

Gecentraliseerde slibverwerking

1. Inleiding

De laatste jaren is het vraagstuk van een efficiëntere verwerking van slib van rioolwaterzuiveringsinstallaties sterk in de belangstelling gekomen. Dit is vooral het gevolg van de steeds groter wordende zuiveringsinstallaties, waardoor de te verwerken hoeveelheden slib groot zijn.

Het doel van de slibverwerking is het slib dat tijdens het zuiveringsproces wordt gevormd, zodanig te behandelen, dat een produkt ontstaat dat goed en zonder hygiënische bezwaren kan worden afgezet.

Werden tot voor kort vooral de droogbedden gebruikt voor de verdere ontwatering van slib, tegenwoordig wordt bij de middelgrote en grote zuiveringsinstallaties op grond van het benodigde en beschikbare terrein, het arbeidsintensieve bedrijf en de afvoer van grote hoeveelheden relatief nat slib, meestal gekozen voor een kunstmatige ontwatering.

Deze kunstmatige ontwatering vraagt mechanische apparatuur en deskundig personeel, zodat het te overwegen is de kunstmatige verwerking van slib, evenals bij de zuivering van afvalwater het geval is, te centraliseren. Door centralisatie kan het mogelijk worden slib van kleinere installaties op economisch verantwoorde wijze kunstmatig te verwerken.

In deze bijdrage worden naast de meest bekende kunstmatige slibverwerkingen, de mogelijkheden voor centralisatie, het transport van het te verwerken slib en de afvoer van het restprodukt nader bekeken.

Omdat de keuze van de methode van slibverwerking vooral gebaseerd is op de jaarlijkse exploitatiekosten,

wordt aandacht besteed aan de financiële consequenties van de diverse onderwerpen.

2. Centraliseren of decentraliseren

Het centraliseren van de slibverwerkingen heeft alleen zin wanneer dit voordelen biedt ten opzichte van een gedecentraliseerde verwerking. Deze voordelen kunnen liggen op het terrein van:

- de bedrijfsvoering;
- de flexibiliteit in de verwerking;
- de kosten.

De kosten van de slibverwerkingen zullen in belangrijke mate de keuze van het verwerkingssysteem en de beslissing tot centralisatie bepalen. Bij een gecentraliseerde verwerking zal door de grotere verwerkings-eenheden een verlaging van de kosten per eenheid te verwerken produkt worden verkregen, maar moet worden gerekend met transportkosten van het te verwerken materiaal.

Hoewel de efficiëntere bedrijfsvoering en flexibiliteit in de verwerking belangrijke factoren kunnen zijn, die de centralisatie mede zullen bepalen, wordt de wens tot centraliseren doorgaans vooral ingegeven door mogelijk financiële voordelen.

In deze bijdrage zal dan ook voornamelijk de economische zijde van de gecentraliseerde of gedecentraliseerde slibverwerking worden beschouwd. Naast de kosten van verwerken zullen die van het transport van het te ver-

diverse belangen, gelegen in het boezemgebied dat door de waterinlaat te Lutje-Schardam wordt voorzien, heeft bepaald hoe de beslissing op bestuurlijk niveau is uitgevallen. Gekozen is voor zuivering te Wervershoof en lozing via een van het overige polderwater afgesloten, open waterloop op het IJsselmeer. Daarbij is rekening gehouden met het feit dat de meeste effecten en invloeden, die in de studie zijn geschat, slechts in orde van grootte konden worden aangegeven. De waarschijnlijkheid van deze effecten en invloeden wordt echter uiteraard des te groter naarmate de rioolinstallatie toeneemt in grootte. De hardheid van de argumenten is dus niet onderschat.

Zo is het evident, dat een effluentlozing direct buitendijks bij Wervershoof, zonder chlozing, onverenigbaar is met een recreatieve ontwikkeling aldaar, waarbij van het IJsselmeerwater gebruik wordt gemaakt.

Ook is het zeer waarschijnlijk dat de bedrijfsvoering van het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland bij een zuivering bij Wervershoof zonder fosfaatverwijdering van tijd tot tijd negatief beïnvloed kan worden. Tevens is het zeker dat het ingelaten water bij Lutje-Schardam in alle gevallen een min of meer forse kwaliteitsverslechtering zou ondergaan bij een relatief zo grote injectie met effluent, ook al zouden fosfaatverwijdering en desinfectie worden toegepast.

Om deze redenen is rekening gehouden met de realiseerbaarheid van additionele maatregelen, die in beide alternatieven mogelijk zijn, en met de grootten van de erdoor bereikbare effecten.

