

FREVAR KF

BAT-analyse Teknologivalg 2040

Juni 2017

Udarbejdet til:
FREVAR KF
Habornveien 61
1630 Gamle Fredrikstad

Udarbejdet af:
EnviDan A/S
Jacob Kragh Andersen
E-mail: jka@envidan.dk
Direkte tlf.: +45 4212 5479
Projekt navn: Teknologivalg 2040
Projektnr.: 117 0182
Kvalitetssikring: Jeanette Agertved Madsen
Side 1 af 96



Indholdsfortegnelse

1.	Indledning	5
2.	Forventede fremtidige krav	6
2.1	Baggrund	6
2.2	Forventninger om krav til spildevandsrensning	6
2.2.1	Organisk stof og fosfor.....	7
2.2.2	Nitrogen	7
2.2.3	Mikroforureninger	7
2.2.4	Andre krav herunder krav til mikroplast	8
2.3	Forventninger om krav til slambehandling	8
2.3.1	Skærpede krav til mikroforureninger	8
2.3.2	Anvendelse af slam.....	9
2.3.3	Krav om reduktion af mikroplast eller andre nye krav	9
2.4	Energioptimering og ressourcegenanvendelse.....	9
2.4.1	Det energiproducerende renseanlæg	10
2.4.2	Fosforgenvinding.....	10
2.4.3	Nitrogengenvinding.....	10
2.4.4	Genvinding af ressourcer i spildevandet	10
2.4.5	Ny infrastruktur	11
2.5	Bæredygtig udvikling	11
3.	Metodebeskrivelse af BAT-analyse	13
3.1	Faseopdelt fremgangsmetode	13
3.2	Anvendte analyse-, beregnings- og vurderingsmetoder	14
3.2.1	EnviDans beregningsprogram	14
3.2.2	CO ₂ opgørelse	14
3.2.3	GAB analyse	14
3.2.4	Økonomiske vurderinger	15
3.2.5	Følsomhedsanalyse	15
3.2.6	Risikovurdering.....	15
4.	BAT katalog	17
4.1	Udvælgelse af BAT-teknologier	17
4.2	BAT-katalogets opbygning	17
5.	BAT-analyse - Øra renseanlæg.....	20
5.1	Fase 1: Miljøkortlægning.....	20
5.1.1	Miljøkortlægning, 2016.....	20
5.1.2	Flowskema, 2016	21

5.1.3	Hydraulisk profil, 2016	21
5.1.4	Massebalance, 2016	21
5.1.5	CO ₂ opgørelse, 2016.....	21
5.1.6	Belastningsprognose, 2040.....	21
5.2	Fase 2: Vurdering	22
5.3	Fase 3: Prioritering	23
5.4	Fase 4: Mål.....	24
5.4.1	Indledende udvælgelse af BAT-teknologier	24
5.4.2	Screening af BAT teknologier.....	24
5.5	Fase 5: Fornyelsesprojekter (anlægskoncepter)	25
5.5.1	Forfiltrering	25
5.5.2	Biologisk rensning	25
6.	Anlægskoncept 2040, Øra renseanlæg	27
6.1	Grundkoncept, Øra renseanlæg.....	29
6.1.1	BAT 3.2.x: Forfiltrering.....	29
6.1.2	BAT 4.2.2: Membranbioreaktor (MBR)	29
6.1.3	Layout, grundkoncept	30
6.2	Optioner.....	31
6.2.1	BAT 1.1.1: Samstyring	31
6.2.2	BAT 1.2.x/1.3.x: Overløbsrensning.....	31
6.2.3	BAT 2.1.1: Genanvendelse af cellulose i ristestof	31
6.2.4	BAT 5.2.2: Reduktion af miljøfremmede stoffer	31
6.2.5	BAT 7.1.1: Disintegration	31
6.2.6	BAT 9.1.1: Struvitutfældning + Bio-P tank	31
6.2.7	BAT 10.1.1: Fosforgenvinding fra slammaske.....	32
6.3	Miljøkortlægning 2040.....	32
6.4	Økonomi.....	32
6.4.1	Investering.....	32
6.4.2	Driftsomkostninger	32
6.5	Følsomhedsanalyse	34
6.6	Risikovurdering.....	34
7.	Samlede anbefalinger/konklusion.....	36
8.	Referencer	38

Bilagsliste

Bilag 1: BAT katalog

Bilag 2: CO₂ balancer 2016/2040

Bilag 3: BAT outlook

Bilag 4: Massebalancer 2016/2040

Bilag 5: Flowskemaer 2016/2040

Bilag 6: Hydrauliske profiler 2016/2040

Bilag 7: Miljøkortlægninger 2016/2040

1. Indledning

Der er stort fokus på bæredygtige (Norsk: bærekraftige) løsninger og cirkulær økonomi i den norske vandbranche. Norsk Vanns egne vedtægter omtaler bæredygtige udvikling på følgende måde: ”Selskapet skal arbeide for samarbeid og bærekraftig utvikling i norsk vannforsynings- og avløpssektor” (Norsk Vann, 2014).

De to norske forsyningselskaber, FREVAR KF og MOVAR IKS, står overfor indførelse af nye krav til sekundærrensning af spildevandet, mere specifikt stilles der krav til fjernelse af BOF og KOF. Kravene kommer til at gælde for Øra renselanlæg (FREVAR KF) og Fuglevik og Kambo renselanlæg (MOVAR IKS). Det er dog besluttet, at Kambo renselanlæg skal nedlægges og spildevandet overføres til Fuglevik renselanlæg.

FREVAR KF og MOVAR IKS har samme udfordringer i den kommende tid, og de har derfor sammen bedt EnviDan om at komme med forslag til en bæredygtig teknologiløsning i 2040. Det er vigtigt for FREVAR KF og MOVAR IKS, at der ved udbygning af renselanlæggene tænkes nyt og der ikke investeres i gårdsdagens teknologi.

Teknologi og krav ændres hele tiden. Det der gælder i dag, gælder ikke nødvendigvis i morgen. Derfor er opgaven ikke er bygge det færdige anlæg i 2040, men at bygge anlæg, som kan overholde gældende krav, men samtidig kan udvikles og tilpasses og gøre os klogere. Dette kræver en modulopbygget struktur, således at nye teknologier kan kobles på i takt med implementering af nye krav og ønsker.

I projektet er der udarbejdet en BAT-analyse, som udmunder i et BAT-anlægskoncept for hhv. Øra renselanlæg (FREVAR KS) og Fuglevik renselanlæg (MOVAR IKS), med tilhørende investeringer og driftsøkonomi. BAT står for Best Available Technologies (bedste tilgængelige teknologier), som er de bedste mulige tilgængelige teknologier til et givent formål. Grundkonceptet for hvert af anlæggene er suppleret med en række mere eller mindre markedsklare teknologier, som kan kobles til grundkonceptet i perioden frem mod 2040.

Idet tidsrammen er 2040 og projektet dermed er yderst følsomt overfor bl.a. ændringer i politiske vinde, tilskudsordninger til energi, afgifter på energi, nye teknologier, prisniveau, etc. skal alle værdier i rapporten anses for vejledende og skal ikke anskues som præcise og definitive størrelser.

