het project wordt ingegaan willen wij tot besluit nogmaals iedereen danken die part en deel heeft gehad aan het realiseren van dit grootse project, waarop Amsterdam trots mag zijn.



Inleiding

De rioolwaterzuiveringsinrichting Amsterdam-Oost (RI-Oost) verzorgt de zuivering van het afvalwater uit de binnenstad van Amsterdam (district 1). In dit artikel zijn de ontwerpgrondslagen van RI-Oost, alsmede een overzicht van de hoofdonderdelen van RI-Oost beschreven.

In de volgende artikelen in dit nummer wordt een nadere detaillering en onderbouwing van diverse specifieke vaktechnische aspecten van RI-Oost beschreven.



IR. R. R. KRUIZE

Afd. Chemie en Technologie
Hfd. Afd. R en W
DOW Amsterdam

Na een kort historisch overzicht betreffende de totstandkoming van het project RI-Oost, worden de systeemkeuze en de dimensioneringsgrondslagen van RI-Oost besproken.

Vervolgens wordt in hoofdlijnen de opbouw van de waterzuivering, slibverwerking en energievoorziening onder de aandacht gebracht (zie afb. 1).

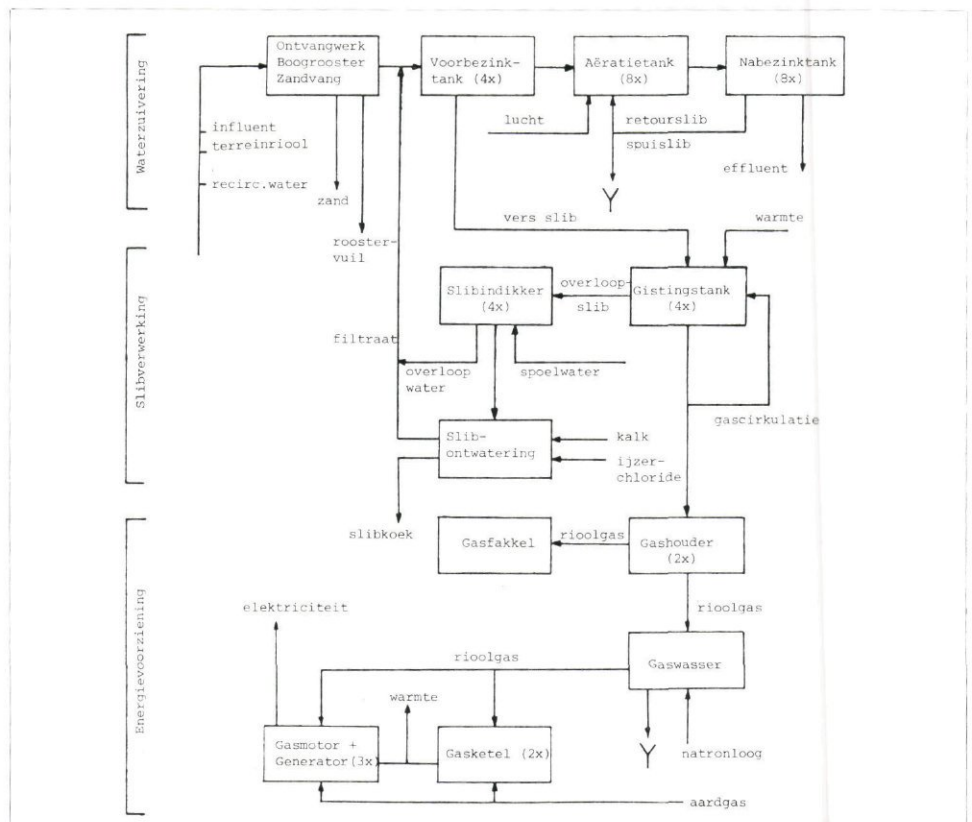
Historie

Met de totstandkoming van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (1970) werd een wettelijke basis gelegd voor een integrale aanpak van het waterkwaliteitsbeheer. Mede tegen deze achtergrond werd aan het eind van de zestiger jaren de lozing van het afvalwater uit district 1 via een persleiding op het IJsselmeer, als onaanvaardbaar beschouwd.

Een verdere inpoldering van het IJsselmeer noopte tot vérgaande maatregelen om de resterende zoetwaterbekkens voor watervoorziening en recreatie veilig te stellen. Met het oog hierop is door de hoofdafdeling Riolerings en Waterbeheersing van de Dienst Openbare Werken Amsterdam omstreeks 1970 een plan ontwikkeld voor de aanpak van district 1. Dit plan omvat in grote lijnen completering en verbetering van het rioolstelsel, gepaard gaande met een uitbreiding en herverdeling van het transportsysteem, alsmede de zuivering van het afvalwater in een rioolwaterzuiveringsinstallatie.

In verband met de West-Oost oriëntatie van het sinds 1906 aangelegde rioolstelsel werd een situering van de zuiveringsinstallatie gezocht die daarmee zoveel mogelijk in overeenstemming was. Na afweging van diverse alternatieven, waaronder zelfs ook het Westelijk Havengebied, werd de keuze definitief bepaald op het eiland Zeeburg.

Afb. 1 - Processchema RI-Oost.



waar een vrijwel ongerept terrein van de benodigde afmetingen (ca. 22 ha) gevonden werd.

Systeemkeuze RI-Oost

De belangrijkste uitgangspunten bij de systeemkeuze van RI-Oost waren de lozings-eisen van Rijkswaterstaat, welke mede bepaald werden door de aard en bestemming van het oppervlaktewater waarop de effluentlozing zou plaatsvinden.

In verband met de recreatieve bestemming van het IJsselmeer werd besloten de lozing op het IJsselmeer volledig op te heffen en het effluent van de RI te lozen op het Amsterdam-Rijnkanaal. De effluentlozing op het Amsterdam-Rijnkanaal waarborgt een snelle verdunning van het effluent met oppervlaktewater en een relatief snelle afvoer in westelijke richting naar de Noordzee. De effluenteisen, geformuleerd in de lozingsvergunning zijn:

- 20 mg BZV/l
- 20 mg Kj-N/l bij een oppervlaktewater-temperatuur boven 10 °C
- ds gehalte 50 mg/l
- bezinkselvolume 0,3 ml/l.

Om aan deze lozings-eisen te kunnen voldoen werd gekozen voor een laagbelaste actief slibinstallatie (slibbelasting 0,1 kg BZV/kg ds dag).

Aangezien er op het Amsterdam-Rijnkanaal minder te vrezen valt voor een explosieve algengroei als gevolg van fosfaten in het effluent, is er geen defosfatering in het ontwerp van RI-Oost opgenomen. De keuze van het lozingspunt maakte ook dat desinfectie vooraan nog niet nodig is. Daar aanvullende effluenteisen ter bescherming van het recreatieve gebruik van Nieuwe Diep, niet volledig zijn uitgesloten, is er op het terrein van RI-Oost voldoende ruimte gereserveerd voor een toepassing van fosfaatverwijdering en desinfectie in de toekomst.

Derhalve bestaat de waterlijn van RI-Oost uit een voorbezinking gevolgd door een biologische oxydatie in een laagbelaste actief slibinstallatie. Teneinde verstopping te voorkomen wordt het influent vooraf ontdaan van grof vuil en zand.

De systeemkeuze van de slibverwerking werd bepaald door het uitgangspunt slibafzet op lange termijn te kunnen garanderen. Aanvankelijk werd gekozen voor slibgisting gevolgd door thermische conditionering van het slib en slibontwatering door kamerfilterpersen.

Het rioolgas dat bij de anaerobe slibstabilisatie gevormd wordt, kon benut wor-

den bij de thermische conditionering van het slib. Gewijzigde inzichten in o.a. de afzetmogelijkheden van het thermisch geconditioneerde slib betekenden dat nog in een laat stadium van het ontwerp voor RI-Oost besloten werd te kiezen voor chemische conditionering van het slib voorafgaande aan mechanische ontwatering van het slib in kamerfilterpersen. Het ontwaterde slib wordt afgevoerd en door een aannemer verwerkt tot zwarte grond.