Voor zover er alsnog onzekerheid mocht bestaan omtrent de noodzaak van de additionele zuiveringsmaatregelen, dan zal deze onzekerheid hoogstens mogen leiden tot een uitstel van het tijdstip waarop die additionele maatregelen moeten ingaan. In elk geval is besloten, direct chlozing toe te passen. Daarnaast is afgesproken, het tijdstip waarop fosfaatverwijdering zal moeten plaatsvinden afhankelijk te doen zijn van de uitslag van een in te stellen onderzoek naar de gevolgen van de lozing voor het aquatisch milieu van het ontvangende water.

Tot slot willen wij onze erkentelijkheid betuigen aan de leiding van de Fysische Afdeling van de Directie Waterhuishouding en Waterbeweging van Rijkswaterstaat, de leiding van de Studiedienst Hoorn van de directie Noord-Holland van Rijkswaterstaat en de leiding van de Afdeling Waterloopkunde van de Dienst der Zuiderzeewerken, voor hun toestemming om in dit artikel te refereren naar het werk, dat door deze instanties in het kader van het onderhavige onderzoek werd verricht.

werken slib en die van het af te voeren restproduct worden bekeken.

3. Slibverwerking

3.1. Algemeen

Het slib dat in de zuiveringsinstallatie wordt gevormd en verzameld, bevat als het nog geen verdere behandeling heeft ondergaan een watergehalte dat afhankelijk van het zuiveringsproces kan variëren tussen 90 en 99 %.

Het slib wordt daarom meestal eerst aan een indikproces onderworpen, waardoor het watergehalte zal dalen en het te verwerken volume gereduceerd wordt.

De hoeveelheden slib, die in een zuiveringsinstallatie worden gevormd, zijn onder meer afhankelijk van het zuiveringssysteem; zo zal de slibproductie in een oxydatiesloot bij de verwerking van huishoudelijk afvalwater ca. 40 gram per inwonerequivalent per dag bedragen. Wordt gebruik gemaakt van een actiefslibinstallatie met voorbezinking en aerobe stabilisatie van het verse slib dan ligt de slibproductie op ca. 70 gram per inwonerequivalent per dag. Een installatie met slibgisting zal afhankelijk van het zuiveringsproces een slibproductie hebben, die ligt tussen 40 en 70 gram/i.e./dag. Als er van wordt uitgegaan dat zuiveringsslib tot ca. 4 % droge stof (d.s.) wordt ingedikt, dan blijkt dat voor grotere zuiveringen de te behandelen hoeveelheden niet gering zijn. Om het volume slib te reduceren zal het verder ontwaterd moeten worden. De keuze van de methode van slibverwerking wordt bepaald door de volgende aspecten:

- de uiteindelijke bestemming van het slib;
- de technisch en technologische aspecten van de verwerkingsmethoden;
- de kosten;
- de mate van onafhankelijkheid van derden, die de verwerkingsmethoden bieden.

3.1.1. De uiteindelijke bestemming

De uiteindelijke bestemming, die aan het slib wordt gegeven bepaalt het minimaal te bereiken drogestofgehalte van het restproduct. Als uiteindelijke bestemmingen kunnen genoemd worden: afvoer naar de landbouw, afvoer naar de VAM, afvoer naar een centrale stortplaats en afvoer naar een vuilverbrandingsinstallatie. In afb. 1 zijn van de genoemde bestemmingen de gewenste percentages droge stof van het slib weergegeven. Uit de afbeeldingen blijkt dat voor slib met een drogestofgehalte tussen 10 en 30 % niet direct een bestemming kan worden genoemd.

Het slib, dat kan worden afgevoerd naar de landbouw, kan zowel als droog product als in vloeibare vorm afgevoerd worden. Het toepassen van het slib als meststof is echter aan beperkingen onderworpen; zo zal de aanwezigheid van zware metalen het slib ongeschikt kunnen maken voor de landbouw, hierop wordt echter niet verder ingegaan.

Bij afvoer van het slib naar de VAM, zal het slib niet uit de wagons mogen lekken, zodat het te transporteren product tenminste ca. 35 % drogestof zal moeten bevatten.

Aan het slib dat naar een controlled tip wordt afgevoerd, wordt in verband met de verwerkbaarheid van het slib en het berijden van de dump meestal de eis gesteld dat het tot ca. 35 % droge stof ontwaterd

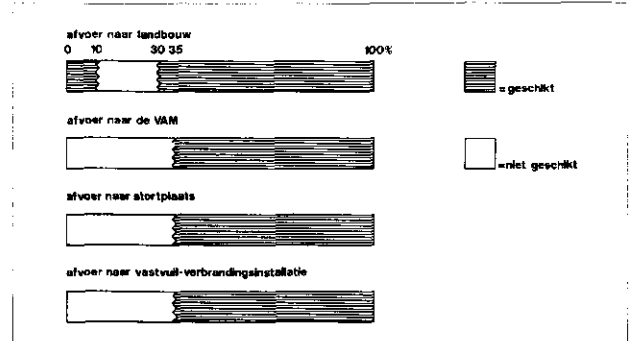
moet worden. Omdat verwacht mag worden dat de vuilstortplaatsen in de nabije toekomst steeds meer puin en plastics zullen gaan bevatten, kan afvoer naar een stortplaats aantrekkelijk zijn, omdat dit slib voedingsstoffen kan leveren voor de latere begroeiing van de dump.

