Spildevandsrensning i Danmark 1969 – 2014

Der er sket store ændringer i spildevandsrensningen i Danmark i de sidste 40 år. Fra næsten ingenting til en situation, hvor Danmark er et af de lande i verden, der har bedst styr på sit spildevand. Her fortælles nogle af hovedpunkterne i udviklingen.

Mogens Henze, Poul Erik Sørensen & Gert Petersen

Det store miljøsvineri

Omkring 1970 var det danske vandmiljø et ubeskriveligt svineri. Kun få kommuner havde biologiske renseanlæg og det meste husspildevand og industrispildevand blev udledt urenset eller kun mekanisk renset. Mange byer kaldte det mekanisk rensning. Det kunne blot bestå af en rist og et sandfang. Nogle byer havde 'avanceret mekanisk rensning' som havde en bundfældningstank til at fange bundfældelige partikler, hvilket fjernede 20-30 % af det organiske stof i spildevandet.

Den ringe rensning skabte store æstetiske og hygiejniske problemer i de kystnære områder. Inde i landet udledtes på dette tidspunkt spildevand fra kommuner og talrige mejerier og slagterier uden renseanlæg. Der hvor der var bygget biologiske anlæg var i nogle få provinsbyer som lå inde i landet, men det var undtagelsen.

De fleste vandløb og søer var derfor kraftigt belastet og uhygiejniske at se på.

Det meste af Københavns spildevand blev for eksempel udledt helt urenset. Resten blev mekanisk renset i renseanlægget ved Damhusåen. Hertil blev også kørt koncentreret industrispildevand fra sæbeindustrier og andre

***Figur 1**. Damhusåens rensningsanlæg 1994. Her er sket forbedringer i forhold til i halvfjerdserne. Nu er der biologisk rensning med kvælstoffjernelse.*

virksomheder i omegnen som blev udledt direkte i afløbet fra renseanlægget, så sæbeskum og kemikalier flød direkte ud i Kalveboderne. Olie og kemikalieaffald fra København blev brændt af herude i en brænder uden røgrensning, og sort røg drev ud over engene. Her blev røgen blandet med røgen fra lossepladsen, der også lå derude og altid brændte.

Allerede i 1967 havde Klaus Rifbjerg med sædvanlig sensibilitet gjort opmærksom på miljøproblemerne, nemlig at Odense Ejby Mølle rensningsanlæg udledte spildevandet i Odense å. Anlægget var overbelastet af en række industrier som slagteri og sukkerfabrikation, se box 1.

Eksempler på mekaniske anlæg (som Hammel rensningsanlæg i figur 2) er : Hillerød centralrenseanlæg, Tuelsø rensningsanlæg ved Sorø, Ejby Mølle rensningsanlæg i Odense, Lundtofte rensningsanlæg , Køge renseanlæg, Mosede renseanlæg, Randers renseanlæg, Vejle Centralrenseanlæg, Herning renseanlæg, Tårnby renseanlæg, Usserød renseanlæg, Ringsted renseanlæg, Slagelse renseanlæg, Horsens renseanlæg og Aalborg Vest renseanlæg. Hammel rensningsanlæg blev, som andre af disse anlæg, overbelastet på grund af stigende produktion på slagteriet. Senere blev det udbygget med kvælstoffjernelse i aktivslam tanke samtidig med at de gamle biologiske skærvefiltre blev nedlagt.

Miljøbeskyttelse

I marts 1969 begyndte græsrodsorganisationen NOAH at gøre opmærksom på vandforureningen ved demonstrationer i København. Politikerne havde også fået øje på problemerne, og regeringen havde nedsat Forureningsrådet, som i begyndelsen af 70'erne kom med sine banebrydende rapporter. Herefter begyndte der at ske noget for miljøet. Ministeriet for Forureningsbekæmpelse (senere Miljøministeriet) blev oprettet i 1971, hvilket førte til Miljøbeskyttelsesloven i 1973. Kommunekemi blev oprettet og indsamling af kemikalieaffald organiseret.