Det har ikke været formålet, at vurdere eksempelvis levetid og kapacitet af enkelte komponenter på renselanlæggene, men at præsentere en holistisk tilgang til løsninger i 2040, som overholder ønsket til en bæredygtig udvikling. Der er altså ikke lavet vurdering af kapaciteter af enheder, såsom slamhygiejniser, slamafvanding, biogaslager etc., som eventuelt skal udvides/udskiftes ved de øgede belastninger i 2040.

Projektet er udarbejdet for FREVAR KS og MOVAR IKS af EnviDan Momentum AS med konsulentbistand fra EnviDan A/S.

Nærværende rapport omhandler teknologivalg 2040 for FREVAR KF. Der findes en tilsvarende rapport for teknologivalg 2040 for MOVAR IKS. En lang række af afsnittene er identiske i de to rapporter, de specifikke afsnit omhandlende FREVAR KF er afsnit 5, 6 og 7.

2. Forventede fremtidige krav

2.1 Baggrund

Frederik Paasches erklæring fra 1918 *"Det er en vanskelig sag at spå om fremtiden"*, kan være et godt udgangspunkt for en beskrivelse af de krav og forventninger til FREVAR KS og MOVAR IKS' renseanlæg som skal ligge til grund for valg af fremtidens teknologi på anlæggene. Tidshorizonten er så lang og verden i forandring på mange måder at f.eks. klimaforandringer, økonomiske op og nedgange, politiske strømninger, krav om bæredygtig spildevandsrensning og grøn omstilling af hele samfundet kan få indflydelse på hvad der skal tages i betragtning.

Nedenfor beskrives de hovedlinjer i udviklingen frem imod 2040 som vi ser i det norske spildevandslandskab med specielt fokus på FREVAR KS og MOVAR IKS' renseanlæg.

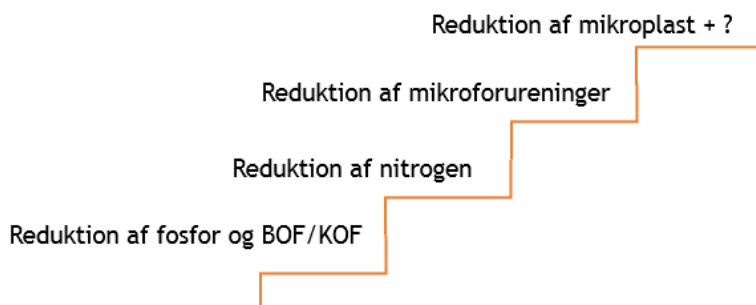
Der er flere udgangspunkter for beskrivelsen:

- Norge implementerer EU's direktiver således at den generelle udvikling i EU (og mere generelt den internationale udvikling) forventes at slå igennem i Norge. Dog er der stor usikkerhed om krav til nitrogen.
- Norge har mange lighedspunkter med både Sverige og Danmark i synet på håndtering af spildevand og slam således at udviklingstendenser i disse lande smitter af på hinanden. Tendenser i et land ses derfor ofte over tid at slå igennem i de andre.
- Norge har i kraft af sin geografi, sit klima, sin natur og kultur dog helt egne udviklingstendenser, hvilket betyder, at udviklingen i de andre nordiske lande ikke nødvendigvis følges kategorisk.
- FREVAR KS og MOVAR IKS har i kraft af lokaliseringen med udledning til Ydre Oslofjord (efter den forventede nedlægning af Kambo RA) helt specielle forhold som inddrages i beskrivelsen.

Udviklingstendenserne struktureres i 3 dele som fokuserer på henholdsvis krav til vandrensning, krav til slambehandling og krav som resultat af de mere bløde forventninger til spildevandsselskabernes bidrag til samfundsudviklingen.

2.2 Forventninger om krav til spildevandsrensning

Udviklingen i krav til rensning af spildevandet i Norge generelt og FREVAR KF og MOVAR IKS specielt forventes frem imod 2040 at ske i 4 trin, hvis skønnede tidsmæssige rækkefølge er angivet i Figur 1.



Figur 1. Forventninger om krav til spildevandsrensning - i 4 trin.

2.2.1 Organisk stof og fosfor

Vandkvaliteten i Ydre Oslo fjord er ikke fuldt tilfredsstillende, hvor især oxygenforholdene ikke lever op til målsætningerne (Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018 Årsrapport for 2015, 2015). Årsagen er formentlig både mængden af overfladevand, der aflastes fra fælleskloakerede områder og udledningen af mekanisk/kemisk rensset spildevand. Mange kommuner har projekter med separering af spildevandet; men Fylkesmanden har alligevel allerede annonceret at anlæggene kan forvente krav om biologisk rensning (Konkurransesgrunnlag, 2016), og dette indenfor en kort tidshorisont.

Tendensen i Sverige er, at der til større anlæg med udledning til fjorde og lukkede vandområder stilles strenge krav om forbedret rensning af både BOF og fosfor. Således har de store anlæg i Stockholms området fået krav til 0,2 mg/l P og på 5 mg/l BOF₇. Selvom tilsvarende meget strenge krav ikke endnu er stillet til rensenanlæg i Norge forventes skærpede krav til KOF, BOF og P indenfor en overskuelig fremtid for FREVAR KF og MOVAR IKSs anlæg.

2.2.2 Nitrogen

Udledningen af nitrogen fra Norske rensenanlæg er stigende. Selvom Ydre Oslo Fjord ikke er alvorligt truet af eutrofiering styret af nitrogenudledningen, forventes krav til nitrogenfjernelse at blive etableret i fremtiden. Både som følge af de stigende udledninger og fordi FREVAR KF og MOVAR IKS udleder i et "følsomt" område som defineret i EU's spildevandsdirektiv. Kravet forventes at komme sent i perioden frem imod 2040.

I Sverige er der krav om nitrogenfjernelse til alle større anlæg fra den norske grænse til Norrtälje nord for Stockholm med grænseværdier mellem 6 og 10 mg/l TN.

I Danmark har alle rensenanlæg over 10.000 PE krav på 8 mg TN/l og 1,5 mg TP/l, hvilket er strengere end EU's krav. Nogle anlæg har skærpede krav til fosfor ved udledning til følsom recipient. Der er således en lang erfaring i drift af danske rensenanlæg med næringssaltfjernelse som resultat af implementering af Vandmiljøhandlingsplanen tilbage i 1987. Udover renskravene skal forsyningerne i Danmark betale skat af den mængde BOF, TN og TP de udleder uanset om de overholder renskravene eller ej, denne skat hedder spildevandsafgift.

I teknologiløsningen for 2040 for FREVAR KF og MOVAR IKS, er der valgt ikke at inkludere nitrogen fjernelse, idet kravet ligger langt ude i fremtiden og idet forsyningerne ikke er overbevist om at kravet rent faktisk kommer inden 2040. Dog kan nitrogen fjernelse evt. indtænkes, hvis der i stedet bygges et helt nyt og centralt rensenanlæg for FREVAR KF og MOVAR IKS, se afsnit 2.4.5.