Wordt slib naar een vuilverbrandingsinstallatie afgevoerd dan wordt in verband met de gewenste menging van het slib met huisvuil en in verband met de mogelijk onvolledige verbranding bij te grote brokken nat slib, een slibdrogestofgehalte van minimaal 35 % gewenst.

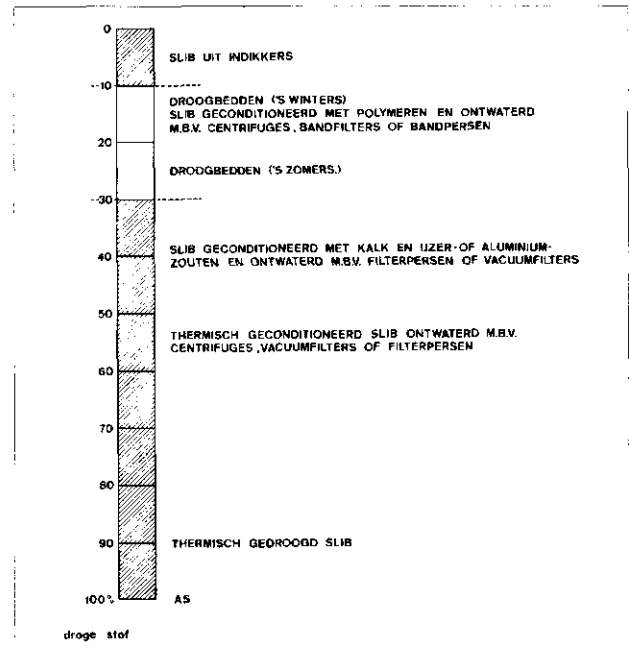
Als de uiteindelijke bestemming bekend is, dan kan een keus worden gemaakt uit diverse slibbehandelingsmethoden. In verband met het grote aantal verwerkingsmethoden is een keus gemaakt uit de meest gangbare slibverwerkingen, n.l.:

- a. mechanische voorontwatering van met polyelectrolyten geconditioneerd slib, met behulp van centrifuges, bandpersen of bandfilters, gevolgd door:
 1. droging of
 2. verbranding van het voorontwaterde product;
- b. ontwatering van slib, waaraan ijzerzouten en kalk zijn toegevoegd, met behulp van filterpersen;
- c. ontwatering van slib, dat gedurende enige tijd op ca. 150 à 200 °C is gebracht, met behulp van filterpersen.

Afb. 1 - Gewenste drogestofpercentages bij diverse bestemmingen.



Afb. 2 - Ontwateringspercentages van slib.



In afb. 2 is een overzicht gegeven van de te bereiken percentages droge stof bij verschillende ontwateringsmethoden. Uit afb. 1 en 2 blijkt dat slib, dat ontwaterd is op droogbedden of met behulp van centrifuges, bandpersen of bandfilters, doorgaans een verdere behandeling zal moeten ondergaan, alvorens het kan worden afgevoerd.

3.1.2. De technische en technologische aspecten

De technische en technologische aspecten van de slibverwerkingsmethoden zullen in zeer belangrijke mate het te volgen proces bepalen. Het karakter van het te verwerken slib is hierbij van zeer groot belang.

Uit onderzoeken is gebleken, dat sommige slibsoorten zich moeilijker laten ontwateren met behulp van bepaalde machines dan andere. Deze verschillen zullen de keus van de verwerkingsmethode natuurlijk in belangrijke mate kunnen bepalen. In deze bijdrage zal niet nader op de bovengenoemde aspecten worden ingegaan.

3.1.3. De exploitatiekosten

De exploitatiekosten bepalen meestal de methoden van slibverwerking. In deze bijdrage zullen de exploitatiekosten van de meest bekende systemen worden vergeleken.

3.1.4. De onafhankelijkheid van derden

De mate van onafhankelijkheid van derden, die de slibverwerkingsmethode biedt, kan in bepaalde gevallen zeer belangrijk zijn.

Bij een grote afhankelijkheid van derden kan de afzet van het uiteindelijk produkt minder goed verzekerd zijn, dit is bijvoorbeeld het geval bij afzet in de landbouw.

