

Studiereis van de NVA naar Zweden

In de eerste week van september 1975 bezochten 48 NVA-leden Zweden. Tijdens dit bezoek werd een goed inzicht verkregen in de wijze waarop men in dit land het waterkwaliteitsprobleem aanpakt. Achtereenvolgens worden de volgende onderwerpen besproken:

1. inleiding
2. algemene informatie over Zweden
3. het afvalwaterprobleem van de streek in en om Stockholm.
4. wetgeving, subsidies e.d.



IR. H. VAN LEEUWEN
Provinciale Waterstaat Utrecht

5. grondslagen voor RZI's
6. overdekte installaties
7. chemische zuivering
8. het slibprobleem en het composteren van slib samen met huisvuil
9. kosten van zuiveren
10. bezochte installaties en industrieën

1. Inleiding

Er wordt in § 3 aan de hand van concrete voorbeelden een indruk gegeven van de werkwijze en de manier van denken van de Zweden; kosten noch moeiten worden gespaard om de kwaliteit van het oppervlaktewater te verbeteren.

Ondanks dat ziet men het relatieve nut van water zuiveren in en denkt men, ondanks het overwegend voorkomen van de 3e trap (P-verwijdering) naast de mechanisch-biologische zuivering, slechts voor de komende 10 - 20 jaar voldoende maatregelen getroffen te hebben.

Men vermoedt dat binnen afzienbare tijd meer geavanceerde technieken als zandfiltratie en behandeling met actieve kool nodig zullen zijn om het oppervlaktewater goed van kwaliteit te houden.

2. Informatie over Zweden [1, 2]

Wat betreft de oppervlakte neemt Zweden in Europa de vierde plaats in: 449.793 km², waarvan 38.271 km² water. De bevolking bedraagt 8,1 miljoen inwoners; 20 inwoners/km².

Voor Nederland zijn deze getallen resp.: 40.844 km²; 7.158 km²; 13 miljoen inwoners; 389 inwoners/km².

Zweden heeft vanwege de invloed van de Warme Golfstroom een betrekkelijk mild klimaat. Hierdoor is tot ver in het Noorden bosbouw mogelijk.

Met uitzondering van de berggebieden in het westen en noorden is het Zweedse landschap zacht glooiend tot vlak.

Het smelt- en regenwater dat van de bergen stroomt, vormt een tiental rivieren die in zuidoostelijke richting naar de Botnische Golf stromen.

In het noorden stromen de rivieren door uitgebreide naaldbossen, meer naar het zuiden treft men naast naaldhout veel berken en ander loofhout in de bossen aan. In het midden en zuiden van Zweden zijn de bossen onderbroken door bouw- en grasland.

Het land is rijk aan natuurlijke hulpbronnen als ijzererts, hout, stromend water. Hierdoor en mede door de lange vredesperiode, sinds 1815, en het ontbreken van ernstige sociale problemen heeft men de huidige hoge stand van welvaart te danken.

Naast de industrie — vooral pulp-, papier-, ijzer- en staalfabrieken — houdt men om politieke redenen de landbouw op peil. Hierdoor kan Zweden voor 80% in de eigen voedselbehoefte voorzien.

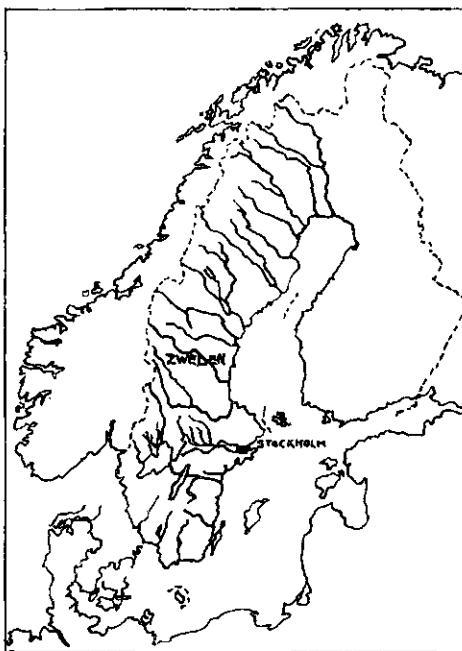
Zweden is een constitutionele monarchie met een parlementair stelsel. De macht van koning Carl XVI Gustav is slechts symbolisch. Sinds 1932 is de sociaaldemocratische partij aan de macht.

3. Het afvalwaterprobleem van Stockholm en de dichtbevolkte streek erom heen [3, 4]

3.1. Algemeen

Stockholm wordt wel het Venetië van het noorden genoemd. Grote wateren liggen in en buiten de stad; ten westen ligt het grote

Afb. 1 - Kaartje van Zweden; een verschil met Nederland is dat internationale rivieren ontbreken.



meer Målar en ten oosten ligt het kustgebied met de duizenden eilandjes. Men stelt hoge eisen aan de kwaliteit van het oppervlaktewater.

De bevolking van deze streek bedraagt 1,5 miljoen inwoners en zal groeien tot 2 à 2,5 miljoen inwoners in het jaar 2000.

Niet alleen de bevolking neemt toe, maar ook het waterverbruik. Bedroeg dit in 1940 350 l/p/dg, nu is dit 450 l/p/dg en rond de eeuwwisseling wordt het verbruik op 600 l/p/dg begroot (incl. verbruik door de industrie).

Aanvankelijk lagen de schattingen wat betreft het waterverbruik nog hoger. Door de sterke prijsstijgingen in de laatste 10 jaar is de waterconsumptie enigszins afgeremd. De prijsstijging voor het leidingwater van 0,25 Skr/m³ (1 Skr = ± f 0,60) in de jaren '60 tot ongeveer 3 Skr/m³ op het ogenblik is mede veroorzaakt door de heffing voor de zuivering van het afvalwater die in de waterprijs begrepen zit.

Daar dit bedrag 1,7 Skr/m³ bedraagt blijkt dat per inwoner op het ogenblik 280 Skr/jr aan verontreinigingsheffing betaald wordt. Overigens geldt dit heffingenstelsel voor heel Zweden. Voor de industrie wordt een correctie toegepast bij gebruik van bronwater en de mate van vervuiling van het afvalwater.