Miljøbeskyttelsesloven påbød kommunerne at lave spildevandsplaner, som skulle styre udbygningen af kloakering og rensning og ikke mindst skabe grundlag for at opkræve de nødvendige økonomiske midler.

Box 1:
Der lugtede af Odense
Der lugtede af råddenskab,
Kom det fra åen?

Klaus Rifbjerg: Fædrelandssange, Gyldendals Forlag 1967

Figur 2. *Hammel rensningsanlæg blev oprindeligt bygget som mekanisk anlæg i 1967. Det blev i halvfjerdserne udvidet, som vist på billedet, med et biologisk filter efterfulgt af et lille aktiv slamanlæg. Denne type anlæg blev bygget nogle steder med følsomme recipienter enten med en forbehandling via et biologisk skærvefilter, eller blot med forklaringstanke/rådnetanke som eneste behandling før udløb til recipienten.*

Spildevandsrensning i 70'erne

Markedet for rensningsanlæg var i begyndelsen af halvfjerdserne domineret af Harvey & Co samt Krüger. De havde delt de større byer imellem sig. På mindre anlæg var det Akvadan, som byggede rensningsanlæg. Firmaet var innovativt og udviklede blandt andet kvælstoffjernelse (Bio-denitro) og senere biologisk fosforfjernelse(Bio-denipho).

Harvey blev købt af Akvadan i 1974, og blev til Akvadan-Harvey. I 1982 købte Krüger Akvadan som det atter hed.

I slutningen af 70'erne blev Københavns renseanlæg "Lynetten" indviet, og tidligere var der bygget renseanlæg i Avedøre, Helsingør og Køge således at det meste af udløbene til Øresund var biologisk renset. Men i andre større byer som Århus, Ålborg, Esbjerg m.v. stod det stadig dårligt til. I Århus havde man diskussionen om "Bugtrøret", der til mange borgeres vrede udledte byens spildevand kun mekanisk renset til Århus Bugt.

Figur 3. *Lynetten i 1980 med overdækkede luftningstanke. For at spare plads havde man besluttet sig for at bygge et anlæg med tilførsel af ren ilt i aktiv-slam tankene. Det gav hurtigere omsætningshastighed end den traditionelle indblæsning af atmosfærisk luft. Det kunne løse nogle af pladsproblemerne på det begrænsede areal der var til rådighed. Luftningstankene måtte overdækkes. Der måtte desuden bygges et anlæg der producerede ren ilt, hvilket var en energikrævende teknologi. Ved udbygningen med N og P fjernelse i 1990'erne blev anlægget ombygget til traditionel luftning med atmosfærisk luft.*

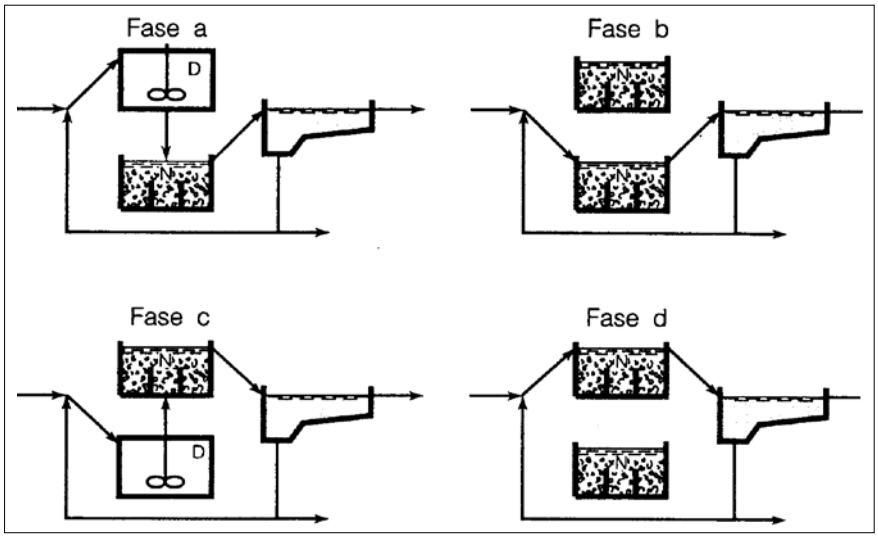
Figur 4. *Ringkanal (A-kanal). Ringkanalen er udviklet i Holland af Dr. Pasveer, derfor kaldes den i udlandet for en Pasveer ditch. Dette foto er af hans originale A-kanal.*
(Foto: Erik Bundgaard)