3.2. De slibverwerkingsmethoden

In het volgende wordt nader ingegaan op de verwerkingsmethoden, die genoemd zijn onder 3.1.1.

3.2.1. De mechanische ontwatering en droging of verbranding

3.2.1.1. De mechanische ontwatering

De ontwatering van slib m.b.v. centrifuges, bandpersen en bandfilters, vaak mechanische ontwatering genoemd, heeft enige jaren geleden zijn intrede in Nederland gedaan.

Voor de noodzakelijke snelle ontwatering moeten polyelectrolyten worden gedoseerd. Een nadeel van deze methode van conditionering is het hoge watergehalte in het verkregen produkt. De meeste machines ontwateren slib van oxydatiesloten tot ca. 15 % en het slib van een installatie met aerobe stabilisatie of gisting tot ca. 20 %, hoewel enkele machines boven deze percentages uitkomen. Zoals in afb. 2 is aangegeven is de mechanische ontwatering m.b.v. centrifuges en bandpersen slechts een eerste stap tot een volledige slibbehandeling.

3.2.1.2. De droging

De droging van slib kan geschieden in een drooginstallatie, die gevoed moet worden met aardgas of stookolie. De brandstofverbruiken per m³ te verdampen water zijn ca. 120 Nm³ aardgas of 90 liter stookolie. Bij de berekening van de jaarkosten is uitgegaan van het gebruik van aardgas. Wordt stookolie gebruikt, dan moet gerekend worden met hogere brandstofkosten.

Door droging is het mogelijk een restprodukt met een vochtgehalte van 5 à 10 % te krijgen.

Er zal in de naaste toekomst gerekend moeten worden met een verhoging van brandstof- en energiekosten, waardoor de droging van slib relatief duur wordt.

3.2.1.2. De verbranding

De verbranding van slib kan plaatsvinden in diverse verbrandingsovens. In verband met geur of stank is een wervelbedoven te prefereren boven andere ovens. Zuiveringsslib dat een organische stofgehalte heeft van ca. 70 % van de droge stof zal bij een drogestofgehalte van 30 % reeds exotherm verbrand kunnen worden. Het is echter mogelijk slib met lage drogestofgehaltes te verbranden, hoewel dit gepaard gaat met niet onaanzienlijke kosten van aardgas of stookolie.

Het aardgasverbruik ligt voor het verbranden van voorontwaterd slib in de orde van 70 - 80 Nm³ per ton toegevoerd water.

3.2.2. De chemische conditionering en filterpersen

De conditionering van slib met kalk en ijzertzouten en de ontwatering ervan in filterpersen bestaat reeds lange tijd. De laatste tijd is dankzij de activiteiten van diverse instanties meer inzicht verkregen in de ontwatering van slib m.b.v. filterpersen.

Uit de verrichte onderzoeken moet worden geconcludeerd dat de eigenschappen van het te ontwateren produkt van eminent belang zijn voor de toepassing van filterpersen. Een vergaande ontwatering, die tevens gepaard gaat met een goede lossing van de koek is zondermeer een eis. Het aandeel van de chemische stoffen tot de totale hoeveelheid slib kan afhankelijk van de eigenschappen van het slib variëren tussen 30 en 100 %, zodat de aanvoer van deze chemicaliën dit proces sterk afhankelijk kan maken van derden. Bij de berekening van de exploitatiekosten is uitgegaan van hoeveelheden kalk en FeCl₃, die kunnen worden betiteld als een minimale dosering, nl. 30 % kalk en 4 % FeCl₃ op basis van droge stof.

Het drogestofgehalte van het ontwaterde produkt ligt in de orde van 35 à 40 %.

3.2.3. De thermische conditionering en filterpersen

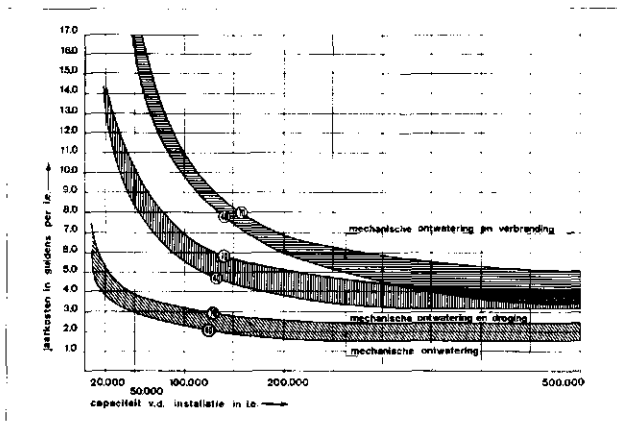
De thermische conditionering van het slib en de ontwatering ervan in filterpersen wordt momenteel nog weinig gedaan. Door thermische conditionering wordt een goed ontwaterbaar slib verkregen, dat met filterpersen tot maximaal 60 % d.s. kan worden ontwaterd. Tengevolge van de hittebehandeling treedt een gedeelte van het slib in oplossing, waardoor, naast een reductie van de slibdrogestof van ca. 15 tot 40 %, een extra organische vervuiling gaat optreden, die voor een oxydatiesloot ca. 15 % en een installatie met anaerobe of aerobe stabilisatie ca. 15 - 20 % zal bedragen.