3.2. Het zuiveren van het afvalwater

Het afvalwater wordt gezuiverd in zeven grote aktiefslibinstallaties. Daarnaast komen nog een 50-tal kleinere RZI's in deze streek voor (aktiefslibinstallaties en oxidatiebedden).

Enige gegevens over de 7 belangrijkste RZI's treft men in tabel I aan. Hieruit valt de conclusie te trekken dat vrijwel al deze installaties overgedimensioneerd zijn.

Dit beeld wordt in Zweden vaak aangezien. Vanwege de geldontwaarding denkt men met deze methode van werken voordeliger uit te zijn dan dat men een te kleine installatie in de toekomst uit moet breiden. Afhankelijk van het ontvangende water stelt men de eis dat er in een RZI een BZV₇ en P-verwijdering van > 90 % bereikt moet kunnen worden. In het zomerseizoen moet het effluent gechloord worden.

Nog kort geleden stonden veel watergebieden in de streek op de zwarte lijst. Vanwege de verontreiniging met vooral kwik was vissen hier verboden. Door aan de industrie zwaardere eisen te stellen heeft men de vervuiling van zware metalen sterk teruggedrongen.

Ook zijn watergebieden die sterk vervuild waren, gerestaureerd door begroeiing te maaien en af te voeren, te baggeren, oppervlaktewater te beluchten e.d. methoden. Het resultaat is dat vrijwel al het oppervlaktewater weer voor de recreatie en als

TABEL I - Belangrijkste RZI's in de streek in en rond Stockholm.

installatie	ontwerp capaciteit (m ³ /dg)	ontwerp belasting (i.e.)	verwachte toekomstige belasting (i.e.)	huidige belasting (i.e.)	jaar van gereedkomen van de RZI	
					biologische zuivering (jaar)	biologische en chem. zuivering (jaar)
Henriksdal	370.000	725.000	600.000	560.000	1970	1973
Åkeshov-Nockeby	160.000	290.000	275.000	225.000	1966	1970
Eolshäll	44.000	90.000	70.000	70.000	1962	1969
Loudden	19.000	30.000	20.000	25.000	1969	1969
Käppala	175.000	350.000	300.000	260.000	1969	1972
Porsmosse	20.000	40.000	40.000	25.000	1970	1972
Himmerfjärd	210.000	400.000	250.000	130.000	1974	1974

bron voor leidingwater gebruikt kan worden. Op het ogenblik baart het rioleringsysteem zorgen. Alle nieuw aan te leggen systemen zijn van het gescheiden type, het oude systeem is een gemengd stelsel.

Vanwege een wet, van kracht geworden in 1963, heeft men besloten dat dit laatste systeem veranderd dient te worden in een gescheiden stelsel. Bij de steeds hogere eisen die men aan het effluent zal stellen, past echter op een bepaald moment ook het zuiveren van het water uit het regenriool. Men vraagt zich inmiddels dan ook af of men inplaats van enorme kosten te maken om het rioolstelsel om te bouwen deze gelden niet beter kan benutten om bergingsbassins aan te leggen om het aantal overstorten op het oppervlaktewater te verminderen en al het water een RZI te laten passeren.

Men verwacht in de toekomst ook dat het effluent niet meer in het oppervlaktewater rond en in de stad geloosd kan worden.

Via transporttunnels in de rotsen zal men het rioolwater dan af moeten voeren naar installaties die op plaatsen staan waar lozing verantwoord is. Ook denkt men aan persleidingen voor effluent die buiten de archipel in zee uitkomen.

Een voorbeeld van de eerste methode is al aanwezig: de RZI te Himmerfjärd, in het meest zuidelijke gedeelte van de streek.

Via een transporttunnel van 45 km lengte ontvangt deze RZI het afvalwater van het zuidwestelijk deel van Stockholm.

De grote hoeveelheid slib (3000 m³ nat slib/dag) op de betrekkelijk geringe oppervlakte geeft grote problemen. De landbouw is hier als afzetgebied voor nat slib te verwaarlozen, dumpen buiten de stad is duur. Ook heeft men wel slib nat afgevoerd naar de Botnische Golf en de Atlantische Oceaan.

Op het ogenblik ontwaterd men al het slib: gedeeltelijk wordt dit op de RZI's zelf uitgevoerd, gedeeltelijk zijn speciale bedrijven opgericht om het slib te verwerken (ontwateren d.m.v. centrifuges en drogen in een droogtrommel).

Bij de RZI Himmerfjärd heeft men een slibdump aangelegd die groot genoeg is om

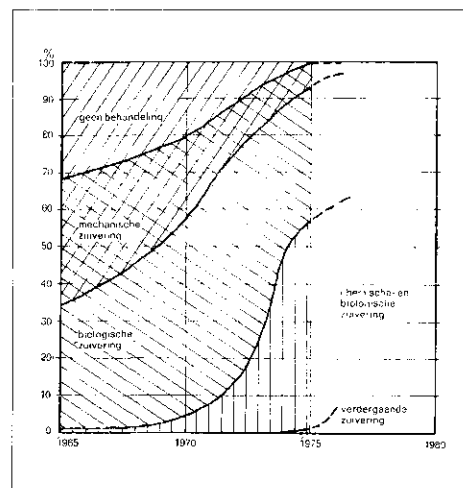
het door centrifuges ontwaterde slib 15 jaar te kunnen bergen.

Men bestudeert de vraag of het slib beter verbrand kan worden na ontwatering door centrifuges, vacuumfilters of zeefbandpersen. Ook aan dit systeem kleven grote

Afb. 2 - De RZI te Himmerfjärd. Opvallend is de compacte bouwwijze die ook elders veelvuldig in Zweden wordt toegepast.



Afb. 3 - Waterzuivering in Zweden tussen 1965 - 1980.



TABEL II - Het % subsidie is afhankelijk van de mate van zuiveren.

Graad van zuiveren (BZV ₇ %)	Graad van zuiveren (P %)		
	< 50	50—89	≥ 90
	Hoogte van de subsidie (%)		
60—74	30	35	40
75—90	30	35	40
≥ 90	35	40	50

nadelen: de olieprijsen zijn sterk gestegen, chemisch slib geeft problemen bij de verbranding (koekvorming in de trommels), luchtverontreiniging.