Datidens biologiske renseanlæg fjernede dog kun organisk stof, mens næringssaltene kvælstof og fosfor kun i mindre grad blev fjernet. Søer og kystnære områder blev derfor mere og mere belastede med algevækst. Det blev også mere og mere klart, at udledninger af næringssalte fra landbruget var en endnu større kilde til algevæksten end kommuner og industri.

Denne problemstilling var ikke ny. Sverige havde tidligere udbygget landet med renseanlæg, der med kemisk fældning fjernede fosfor, som var det største problem i det svenske vandmiljø. I Danmark var både udledningerne af kvælstof og fosfor et problem, og dette medførte, at der i samarbejde mellem DTU og erhvervslivet blev udviklet teknologier til biologisk kvælstof- og fosforfjernelse.

Kvælstof

Der var i starten af firserne mange små nitrificerende rensningsanlæg. Det var især ringkanaler som blev bygget ved de mindre byer. Det var en enkel og driftssikker teknologi. De



Figur 5. *Biodenitroprocessen. I fase a tilledes råspildevand til tank med anoxiske forhold (uden luftning) (D). Herfra ledes det til tanken N, hvor der sker nitrifikation med luftning. I fase c flytter tilløbet til den tank, der tidligere var nitrifikationstank, og luftningen standses. Faserne b og d er blot mellemfaser, hvor der beluftes i begge tanke for at nedbringe ammonium-indholdet før udløb til efterklaringstankene. Skiftet mellem fase a og c sker med intervaller af 30-240 minutter afhængigt af spildevandet.*

væsentlige problemer anlæggene rendte ind i var tilsluttede industrier, især levnedsmiddelindustrier som mejerier, der øgede deres produktion. Det gav overbelastning på anlæggene så nitrifikationen blev ødelagt eller hæmmet.

Biodenitroprocessen

Akvadan med den legendariske Bent Tholander i spidsen havde i starten af halvfjerdserne eksperimenteret med fjernelse af kvælstof på Bramdrupdam rensningsanlæg. Anlægget med denne nye teknologi kom i drift i 1972 som et af de første denitrificerende anlæg i Europa. Det unikke ved processen er at den benytter spildevandets eget indhold af kulstof til denitrifikationen. Tilløbet til anlægget ledes ind i en tank med nitrat. Når nitraten i tanken er omdannet skifter tilløbet til den anden tank, hvor der i mellemtiden er dannet nitrat fra den ammonium der har været i råspildevandet.

For at fjerne kvælstof ved denitrifikation skal man have nitrat og organisk stof, en kulstofkilde/1/. Der skal være tilstrækkeligt med kulstof, hvilket udtrykkes som BOD/N eller COD/N forholdet. Spildevandet i Danmark indeholder nok BOD (eller COD) til at få processen til at forløbe. Dog opstår et problem hvis man starter med at nitrificere spildevandet, hvor man samtidigt fjerner det organiske stof.

Omkring 1970 arbejdede man også i USA med kvælstoffjernelse, men som noget typisk amerikansk så brugte man et kemikalie, ofte metanol til processen. Det har præget udviklingen lige siden. I Europa bruger man kun i begrænset omfang at tilsætte en kulstofkilde. Det gør man hvis spildevandets indhold af organisk stof er lavt, eller hvor man ønsker at øge proceshastigheden, for eksempel i perioder med koldt spildevand.

Biodenitroprocessen blev patenteret og blev grundlag for et stort antal anlæg i Europa. Det første større anlæg med biologisk kvælstoffjernelse blev indviet i Silkeborg i 1976 og har dannet model for de fleste større renseanlæg i Danmark som Lynetten og Damhusåen i København, Marselisborg i Århus, Ejby Mølle , Aalborg Vest og Aalborg Øst, Odense, Frederikssund, Avedøre. Det har også været en eksportsucces. Senest er Warszawas gigantiske renseanlæg blevet bygget med samme teknologi.