Bovengenoemde getallen en gegevens zijn o.m. verkregen uit proeven die uitgevoerd zijn bij de oxydatiesloot in Woudenberg.

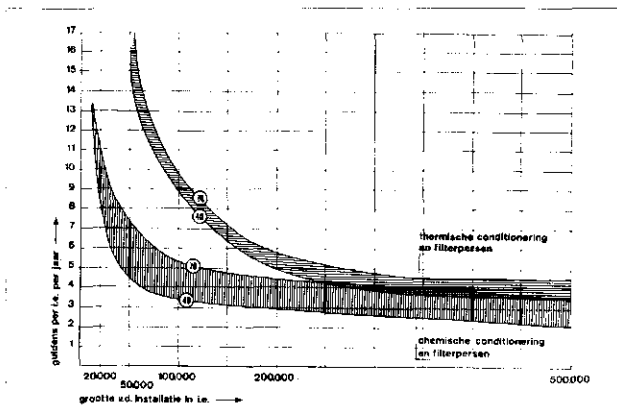
De brandstofkosten zijn ca. 30 % van die van een drooginstallatie. Bij de berekening van de jaarlijkse kosten is rekening gehouden met de kosten van het biologisch zuiveren van de extra belasting als gevolg van het hittebehandelingsproces.

3.3. De kosten van de slibverwerking

De exploitatiekosten van een slibverwerkingsinstallatie bestaan uit:



Afb. 3 - Jaarkosten slibverwerking.



Afb. 4 - Jaarkosten slibverwerking.

- vaste lasten en
- variabele lasten.

De vaste lasten worden veelal gebaseerd op afschrijvingstermijnen van 15 en 30 jaar voor resp. het mechanische en het bouwkundige gedeelte. Het rentepercentage is op 8 gesteld.

De variabele lasten bestaan uit kosten voor onderhoud, elektriciteit, aardgas, smeermiddelen, chemicaliën en bediening.

De genoemde deelkosten worden bepaald door de slibverwerkingsmethode, de bedrijfstijden en het soort slib. Bij de kostenopzetten is uitgegaan van het prijspeil mei 1973.

In de afb. 3 en 4 zijn grafisch de exploitatiekosten van de genoemde methoden van slibverwerking weergegeven. Bij de kostenberekeningen is uitgegaan van installaties met een slibproductie van 40 en 70 gram per inwonerequivalent per etmaal, waardoor het mogelijk is de kosten van de slibverwerking van installaties met afwijkende slibproductie te interpoleren.

Uit de grafieken blijkt dat de jaarlijkse kosten van de mechanische ontwatering m.b.v. centrifuges of bandpersen het laagst zijn, gevolgd door de chemische conditionering en filterpersen, de mechanische ontwatering en droging, de thermische conditionering en filterpersen en de mechanische ontwatering en verbranding.

Voor de goede orde dient te worden opgemerkt dat de grafieken de globale kosten van de slibverwerking weergeven. In concrete situaties zullen o.m. het karakter van het slib, plaatselijke omstandigheden enz. de kosten kunnen beïnvloeden.

4. Transport van het te verwerken slib

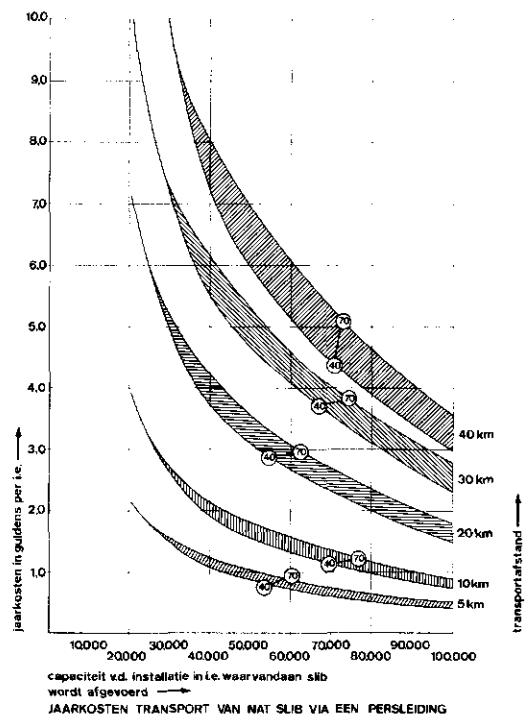
Bij centralisatie van de slibverwerking neemt het transport van het slib naar de centrale installatie een belangrijke plaats in. Het transport kan daarbij op verschillende manieren plaatsvinden.