2.2.3 Mikroforureninger

Krav til reduktion af mikroforureninger fra kommunale spildevandsanlæg står højt på den politiske agenda i mange lande selvom det indtil nu kun er i Schweiz der er etableret en egentlig lovgivning på området med krav om udbygning af et stort antal anlæg. Baggrunden for udbygningen og de krav der stilles beskrives i Bundesamt für Umwelt (BAFU, 2012). I flere tyske delstater bygges også anlæg med fjernelse af mikroforureninger. I Sverige er det første anlæg under opførelse og der er truffet beslutning om udbygning af flere andre. Den svenske regering skal inden sommerferien 2017 træffe principbeslutning om der skal etableres en egentlig lovgivning på området.

I Danmark diskuteres fortsat om rensningen skal fokusere på større punktkilder f.eks. hospitaler eller om der er behov for centrale løsninger. Det første fuldskaalanlæg er i drift på Herlev Hospital (<http://innovationsbarometer.coi.dk/case/herlev-hospital-renser-selv-sit-spildevand-og-sparer-millioner/>, 2015) og der har været eller gennemføres test på flere andre hospitaler.

Hospitalet er særligt interessante fordi de er væsentlige punktkilder for udledning af lægemidler og fordi rensningen udover organiske mikroforureninger også eliminerer udledningen af patogene mikroorganismer og antibiotikaresistente bakterier, hvor hospitaler er helt centrale punktkilder.

Et større antal organiske mikroforureninger står på EU's overvågningsliste over prioriterede stoffer senest opdateret i 2015 (2015/495/EU). Det betyder at EU's medlemsstater skal gennemføre målinger således at det på et senere tidspunkt evt. kan etableres et egentligt regelsæt på området. I Danmark er der allerede etableret et regelsæt for afledning af hospitalsspildevand til det offentlige kloaknet (Spildevandsinfo, 2014).

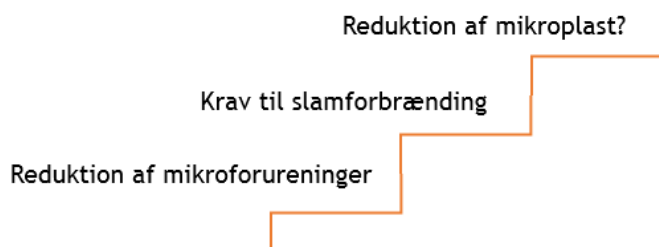
Det er vanskeligt at afgøre hvornår der kan forventes egentlige krav til kommunale renseanlæg om reduktion i udledningen af organiske mikroforureninger og evt. også om reduceret udledning af patogene og antibiotikaresistente bakterier. Det forventes ikke at ske indenfor en kort årrække, men krav kan komme relativt hurtigt, hvis der kommer et politisk pres. Der er BAT-teknologier til rådighed således at en udbygning kan ske hurtigt, hvis der træffes beslutning herom. Hvis der stilles krav om reduktion af organiske mikroforureninger vil evt. krav til hygiejnisering af spildevandet og udledning af antibiotika resistente mikroorganismer formentlig samtidig være løst for de kommunale renseanlægs vedkommende.

2.2.4 Andre krav herunder krav til mikroplast

Tidshorisonten frem imod 2040 er så lang at der kan komme helt nye krav til spildevandsrensning, end dem der er kendt i dag. Der er dog på nuværende tidspunkt ikke så mange ideer om hvad det kunne være. Udledningen af mikroplast har i de senere år fået betydelig opmærksomhed, således at det er et område som skal overvåges. De meget omfattende undersøgelser der har været gennemført de senere år viser dog renseanlæggene kun udgør en meget lille kilde i forhold til andre sektorer. Da hovedparten af mikroplasten ydermere tilbageholdes i de forskellige rensesettrin (Miljøprojekt nr. 1906, 2017) også på norske renseanlæg (IVL-rapport C 71, 2014), vil der formentlig snarere blive stillet krav til slambehandling end til vandrensningen.

2.3 Forventninger om krav til slambehandling

Norge har allerede relativt skrappe krav til slambehandling internationalt set, således at det ikke forventes mange nye krav. Det er dog muligt at de internationale strømninger i retning af at forbyde jordbrugsanvendelsen også slår igennem i Norge. Der forudses derfor kun 3 potentielle krav inden 2040, se Figur 2.



Figur 2. Forventninger om krav til slambehandling - i 3 trin.

2.3.1 Skærpede krav til mikroforureninger

Norge ligger internationalt set i en gruppe lande med meget skrappe krav til tungmetaller i slam end EU's direktiv kræver. Der er dog hele tiden nye stofgrupper som identificeres i slammet og som der potentielt vil blive stillet krav til. I Sverige indeholder det aktuelle forslag til slamforordning udover krav om hygiejnisering af slammet (som det allerede er tilfældet i Norge) også skærpede

krav til tungmetaller samt til en række nye organiske mikroforureninger (SEPA, 2013). Det må derfor forventes at kravene til mikroforureninger i slammet hele tiden skærpes.

2.3.2 Anvendelse af slam

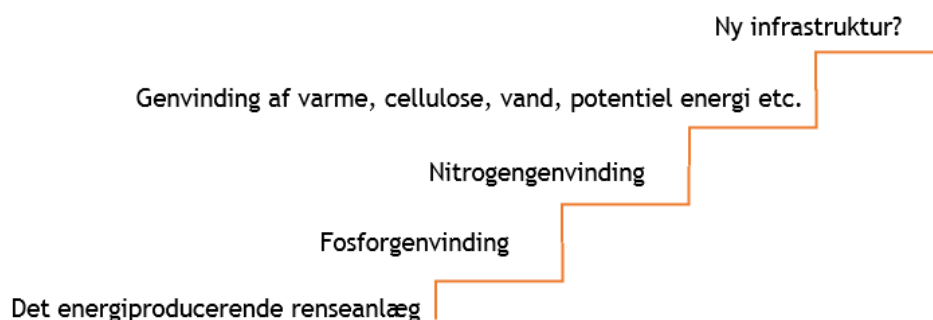
I Norge anvendes en meget stor del af slammet i jordbruget eller til andre anvendelser hvor slam-mets næringsaltsindhold udnyttes. Tendensen i Europa er at krav til slamkvaliteten skærpes eller jordbrugsanvendelsen stoppes helt. I de fleste tilfælde satses på slamforbrænding. I Tyskland har regeringen nu vedtaget en ny slamforordning (Klärschlammverordnung - AbfKlärV, 2017) som i princippet udfaser jordbrugsanvendelse af slam over en lang årrække. Mindre kommunale anlæg (< 50 000 PE) kan dog fortsat anvende slammet i jordbruget. Det må derfor forudses at vilkårene for slam-anvendelsen kan blive skærpes dramatisk eller at et egentligt forbud mod jordbrugsanvendelse også etableres i Norge.