Mange af de første dentrificerende anlæg havde problemer med at leve op til det lovede hvad angik rensningsgraden for kvælstof. Det skyldes at man med denitrifikation har at gøre med en flertrinsproces hvor omgivelsesfaktorer kan give væsentlige driftsproblemer. Deni-

trifikation kan også udføres med recirkulationsmetoden, hvor nitratholdigt spildevand recirkuleres til denitrifikationstanken. Denne proces er brugt på en række store danske renseanlæg: Vejle renseanlæg, Randers renseanlæg, Hillerød renseanlæg, Ringsted renseanlæg og Tranbjerg rensningsanlæg ved Århus.

Fosforfjernelse

En række kommuner, der udledte spildevand til vandløb og søer besluttede at etablere fosforfjernelse. Det var noget som svenskerne var skrappe til. De havde i en længere årrække bygget anlæg til kemisk fældning af fosfor til meget lave afløbstandarder (0,1 – 0,3 mg P/l).

I Ringsted, Stavnsholt (Farum) og Skanderborg byggede man et anlæg til kemisk fældning med efterfældning i et ekstra efterklaringstank, baseret på svensk know-how.

Anlæggene bestod af flokkuleringskamre hvor fosforpartiklerne kunne vokse sig store. Det blev efterfulgt af udskillelse af flokkene. Til slamudskilning brugte man mellemklaringstanke eller flotationsanlæg, hvor man blæste luftbobler ind i tanken. Det fik flokkene til at stige til vejrs hvorefter de kunne skrabes af overfladen. Det rent tekniske var ok, men man havde ikke taget højde for hårdheden i dansk spildevand, hvilket krævede langt større dosering af kemikalier end i svensk spildevand.

Det var dog simultanfældning med jernsalte som blev den foretrukne teknologi på grund af kemikalieprisen. Man tilsatte kemikalie enten direkte i luftningstanken i aktiv-slam anlægget, eller før tilløbet til den biologiske rensning. Simultanfældning blev den dominerende teknologi i ringkanalanlæg.

Man begyndte at udvikle anlæg til biologisk fosforfjernelse. Her udnyttede man at visse bakterier kunne optage store mængder fosfor blot de blev behandlet på rette måde. Den rette måde var skiftevis iltning og anaerobe forhold. Når bakterierne var under anaerobe forhold afgav de fosfor og når de blev iltet optog de fosfor. Det første anlæg blev bygget af Akvadan i Nr. Åby på Fyn i 1983.

Stenløse rensningsanlæg blev også tidligt konstrueret med biologisk fosforfjernelse. De største anlæg med biologisk fosforfjernelse er i dag Marselisborg rensningsanlæg med en kapacitet på 220.000 personækvivalenter (PE), Aalborg Vest, 300.000 PE, Aalborg Øst, 100.000 PE, Lynetten renseanlæg, 900.000 PE, Damhusåen renseanlæg 200.000 PE og Ejby Mølle, 275.000 PE.

Biologisk fosforfjernelse benyttes i udstrakt grad i dag støttet af kemisk fældning til at fjerne den sidste del af fosforen. Ved kombinationen nedsættes forbruget af fældningskemikalie betydeligt samtidig med at slamproduktionen mindskes i forhold til ren kemisk fældning af fosfor. De fleste anlæg drives med den teknik i dag heriblandt kører 50 fuldskalaanlæg i Danmark med denne strategi.