- a. transport van vloeibaar slib via persleidingen;
- b. transport van mechanisch voorontwaterd slib m.b.v. vrachtwagens.

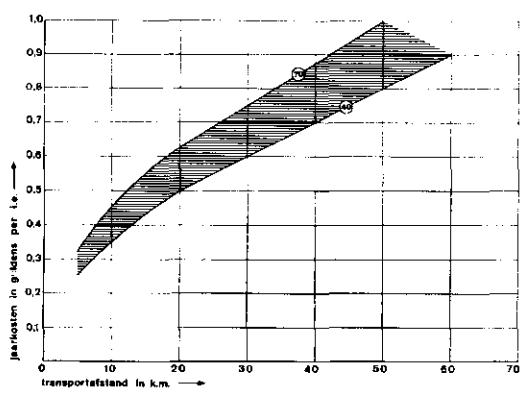
Bij het transport van dun vloeibaar slib via persleidingen is, in verband met afzettingen en weerstanden in de leidingen, uitgegaan van snelheden van 0,5 tot 1,0 m/sec., een slibconcentratie van maximaal 0,5 %, een afvoer van het slib gedurende 5 dagen per week, van één gemaal per 60 meter opvoerhoogte, één kunstwerk per km-leiding en leidingdiameters van 15, 20 en 25 cm.

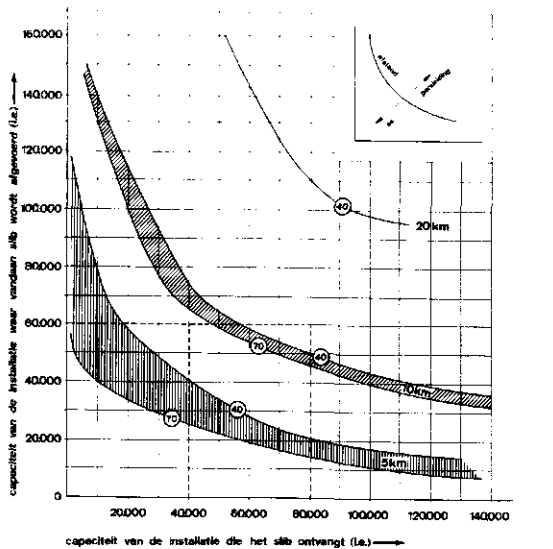
De kosten voor deze methode van transport zijn weergegeven in afb. 5, waarbij op de verticale as de kosten per inwonerequivalent per jaar zijn gegeven en op de

Afb. 5 - Jaarkosten transport van nat slib via een persleiding.



Afb. 6 - Jaarkosten transport van mechanisch voorontwaterd slib met vrachtwagens.





Afb. 7 - Afvoer van nat of mechanisch ontwaterd slib.

horizontale as de grootte in inwonerequivalenten van de zuiveringsinstallatie waarvandaan het slib moet worden afgevoerd. De punten met gelijke transportafstanden zijn met elkaar verbonden.

Het blijkt dat vooral bij kleine transportafstanden de totale jaarlijkse kosten nauwelijks verschillen bij de verschillende capaciteiten van de zuiveringen.

In afb. 6 zijn de kosten van transport van voorontwaterd slib van 15 à 20 % d.s. met behulp van vrachtwagens weergegeven. Op de verticale as zijn de jaarlijkse kosten per inwonerequivalent uitgezet tegen de transportafstand op de horizontale as.

Wordt gekozen voor een gecentraliseerde verwerking van het slib met behulp van filterpersen, dan komt alleen het transport via persleidingen in aanmerking.

Wordt een centrale verwerking van slib m.b.v. een droog- of verbrandingsinstallatie voorgestaan, dan moet gekozen worden voor transport van het slib met behulp van een persleiding en vrachtwagens.

Vindt de keuze van het transport van het slib bij droging of verbranding plaats op basis van een economische berekening, dan kan de grafiek in afb. 7 een nader inzicht verschaffen.

Op de verticale as is de capaciteit van de installatie gegeven, waarvandaan het slib moet worden afgevoerd. Op de horizontale as is de capaciteit van de slibverwerkingsinstallatie gegeven, die het slib erbij zal verwerken. In de afb. zijn de curven geschetst, die de punten verbinden waarvoor de volgende formule geldt:

$$T_p + M(a+b) = T_{as} + M(a) + M(b)$$

waarin

- T_p = kosten van transport van slib m.b.v. een persleiding
- $M(a+b)$ = kosten voor ontwatering van slib in de gecentraliseerde installatie
- T_{as} = kosten van transport van voorontwaterd slib per as
- $M(a)+M(b)$ = kosten voorontwatering in gedecentraliseerde installaties

In de grafiek zijn drie verzamelingen van curven voor transportafstanden van 5, 10 en 20 km gegeven.