Tijdens het verblijf in Zweden werden de installaties Henriksdal en Himmerfjärd bezocht. Een nadere beschrijving van deze RZI's treft men elders aan.

4. Wetgeving op het gebied van de milieuverontreiniging, subsidies en gevolgen voor de bouw van zuiveringsinstallaties

De groei van de bevolking, de toenemende verstedelijking en de verhoogde industriële activiteit waren de oorzaak dat er zich na de tweede wereldoorlog milieuproblemen voordeden.

In de jaren '60 startte de regering van Zweden een ambitieus plan dat verdere milieuaantasting moest voorkomen en de restauratie van bepaalde wateren beoogde. De nationale raad voor de bescherming van het milieu werd opgericht en in 1969 werden wetten en verordeningen van kracht. De wetten beoogen onnodige milieuaantasting te voorkomen.

Ze bevatten regels t.a.v. afvalwaterlozingen, de keuze van de plaats van de lozing, het absolute verbod bepaald afvalwater ongezuiverd te lozen enz. enz.

Het Rijk aanvaardde de consequenties van de uitvoering van de wetten en verleende hoge subsidies bij de bouw van rioolwaterzuiveringsinstallaties. De subsidies worden niet alleen verleend voor de installaties voor huishoudelijk afvalwater, ook de door de industrie gebouwde voorzieningen worden gedeeltelijk gesubsidieerd. De hoogte van de rijksbijdrage is afhankelijk van de mate van zuivering die men beoogt. Een en ander is weergegeven in tabel II.

Van een zuiveringsinstallatie waarmee men > 90 % BZV₇ verwijdering en > 90 % P-verwijdering beoogt, verleent het rijk 50 % subsidie.

Van de 2500 miljoen Skr die tussen 1968-1974 geïnvesteerd zijn in RZI's voor huishoudelijk afvalwater werden 1055 miljoen Skr door het Rijk gesubsidieerd.

Het gevolg van een en ander is dat het gedeelte van het afvalwater dat zowel biologisch als chemisch gezuiverd wordt, sterk is gestegen. Een en ander is weergegeven in afb. 3.

Wat de investeringen door de industrie betreffen: deze bedroegen tussen '70 - '74 1100 miljoen Skr, waarvan 410 miljoen Skr door het Rijk gesubsidieerd werden.

5. Ontwerpgrondslagen [5, 3]

Sinds 1971 worden de volgende grondslagen toegepast voor installaties die huishoudelijk afvalwater verwerken (ev. incl. 20 % industrieel afvalwater).

In speciale gevallen dient het industriële afvalwater een voorbehandeling te krijgen.

5.1. Hydraulische belasting van de installatie

$$DWA = \frac{Q_s}{t_s} + \frac{Q_d}{24} + \frac{Q_i}{t_i} \text{ m}^3/\text{uur.}$$

Q_s = hoeveelheid huishoudelijk afvalwater (m³/dg)

Q_d = hoeveelheid lekwater (m³/dg)

Q_i = industrieel afvalwater (m³/dg)

t_i bedraagt over het algemeen 10 uur

t_s volgt uit onderstaand overzicht:

t _s (uur)	aantal aangesloten i.e.
13	500
14	1.000
15	2.000
16	5.000
17	10.000
18	20.000
19	40.000
20	80.000

De mechanische zuivering moet zo gedimensioneerd zijn dat 4 DWA verwerkt kan worden, voor de biologische- en chemische trap bedraagt de dimensionering min. 2 DWA.

5.2. Bezinkbassins

Afb. 4 toont de verschillende bezinkbassins die in Zweden toegepast worden. De typen S1 t/m S4 worden als voorbezink-, tussenbezink- en/of nabezinkbassin toegepast. S5 en S6 worden wel als bezinktank gebruikt na de chemische flocculatie. De ontwerpgegevens worden aangetroffen in tabel III.

TABEL III - De ontwerpgrondslagen van bezinkbassins.

type	opp. belasting (m ³ /m ² · u)	verblijfs-tijd (u)
Voorbezinking		
voor beluchtings-tank of chemische precipitatie	S1 1,5—3,0	1,3—0,7
	S2 2,0—4,0	1,7—0,9
	S3 1,5—3,0	1,3—0,7
	S4 2,0—4,0	—
Tussenbezinking		
na aktiefslibbassin	S1 0,8	2,5
	S2 1,3	2,7
	S3 0,8	2,5
	S4 1,3	—
Nabezinking		
na aktiefslibbassin	S1 0,6—0,7	3,3—2,9
of chemische precipitatie	S2 1,0—1,2	3,5—2,9
	S3 0,6—0,7	3,3—2,9
	S4 1,0—1,2	—
	S5/S6 0,4—0,5	—

5.3. Aktiefslibbassins

In de langwerpige bassins, die over het algemeen met inblaasbeluchters van zuurstof

worden voorzien, past men in veel gevallen steploading toe.

Tabel IV geeft de criteria die gehanteerd worden bij het ontwerpen van de beluchtingsbassins.

5.4. Flocculatiebassins

Hier worden de zouten toegevoegd om fosfaten te verwijderen. De beste resultaten worden bereikt met een bassin dat uit verschillende compartimenten bestaat die achtereenvolgens doorstroemd worden. In het eerste deel wordt intensief geroerd,

in het laatste deel langzaam (max. omtreksnelheid 0,1 m/s) om de vlokvorming niet te verstoren: (afb. 11).

De verblijfstijd bedraagt bij Al³⁺ of Fe³⁺ — dosering minimaal 0,5 uur, bij Ca²⁺; dosering min.: 20 min.

In plaats van agitators kan men het bassin ook beluchten om een goede menging te krijgen.

6. Waarom overdekte installaties?

In Stockholm zijn de meeste installaties in de rotsen gebouwd (afb. 6). Het voordeel is dat de RZI's midden in de stad kunnen liggen waardoor men de aanleg van lange transportleidingen of tunnels voorkomt.

Last van stank voorkomt men door de geventileerde lucht eventueel via naverbranders of filters door hoge schoorstenen af te voeren.