Figur 6. *Søholt rensningsanlæg i slutningen af halvfjerdserne. Anlægget var det første store rensningsanlæg med kvælstoffjernelse (trippelkanal proces med alternerende biologiske processer uden efterklaringstanke) og simultanfældning samt efterfiltrering på sandfilter med yderligere fældning for fosfor.*

Vandmiljøplanen

I begyndelsen af 1980'erne var der stadig megen diskussion om det nødvendige i at udbygge renseanlæggene fra mekanisk til biologisk rensning – det kostede jo mange penge. Men miljøet var påvirket, og beviserne for dette blev klarere og klarere. Miljøstyrelsen udarbejdede i 1984 NPO-redegørelsen, der påviste udledningernes omfang. En arbejdsgruppe mellem Miljøstyrelsen, Århus amt og Grenå kommune påviste, at der var skader efter udledning af mekanisk renset spildevand ud for Fornæs, et meget strømfyldt farvand, og så kom sagen med det store iltsvind og "de døde hummere" i 1986.

Med Danmarks Naturfredningsforening i spidsen rejste der sig en voldsom debat med krav om, at der nu blev der grebet ind overfor forureningen fra landbrug, kommuner og industrien. Dette betød, at Folketinget i 1987 vedtog den første vandmiljøplan med ensartede krav til udledning af spildevand fra renseanlæg. Anlæg større end 15.000 personækvivalenter skulle rense for både organisk stof, kvælstof og fosfor. Anlæg større end 5.000 personækvivalenter skulle rense for organisk stof og fosfor. For landbrug og industri blev

Figur 7. *Skanderborg centralrenseanlæg, flotationstank 1980.*

Figur 8. *Nr Åby rensningsanlæg på Fyn. Danmarks første anlæg med biologisk fosforfjernelse.*

der ligeledes sat krav til mængden af de tilladte udledninger.

Kravene i Vandmiljøhandlingsplanen var minimumskrav og de blev fastsat efter hvad firmaet Krüger på daværende tidspunkt var i stand til med deres processer.

Myndighederne har senere kunnet stille skrappere krav til de enkelte rensningsanlæg. I dag er de skrappeste krav 5 mg N/l og 0.1 mg P/l.

Styring af afløbskrav

Afløbskrav har været reguleret/styret forskelligt gennem årene. Fra 1972-1987 var kravene styret af recipientkvaliteten. I perioden1987-1998 blev kravene styret af politikerne + recipientkvaliteten. I 1998 og fremefter er kravene delvis styret af skattepolitikken, idet man har indført skat på udledte mængder af fosfor, kvælstof og organisk stof. Det har betydet at det for en række rensningsanlæg har kunnet betale sig at rense mere end fastsat af myndighederne fordi man sparede skat! Afgiften blev indført for at få en given indtægt til staten. Det betyder at i takt med at anlæggene mindsker udledningen så stiger betalingen for de udledte mængder.

Oprindeligt blev betalingen i 1989 fastsat til P 110 kr/kg, N 20 kr, BOD 11, senere er tallene pr. 1/10 2014 revideret til hhv. 165 kr/kg P, 40 kr/kg N og 16,5 kr/kg BOD

Spildevandsrensningen udviklede sig i den sidste del af århundredet. Ud over fosfor og kvælstoffjernelse, blev der også bygget anlæg til filtrering af det rensede spildevand inden den endelige udledning i recipienten. Der er nu også fastsat krav for rensningsanlæg mindre end 5.000 personækvivalenter.

Med udbygningen af rensningsanlæggene blev der en større produktion af slam.

I en lang årrække havde anlæg med mekanisk rensning ofte behandlet slammet i rådnetanke – de kaldes i dag biogastanke. Tankene nedbrød en del af det organiske stof til metan og kuldioxid og mindskede dermed slammængden og stabiliserede slammet så det var lettere at afvande og senere udbrede på landsbrugsarealer.

Tabel 1. *Kravene til rensningsanlæg i Vandmiljøhandlingsplanen 1987*

Rensningsanlæg størrelse	Organisk stof mg BOD/l	Kvælstof mg N/l	Fosfor mg P/l
5.000 – 15.000 pe	15	-	1.5
15.000 -	15	8	1.5

De mange nybyggede aktiv-slam anlæg havde ofte ingen forklaringsfunktion. Slammet blev aerobt stabiliseret i selve den aerobe biologiske proces og skulle derfor blot koncentreres og afvandes. Afvandingsmetoden var frem til 1970 slambede, hvor slammet blev bredt ud og afdrænet. De fungerede meget godt, men gav lugtproblemer i nærheden af rensningsanlægget. Disse problemer opstod langsomt i takt med at byerne voksede og stadig mere bebyggelse opstod tæt ved rensningsanlæggene. Man begyndte derfor at afvande slammet mekanisk, med centrifuger og filterpresser af forskellig udformning. Ulempen ved mekanisk afvanding er at det kræver tilsætning af kemikalier som polymerer, kalk og jernforbindelser.