De wijziging van de conditioneringsmethode van het slib impliceerde een overschot aan rioolgas. Een kostenberekening toonde aan dat mede door de snel stijgende energieprijzen exploitatie van het rioolgas rendabel was.

Het rioolgas wordt derhalve gebruikt om gasmotoren aan te drijven waarmee elektrisch vermogen wordt opgewekt. De warmte die bij dit proces vrijkomt wordt gebruikt voor de verwarming van de gebouwen met inbegrip van de gistingstanks.

Dimensionering RI-Oost

Hydraulische belasting

De gemiddelde volumestroom afvalwater uit district 1 bedroeg over het afgelopen decennium ca. 100.000 m³/d.

Op basis van prognoses ten aanzien van op RI-Oost aan te sluiten stadsuitbreiding alsmede een toename van het waterverbruik per inwoner zal de hoeveelheid influent in de toekomst toenemen van 100.000 naar 130.000 m³/d bij droog weer. Naast het

geproduceerde afvalwater moet RI-Oost ook het regenwater van het gebied met een gemengd rioolstelsel (ca. 1.840 ha) kunnen verwerken.

Uitgaande van een overstortfrequentie van niet meer dan 10 maal per jaar en met behulp van gegevens omtrent de debietverdeling over een etmaal, is berekend dat de minimale nachtaanvoer 2.580 m³/h, de droogweeraanvoer (DWA) tijdens de 12 daguren gemiddeld 7.500 m³/h en de maximale aanvoer bij regen (RWA) 19.000 m³/h bedraagt.

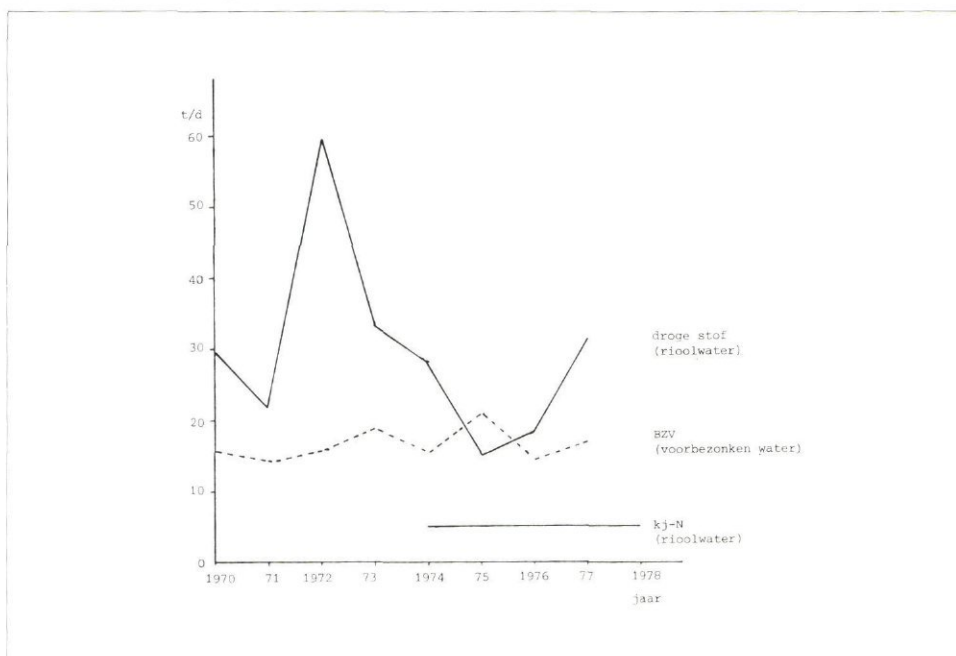
Biologische belasting actief slibinstallatie

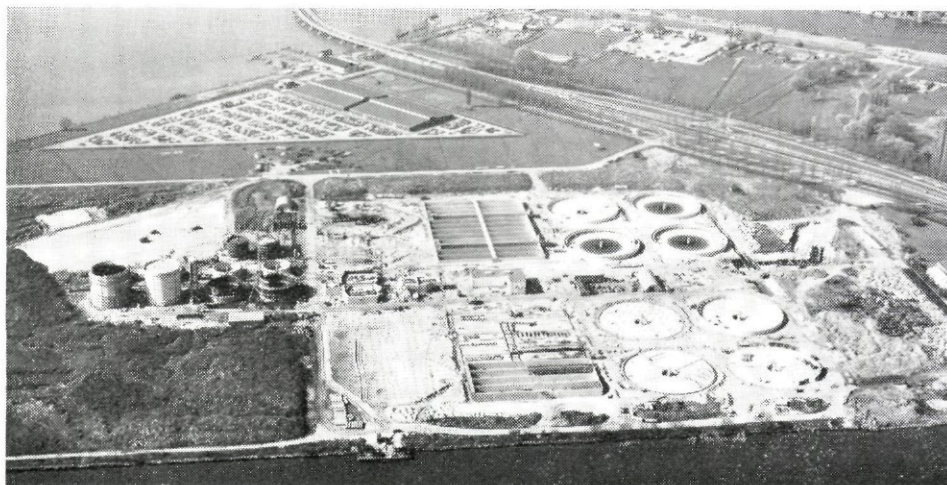
Afb. 2 toont de massastroom drogestof, BZV₅²⁰ en Kj-N in het voorbezonden water uit district 1 over het afgelopen decennium. Op basis van deze analyseresultaten is de actief slibinstallatie op RI-Oost gedimensioneerd op 17,5 ton BZV/dag. Op grond van de hoge BZV-waarde van het filtraat bij thermische conditionering is in het ontwerp van de actief slibinstallatie gerekend op een toename van de vuilbelasting met 20 %, zodat de totale biologische belasting waarop de actief slibinstallatie gedimensioneerd is, 21 ton BZV/d bedroeg. De wijziging van de slibverwerkingsmethode had in verband met de reeds gevorderde ontwikkelingen in de waterlijn geen wijzigingen in het ontwerp van de waterzuivering meer tot gevolg.

Belasting slibgisting

De slibverwerkingscapaciteit voor RI-Oost is gebaseerd op een aanvoer van 30 ton primair slib per dag en 20 ton spuislib per dag.

Afb. 2 - Gegevens betreffende de waterkwaliteit van het afvalwater uit district 1.





Afb. 3 - Luchtfoto van RI-Oost in aanbouw (april 1989).

Waterzuivering (afb. 3)

Door toepassing van een persleidingsysteem is het mogelijk het aangevoerde water zonder tussenkomst van een opvoergemaal op een nivo van 6 m + NAP in het ontvangwerk van RI-Oost te brengen, waarbij de opvoerhoogte van in de aanvoerrioolgemalen opgestelde pompen binnen redelijke grenzen bleef. Het afvalwater doorloopt de zuiveringsinrichting onder vrij verval. De waterzuivering is onderverdeeld in 4 straten, elk bestaande uit 1 voorbezinktank, 2 aeratietanks en 2 nabezinktanks (afb. 4). In de ontwerpfase is als alternatief de toepassing van 6 straten onderzocht. De argumentatie voor een 6-deling beruiste op het vermoeden dat het opp. van een bezinktank niet groter mocht worden dan 1250 m² (diameter 40 m) om een nadelige invloed van de wind op de bezinking te voorkomen. Kostenoverwegingen, alsmede de onzekerheid omtrent de negatieve windinvloed, waren de motivaties om toch voor een 4-deling te kiezen.