2.3.3 Krav om reduktion af mikroplast eller andre nye krav

Mikroplast som tilføres renseanlæggene separeres i stor udstrækning fra, og med øgede rensningstil-tag i vandbehandlingen øges separationen. Det er uklart om slammets indhold af mikroplast bidrager væsentligt til belastningen af mikroplast i jordbruget idet andre kilder, specielt trafik er en meget væsentlig kilde som også vil belaste landbrugsjorden. En nylig dansk undersøgelse kunne ikke dokumentere forskel i mængden eller typen af mikroplast i landbrugsjord som funktion af slamgødsning. Grundlaget var dog relativt lille og konklusionerne skal anses som meget usikre. Det er forventningen at en større svensk undersøgelse vil kunne fastslå effekten, idet der tages målinger fra jorde som har været gødet med slam i mange år. Det er dog vanskeligt at forestille sig at der stilles krav om bortrensning af mikroplast fra slam, i stedet vil det formentlig som for mikroforureninger blive stillet krav om maksimumindhold som vil forhindre jordbrugsanvendelsen af de mest belastede slamtyper eller etableret et egentlig forbud mod jordbrugsanvendelse af slam.

2.4 Energoptimering og ressourcegenanvendelse

Vandsektoren er som alle andre sektorer i samfundet underlagt en række ønsker, krav og vilkår som resultat af den generelle forventninger om at sektoren bidrager til samfundsudviklingen. Rensean-læggene ses derfor i stigende grad som mere end faciliteter til at rense spildevand. I mange lande arbejdes der med renseanlæggene som ressourcecentre eller bioteknologiske fabrikker. FREVAR KF og MOVAR IKSs anlæg er internationalt set relativt små, således at det er mindre attraktivt at ud-bygge anlæggene som egentlige produktionsenheder, men fokus på energi og ressourceudnyttelse må på længere sigt forventes også at få indflydelse på sådanne anlægs udbygning. Forventningen til den fremtidige udvikling fokuseres på 5 områder, se Figur 3.



Figur 3. Energoptimering og ressourcegenanvendelse - i 5 trin

2.4.1 Det energiproducerende renseanlæg

Klimaudfordringen og høje energipriser har i de senere år ført til ønsket om at også vandsektoren skal yde sit bidrag til reduktion af energiforbruget. Der arbejdes mange steder med "det energiproducerende renseanlæg" (se f.eks. Egå, 2017) og alle anlæg behøver at overveje hvilke store og små potentialer, der kan udnyttes for at reducere energiforbruget. Området omfatter alt fra gennemgang af eksisterende teknologi til etablering af helt nye processer til vandrensningen og slambehandling. Derudover kan spildevandets faciliteter benyttes til energiproduktion baseret på andet end spildevand f.eks. kildesorteret organisk dagrenovation (KOD). Området er aktuelt allerede i dag og skal tænkes ind når nye ændringer overvejes.

Teknologier der muliggør udnyttelse af spildevandets varme og potentielle energi er etableret på mange renseanlæg. Ved udbygning med biologisk rensning bør overvejes hvor stor en del af det organiske materiale, der kan "høstes" inden det biologiske trin for at øge biogasudbyttet og reducere energibehovet til den biologiske rensning.

2.4.2 Fosforgenvinding

Fosfor er en endelig ressource som der skal tages vare på både nu og i fremtiden. Norske renseanlæg har en meget høj genanvendelse af fosfor i kraft af den udbredte jordbrugsanvendelse af slammet. Der skulle således ikke umiddelbart forventes krav om genvinding af fosfor. Når det alligevel forventes i fremtiden skyldes det både en vis usikkerhed om fosforens tilgængelighed når den findes i slammet stærkt bundet til metalsalte og usikkerheden om den fremtidige jordbrugsanvendelse af slammet. Der arbejdes internationalt på mange fronter med fosforgenvinding både direkte i spildevandsprocesserne; men også med ekstraktion fra asken på anlæg med slamforbrænding. Det foreslåede norske initiativ om en fosforplatform (Norsk Vann, 2016) viser behovet for at indtænke fosforgenvinding i de fremtidige løsninger for FREVAR KF og MOVAR IKSs renseanlæg.

2.4.3 Nitrogengenvinding

Nitrogen er ikke som fosfor en endelig ressource. Produktion af nitrogen til gødningsformål er en meget energiintensiv proces og mulighederne for at producere nitrogengødning baseret på spildevandets nitrogenindhold findes på nogle få spildevandsanlæg rundt omkring i verden, bl.a. på VEAS i Oslo. Hvis der stilles krav til nitrogenfjernelse fra spildevandet stiller det store krav til anlæggenes udbygning og drift således at det være attraktivt at overveje mulighederne for hel eller delvis nitrogengenvinding. Krav om nitrogengenvinding (selvom det bare er en mindre andel) er en del af det nye forslag til slamforordning i Sverige (SEPA, 2013).

2.4.4 Genvinding af ressourcer i spildevandet

Hvis spildevandet betragtes som en ressource i stedet for som et affaldsprodukt åbnes op for genvinding af både materialer, energi og vand. En sådan tankegang kan få meget store konsekvenser for valg af løsninger til selve vandrensningen. Nye muligheder skal overvejes allerede i dag; men også medtænkes ved ændringer i spildevands- eller slambehandlingen.

Det kan eksempelvis overvejes om cellulosefibre, som udgør en meget stor del af det materiale der kan frafiltreres spildevandet skal udnyttes som ressource i stedet for at blive brændt eller blive lavet til biogas. Sådanne projekter er i gang i Nederlandene på en række mindre renseanlæg (se eksempelvis Ruiken et al., 2013).

Der udføres også en lang række undersøgelser som beskæftiger sig med udvinding af metaller i spildevandet og mulighed for produktion af højværdi produkter, såsom plastik, alger, alginat, proteiner etc. Teknologier hertil er dog ikke tilgængelige eller ikke på nuværende tidspunkt rentable.

2.4.5 Ny infrastruktur

På langt sigt bør også den generelle samfundsudvikling indtænkes i udbygningen af renseanlæg. Mulighederne for at genvinde ressourcerne i spildevandet har nogle steder ført til at tankegangen om at samle spildevandet fra større byområder er forladt, og decentrale systemer etableres selv i større byer. Disse tendenser ses i hele Europa både som en måde at etablere bæredygtige bosteder og som et middel til at undgå større udvidelser af renseanlæg, der allerede ligger centralt i byerne således at udvidelserne bliver problematiske. Det sidste er formentligt ikke noget problem for FREVAR KF og MOVAR IKS, men det første punkt bør overvejes når prognoser for den fremtidige belastning overvejes.

Ved en sammenlægning af FREVAR KF og MOVAR IKSs renseanlæg frem mod 2040, vil der blive tale om et renseanlæg som samlet set skal rense spildevand fra i omegnen af 250.000 PE. Hvis dette bliver aktuelt, kan FREVAR KF og MOVAR IKS overveje om et nyt anlæg skal forberedes til nitrogen fjernelse. Dette er nemmere på et helt nyt anlæg, da det formodes at der ikke vil være udfordringer med pladskrav.

En sammenlægning kan bidrage til at skabe en ny kultur, øge vidensniveauet og give begge forsyninger et kompetenceløft.