En nyere teknik der er indført på mange større rensningsanlæg i dag er generering af biologisk fosforfjernelse via hydrolyse af det biologiske slam. Herved kan man danne letomsætteligt organisk stof, som kan benyttes til forbedring af både biologisk fosforfjernelse og denitrifikation. I Danmark er der mere end 50 anlæg som benytter denne proces.

Af de større anlæg kan nævnes: Aalborg Vest renseanlæg, Aalborg Øst renseanlæg, Lynetten renseanlæg , Ejby Mølle renseanlæg og Randers renseanlæg.

Vandmiljøplanen blev realiseret over 10 år med en samlet omkostning på ca. 9 mia. kr.

Herefter havde Danmark den mest moderne spildevandsrensningssektor i verden.

Den danske Vandmiljøplan tjente som inspiration for EU, der i 1991 iværksatte "Spildevandsdirektivet", der på europæisk plan satte krav i lighed med de danske om fjernelse af organisk stof, kvælstof og fosfor.

Efter Vandmiljøplanen

Der er siden vedtaget tillæg til Vandmiljøplanen, som stiller krav til rensning i det åbne land. Men planens grundlæggende elementer er stadig gældende. Planens gennemførelse var en kraftanstrengelse, og siden er der ikke sket større ændringer af de danske spildevandsrenseanlæg.

Nu er der imidlertid mange nye lovende teknologier på vej. Bl.a. er der store forventninger til løsninger, hvor renseanlæggene udbygges til "bioraffinaderier", idet de kan udbygges med øget biogasproduktion, opgradering af biogas, fosforudvinding og produktion af bioplast. Her har slammet, der ellers altid har været en kilde til problemer, en nøglerolle med muligheder for stor energiproduktion. Tilføres anlæggene yderligere organisk stof fra industri og landbrug kan biogas produktionen blive meget stor. I øjeblikket udbygges renseanlægget i Grindsted i Billund kommune til et sådant bioraffinaderi hvor slammet også hydrolyseres. Her er der gennem en årrække tilført sorteret husholdningsaffald og organisk stof fra industrier. Projektet modtager stor støtte fra Miljøministeriet, da det er udpeget til et "Fyrtårnsprojekt". En række andre rensningsanlæg arbejder på at blive energineutrale eller direkte energiproducerende ud over den energi der benyttes på selve anlægget.

Klimaændringerne med større regnmængder skaber også store udfordringer for håndtering af store regnvandsmængder ofte i lange perioder. I mange kommuner implementeres styringssystemer til samstyring af kloaknet og renseanlæg for at undgå afledninger af urenset spildevand og opstuvning af vand i kældre.

Figur 9. *Stenløse rensningsanlæg. Den anaerobe tank til fjernelse af fosfor med biologisk fosforfjernelse.*

Hygiejnisering af spildevand og slam

Tilbage i tresserne og halvfjerdserne tilsatte man klor til det biologisk rensede spildevand for at reducere indholdet af mikroorganismer inden udledning af spildevandet i nærheden af badevand. Det skete blandt andet på Mølleå kloakværket, hvorfra spildevandet blev udledt i Øresund ved Strandmøllen. Også Ejby Mølle klorede vandet.

Klortilsætning blev stoppet i halvfjerdserne på grund af arbejdsmiljø og dannelse af klorerede organiske forbindelser ved kloringen. I de seneste år er man begynd at hygiejisere spildevand og regnvand inden udledning nær badestande (Vejle og Svanemøllestranden i København). Man benytter ikke mere klorgas, men andre desinficerende kemikalier for eksempel ozon eller UV belysning.