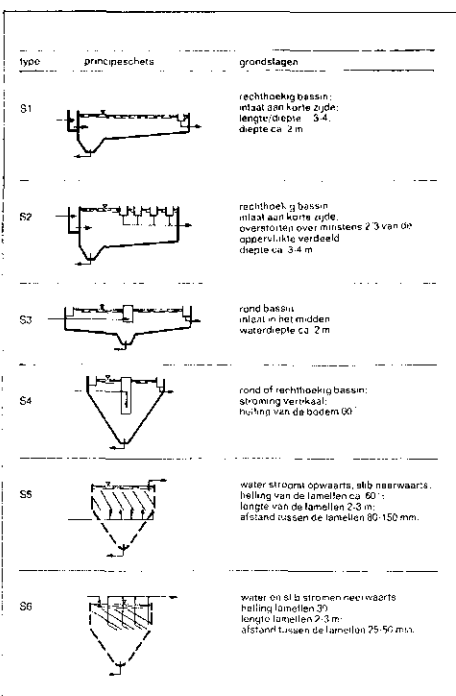
Ook nemen dergelijke bouwsystemen geen bovengrondse ruimte in, zodat er bijv. alleen al boven de RZI Henriksdal enige duizenden mensen wonen.

Men noemt als nevenvoordeel dat ze als schuilkelders te gebruiken zijn ten tijde van oorlog.

Naast de onder de rotsen gebouwde installaties komen zeer veel in loodsen geconstrueerde zuiveringen voor.

Dit wordt verklaard vanwege klimatologische omstandigheden, goede werkomstandigheden voor het personeel en het voorkomen van stank voor de directe omgeving. Als nadelen gelden dat een goede isolatie nodig is om condensvorming te voorkomen en een intensieve ventilatie vereist is om de gevormde aerosolen voldoende af te voeren. Er zijn installaties bezocht die in de loods

Afb. 4 - De typen bezinkbassins die toegepast worden.



Afb. 5 - Aeratiebassins te Jönköping (steploading).



Afb. 6 - Aeratiebassin van de RZI Henriksdal.



TABEL IV - De ontwerpgrondslagen voor beluchtingsbassins.

type installatie	wél of géén voorbez.bassin	slibbelasting kg BZV ₇ /kg ds/dg	ruimtebelasting kg BZV ₇ /m ³ /dg	t _i	t _k
normale belasting	zonder	0,3 — 0,5	1,0 — 1,5	2 — 3	1,0
	met	0,4 — 0,6	1,2 — 1,8	1,5 — 2	0,8
lage belasting	zonder	0,1 — 0,2	0,3 — 0,6	3,5 — 8	1,5
	met	0,2 — 0,3	0,6 — 0,9	2,5 — 4	1,2
extended aeration	zonder	0,05—0,1	0,15—0,3	8 — 24	—

t_i = verblijfstijd voor conventionele aktiefslibinstallaties, gebaseerd op DWA;
t_k = verblijfstijd als kontaktstabilisatie wordt toegepast (DWA).

nog weer een overdekt beluchtingsbassin hadden.

7. De chemische zuivering [5, 3]

In het Noorden van Zweden, waar de temperatuur meer dan 100 dagen per jaar — 10 °C of lager is, is biologische zuivering niet betrouwbaar. Hier wordt slechts mechanisch gezuiverd onder toevoeging van AVR of kalk. De BZV₇ reductie bedraagt met deze methode ongeveer 60 %, terwijl het P gehalte met ± 90 % daalt.

Met deze zuiveringsmethode worden ook zware metalen, viren, wormeieren e.a. parasieten, en N voor een deel verwijderd. Men stelt dat bij gebruik van Al⁺⁺⁺ er 20 - 30 % N verwijderd wordt, en bij gebruik van Ca⁺⁺ 20 - 50 %.

In de rest van Zweden wordt de chemische zuivering in hoofdzaak als postprecipitatie bedreven (80 - 85 % van de installaties met P-verwijdering). Naast deze methode wordt preprecipitatie en soms simultane toevoeging van ionen toegepast. Preprecipitatie wordt aanbevolen in installaties die overbelast zijn wat betreft zuurstofbindende bestanddelen en waar storende verbindingen voor het biologisch proces in het influent voorkomen.

Verder past men deze methode toe op oudere installaties waar men P-verwijdering diende toe te passen en waar geen ruimte beschikbaar was om een derde trap bij te bouwen.

Voor de simultane methode krijgt men iets meer belangstelling in combinatie met extended aeration.

Postprecipitatie egaliseert het effluent en geeft een uitstekende P-verwijdering. De BZV₇ daalt nog aanmerkelijk (tabel V).

Wat de keuze van chemicaliën betreft, wordt in Zweden voor 80 - 90 % AVR gebruikt. 7 % Al in de vorm van (Al₂ (SO₄)₃ · 16 H₂O en 3 % Fe in de vorm van Fe₂ (SO₄)₃ · 9 H₂O).

Op 10 - 20 % van de installaties wordt CaO of Ca (OH)₂ gebruikt, terwijl de laatste tijd Fe⁺⁺ (spoeibaden galvanische industrie) of Fe⁺⁺⁺ in de belangstelling komen voor simultane precipitatie in installaties met extended aeration.

De resultaten van de diverse ionen zijn afhankelijk van de juiste dosering (dit in verband met het bereiken van de optimale pH), de methode van doseren, de methode van menging. De doseerinstallaties worden vaak gestuurd op het debiet én de pH.

Afb. 7 - Roerwerk in een flocculatiebassin.



De optimale pH waarden voor de verschillende ion-soorten bedragen:

Al ⁺⁺⁺	5,5 — 6,5
Fe ⁺⁺⁺	4,5 — 5,5
Ca ⁺⁺	10 — 12
Fe ⁺⁺⁺ + Ca ⁺⁺	8 — 10

Over het algemeen zal men tot 150 g AVR of tot 300 g CaO/m³ water dienen te doseren.

De stoichiometrische verhouding Al/P(infl. = 1,5 — 2,8, afhankelijk van de mate van P-reductie die men wenst.

Het verdient de voorkeur de flocculanten eerst op te lossen alvorens ze te doseren. Toch bleek tijdens de excursie op verschillende RZI's AVR droog gedoseerd te worden.