Ontvangwerk

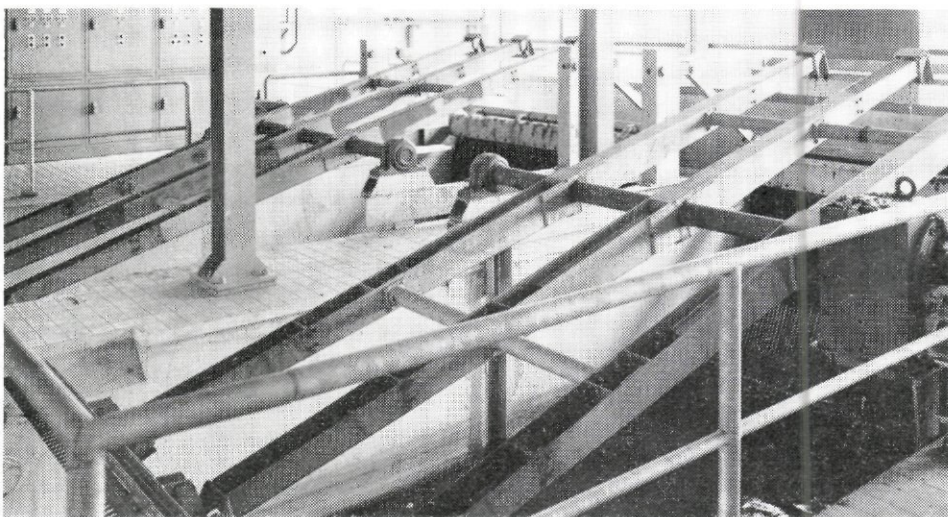
In het ontvangwerk worden de beide aanvoerpersleidingen omhooggebracht en monden uit in een horizontaal kanaal. Afzonderlijk droogzetten van de persleidingen is mogelijk door een vaste scheidingwand in het midden en schuiven die de overstortrand afsluiten. Naast de persleidingen uit de stad zijn ook de persleidingen van beide terreinrioolgemalen op het ontvangwerk aangesloten. In het op de uitmonding van de persleidingen volgende kanaal wordt het aangevoerde water door een tussenwand ruwweg in tweeën verdeeld.

Boogrooster

Daar geen van de aanvoergemalen van RI-Oost uitgevoerd zijn met roosters, zijn er boogroosters (afb. 5) op RI-Oost geïnstalleerd in verband met de kleine door-



Afb. 4 - Overzicht waterzuivering: 2 voorbezinktanks, 4 aeratietanks en 4 nabezinktanks (januari 1982).



Afb. 5 - Boogroosters.

laten (2 cm) in de geplande thermische slibbehandelingsinstallatie. In beide kanalen van het ontvangwerk is een boogrooster geplaatst.

De roosters worden automatisch geruimd, terwijl ook de roostergoedverwerking ge-

mechaniseerd en geautomatiseerd is. De roosters zijn in een gebouw geplaatst teneinde stankoverlast te voorkomen. Het roostervuil wordt met behulp van een harkmechanisme op een transportband gedeponeerd. Deze transportband voert het roostervuil naar een ontwateringspers. In deze ontwateringspers wordt het vuil tegen een rooster geperst. Wanneer de druk boven een bepaalde waarde komt gaat een klep open waardoor het geperste roostergoed op een band naar de containers valt. De pers voert ca. 10 charges uit voordat de klep zich opent. Harde materialen in het roostergoed, zoals hout, verstoren de werking van de ontwateringspers niet. De vuilcontainers, die voorzien zijn van een afvoermogelijkheid van nog vrijkomend

water in de containers, zijn afgedekt en worden geregeld door Stadsreiniging opgehaald.

Zandvang

Nadat het water de boogroosters gepasseerd is, vindt een herverdeling van het water



Afb. 6 - Zandvangers met op de voorgrond de centrale verdeler (maart 1981).

plaats, waarna het water door een drempel en een in het midden van het kanaal geplaatste wand over de toevoerkanaal van de beide zandvangers wordt verdeeld (afb. 6).

In eerste opzet was er in het ontwerp van RI-Oost geen zandvangruimte opgenomen. De ervaringen met RI-Noord te Amsterdam, met een voor ca. 40 % gemengd gerioleerd bemalingsgebied, gaven op het moment van het ontwerp van RI-Oost geen aanleiding tot het plaatsen van een zandvang.

Gezien het feit dat het aangesloten gebied op RI-Oost bijna volledig van een gemengd rioolstelsel voorzien is, werd in de eerste opzet van RI-Oost wel rekening gehouden met het eventueel achteraf inbouwen van een zandvanger. Het voornemen een thermische slibconditionering toe te passen gaf aanleiding direct in de bouw van een zandvangruimte te voorzien. Op het moment echter ondervindt RI-Noord hinder van zandophoping in de gistingstank, zodat eerder gemaakte veronderstellingen achterhaald zijn. De zandvanginrichting op RI-Oost is van het type Dorr-Oliver. Eén zandvanger heeft een oppervlakte van $\pm 360 \text{ m}^2$, zodat bij maximale aanvoer van $19.000 \text{ m}^3/\text{h}$ de oppervlaktebelasting $26,5 \text{ m}^3/\text{m}^2$ bedraagt. Zandwassing vindt plaats volgens het tegenstroomprincipe.

Centrale verdeler

In een centrale verdeler wordt een gelijke verdeling van het aankomende water over de 4 voorbezinktanks tot stand gebracht. De hoogte van de overstortwanden in de verdeler is door het plaatsen van strippen zodanig instelbaar, dat de afvoer naar de voorbezinktanks hiermee ingesteld kan worden.

Het overloop- en spoelwater van de indikers alsmede het filtraatwater van de kamerfilterpersen (zie slibverwerking)

worden direct naar de centrale verdeler gebracht en lopen derhalve niet over het ontvangwerk.

Voorbezinktank

De hoofdafmetingen van de voorbezinktanks zijn gebaseerd op een drietal parameters:

– oppervlaktebelasting (rwa)	2,5 ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)
– kandiëpte	2,20 m
– mestbelasting (rwa)	15,8 ($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{h}$)

Deze ontwerpparameters bepaalden de diameter van een voorbezinktank op 52 m (inhoud 5.500 m^3).

Teneinde stankoverlast ten gevolge van anaerobe gisting bij lange verblijftijden in de voorbezinktank te voorkomen wordt er recirculatie van het effluent toegepast. De tanks zijn voorzien van een slibruiminrichting, drijfllaagafstrijkinrichting en drijfllaagafvoerbak met afvoer naar de gistingstanks via de versslibpompen.

Aeratie-tank

Aangezien de benodigde nabezinkruimte i.v.m. de gehanteerde dimensioneringsgrondslagen (oppervlaktebelasting nabezinktank $1,25 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ over 8 eenheden verdeeld is, is deze verdeling ook bij de benodigde beluchtingsruimte toegepast. Elk van de 8 aerietanks vormt derhalve een eenheid met een bijbehorende nabezinktank. De biologische belasting van 21 ton BZV/dag, gecombineerd met een slibbelasting van $0,1 \text{ kg BZV/kg ds} \cdot \text{dag}$ betekent dat de benodigde hoeveelheid actief slib voor RI-Oost 210 ton ds bedraagt. Bij een drogestofgehalte van $3,5 \text{ kg/m}^3$ in de aerietank impliceert dit een beluchtingsvolume van 60.000 m^3 .

De ervaringen die op de rioolwaterzuiveringsinstallaties Amsterdam-Zuid en -West zijn opgedaan met het bellenbeluchtingsstelsel, te weten de hoge bedrijfszekerheid,

geringe geluidsproductie, lange levensduur, alsmede het hoge zuurstofinbrengrendement ($4 \text{ kg O}_2/\text{kWh}$), vormden de reden dat voor RI-Oost opnieuw voor deze wijze van beluchten gekozen is. Door toepassing van bellenbeluchting was het mogelijk een waterdiepte van 4 m aan te houden. De breedte van een aerietank, die uitgevoerd is als een propstroomreactor, is i.v.m. de verdeling van de beluchtingselementen, die gelijkmatig over de bodem verdeeld zijn, op 8,80 m vastgesteld (afb. 7).