Rensningsanlæg med sandfiltre som efterbehandling(fx Usserød Renseanlæg i Hørsholm, Ejby Mølle rensningsanlæg i Odense) opnår en væsentlig reduktion i mængden af mikroorganismer. Fluidiserede sandfiltre med kemikaliedosering (Actiflo) benyttes også til forbedring af afløbskvaliteten bl.a. ved Stavnsholt renseanlæg i Farum.

Slam kan hygiejniseres ved termofil biogasbehandling eller ved lagring i passende tid.

Organisatorisk skete der i 2010 en stor ændring, idet spildevandsrensningen i kommunerne blev skilt ud i selvstændige forsyningsselskaber. Formålet med ændringen var at skabe større effektivitet og opnå besparelser. Vandsektorloven har dog med rette været meget udskældt for at være for indviklet og bureaukratisk, og den er for tiden til revision i Folketinget.

Figur 10. *Biogastanke, Avedøre rensningsanlæg.*

Driftsproblemer og uddannelse

De stadig mere komplicerede rensningsanlæg gav anledning til en lang række driftsproblemer, hvis løsning krævede ekspertise af de ansatte på rensningsanlæggene. Allerede i halvfjerdserne begyndte man på efteruddannelseskurser for driftspersonalet. Spildevandsteknisk Forening, Miljøstyrelsen og Den Kommunale Højskole oprettede i 1992 en uddannelse der gav en certificering for driftsledere. Det har i mange år været et krav at den ansvarlige driftsleder har dette certifikat. Uddannelsen omfatter både teknik, lovgivning og ledelse /2/.

Figur 11. *Centrifuge Lynetten*

Driftsproblemer skyldes mange ting. Det kan være spildevandets sammensætning der ændrer sig, det kan være udformningen af anlægget eller det kan skyldes forkert drift.

Lave temperaturer

Danmark har et køligt klima om vinteren og det kan give problemer med denitrifikationen. Det er nu nitrifikationen som er problemet, idet den er en langsom proces. Ved lave temperaturer kan man risikere at kun en del af ammoniummet iltes til nitrat. Det betyder at indholdet af kvælstof i udløbet fra rensningsanlægget bliver forhøjet. Man kan kompensere den lave temperatur ved at øge slamkoncentrationen i anlægget eller man kan øge anlæggets volumen.

Store vandmængder

Rensningsanlæg er dimensioneret til at kunne håndtere en given mængde spildevand. Hvis der tilledes mere så fungerer anlægget dårligere. Mange anlæg har en begrænsning af den mængde spildevand der kan tilledes. Hvis kloakkerne leder mere vand frem mod anlægget må det enten ledes udenom eller oplagres i et regnvandsbassin.

Forgiftning

Kvælstoffjernelse er en biologisk proces som kan inhiberes hvis der tilføres giftstoffer. Det er ofte industriudledninger eller –uheld som kan ødelægge processen. Et dramatisk eksempel var da bryggeriet Neptun i Silkeborg havde et uheld hvor 10 m^3 koncentreret svovlsyre slap ud i kloakken. pH i Søholt rensningsanlæg faldt til et niveau hvor alle biologiske processer stoppede. Det tog et halvt år at genoprette kvælstoffjernelsen. Senere fandt man ud af at kloakledningen mellem bryggeriet og rensningsanlægget var blevet opløst af svovlsyren så der ikke var megen beton tilbage.

Figur 12. *Slamproblem. Bakterier (Nocardia) lægger sig på overfladen af luftningstanken i et tykt ildelugtende lag. Det er også kaldet Chocolate mousse. Hvis tanken har udløb under vandspejlet kan slammet ikke slippe ud af tanken.*

Tabel 2. *Spildevandsmængder fordelt på rensetyper for udvalgte år. U=urenset, M=mekanisk, MK=mekanisk kemisk, MB= mekanisk biologisk, MBK= mekanisk biologisk kemisk, MBND(K)= mekanisk biologisk nitrifikation denitrifikation kemisk fældning.*

	U	M	MK	MB	MBK	MBND(K)
1987	10	20	0.5	67	2	0.5
1993	1	4	1	27	13	54
2010	0	2.6	0.1	2.5	5.2	89.6

Letslam og slamflugt

Slammet i et aktiv-slam anlæg kan udvikle sig i en uheldig retning. Grundlæggende opelsker man en biomasse som kan omsætte det organiske stof der er i spildevandet og som kan danne tunge flokke som kan bundfælde i den sekundære bundfældingstank. Hvis slammet ikke vil bundfælde opstår der alvorlige problemer med anlæggets funktion. Figur 12 viser et eksempel.