Na het toevoegen van de flocculant is een goede menging noodzakelijk. Dit gebeurt d.m.v. roerwerken (afb. 7) of beluchting. De verblijfstijd in deze mengbassins bedraagt minimaal 30 minuten (voor Ca⁺⁺ 20 min.).

De beste resultaten worden bereikt met een mengtank die in verschillende compartimenten verdeeld is. Naarmate het water de bezinktank nadert draaien de roerders langzamer (max. 10 cm/sec).

Na de bezinking losde men kristalhelder effluent. (Een parameter die men bepaalde was dan ook de doorkijk m.b.v. een witte schijf).

Voor de desinfectie van effluent gebruikt men meestal chloorgas. Er zijn discussies gaande of niet overgegaan moet worden op chloorbleekloog vanwege het veiligheidsaspect. Dit laatste middel is echter twee keer zo duur en vraagt meer opslagruimte dan chloorgas.

8. Het slibprobleem [3, 6]

Men geeft er de voorkeur aan het slib in de landbouw af te zetten. Toch wordt 60 % van de totale hoeveelheid slib (170.000 ton ds/jr) gedumpt.

Te dumpen slib wordt eerst gedeeltelijk ontwaterd: veelal m.b.v. centrifuges. Ook vacuümfilters en zeefbandpersen worden gebruikt.

8.1. Het dumpen van slib

Men is erg huiverig voor de verontreiniging van grond- en oppervlaktewater door slib. Ook in Zweden heeft men — evenals in Nederland — nog weinig onderzoek gedaan betreffende dit probleem. Om hier meer inzicht in te verkrijgen is een proefinstallatie in Laxå opgezet, waar slib samen met huisvuil gecomposteerd wordt en waar experimenten worden gedaan om bodemvervuiling e.d. te kunnen bestuderen. Het dumpen is aan allerlei regels gebonden. Dit met het oog op waterverontreiniging,

TABEL V - Eindconcentraties aan BZV₇ en P bij mechanische, biologische en/of chemische zuivering.

Verschillende technieken symbolen	mechaniëte en/of biologische zuivering	nontanische en/of biologische en chemische zuivering	
		rest BZV ₇ gehalte (l/m ³)	rest totaal P gehalte (g/m ³)
<p>AS → aktieflobbassin</p> <p>B → bezinking</p> <p>OB → oxidatiebed</p> <p>SR → slibrotatie</p> <p>VB → vlokkingsbassin</p>			
<p>mechanische zuivering</p> <p>→ B →</p>	95-110	VB-B	40-60
<p>oxidatiebed hoog belast</p> <p>→ B → OB → B →</p>	30-50 15-30	VB-S	15-30 10-15
<p>„extended aeration”</p> <p>→ AS → B →</p>	10-30	VB-B	5-15
<p>aktieflobbassin met of zonder voorbezinkbassin</p> <p>→ B → AS → B →</p>	30-50 10-20	VB-B	15-30 5-15
<p>kontakstabilisatie met of zonder voorbezinkbassin</p> <p>→ B → AS → B →</p> <p>SR</p>	30-50 10-20	VB-B	15-30 5-15

Normale gehalten in het ruwe afvalwater: BZV₇ = 130 - 170 g/m³; P = 5 - 8 g/m³. (VB in de tabel moet zijn FB).

TABEL VI - Gehaltes aan zware metalen per kg ds 'normaal' en 'slecht' slib.

Element	'normaal slib' (Zweden)	'normaal slib' Nederland (8) (mg/kg ds)	'slecht slib' (Zweden)
Zn	1 — 3 g	3060	> 10 g
Cu	0,5— 1,5 g	1200	> 3 g
Mn	0,2— 0,5 g	—	> 2 g
Pb	0,1— 0,3 g	1300	> 1 g
Cr	50 —200 mg	870	> 1 g
Ni	25 —100 mg	96	> 500 mg
Co	8 — 20 mg	—	> 50 mg
Cd	5 — 15 mg	71	> 25 mg
Hg	4 — 8 mg	—	> 25 mg

stankoverlast, verkeerstoe name op toevoeren e.d.

Behalve om te dumpen wordt slib van slechte kwaliteit wel gebruikt in wegbermen, op sportvelden, in bosaanplant e.d. plaatsen waar geen consumptiegewassen verbouwd worden.

8.2. Afzet van slib in de landbouw

Tabel VI geeft de gemiddelde gehalten aan zware metalen weer van slib van 100 installaties. Hiernaast zijn waarden vermeld van vervuild slib. Voor Nederland liggen de gemiddelde waarden voor enkele metalen aanmerkelijk hoger (8): vgl. Pb, Cr, Cd. Over het algemeen stelt men dat eenzelfde perceel niet te vaak met slib bemest moet worden.

Men doseert max. 1 ton ds/ha/jr óf 5 ton ds/ha in één keer maar dan kan men in de 4 opvolgende jaren geen slib meer toepassen. In de tuinbouw en op weiland adviseert men geen slib toe te passen.

Om verontreiniging met smeltwater te voorkomen is het verboden met slib te bemesten op besneeuwde of bevroren grond. Chemisch slib geeft geen bijzondere bezwaren bij gebruik in de landbouw.

Wat de verantwoordelijkheid betreffende de slibafzet aangaat, zijn dit in eerste instantie de bedrijfsvoerders.

De plaatselijke gezondheidsdiensten voeren controle uit.

8.3. Behandeling van slib

Voordat de chemische trap werd toegepast, werd het slib over het algemeen uitgegist, maar sinds 1969 wordt het meest de methode van de aerobe slibinstallatie toegepast voor het biologisch slib (min. 15 dagen bij 18 °C).

Als alternatief voor deze methode wordt de toevoeging van kalk toegepast. Er wordt 7 - 10 kg kalk/m³ slib gedoseerd. Uit hygiënisch oogpunt verkrijgt men met deze methode goed slib omdat het merendeel der pathogenen de hoge pH niet overleeft. Als het slibwater echter weer teruggevoerd wordt naar de installatie kan het nodig zijn de pH te corrigeren om het biologisch proces niet te verstoren. Ontwatering op slibdroogvelden wordt

slechts toegepast in Z-Zweden. De grotere installaties gebruiken al vele jaren vacuumfilters. Voor primair + secundair slib worden ds-gehalten tussen 20 - 30 % bereikt met een rendement van 98 %. Vacuumfilters bleken echter niet geschikt chemisch slib te ontwateren. Daarom worden nu op alle installaties met een capaciteit boven 2000 i.e. centrifuges of zeebandpersen geplaatst.