2.5 Bæredygtig udvikling

Bæredygtig udvikling blev introduceret i 1987 gennem FNs verdenskommission for miljø og udvikling som *"en bæredygtig udvikling skal sikre menneskenes nuværende behov uden at forringe fremtidige generationers muligheder for at opfylde deres"*. Begrebet er siden anvendt i mange forskellige sammenhænge, med forskellige betydninger og varierende indhold.

Ifølge en rapport fra Norsk Vann (2014), er det en vigtig forudsætning for en samlet bæredygtig vandbranche i Norge, at der er en fælles forståelse af begrebet bæredygtighed. Rapporten definerer tre centrale dimensioner af bæredygtighed:

- Miljømæssig: forvaltning og udvikling af VA-tjenester skal ske indenfor naturens tålegrænser.
- Økonomisk: varetages gennem bæredygtig ressourcebrug og kosteffektive løsninger.
- Social: gælder brugerne af VA-tjenester, herunder deres sociale oplevelser og varetagelse af bæredygtige løsninger.

Det gennemgående princip er, at de miljømæssige, økonomiske og sociale forhold skal overlape hinanden, og en bæredygtig udvikling skal tage hensyn til og bygge på at disse tre dimensioner er ligeværdige. Princippet er vist herunder i Figur 4.



Figur 4. De tre centrale dimensjoner i bærekraftighet/bæredygtigheds-begrebet (Norsk Vann, 2014).

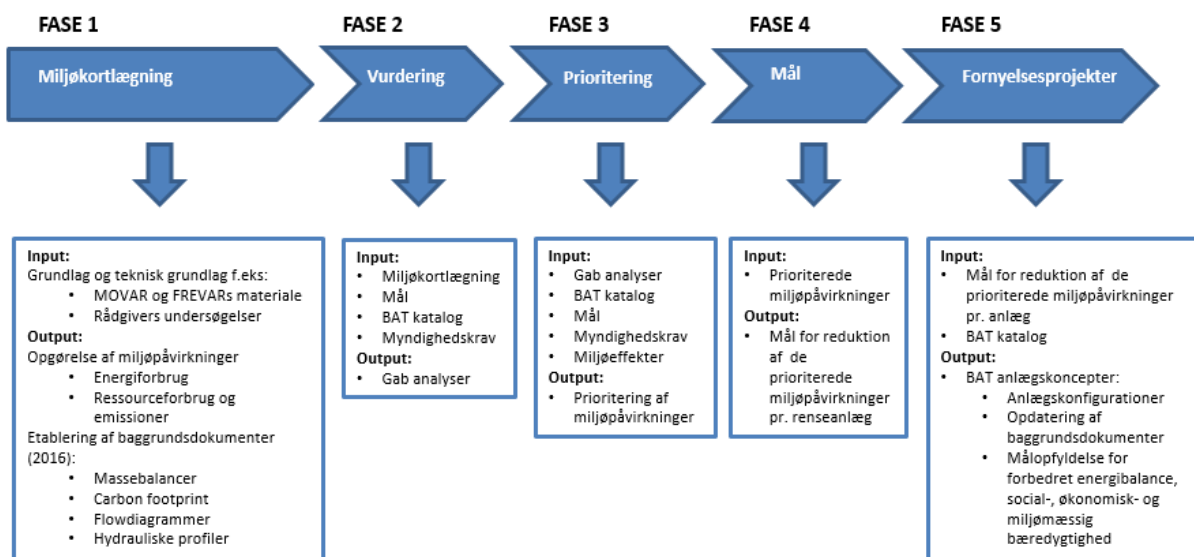
3. Metodebeskrivelse af BAT-analyse

I BAT-analysen identificeres de tilgængelige BAT-teknologier, der kan indgå i innovative BAT-anlægskoncepter på de enkelte renselanlæg, således at FREVAR KF og MOVAR IKSs strategiske målsætninger opfyldes.

3.1 Faseopdelt fremgangsmetode

I følgende afsnit beskrives den metode, der er anvendt i BAT-analysen samt de øvrige metoder der er taget i anvendelse for at frembringe anlægskoncepterne til FREVAR KF og MOVAR IKS.

Et overblik over BAT-analysens fem faser fremgår af Figur 5.



Figur 5. Faseopdelt fremgangsmetode for BAT-analysen.

Fase 1: Miljøkortlægning

I første fase af BAT-analysen foretages en kortlægning af miljøpåvirkningerne (forbrug og emissioner) fra de enkelte renselanlæg for driftsåret 2016. Samtidigt etableres en række baggrundsdokumenter for de enkelte renselanlæg, bestående af flowdiagrammer, massebalancer og en opsætning af de hydrauliske- og stofmæssige dimensioneringsforudsætninger. Her kvantificeres ligeledes CO₂ opførelse for 2016.

Parallelt med miljøkortlægningen udarbejdes et velfunderet BAT-katalog indeholdende beskrivelser af State of the Art teknologier såvel som nye spirende teknologier, der går ud over State of the Art. Her ligger fokus på at præsentere løsninger, som kan bidrage markant til opfyldelsen af FREVAR KF og MOVAR IKSs strategiske målsætninger. En mere uddybende introduktion til BAT-kataloget er præsentert i afsnit 4 og selve BAT-kataloget er vedlagt som bilag 1.

Fase 2: Vurdering

I anden fase af BAT-analysen er der foretaget en overordnet vurdering af mulighederne for at reducere miljøpåvirkninger for renselanlæggene. Der er i de foregående projektfaser indsamlet informationer og genereret viden, som i denne fase skal vurderes i forhold til inddragelse heraf i det videre arbejde.

Resultaterne af miljøkortlægningen vurderes. Der identificeres gab mellem det pågældende renselanlægs aktuelle formåen og de opstillede mål for 2040.

I denne fase foretages en overordnet vurdering af effektiviseringsmulighederne indenfor de enkelte procestrin. I forhold til minimering af CO₂ emissionen kan der ske en udpegning af, hvilke procestrin, der er betydeligt energiforbrugende, og hvor potentialet for energiminimering er størst. Ydermere, kan mulighederne for øget energiproduktion afdækkes ved en vurdering af den nuværende energiproduktion og potentielle metoder til maksimering af denne.

Fase 3: Prioritering

I fase 3 er der foretaget en prioritering og strukturering af FREVAR KF og MOVAR IKSs målsætninger og forventninger til kommende krav. Dette er udført i tæt samarbejde imellem EnviDan, FREVAR KF og MOVAR IKS på en række møder og workshops.

Fase 4: Mål

I denne fase bliver de enkelte prioriterede målsætninger vurderet ift. nedbringelse af miljøpåvirkninger gennem udvælgelse af specifikke BAT-teknologier fra BAT-kataloget. Dette udføres vha. en screening af de enkelte udvalgte BAT-teknologier samt screening af en række koncepter.

Fase 5. Fornyelsesprojekter

I den femte fase testes effekten af de udvalgte teknologier fra BAT-kataloget. Der udføres anlægskoncepter til opfyldelse af forventede mål og fordele/ulempes vurderes for hvert enkelt koncept. Fase 5 udmunder i valg af et samlet anlægskoncept 2040 for hver af renseanlæggene.