Arbejdsmiljø og ydre miljø

Spildevand indeholder smittefarlige mikroorganismer. Der kan også dannes svovlbrinte i afløbssystemet, hvilket udgør en stor risiko for driftspersonalet. Lugt generer omgivelserne, så derfor har man på nogle anlæg (Helsingør, Tårnby, Lundtofte m.fl.) overdækket de tanke som især stinker.

Spildevand er en ressource

Hvor man for 20 år siden anså spildevand for noget der bare skulle væk på bedst mulige måde, så er holdningen i dag at spildevand indeholder værdifulde stoffer.

Vand: vi har i Danmark nok vand, men bruger ligesom alle andre lande lidt mere end vi har, det meste bruges til kunstvanding. I Danmark anser vi ikke vandet i spildevandet som en ressource vi vil udnytte, men i mange andre lande bruges det rensede spildevand til vanding af afgrøder.

Kvælstof: Spildevandets indhold af kvælstof forsvinder op i den blå luft ved denitrifikation. Man kan fælde kvælstof som MAP (MagnesiumAmmoniumPhosfat) men det er ikke en oplagt proces at benytte, måske med undtagelse af slamvand med højt indhold af ammonium.

Fosfor: Fældes eller bindes ved fosforfjernelse på rensningsanlæggene. Til gødningsbrug er fosfor fra biologisk fosforfjernelse det

bedste.

COD (eller BOD) til denitrifikation er vigtigt for at fjerne kvælstof ved denitrifikation

Metaller: spildevand indeholder metaller, som sølv og guld. Der findes bakterier der kan binde store mængder af sølv, men det er ikke i øjeblikket muligt at udvinde det fra spildevandet med et rimeligt økonomisk resultat.

VFA til bioplast: Det organiske stof i spildevandet kan omdannes til poly-hydroxy-alkanoat (PHA), som kan bruges til produktion af bionedbrydeligt plast. Det er meget godt, men normalt er det organiske stof i spildevand nødvendigt til fjernelse af kvælstof og fosfor, så der ikke er overskud til en PHA produktion.

Konklusion

Som det fremgår af ovenstående er danske rensningsanlæg i dag milevidt fra den bedrøvelige situation i starten af halvfjerdserne. Det er lykkedes Danmark at udvikle miljøteknologi på spildevandsområdet som i dag eksporteres til hele verden. Det er sket med en blanding af folkeligt pres, lovgivning og fremragende opbygning af teknologi i en række danske virksomheder.

Figur 13. *Lundtofte primær tanke overdækket for at begrænse lugt.*

Litteratur

/1/ Henze, M., Harremöes, P., Jansen, J.la Cour og E.Arvin: Teoretisk spildevandsrensning – biologiske og kemiske processer. 3. Udgave, Polyteknisk Forlag 2006.

/2/ Henze, M., Petersen, G., Kristensen, G.H., og Kjeldsen, J.J. Drift af renseanlæg. Teknik. 2. Udgave. Den Kommunale Højskole.

Mogens Henze er professor emeritus ved Institut for Miljøteknologi på DTU.

Poul Erik Sørensen, civilingeniør, tidl. direktør i Krüger A/S, kontorchef i Miljøstyrelsen og afdelingsleder i Vandkvalitetsinsituttet, ATV. Nuværende deltids seniormedarbejder i Krüger A/S.

Gert Petersen har været ansat i Envidan AS, men er nu selvstændig konsulent.

Figur 14. *Aalborg Vest, et af de store højteknologiske danske rensningsanlæg*