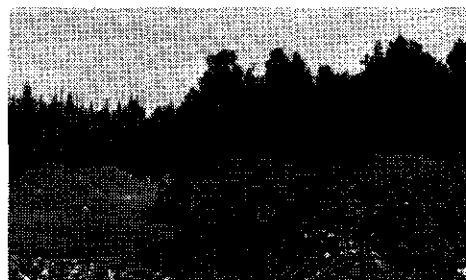
Met deze wijze van ontwatering van primair, secundair en/of chemisch slib worden ds-gehalten van 15 - 18 % bereikt, bij een polyelectrolyt-verbruik van 2 - 3 g/kg ds.

De additie van chemisch slib drukt de capaciteit van centrifuges en zeebandpersen en vereist een hogere polyelectrolyt dosering (30 - 50 %).

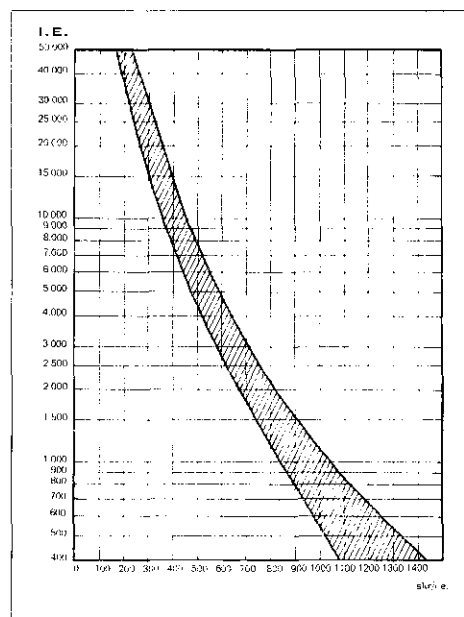
8.4. Het composteren van slib; de proefinstallatie te Laxå

Evenals in Nederland heeft men met het composteren van slib weinig ervaring. Om in deze leemte te voorzien heeft men in 1974 in Laxå een proefinstallatie op praktijkschaal gebouwd.

Afb. 8 - Hopen gecomposteerd huisvuil/slib liggen te rijpen.



Afb. 9 - De investeringskosten (1974) van RZI's met P-verwijdering.



De installatie verwerkt het huisvuil (8000 ton/jr) van Laxå (10.000 inwoners, industrie te verwaarlozen) het slib van de RZI te Laxå en eenzelfde hoeveelheid van een andere zuiveringsinrichting (totaal 700 ton ds/jr) en 200 m³ beer/jr.

De geraamde kosten bedragen 50 Skr per m³ huisvuil aan kapitaalslasten en 20 Skr/m³ aan exploitatiekosten.

De werking van de installatie

Het huisvuil wordt in een ontvangbak van 100 m³ gestort, van waaruit het met een transportband in een hamermolen (capaciteit 10 ton/uur) gevoerd wordt.

De snelheid van aanvoer wordt gestuurd door het opgenomen vermogen van de hamermolen.

Via een aparte band wordt de beer, verpakt in plastic zakken in kartonnen dozen, in de hamermolen gebracht.

Het verkleinde materiaal komt van hieruit in een mengschroef waarop ook het ontwaterde slib gebracht wordt.

Dit gemengde produkt wordt naar de reaktor gevoerd. De reaktor bestaat uit 2 x 5 compartimenten.

Men verwerkt er 15 ton produkt/dag, bij een verblijftijd van 5 dagen.

Het afval wordt bovenin aangevoerd en komt elke dag in een lager gelegen compartiment.

Om de compostering vlot te laten verlopen wordt lucht ingeblazen. De temperatuur in de reaktor loopt op tot 55 °C.

Het aldus gecomposteerde materiaal wordt hierna op bergen gestort om verdere rijping te ondergaan. Regelmatig worden deze bergen omgezet (afb. 8).

9. De kosten van zuiveren

Van 230 installaties die door een bepaald ingenieursbureau ontworpen werden, varieerden, in afhankelijkheid van de capaciteit de geïnvesteerde bedragen per i.e. zoals afb. 9 aangeeft.

Deze investeringskosten komen als volgt ten laste van de verschillende kostensoorten:

bouwkosten	45 - 55 %
elektrische gedeelte	10 - 20 %
mechanische gedeelte	15 - 30 %
andere kosten, incl. engineering	5 - 15 %

De investering voor een installatie met en zonder P-verwijdering liggen ongeveer gelijk. De reden is dat de grondslagen, en daarmee de afmetingen van de bassins verschillend zijn.

Ook de exploitatiekosten zijn een interessant gegeven:

Voor RZI's met een capaciteit van resp. 1000 - 10.000 en 100.000 i.e. worden bedragen genoemd van 80 - 35 - 25 Skr/i.e./jr.

Deze exploitatiekosten drukken zoals het

personeelskosten	20 - 40 %
chemicaliën	10 - 30 %
energie	10 - 25 %
slibverwerking, dumpen e.d.	20 - 40 %
diversen	5 - 10 %

volgende staatje aangeeft op de volgende kostensoorten:

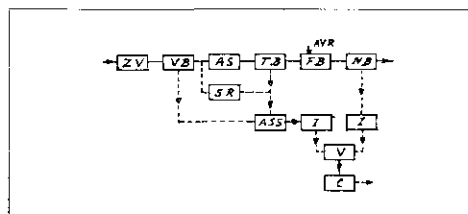
10. Beschrijving van de bezochte installaties

10.1. Bålsta

Deze overdekte aktiefslibinstallatie met kontaktstabilisatie verwerkt het water van 14.000 i.e.

Opvallend was dat men in de plaats van zandvanger en voorbezinkbassin een zeefbocht (static strainer) gebruikte. Of men echter onvoldoende vertrouwen in deze methode stelde of dat er een andere reden was, de zandvanger zowel als de voorbezink-tank waren na de zeef in bedrijf.