Wordt de curve voor een transportafstand van 10 km in ogenschouw genomen, dan blijkt dat bij een installatie van 60.000 i.e. waarvandaan slib moet worden afgevoerd naar een installatie met een capaciteit van 40.000 i.e., het transport moet plaatsvinden per as.

Moet het slib echter naar een installatie van 80.000 i.e. worden afgevoerd, dan is het voordeliger een persleiding te gebruiken.

Kortweg samengevat kan gesteld worden dat bij de vermelde afstanden op de grafiek, in de gebieden onder de curven de gedecentraliseerde mechanische voorontwatering en dus het transport per as voordeliger is.

Het blijkt dat bij de grotere afstanden de persleiding financieel minder aantrekkelijk is. Bij installaties met een slibproductie van 70 gram d.s. per i.e. per etmaal, is het voor capaciteiten tot 150.000 i.e. zelfs altijd voordeliger het slib per as te transporteren wanneer de afstanden groter zijn dan 20 km.

De curve van 70 gram per i.e. per dag bij 20 km transportafstand kan daarom niet worden getekend.

De transportkosten per as zijn min of meer goed te bepalen omdat deze slechts afhankelijk zijn van verkeers-technische factoren.

De kosten van een transportleiding moeten nader bekeken worden, in verband met grondgesteldheid en dergelijke. Mocht uit de kostenvergelijking blijken dat de persleiding enigszins duurder is dan de afvoer per as, dan zal bij de keuze ook bedacht moeten worden dat de afvoer van slib per as:

1. afhankelijk is van derden (de chauffeurs);
2. afhankelijk is van weersomstandigheden (vorst, sneeuw, ijzel);
3. afhankelijk is van de bedrijfszekerheid van de vrachtwagens;
4. uit milieuhygiënische en verkeerstechnische overwegingen, minder aantrekkelijk is dan de afvoer per persleiding;
5. een sterkere stijging van de exploitatiekosten te zien zal geven dan die van de persleiding, omdat een groot deel van de exploitatiekosten van de afvoer per as bestaat uit personeelslasten en brandstofkosten.

Deze bedenkingen kunnen aanleiding zijn de persleiding te kiezen.

5. De plaats van de centrale verwerking

Wordt besloten tot centralisatie, dan moet een plaats bepaald worden voor de centrale verwerking.

Bij de plaatsbepaling moet bedacht worden, dat bij voorkeur zo weinig mogelijk slib getransporteerd moet worden.

De centrale slibverwerking zal bij voorkeur ook op een zuiveringsinstallatie moeten plaatsvinden, omdat het gevormde filtraat en/of waswater een biologische behandeling nodig heeft. Hierbij wordt vooral gedacht aan de hittebehandelingsinstallatie. Vooral bij dit proces zal ervoor gewaakt moeten worden, dat een niet te dominerende extra belasting wordt verwerkt.

Uit het bovenstaande kan geconcludeerd worden dat in het algemeen de grootste zuiveringsinstallatie de aangewezen plaats is voor de centrale slibverwerking. Plaats-

selijke omstandigheden kunnen echter leiden tot een andere situering.

6. Afvoer van het uiteindelijke produkt

Alvorens tot de conclusie te komen, dat een bepaalde slibverwerkingsmethode moet worden gekozen, moet bedacht worden dat het uiteindelijke produkt nog moet worden afgevoerd, bijvoorbeeld naar een stortplaats of naar de VAM. Soms bestaat de mogelijkheid het slib naar een vuilverbranding af te voeren.

Naast de transportkosten voor de aanvoer van het te verwerken slib en kosten voor de ontwatering, bepalen de kosten voor afvoer van het restprodukt de methode van verwerking. De uiteindelijke bestemmingen zijn reeds genoemd in 3.1.1.

Als mogelijkheden van afvoer worden vergeleken de afvoer naar de VAM en de afvoer naar een stortplaats. Bij de kostenberekening is uitgegaan van een transport van 20 km naar een overlaadstation van de VAM of naar een stortplaats.

De afleveringskosten aan de VAM bedragen globaal f 25,— per ton produkt, die voor aflevering aan een dump ca. f 8,50 per ton produkt.

In tabel I zijn de kosten voor afvoer van het restprodukt weergegeven.

Uit de tabel blijkt dat de jaarkosten voor enkele methoden niet gering zijn.