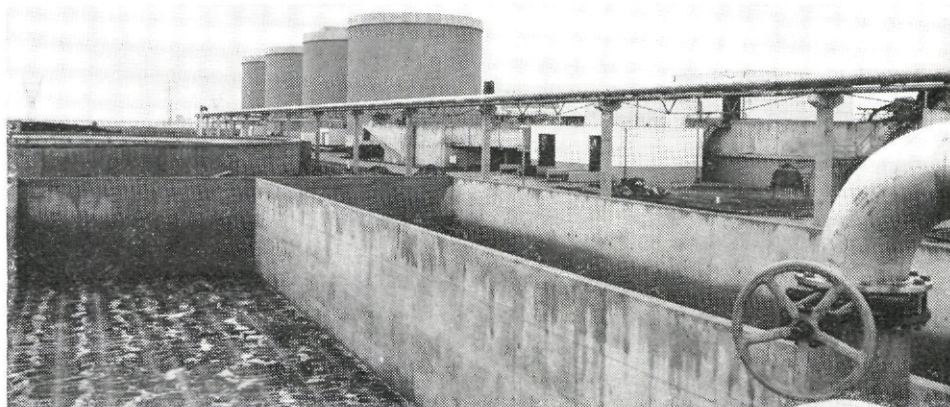
Teneinde de benodigde lengte per aerietank te beperken is deze opgebouwd uit 3 naast elkaar liggende goten, elk met een lengte van ca. 72 m. De beluchtingsbassins zijn in 2 groepen van 4 samengebouwd. Het compressorgebouw is tussen beide groepen beluchtingsbassins gesitueerd. De hoofdlichtleidingen worden via een middenbordes over de aerietanks gevoerd. Per aerietank zijn er zes aftakkingen van de hoofdleiding.

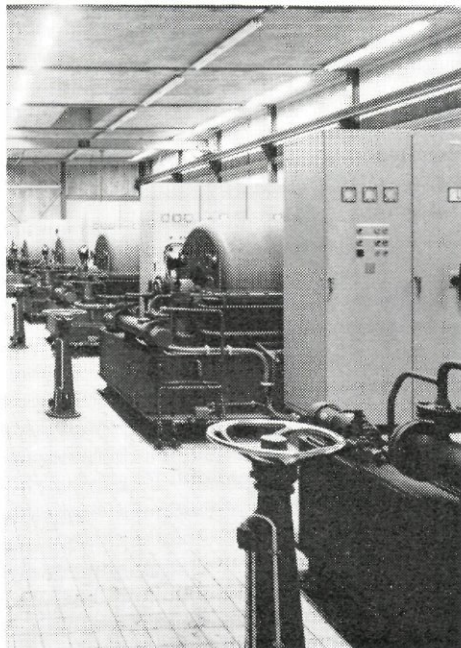
Elke aftakking, waarin een regelafsluiter is opgenomen, is aangesloten op een distributieleiding op de bodem van de aerietank. Per goot zijn twee afzonderlijke distributieleidingen. Op de aftakkingen van de distributieleidingen zijn beluchtingselementen bevestigd (2.500 stuks per aerietank). Deze cilindervormige elementen met een lengte van 0,5 m en een diameter van 10 cm zijn gemaakt van poreus keramisch materiaal (merk Brandol).

De luchtinvoer in de Brandol-elementen vindt plaats via een gecalibreerde opening. Teneinde verstopping van de poriën door stofdeeltjes in de luchtleding te voorkomen wordt de aangezogen lucht voor de compressor door een filter geleid. De filters staan opgesteld in het compressorgebouw. Op basis van bedrijfservaringen op RI-Zuid is voor RI-Oost, die een identiek beluchtingssysteem heeft, berekend dat de totaal benodigde hoeveelheid lucht $60.000 \text{ m}^3/\text{h}$ bedraagt.

Om aan de luchtbehoefte van $60.000 \text{ m}^3/\text{h}$ te kunnen voldoen zijn 5 compressoren, elk

Afb. 7 - Deel van de aerietank (4 m diep) met op de bodem de beluchtingselementen.





Afb. 8 - Compressorengebouw.

met een capaciteit van 12.000 m³/h, opgesteld (afb. 8).

Tevens zijn twee reserve-eenheden van elk 6.000 m³/h geïnstalleerd. Deze kleinere compressoren maken het onder bedrijfsomstandigheden mogelijk de beluchttingscapaciteit met stappen van ca. 6.000 m³/h (10 % van de max. capaciteit) aan de behoefte aan te passen. Een automatische regeling van de beluchttingscapaciteit naar de zuurstofbehoefte ontbreekt op het moment op RI-Oost daar een continue bepaling van de zuurstofbehoefte in een propstroomstelsel naar huidig inzicht nog niet praktisch uitvoerbaar is.

Wellicht is in de toekomst op basis van nieuwe ervaringen met respiratiemetingen een automatische sturing van de benodigde beluchttingscapaciteit mogelijk. Het koelwater van de compressoren wordt door 3 koelaggregaten in de compressorruimte gekoeld. De compressoren worden aangedreven door elektromotoren.

Nabezinktank

De nabezinktanks zijn gedimensioneerd op een oppervlaktebelasting van 1,25 m³/m² . h bij rwa. De nabezinktanks hebben, afgezien van de slibzak, dezelfde afmetingen als de voorbezinktanks. De mesbelasting bedraagt 7,9 m³/m . h.

Het retourslib wordt door retourslibvijzels via goten op de wanden van de aeratietanks teruggevoerd naar de invoerzijde. Per eenheid, bestaande uit een aeratietank en een nabezinktank, is een vijzel geïnstalleerd. De vijzels zijn in groepen van twee tegen de aeratietanks aangebouwd.

De totale retouractief slibcapaciteit bedraagt

ca. 80 % van de totale pompcapaciteit van de aanvoergemalen. Elke vijzel heeft derhalve een capaciteit van 1.900 m³/h.

In verband met de wisselende aanvoer kunnen de vijzels bij twee toerentallen draaien, zodat tijdens dwa de capaciteit gehalveerd kan worden. De nabezinktanks zijn voorzien van slibuimers en drijfslaagafstrijkinrichtingen, alsmede een brugruimerconstructie over de totale tankdiameter. Het spuislib wordt tesamen met de drijfslaag via het terreinrioolgemaal naar het ontvangwerk gepompt, waarna het in de voorbezinktank tot bezinking komt.

Retour-effluentgemaal

Om een minimale wateraanvoer van 5.200 m³/h te garanderen zijn 2 pompen voor de recirculatie van het effluent geïnstalleerd.

De pompen trekken het effluent uit een verzamelbak, waarop de afvoerleidingen van de 8 nabezinktanks en de dubbele afvoerleiding naar het Amsterdam-Rijnkanaal zijn aangesloten, en brengen het effluent via een korte persleiding in de persleiding van het gemaal Zeeburgerdijk. In het retour-effluentgemaal zijn tevens twee bedrijfswaterpompen geplaatst, die het effluent naar een hooggelegen verdeelwerk pompen.

Het bedrijfswater wordt voornamelijk gebruikt als spoelwater voor de indikkers (ca. 80 m³/h per indikker) en verder voor koeling van de gasmotoren, voor de gaswassing en voor het doorspoelen van slibleidingen. Het gehele leidingstelsel op RI-Oost is namelijk zo geconstrueerd dat alle zuig- en persleidingen met effluent doorgespoeld kunnen worden.

Effluentleiding en uitlaatconstructie

Het effluent wordt via een dubbele afvoerleiding geloosd op het Amsterdam-Rijn-

kanaal tegenover de Entrepôthaven. De uitlaatconstructie is zodanig uitgevoerd dat de lozing geen hinder voor de scheepvaart oplevert of zal opleveren, ook indien in de toekomst tot verbreding van het Amsterdam-Rijnkanaal overgegaan mocht worden.

Slibverwerking

De verdeling van het afvalwater over 4 voorbezinktanks vormt de achtergrond van een 4-deling van de slibverwerking. Iedere voorbezinktank is via een verslibpomp verbonden met een eigen gistingstank, terwijl het slib uit de 4 gistingstanks overloopt in 4 slibindikers.