3.2 Anvendte analyse-, beregnings- og vurderingsmetoder

I det følgende beskrives de metoder, som er blevet anvendt til beregning, kvantificering/kvalificering og vurdering af opstillede scenarier i BAT-analysen med henblik på at identificere, for dette niveau, velfunderede anlægskoncepter.

3.2.1 EnviDans beregningsprogram

EnviDans beregningsprogram anvendes i BAT-analysen til konkrete vurderinger/beregninger i forhold til afprøvning af diverse scenarier.

3.2.2 CO₂ opgørelse

I CO₂ opgørelsen, tages der udgangspunkt i emissionsdata fra beregningsmodellen, som blev udviklet i projektet: "Klimatpåverkan från avloppsreningsverk" (SVU 12-120).

(tilgængelig via: <http://va-tekniksodra.se/2014/04/klimatpaverkan-fran-avloppsreningsverk/>).

Metoden er beskrevet i flere detaljer i bilag 2, sammen med CO₂ opgørelserne for Øra renseanlæg.

3.2.3 GAB analyse

GAB-analysen anvendes i fase 2 til vurdering af gabet mellem renseanlæggets aktuelle formåen og de opstillede mål for 2040. Endvidere er den anvendt afslutningsvist til at opgøre i hvilken grad de udviklede BAT-anlægskoncepter opfylder de strategiske målsætninger. Dette udmunder i en tabel med målopfyldelse for de enkelte målsætninger.

3.2.4 Økonomiske vurderinger

I EnviDans tilbud, blev der taget udgangspunkt i at de økonomiske beregninger blev baseret på NPV, hvor alle økonomiske omkostninger (investeringer/afskrivninger, drift og vedligeholdelse) omregnes til nutidsværdi. Set i lyset af udbudsmaterialet og aftalen om at vi skal kigge på teknologivalg for en given belastning og estimerede krav/målsætninger i 2040, vurderes det, at den mest fordelagtige metode til den økonomiske vurdering er at bruge CAPEX og OPEX værdier i nutiden som sammenligningsgrundlag. Så kan FREVAR KF og MOVAR IKS løbende udføre reguleringer baseret på estimeret inflation i planperioden.

I projektet påregnes at eksisterende bygværker kan genbruges, idet det forudsættes at der udføres almindelig vedligeholdelse og renovering i planperioden.

3.2.5 Følsomhedsanalyse

Der gennemføres procesberegninger, hvor effekten for forskellige løsningstiltag vurderes med henblik på opfyldelsen af FREVAR KF og MOVAR IKSs strategiske målsætninger.

Der er gennemført en følsomhedsanalyse for disse beregninger, både med hensyn til det stofmæssige og hydrauliske grundlag. Derudover gennemføres der ligeledes en følsomhedsanalyse relateret til investeringsbehovet. Resultatet af disse analyser anvendes til at lave den endelige prioritering af de enkelte løsningsforslag, så det sikres, at den bedste løsning integreres.

3.2.6 Risikovurdering

I forbindelse med gennemgang af de prioriterede løsningsforslag er der sket en løbende vurdering af risici. Specielt renoverings- eller udbygningsprojekter er oftest forbundet med risici, som skal analyseres og vurderes, før en endelig prioritering af løsningsforslaget kan gennemføres. Når en usikkerhed med en given sandsynlighed (høj eller lav) kan medføre negative konsekvenser ved gennemførelsen af projektet betragtes usikkerheden, som en risiko.

Denne risiko håndterer vi systematisk ved at analysere og vurdere denne, så der kan tages en beslutning/udvælges nogle risikoreducerende tiltag, som kommer til udtryk ved enten at reducere sandsynligheden for, at hændelsen sker eller ved at begrænse konsekvensen, hvis hændelsen skulle ske.

I forbindelse med risikovurderingen anvendes skemaerne i Figur 6 og Figur 7, således at der er en systematisk tilgang til vurderingen.

Konsekvens	Lille	Mellem	Høj
Sandsynlighed			
Meget usandsynligt	Risiko kan tolereres	Risiko kan tolereres	Moderat risiko
Sandsynligt	Risiko kan tolereres	Moderat risiko	Risiko kan ikke tolereres
Meget sandsynligt	Moderat risiko	Risiko kan ikke tolereres	Risiko kan ikke tolereres

Figur 6. Skema for fastlægning af risiko som produkt af sandsynlighed for konsekvens

Risiko kan ikke tolereres	En risiko, der ikke kan tolereres, må ikke være til stede i opgaven. Risikoen skal fjernes.
Moderat risiko	En moderat risiko skal fjernes eller nedsættes. Alternativt bør der opsættes mål for fjernelse. Risikoen skal angives i instruktionen, således at den kan håndteres ved udførelse af opgaver på renseanlæg.
Risiko kan tolereres	En risiko der kan tolereres, bør medtages i forbindelse med fastsættelse af mål. Risikoen skal angives i instruktionen, således at den kan håndteres ved udførelse af opgaver på renseanlæg.

Figur 7. Skema for fastlægning af behov for andre løsninger og eventuelle foranstaltninger, der nedbringer risikoen.

4. BAT katalog

Udarbejdelse af et selvstændigt BAT-katalog med beskrivelser af BAT-teknologier har været et centralt element i udarbejdelsen af visionære anlægskoncepter til Teknologivalg 2040 for FREVAR KF og MOVAR IKS. Hele BAT-kataloget fremgår af bilag 1.

Da Teknologivalg 2040 i sagens natur strækker sig flere år frem, er det valgt at udvide det traditionelle BAT-begreb, som er beskrevet i IE-direktivets artikel 3, nr. 10. Her fastslås, at A'et (Available) i BAT-begrebet betyder, at teknologien er udviklet til et niveau, hvor den kan anvendes i den relevante sektor på økonomiske og tekniske mulige vilkår. Det er valgt at inkludere flere relevante lovende teknologier, der formodes at kunne nå et sådant stade i den aktuelle tidsperiode eller kan udvikles af FREVAR KF og MOVAR IKS.

BAT-kataloget indeholder således både State of the Art teknologier, der opfylder den traditionelle BAT-definition og en række lovende, men mindre udviklede teknologier, som bedømmes at være interessante i den aktuelle sammenhæng. Teknologier som ligger længere ude i fremtiden er ikke inddraget i BAT-kataloget, men er i stedet beskrevet i bilag 3.

4.1 Udvælgelse af BAT-teknologier

BAT-kataloget skal i første omgang benyttes til at identificere de teknologier, der kan være attraktive at implementere på de enkelte procestrin på Øra og/eller Fuglevik renseanlæg. Styrende for udvælgelsen af, hvilke teknologier, der indgår i BAT-kataloget har derfor været FREVAR KF og MOVAR IKSs overordnede visioner og målsætninger.

På baggrund af et basiskatalog med mere end 70 potentielle BAT-teknologier, er der udvalgt 38 BAT-teknologier ud fra kriterierne:

- Væsentlig betydning for valg af BAT-anlægskoncept
- Opfylde en eller flere målsætninger eller forventning til fremtidige krav
- Indeholder væsentlige elementer af innovation eller fremtidsperspektiv

Kataloget indeholder ikke kendt standardudstyr indenfor spildevandssektoren i Norden, f.eks. slamafvandingsudstyr (bortset fra forafvandning af bioslam) eller energibesparende pumper.