Voor de P-verwijdering werd een 3e trap toegepast. De slibstabilisatie van primair- en biologisch slib gebeurde aerob. Na menging van dit gestabiliseerde slib met chemisch slib werd ontwaterd d.m.v. een centrifuge. Een en ander is schematisch weergegeven. Slib, bestemd voor gebruik in de landbouw werd 'gesteriliseerd' met kalk (7 - 10 kg Ca(OH)₂/m³ slib).



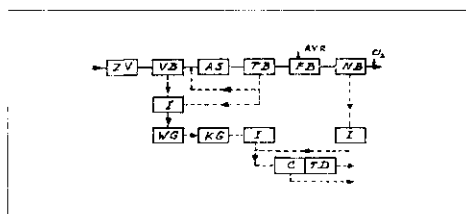
Van de in de flowsheets voorkomende afkortingen is hieronder de betekenis vermeld:

- ZV = zandvanger
- VB = voorbezinking
- AS = aktiefslibbassin
- OX = oxidatiebed
- TB = tussenbezinking
- FB = flocculatiebassin
- NB = nabezinking
- SR = slib-rearatie
- ASS = aerobe slibstabilisatie
- I = indiktank
- WG = warme gisting
- KG = 'koude' gisting
- V = buffertank
- C = centrifuge
- TD = thermische drooginstallatie
- VF = vacuumfilter

10.2. Himmerfjärd

Deze aktiefslibinstallatie, die niet overdekt is, heeft een capaciteit van 240.000 i.e. In deze RZI wordt het afvalwater behandeld van het ZW deel van Stockholm. Hiertoe is

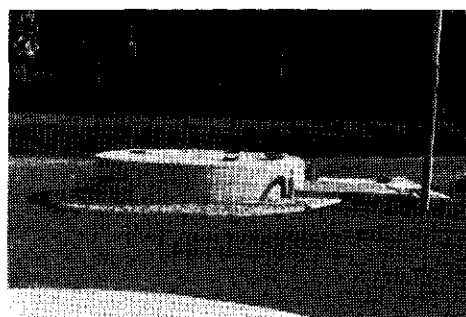
een 45 km lange tunnel in de rots geconstrueerd onder een verval van 1 0/100. Daartoe moest 300.000 m³ rots verwijderd worden. De doorsnede bedraagt 4,5 - 11 m². Bij de RZI eindigt de tunnel 54 m onder het grondoppervlak. Hier liggen de pomp-gewelven zo diep dat men er een liftschacht heeft. Na het bezoek aan dit gemaal weigerde de lift, zodat een deel der excursiegangers voldoende beweging voor die dag opdeed door de 270 treden te beklimmen om de buitenwereld weer te bereiken. De centrifugaalpomp uit dit gemaal brengen in één keer het water op naar de zandvanger. Het verdere verloop is in de flowsheet na te gaan.



De zuiveringsinrichting is uitgerust met een warme + 'koude' gisting. Bij de warme gisting wordt gasinblazing toegepast. Een bijzonderheid is dat de gistingstanks 50 m diep in de rots geconstrueerd zijn, zodat ze slechts ruim 1 m boven de grond uitkomen. Het uitgegiste slib wordt gemengd met het chemische slib, met centrifuges ontwaterd en daarna gedumpt in een speciaal aangelegde lagune van 140.000 m³ inhoud.

De thermische drooginstallatie, waar het slib ook in verbrand kan worden wordt niet

Afb. 10 - Gistingstank; 50 m in de rots.



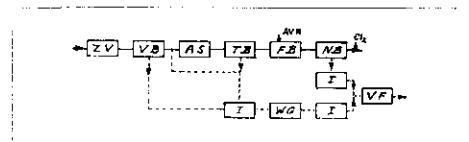
Afb. 11 - In compartimenten verdeelde flocculatiebassins.



gebruikt vanwege de hoge olieprijs. De RZI werd tussen 1969-1974 gebouwd en kostte 225 miljoen Skr. 75 miljoen Skr. voor de tunnel; 90 miljoen Skr. voor het bouwkundig gedeelte; 25 miljoen Skr. voor het werktuigbouwkundig gedeelte; 35 miljoen Skr. voor ontwerp en uitvoering.

10.3. Jönköping

Het meer Vättern is een van de grote meren in Zweden. Het water is er zo helder dat het doorzicht 10 m is. Daar de verblijfstijd van het water 60 jaar is (vergelijk de Loosdrechtse plassen in het Utrechtse: 1 jaar verblijfstijd) zou, als het meer eenmaal vervuild is vrijwel geen terugkeer naar schoonwater mogelijk zijn. Daarom waren er al in 1940 RZI's in Jönköping, dat aan de zuidelijke punt van het meer ligt. De huidige aktiefslibinstallatie met een derde trap voor fosfaatverwijdering, heeft een capaciteit van 135.000 i.e. Evenals vele andere RZI's wordt ook hier beer aangevoerd van afgelegen huizen.



Men paste aanvankelijk Fe Cl₃ als flocculatiemiddel toe; daar dit slechte resultaten gaf, gebruikt men nu AVR. De flocculatiebassins worden hier tevens als Cl₂-contactbassins gebruikt (afb. 11). Het laboratorium was hier buitengewoon goed ingericht; er was zelfs een atoomabsorptiespectrofotometer aanwezig om zware metalen te kunnen bepalen. Er werd beweerd dat dit apparaat slechts weinig gebruikt werd voor monsters van buitenaf.

10.4. RZI te Tenhult

Deze aktiefslibinstallatie zuivert het afloopwater van een stortplaats (voor o.a. Jönköping) voor huishoudelijk afval.

Afb. 12 - De loods waarin de RZI te Tenhult ondergebracht is.

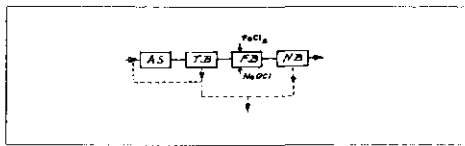


Hiertoe was rondom de stortplaats een sloot gegraven, van waaruit het water aangezogen wordt voor de zuiveringsinrichting. Op het eerste gezicht ligt deze stortplaats op een plek dat niemand er hinder van ondervindt. Onder druk van actiegroepen moest de stort echter gesloten worden, omdat er kans op grondwaterverontreiniging bestaat.