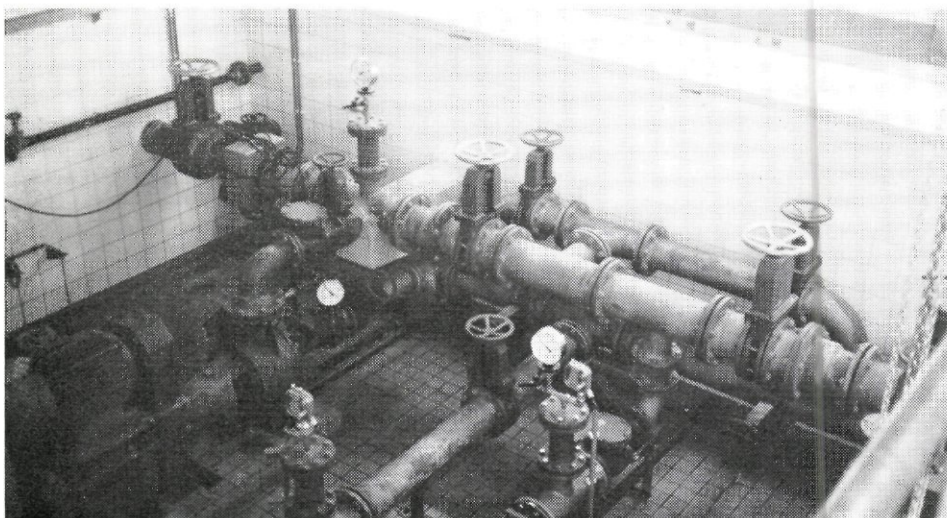
De chemische conditionering van het ingedikte slib vindt plaats in 2 parallel geplaatste eenheden, waarna wederom een verdeling van het geconditioneerde slib over 4 kamerfilterpersen plaatsvindt. De chemische conditionering en mechanische slibontwatering zijn 5 dagen, gedurende 16 uur per dag in bedrijf.

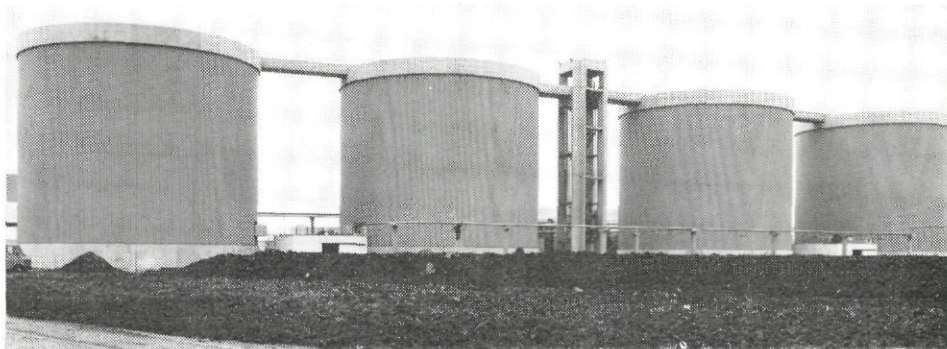
Voorbezinktank

De dagelijkse slibproductie (totaal ca. 50 ton) betekent bij een drogestof gehalte van 3,8 % van het verse slib een volume aan vers slib van 1.320 m³ vers slib/dag. Teneinde een drogestof gehalte van 3,8 % te realiseren, zijn de 4 voorbezinktanks voorzien van een slibzak met een inhoud van 220 m³ (2/3 van de vers slib-dagproductie).

Elke voorbezinktank is voorzien van een centrifugaalpomp met een capaciteit van 100 m³/h, welke per twee geplaatst zijn in een vers slibgemaal (zie afb. 9). Ieder vers slibgemaal is eveneens voorzien van een reserve monopomp met een capaciteit van 50 m³/h. De monopomp is in staat eventueel voorkomende verstoppingen op te heffen. Om de kans op ver-

Afb. 9 - Vers slibgemaal.





Afb. 10 - Gistingstanks.

stoppen tot een minimum te beperken zijn de zuigleidingen van de vers slibpompen zo kort mogelijk. De centrifugaalpompen verzorgen behalve het aftappen van vers slib eveneens het aftappen van de verzamelde drijfslag.

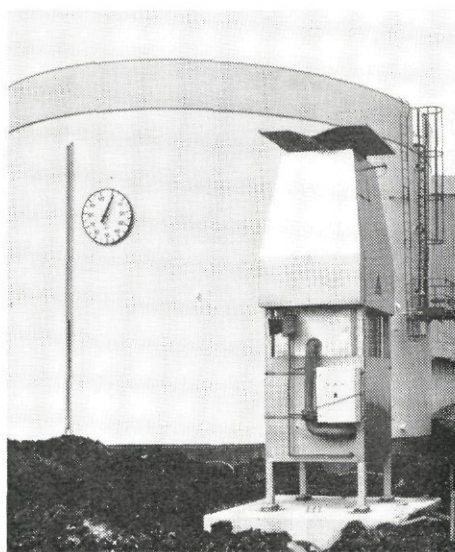
Gistingstank

Bij de dimensionering van de gistingstank (zie afb. 10) is uitgegaan van een verblijftijd van het slib van 20 dagen. De totale inhoud komt hiermee op 26.340 m³ (6.585 m³ per gistingstank).

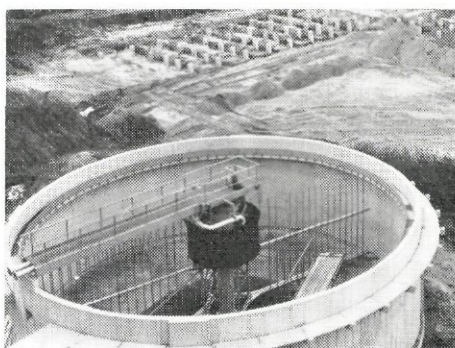
Voor RI-Oost is aangenomen dat de hoeveelheid uitgegist slib van 50 tot 30 ton is afgenomen. De droogrest van het slib is hiermee gedaald van 3,8 % naar 2,3 %. Teneinde de inhoud van de gistingstanks gemengd te houden wordt het geproduceerde rioolgas via gasinblaaspipen, die aan het dak bevestigd zijn, in de tank geblazen. De gascompressoren, die in het rioolgascompressorgebouw staan opgesteld, verzorgen de gascirculatie. Elke gistingstank heeft een eigen gascompressor, die is voorzien van een olie- en waterafscheider. Er is één reserve compressor aanwezig. Alvorens het gas door de compressoren naar de gistingstanks terug wordt geblazen, passeert het gas eerst een gasfilter, waar stofdeeltjes uit de gasstroom verwijderd worden. Menging van de inhoud van de gistingstanks vindt niet alleen plaats door het inblazen van rioolgas, maar eveneens door het rondpompen van het slib.

In het circulatiecircuit passeert het slib een warmtewisselaar, waarin het slib opgewarmd wordt door opgewarmd koelwater van de gasmotoren.

Elke gistingstank heeft een eigen circulatiepomp en warmtewisselaar, welke twee bij twee opgesteld staan in de slibverwarmingsgebouwen. De temperatuur van de gistingstanks wordt gehandhaafd op 30 °C. Aangezien de gasinblaaspipen aan de dakconstructie bevestigd zijn en voor inspectie en onderhoud bereikbaar dienen te blijven, was het niet mogelijk de gashouders met de gistingstanks te combineren. Als nuttige



Afb. 11 - Gashouder en gasfakkel.



Afb. 12 - Indikker uitgegist slib.

inhoud van beide apart opgestelde gashouders is met het oog op de energieopwekking 1.000 m³ per stuk aangehouden (afb. 11). Het slib loopt onder vrij verval naar een bijbehorende slibindikker.

Slibindikker

Voor een goede indikking is een maximaal toelaatbare drogestof oppervlaktebelasting van 30 kg ds/m² . d vereist bij een diepte van 3 meter.

Een dagelijkse uitgegist slib produktie van 30 ton drogestof, gecombineerd met de toelaatbare drogestof oppervlaktebelasting,

resulteert in 4 slibindikers met een diameter van 17,50 m (zie afb. 12).