TABEL I - Kosten verwijdering van slib (gulden per i.e./jaar).

| methode van verwerking | afvoer + dumpen | | afvoer naar de VAM | |
|------------------------------------|-----------------|------|--------------------|------|
| | 40 | 70 | 40 | 70 |
| 1. Mechanische ontwatering | 1,30 | 1,70 | 3,00 | 3,90 |
| 2. Chemische cond. + filterpersen | 0,70 | 1,20 | 1,55 | 2,60 |
| 3. Thermische cond. + filterpersen | 0,40 | 0,75 | 0,80 | 1,55 |
| 4. Thermische droging | 0,20 | 0,40 | 0,45 | 0,80 |
| 5. Verbranding | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,25 |

Basis: dumpen ca. f 8,50/ton.
levering aan VAM ca. f 25,—/ton.

7. Rekenvoorbeeld

Aan de hand van een rekenvoorbeeld kan een inzicht worden verkregen in het vraagstuk van centralisatie en decentralisatie. Bij het rekenvoorbeeld worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- situatie zoals in afb. 8 is weergegeven;
- centrale verwerking ter plaatse van de grootste zuiveringsinstallatie;
- afvoer van het verkregen produkt naar de VAM;
- slibproduktie van 40 gram d.s./i.e./dag.

Berekend zullen worden:

- de kosten van de gecentraliseerde slibverwerking;
- de kosten van de volledige gedecentraliseerde verwerking;
- de kosten van een gedeeltelijk gedecentraliseerde verwerking.

De totale kosten bestaan uit:

- kosten voor transport van het te verwerken produkt;

- kosten van de slibverwerking;
- kosten van transport van het uiteindelijke produkt naar de VAM.

7.1. Gecentraliseerde slibverwerking

Uit berekeningen is gebleken, dat het slib van A en D voordeliger kan worden afgevoerd m.b.v. persleidingen, terwijl het slib van B en C voordeliger eerst ter plaatse kan worden voorontwaterd waarna transport van het aldus verkregen produkt per as kan plaatsvinden.

Voor mechanische voorontwatering en droging zijn de totale kosten als volgt samengesteld:

- | | |
|---------------------------------------|---------------------|
| a. transportkosten | ca. 80 ct/i.e./jr. |
| b. mechanische ontwatering en droging | ca. 375 ct/i.e./jr. |
| c. de kosten voor afvoer naar de VAM | ca. 45 ct/i.e./jr. |

De totale kosten bedragen ca. 500 ct/i.e./jr.

Voor de mechanische voorontwatering en verbranding zijn de totale kosten als volgt samengesteld:

- | | |
|---|---------------------|
| a. transportkosten | ca. 80 ct/i.e./jr. |
| b. de kosten van mechanische ontwatering en verbranding | ca. 505 ct/i.e./jr. |
| c. de kosten voor afvoer naar de VAM | ca. 15 ct/i.e./jr. |

De totale kosten bedragen ca. 600 ct/i.e./jr.

Voor de ontwatering van met ijzerzouten en kalk geconditioneerd slib in filterpersen zijn de totale kosten als volgt samengesteld:

- | | |
|--------------------------------------|---------------------|
| a. transportkosten | ca. 225 ct/i.e./jr. |
| b. de slibverwerking | ca. 270 ct/i.e./jr. |
| c. de kosten voor afvoer naar de VAM | ca. 155 ct/i.e./jr. |

De totale kosten bedragen ca. 650 ct/i.e./jr.

Voor de ontwatering van thermisch geconditioneerd slib met filterpersen zijn de totale kosten als volgt samengesteld:

- | | |
|---|---------------------|
| a. transportkosten | ca. 225 ct/i.e./jr. |
| b. de slibverwerking (incl. biologische zuivering van het filtraat) | ca. 400 ct/i.e./jr. |
| c. de kosten voor afvoer van restprodukt naar de VAM | ca. 80 ct/i.e./jr. |

De totale kosten bedragen ca. 700 ct/i.e./jr.

In afb. 8 zijn de totale jaarkosten per i.e. gegeven van de gecentraliseerde verwerking.

7.2. Volledig gedecentraliseerde verwerking

In afb. 8 zijn tevens de jaarlijkse kosten voor de gedecentraliseerde verwerking gegeven.

Opvallend zijn de hogere jaarkosten van de volledig gedecentraliseerde verwerking, t.o.v. de gecentraliseerde verwerking, bij mechanische voorontwatering en droging, mechanische voorontwatering en verbranding en thermische conditionering. Eveneens opvallend is, dat de jaarkosten van de chemische conditionering plus filterpersen gelijk zijn gebleven in vergelijking met de gecentraliseerde verwerking. Dit is te wijten aan het tamelijk vlakke verloop van de curve van de jaarkosten van de