4.2 BAT-katalogets opbygning

BAT-kataloget er opbygget således, at teknologierne præsenteres så de følger vandets og slammets vej gennem et renseanlæg. En oversigt over BAT-teknologierne på de enkelte procestrin fremgår af Figur 8 og Figur 9. Disse oversigter fungerer samtidig som en indholdsfortegnelse over de udvalgte BAT-teknologier, der er indeholdt i BAT-kataloget.

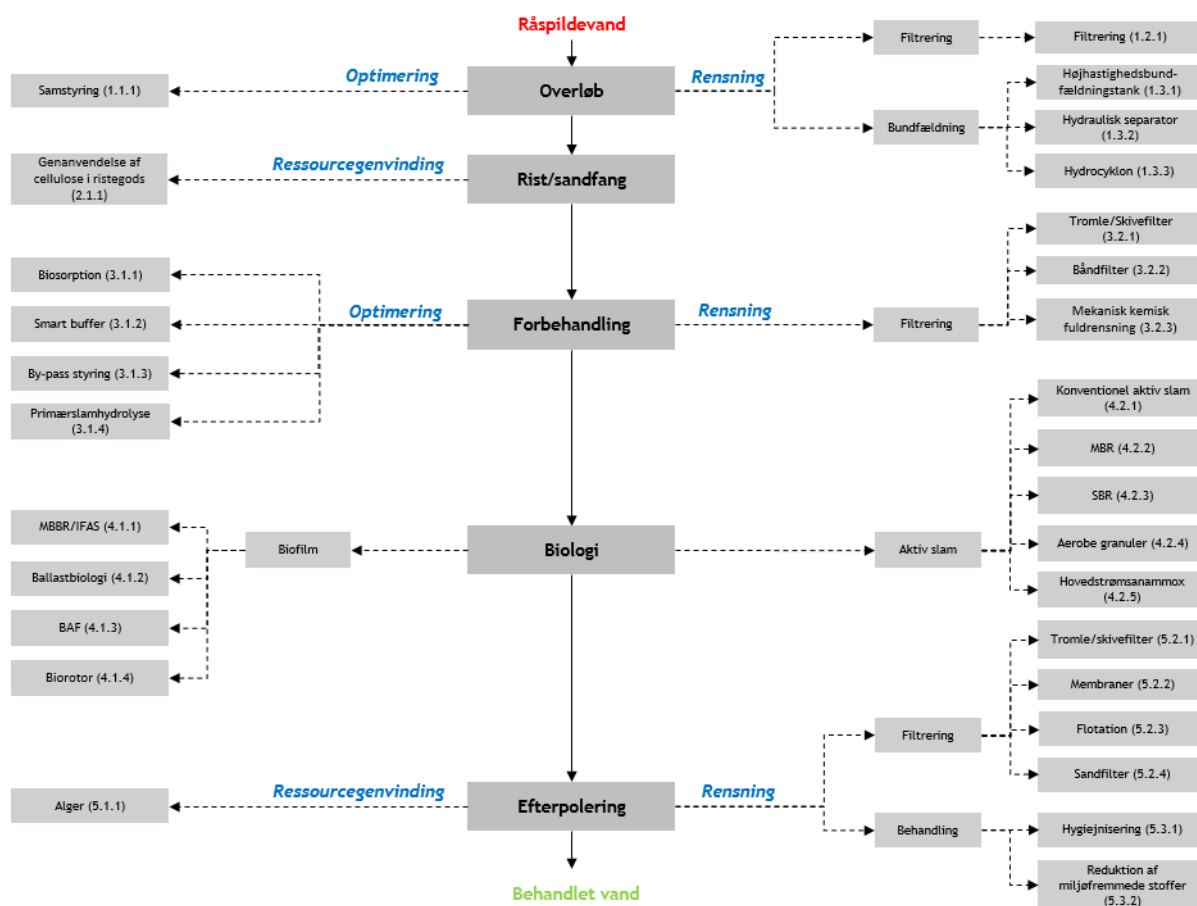
De enkelte BAT-teknologier beskrives på et 1-sidet paradigme med en række relevante udvælgelsesparametre:

- Effektivitet mht. reduktion af SS, KOF, kvælstof og fosfor
- Økonomi (anlægsinvestering/driftsomkostninger)
- Skalérbarhed
- Modenhed
- Implementerbarhed
- Arbejdsmiljø
- Fordele og ulemper ved teknologien

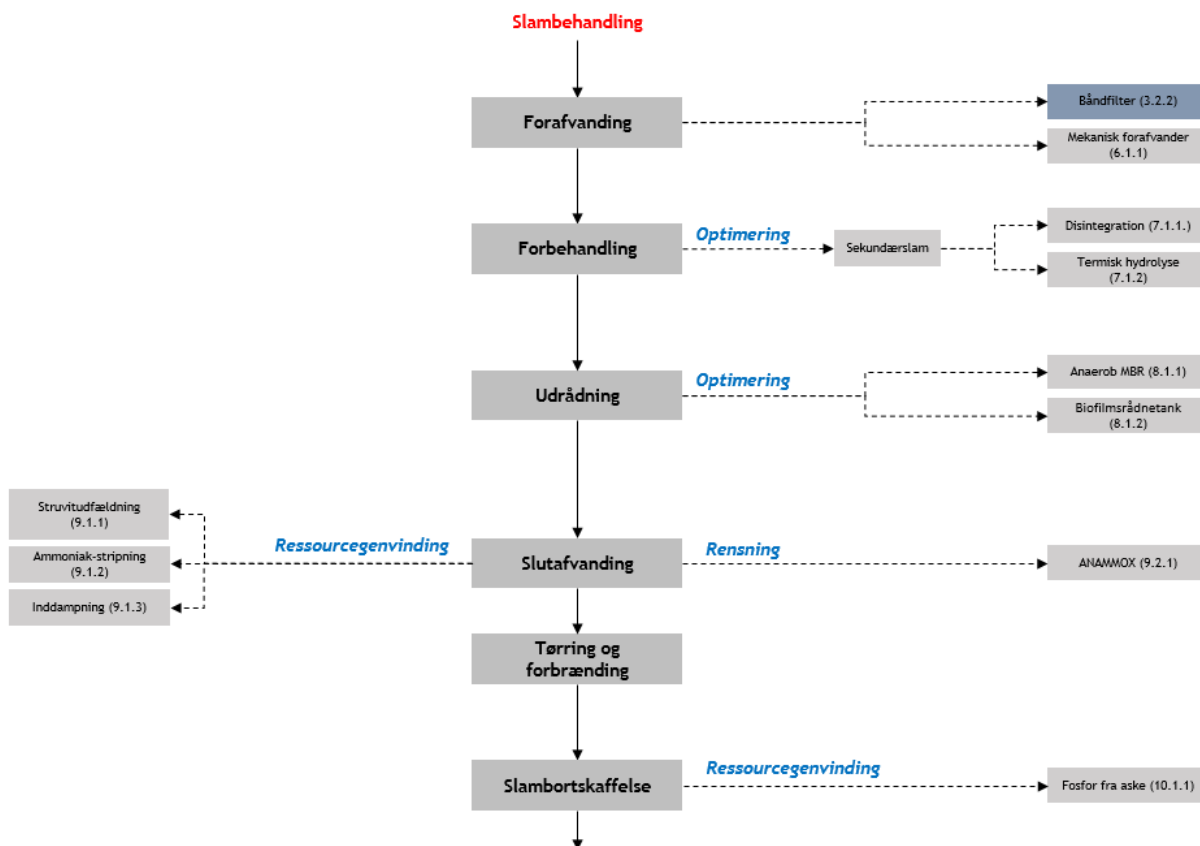
Beskrivelsernes formål er at bidrage til grovsorteringen af hvilke teknologier, der kan være relevante at medtage i BAT-analysen for opstilling af visionære BAT-anlægskoncepter. De angivne informationer er derfor målrettet mod at beskrive, hvilke pejlemærker og målsætninger, der opfyldes (eller modvirkes).