Door het aftapregiem van de slibzakken van de voorbezinktanks te regelen met slibspiegelmeters en de beperking van de overstortlengte in de gistingstanks kan het max. debiet van uitgegist slib naar de indikers beperkt worden tot 40 m³/h per indikker. Om deeltjes met slechte bezinkeigenschappen die het indikproces verstoren uit te spoelen en nagisting te voorkomen, worden de indikers gespoeld met effluent. Een spoelwater/slibverhouding van 2 bepaalt de spoelwatercapaciteit per indikker op 80 m³/h.

Het nivo van het verdeelwerk is zodanig gekozen dat het spoelwater onder vrij verval aan de indikers wordt toegevoerd en bovendien onder vrij verval via een overloopleiding naar de centrale verdeler kan worden afgevoerd.

Aangezien de chemische conditionering en ontwatering van het slib 80 uur per week in bedrijf zijn, is een opslagcapaciteit van ingedikt slib in de indikers van ca. 3 x de dagproduktie gewenst. Aangenomen is dat met indikking van uitgegist slib een drogestof gehalte van 3,8 % bereikt kan worden. Op grond hiervan leveren de indikers 853 m³ slib en 465 m³ overloopwater, exclusief spoelwater, per dag en is de opslagcapaciteit van ingedikt slib bepaald op 2.560 m³. Voor dit volume is per indikker een hoogte van 2,65 m vereist, zodat bij de gekozen zijwaterdiepte van 5 m voor de feitelijke indikker een hoogte van 2,35 m beschikbaar blijft, waarbij echter bedacht moet worden dat gedurende het grootste gedeelte van de tijd een aanzienlijk grotere hoogte voor indikking beschikbaar is. Elke indikker is voorzien van een roerwerk met ruimer. Het ingedikte slib wordt door mohnopompen (55 m³/h), één voor elke indikker, die opgesteld staan in twee ingedikt slibgemalen, naar de chemische conditionering gepompt.

Chemische Conditionering

De chemische conditionering berust op een beïnvloeding van de elektrische lading van de colloïdale slibstructuur, waardoor destabilisatie en flocculatie optreedt en grotere vlokagglomeraten worden gevormd. Als vlokmiddel wordt ijzerchloride (FeCl₃) toegepast in combinatie met kalk (Ca(OH)₂) teneinde de pH te corrigeren.

Bij het ontwerp van de chemische conditionering is rekening gehouden met een ijzerdosering van ca. 10 kg 40 % FeCl₃ opl./m³ . slib en een kalkbehoefte (als Ca(OH)₂) van 15 kg/m³ . slib.

De aangevoerde ongebluste kalk wordt in 2 grote silo's (75 m³) opgeslagen en via een

trilbodem en een doseerschroef in een kalkblustrog geblust.

De gebluste kalk wordt in de vorm van kalkmelk uit een voorraadtank naar een reactiemenger gepompt, waar de kalk met het ingedikte slib en ijzerchloride, dat vlak voordat het slib in de reactiemenger komt in de sibleiding geïnjecteerd wordt, gemengd wordt. Vanuit de reactiemengers loopt het geconditioneerde slib naar een grote voorraadtank (125 m³) van waaruit het slib naar de kamerfilterpersen gepompt kan worden.

Mechanische ontwatering

De ontwatering vindt plaats in 4 kamerfilterpersen (afb. 13), elk met 120 kamers (1.500 x 1.500 mm) en een kamervolume van 6,06 m³. Uitbreiding van de capaciteit is mogelijk door 130 kamers per pers te installeren, waarbij het kamervolume toeneemt tot 6,565 m³.

De aanvoer van het slib door een vulpomp vindt plaats in het midden van de kamer. Een filterpers wordt in enkele minuten gevuld, waarna de druk m.b.v. een hoge drukpomp (afb. 14) langzaam stijgt. De platen worden tegen elkaar gedrukt, zodat het onder druk aangevoerde slib niet tussen de randen kan ontwijken. Het filtraat dat door het filterdoek naar buiten treedt, wordt buiten de pers gebracht en vervolgens naar de centrale verdeler teruggevoerd. Als de hoeveelheid filtraat per tijdseenheid of na een bepaalde tijd beneden een bepaalde grens komt, wordt het vulproces gestaakt en wordt het slibtoevoerkanaal doorgeblazen met perslucht. De inhoud van het slibtoevoerkanaal gaat terug naar de geconditioneerde slibtank. Daarna wordt de pers geopend. Hiertoe wordt eerst het drukstuk (de zeer dikke laatste filterplaat, die de druk gelijkmatig over het platenpakket verdeelt) door een hydraulische cilinder weggetrokken. Vervolgens wordt een mechanisme ingeschakeld dat de filter-



Afb. 14 - Vulpompen kamerfilterpersen.

platen één voor één transporteert, waarbij de slibkoeken van de doeken vallen. Wanneer de filterdoeken vervuild zijn, worden ze schoongespoten. Het openen en sluiten van de pers, alsmede het platen-transport en het schoonspuiten van de doeken gebeurt automatisch. Teneinde de filterpersen te kunnen reinigen en verstoppingen op te heffen is het mogelijk de platen met zoutzuur te spoelen. De slibkoek wordt m.b.v. kettingtransporteurs naar een hoge slibsilo (200 m³) gebracht (afb. 15), van waaruit het slib gemakkelijk overgeladen kan worden in vrachtwagens die het slib dagelijks afvoeren.

In geval de afvoer stagneert is het mogelijk de slibkoek naar een noodopslag van 1.000 m³ inhoud te transporteren. De bedrijfsvoering van de filterpersen is in hoge mate geautomatiseerd. Het totale proces wordt door een procescomputer geregeld.

Energievoorziening

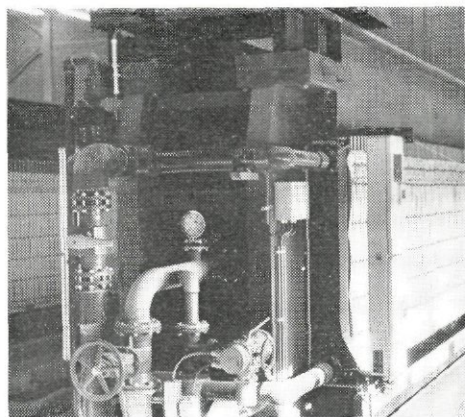
De energiebehoefte van RI-Oost kan onder-

scheiden worden in een elektriciteitsbehoefte en een warmtebehoefte voor het verwarmen van de slibgisting, alsmede voor de ruimteverwarming van de gebouwen op de RI.

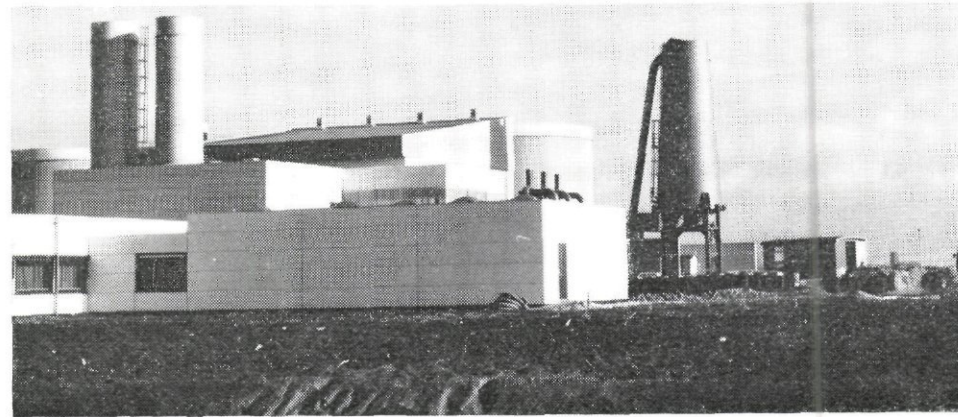
Bij normaal bedrijf wordt de rioolgasproductie, welke geschat is op 12.500 m³/d (ca. 0,35 m³ rioolgas/kg toegevoegde organische stof) met een calorische waarde van ca. 22 MJ/m³, gebruikt om met een gasmotor-generatorcombinatie elektrisch vermogen op te wekken. Naar verwachting zal ongeveer 70% van de benodigde elektrische capaciteit van de RI geleverd kunnen worden door deze eigen elektriciteitsproductie. Het resterend elektrisch vermogen kan via 4 trafocellen uit het gemeentelijk elektriciteitsnet onttrokken worden. De warmte die ontwikkeld wordt bij het bedrijven van de gasmotoren is ruim voldoende om de benodigde verwarmingscapaciteit te leveren.