Een alternatief was tijdens ons bezoek nog niet gevonden.

De actiefslibinstallatie met P-verwijdering is ondergebracht in een loods (afb. 12).

Omdat het influent te weinig N en P bevat wordt $(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$ (DAP) aan het influent toegevoegd.



De BZV_7 van het influent bedraagt 2500 - 3000 mg/l.

De aanvoer is 2 - 4 l/sec.

Na de biologische trap is de BZV_7 gedaald tot 200 mg/l, na de chemische trap tot 100 mg/l.

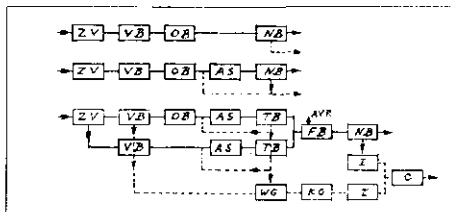
Als flocculatiemiddel wordt Fe Cl_3 gebruikt. In het flocculatiebassin wordt tevens gechloord. Spuislib wordt naar de stort gepompt waar het als afdek materiaal gebruikt wordt.

10.5. Skövde

De RZI te Skövde werd in 1947 gebouwd en is daarna — met behoud van bestaande gebouwen — twee keer uitgebreid.

De drie stadia worden in de flowsheets weergegeven.

Fosfaten worden via een derde trap verwijderd. De belasting van de RZI steeg van 27.000 i.e. in 1947 via 43.000 i.e. in 1963 tot 83.000 in 1973.

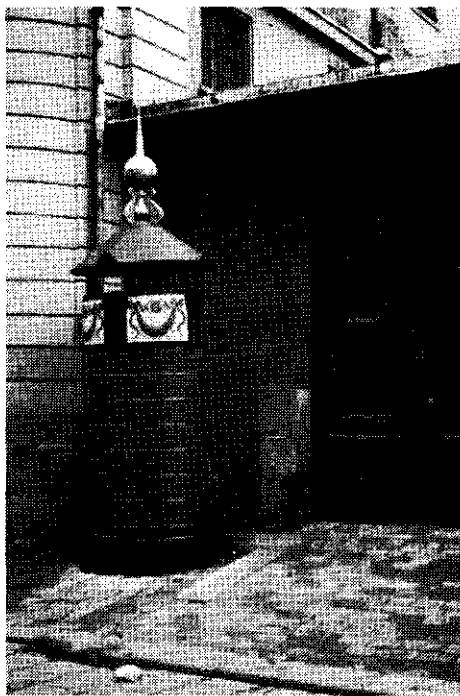


De beoogde zuiveringsrendementen bedragen voor de drie stadia resp. 85, 91 en 95 % BZV_7 verwijdering.

10.6. Karlskoga

De bouw van deze RZI van 45.000 i.e. vond plaats tussen 1972-1974. Er waren aanvankelijk drie mechanische installaties in deze plaats: Flottnäset, Aggerud en Backa.

De huidige installatie werd in het stadsdeel Aggerud gebouwd, waarbij de bezinkbassins



Afb. 13 - Een 'krul' voor heren in Stockholm.

van de oude installatie nu als bufferbassins dienst doen bij zware regenval.

Het afvalwater dat bij Flottnäset en Backa binnenkomt, wordt via een polyethyleenleiding over de bodem van het meer Möckeln naar Aggerud verpompt. Zoals vaak in Zweden voorkomt hebben de grotere industrieën in Karlskoga een eigen zuiveringsinstallatie. Het betreft hier chemische industrie en de wapenfabrieken van Bofors. Omdat er t.o.v. de andere installaties weinig verschillen bestaan is geen flowsheet weergegeven.

10.7. Henriksdal

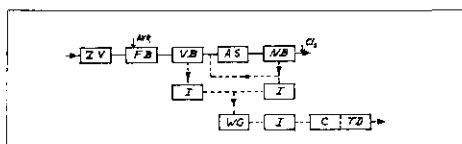
Deze installatie (zie tabel I) is grotendeels in de rotsen gebouwd. Van de gistingstanks en de gashouder komen uit veiligheidsoverwegingen de bovenzijden boven de rotsen uit.

De gasmotoren, voor eigen energieopwekking, zijn in een apart gebouw, tegen de rotsen gebouwd, opgesteld.

Fosfaatverwijdering gebeurt hier als pre-precipitatie. Deze methode is gekozen vanwege de hoge bouwkosten voor de aanleg van de derde trap.

Het effluent wordt gechloord.

De personeelsbezetting voor deze installatie, geschikt voor 725.000 i.e.'s bedraagt 98 man. De DWA bedraagt 370.000 m³/dag.



Tenslotte is de zuiveringsinstallatie van een penicillinefabriek bezocht en werd de groep

gastvrij ontvangen door de firma's Alfa Laval, Boliden en Flygt.

Het zou te ver voeren op deze bezoeken in te gaan.

Literatuur

1. Feiten over Zweden. Uitg. Het Zweedse Instituut FZ 100 dN en FZ 99 eN.
2. Grote Winkler Prins Encyclopedie, 73e druk, 1971 deel 12.
3. Journal Water Pollution Control Federation; vol 47, no. 4 april 1975; 'Zweden nummer'.
4. Stockholm och Vatten varden, september 1970.
5. Lars Ulmgren, Design of municipal sewage treatment plants; NSEPB, Solna 1974 - 01 - 07 SNV - PM - 426.
6. Swedish experiences in sewage treatment NSEPB, Lars Ulmgren, Solna 1973 - 10 - 10 SNV - PM - 403.
7. Lennart Schöning, Water pollution control in Sweden.
8. Ch. H. Henkens. Beleid bij de toediening van stedelijke afvalstoffen aan de grond.

Fotoverantwoording:

Afb. 13: Ing. J. van Zellum, Zuiveringschap W-Veluwe.

De andere foto's: Ir. F. M. L. J. Oorthuys, Grontmij.