Bij een verstoring van de slibgisting bestaat de mogelijkheid de gasmotoren op aardgas te laten draaien. Wanneer de 3 gasmotor-

Afb. 13 - Kamerfilterpersen.



Afb. 15 - Slibverwerkingsgebouw, links op de foto beide kalksilo's en rechts de slibkoeksilo.



generatorsets wegens een storing of onderhoudswerkzaamheden niet bedreven kunnen worden, is het mogelijk 70 % van het benodigd elektrisch vermogen aan het GEB-net te onttrekken. In deze situatie blijft de verwarming van de slibgisting en de gebouwen op de RI mogelijk door 2 warmwaterketels, op rioolgas of aardgas te stoken.

Mede door de vergevorderde ontwikkelingen in de waterlijn tijdens het moment waarop voor chemische conditionering gekozen werd, was het niet meer mogelijk gasmotoren direct te koppelen aan de compressoren, hetgeen een beter rendement had betekend (geen energieverliezen van generator en elektromotor). Alvorens het rioolgas echter voor de aandrijving van gasmotoren benut kan worden moeten de zwavelwaterstofverontreinigingen (H₂S) uit het gas verwijderd worden. Dit gebeurt in een gaswasser.

Gaswasser (afb. 16)

De H₂S-componenten moeten uit het rioolgas verwijderd worden i.v.m. hun corrosiverende werking, hetgeen de levensduur van de apparatuur voor energieopwekking sterk kan verkorten. Het principe van een loogwasser is geba-

seerd op een verhoogde absorptie van H₂S in water bij hoge pH. Opgelost H₂S dissocieert afhankelijk van de pH tot HS⁻ en S²⁻. Hoewel de gaswasser ontworpen is om specifiek H₂S te verwijderen lost er ook CO₂ op in een alkalisch gaswassysteem, zodat naast de voor verwijdering van 1 kg H₂S benodigde NaOH (1,18 kg) nog 0,91 kg NaOH nodig is om een kg CO₂ te verwijderen.

De gaswasser bestaat uit een gepakte kolom. De gaswassing verloopt in tegenstroom door een eerste kolom en vervolgens via gelijkstroom door een tweede kolom. Het rioolgas wordt onder in de reactor ingevoerd en treedt boven uit. De wasvloeistof percoleert over de vulling naar beneden. In de reactor kunnen gasdebieten tot 12.750 m³/d behandeld worden.

Het natronloog wordt verdund met effluent, nadat dit gefiltreerd is en een waterontharder gepasseerd is, teneinde snelle verstoppingen van de gepakte kolom door kalkafzettingen of slibdeeltjes te voorkomen. De wasvloeistof wordt, nadat ze door de kolom gelopen is, opgevangen in een opvangvat onder in de gaswasser, van waaruit de loogoplossing via circulatiepompen weer opgepompt wordt om door

de kolom te circuleren. Afhankelijk van de pH van het waswater wordt continu vanuit een voorraadtank een kleine hoeveelheid loog, vermengd met bedrijfswater, aan het waswatercircuit toegevoerd. Nadat het gas de wasser gepasseerd is, wordt het in een waterafscheider van vloeistofdeeltjes ontdaan en met twee ventilatoren naar de gasmotoren in het energiegebouw getransporteerd.

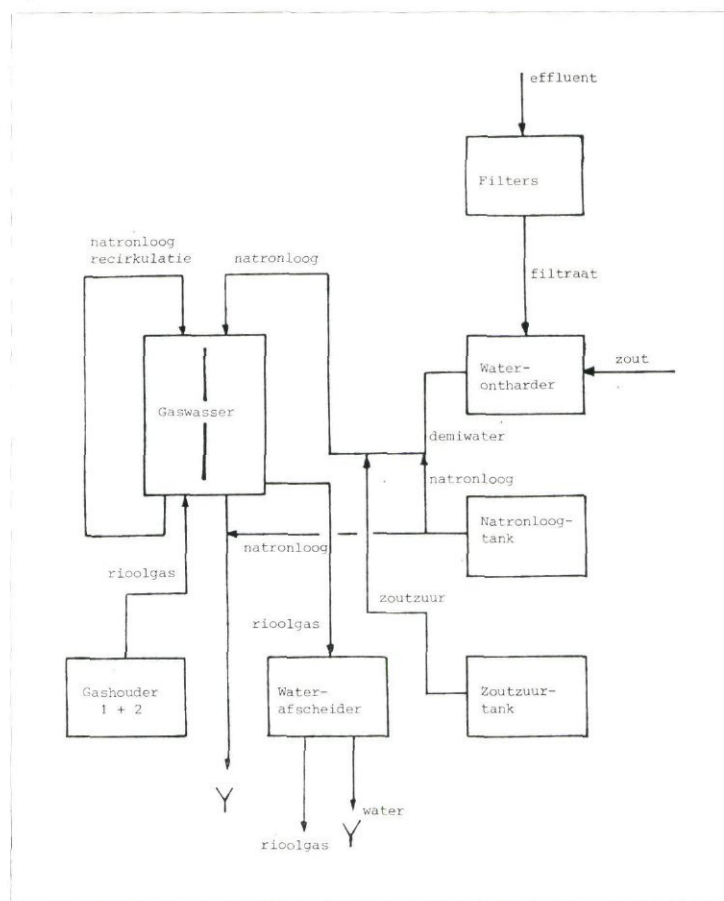
Wanneer de drukval over de kolom toeneemt door kalkafzettingen, wordt de kolom geregeneerd door een zoutzuuroplossing over de pakking te laten lopen. Teneinde het riool tegen betonaantasting te beschermen wordt de zoutzuuroplossing alvorens afgevoerd te worden naar het riool met natronloog geneutraliseerd.

Gasmotoren (afb. 17)

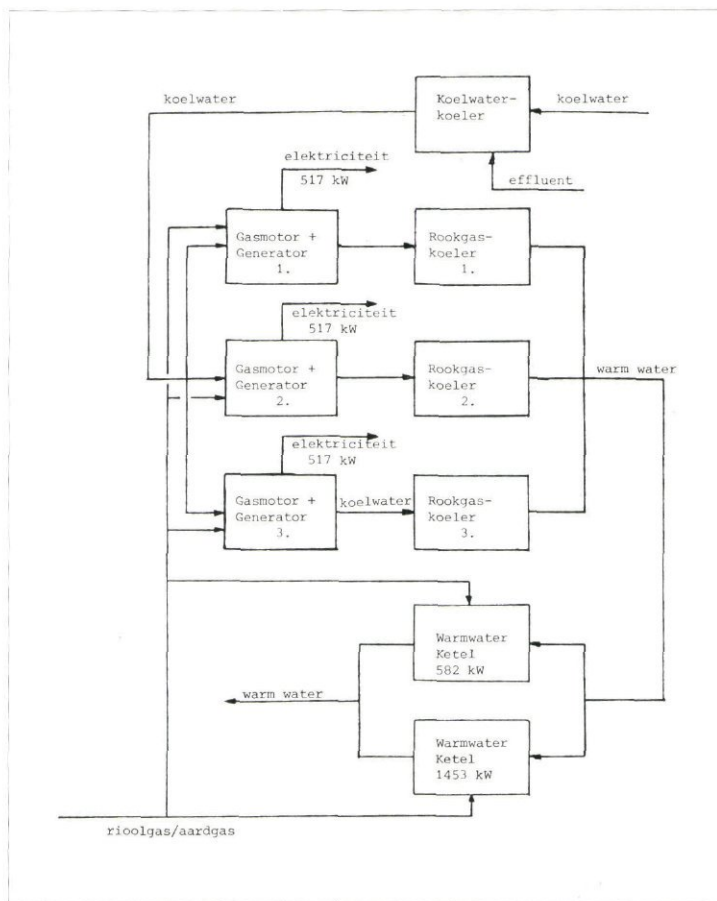
In het energiegebouw staan 3 gasmotoren (afb. 18) opgesteld, die elk een generator aandrijven.

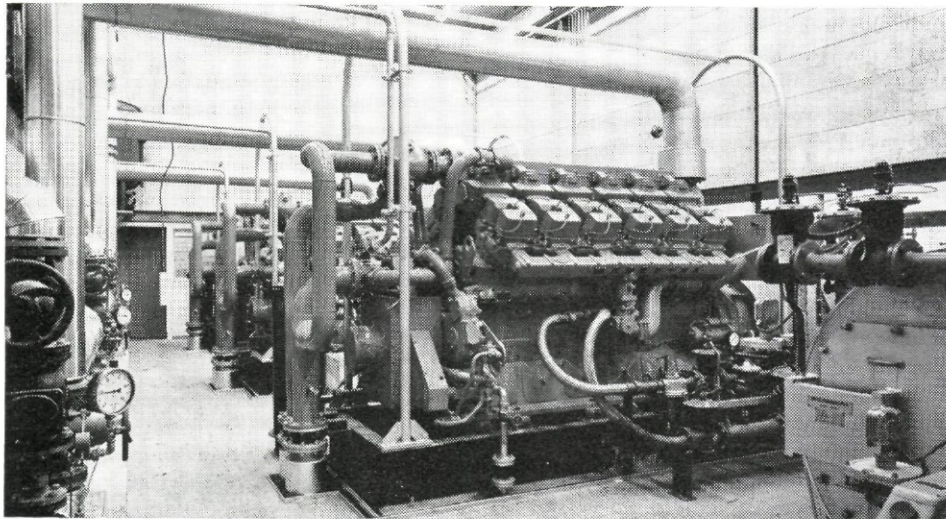
Elke gasmotor kan met 1.000 omwentelingen per minuut draaien, waarbij elke gasmotor-generatorcombinatie 517 kW elektriciteit kan produceren. Iedere gasmotor is voorzien van een drietal koelwaterpompen. Het koelwater neemt de geproduceerde

Afb. 16 - Processchema gaswasser.



Afb. 17 - Processchema energie-opwekking.





Afb. 18 - Gasmotor-generatorcombinatie.

warmte op via een warmtewisselaar. Tevens worden de hete rookgassen met het koelwater gekoeld.

Het opgewarmde koelwater met een temperatuur van ca. 90 °C, wordt naar twee warmwaterketels gepompt (warmte-inhoud 582 en 1.453 kW).

Vanuit de ketels wordt het warme water met 3 warmwaterpompen (capaciteit elk 60 m³/h) over een leidingbrug naar de gistingstanks en andere warmwatergebruikers op het terrein gepompt. De warmwaterketels kunnen ook direct met rioolgas of aardgas gestookt worden.

Het warmwatercircuit is een gesloten systeem. Na de diverse warmwatergebruikers te zijn gepasseerd, wordt het water weer gebruikt voor de koeling van de gasmotoren.

Het kan voorkomen dat het warme water met effluent gekoeld moet worden, ten einde de koelwaterfunctie te waarborgen. Wanneer de temperatuur van het koelwater boven de 70 °C stijgt, treedt deze koeling in werking.

Hoog- en laagspanningsruimten

De grootte van de voor RI-Oost benodigde stroomleverantie is dusdanig dat niet op het 10 kV-net, dat op het eiland Zeeburg aanwezig was, kon worden aangesloten. De hoofdspanningsruimte van de RI, bestaande uit een serie van 3 trafocellen met de benodigde hoogspanningsschakelapparatuur, is gecombineerd met de centrale laagspanningsruimte en is in verband met de energiebehoefte van de compressoren met het compressorengedrag samengebouwd. Afgezien van de chemische conditionering en de mechanische ontwatering worden de installaties van de RI gevoed uit deze centrale laagspanningsruimte waarin tevens de laagspanningshoofdschakelaars zijn ondergebracht.

Voor de voeding van de chemische conditionering is in het slibverwerkingsgebouw een trafocel opgenomen. De hoogspanningsvoeding aan deze transformator vindt via twee hoogspanningskabels plaats vanuit de hoofdhogspanningsschakelruimte bij het compressorengedrag.

● ● ●

Loodgehalte in benzine moet omlaag

Staatssecretaris Lambers-Hacquebard (Volksgezondheid en Milieuhygiëne) streeft ernaar het loodgehalte in benzine zo snel mogelijk te verlagen tot hoogstens 0,15 gram per liter. Nu is het 0,4 gram per liter superbenzine.

In een notitie aan de Tweede Kamer over lood in het milieu schrijft de bewindsvrouw, dat deze reductie met ongeveer 65 procent de hoogst mogelijke is binnen de Europese richtlijnen. Ook heeft een loodgehalteverlaging tot 0,15 gram per liter geen risico's voor de huidige automotoren met hoge compressie.

De oliemaatschappijen hebben berekend dat de productieprijs van benzine door het verlagen van het loodgehalte en het toevoegen van vervangende, niet zo schadelijke stoffen drie cent per liter zal stijgen. Het zal van de marktsituatie afhangen of de autorijder daarvan iets merkt. Men verwacht overigens dat het onderhoud van de auto wat goedkoper zal worden omdat bougies en uitlaatsysteem minder zullen lijden.

Mevrouw Lambers is van plan de conceptwijziging van het besluit loodgehalte in benzine nog vóór 1 juli in de Staatscourant te laten zetten. Verder wil zij dat de looduitstoot van kolenstook (elektrici-

teitscentrales) zoveel mogelijk wordt beperkt door goede stoffilters toe te passen. Ook voor de industrie zullen normen moeten worden ontwikkeld voor de toe te laten maximum hoeveelheden loodstof in uitlaatgassen of rook.

Mevrouw Lambers schrijft het van belang te vinden dat waterleidingbedrijven zoveel mogelijk hun oude loden waterleidingen vervangen door ander materiaal. Ook bij renovatie van woningen moet daar op gelet worden. De bewindsvrouw zal de waterleidingbedrijven ook verzoeken de gebruikers weer eens goed te attenderen op het belang van vers, schoon water bij het aanleggen van voedsel voor zuigelingen. Ook in de warenwet zullen scherpere criteria worden opgenomen voor loodgehalten in eet- en drinkwaren, zo kondigt de Staatssecretaris aan.

Boekbespreking

Theoretical and experimental study of solute movement through porous media with mobile and immobile water

door F. de Smedt, P. J. Wierenga en A. van der Beken

1981, pp. 219. Prijs: 300 BF

Het conservatief gedrag van in water opgeloste tracers wordt beschreven door een verbeterde hydrodynamische dispersietheorie, gebaseerd op convectie en hydrodynamische dispersie in een mobiele fase en stofoverdracht met een mobiele fase. Een review en analytische oplossingen van ééndimensionale transportvergelijkingen worden gegeven, evenals programmatuur voor het inverse probleem en voor niet-stationaire, onverzadigde stroming. Het experimentele gedeelte handelt over kolomproeven met massieve en poreuze glazen kralen. Gemeten en berekende doorbraakcurves komen in het algemeen met elkaar overeen. Significante hoeveelheden immobiel water worden onder onverzadigde omstandigheden gevonden of wanneer poreuze kralen aanwezig zijn. De hoeveelheid immobiel water, bij onverzadigde omstandigheden, hangt af van de totale hoeveelheid. Indien poreuze kralen aanwezig zijn, is de hoeveelheid immobiel water afhankelijk van de experimentele condities, en de hoeveelheid en structuur van de poriën. De coëfficiënt, voor de stofoverdracht tussen mobiele en mobiele fase, is lineair gerelateerd aan de gemiddelde stroomsnelheid van de mobiele fase.

De beschrijvingen zijn helder en makkelijk leesbaar, maar de kwaliteit van de druk laat te wensen over.

Ir. L. J. M. Boumans,
Commissie voor Hydrologisch Onderzoek, TNO