Der er ikke indhentet tilbud, udført skitseprojektering eller tilsvarende for at fremskaffe de angivne oplysninger. BAT-kataloget baseres alene på informationer fra angivet litteratur, referencer eller EnviDans og tilknyttede eksterne konsulenter's erfaring fra andre projekter primært udført i Danmark, Sverige og Holland. De økonomiske data i kataloget er derfor behæftet med relativ stor usikkerhed og kan kun anvendes til estimering af grove overslagspriser. BAT kataloget kan bidrage til at belyse teknologiens hovedfunktion og hoveddata. Det har derfor for flere teknologier ikke været muligt at præcisere investerings- og omkostningsniveauerne eller at få udfyldt alle informationer.

BAT-katalogets opbygning er vist herunder for hhv. behandling af spildevand (Figur 8) og behandling af slam (Figur 9).



Figur 8. Oversigt over BAT-teknologier pr. procestrin i et rensningsanlæg - spildevand. By-pass kan placeres både før Rist/sandfang og efter Forbehandling.



Figur 9. Oversigt over BAT-teknologier pr. procestrin i et renselanlæg - slam. BAT teknologi 3.2.2 (Båndfilter) indgår også i Figur 8, så derfor er den markeret med blå.

5. BAT-analyse - Øra renseanlæg

BAT-analysen følger de 5 faser, som vist i Figur 5.

5.1 Fase 1: Miljøkortlægning

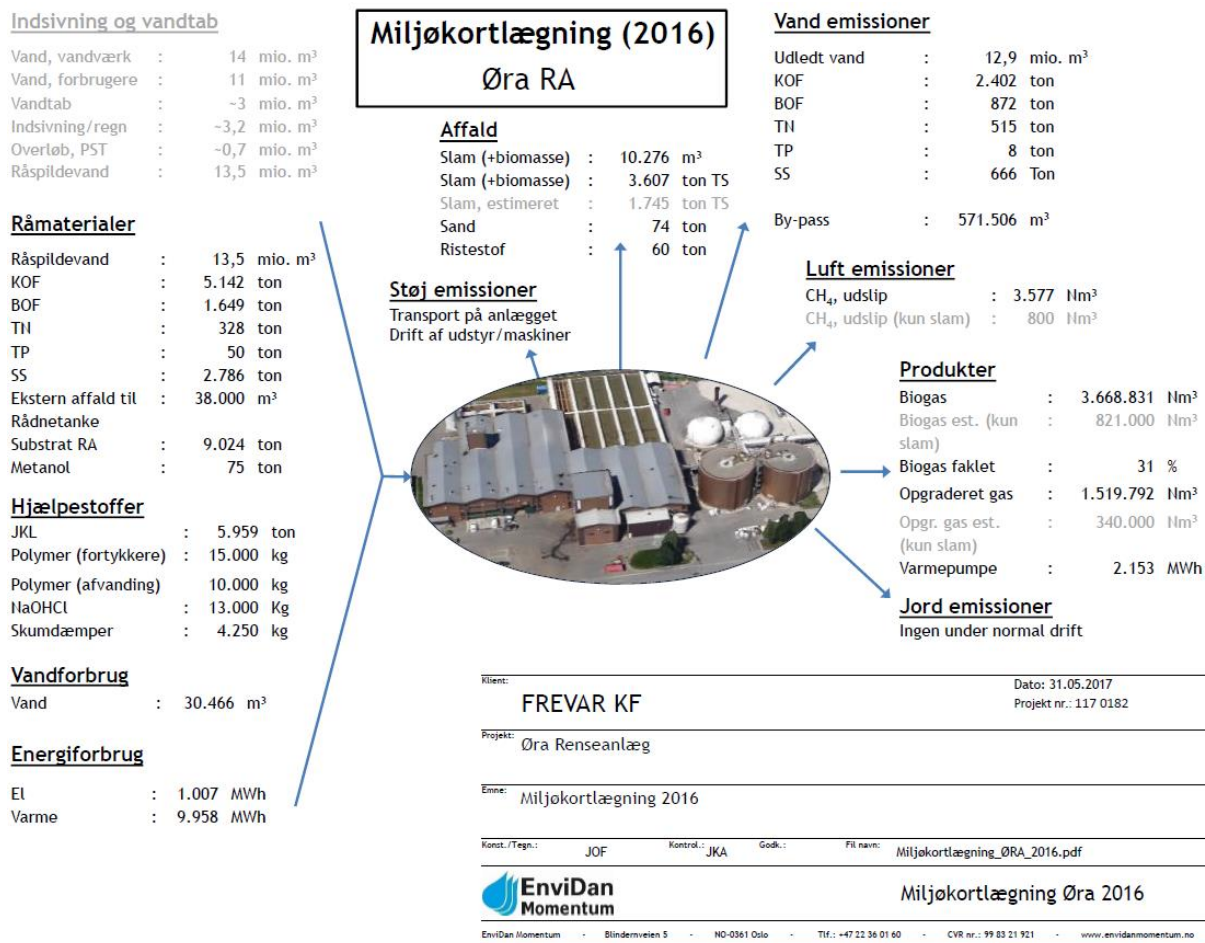
Miljøkortlægningen består af en række baggrundsdokumenter for Øra renseanlæg (for 2016). Baggrundsdokumenterne består af flowskema, hydraulisk profil, massebalance, CO₂ opgørelse og selve miljøkortlægningen.

5.1.1 Miljøkortlægning, 2016

Miljøkortlægningen for Øra renseanlæg for 2016 er foretaget på baggrund af data fremsendt af FREVAR KF. Data stammer fra driftsdata ark (Excel), officielle rapporter og interne oplysninger fra driftspersonalet på anlægget. Miljøkortlægningen er vist i Figur 10.

I miljøkortlægningen er der udført beregninger, som vurderer slammets andel af den totale bortkørt biomasse samt produceret (og opgraderet) biogas. Dette skyldes, at de opgivne data fra FREVAR KF inkluderer store mængder af ekstern biomasse, eksempelvis affald, som udrådnes på forsyningens rådnetanke.

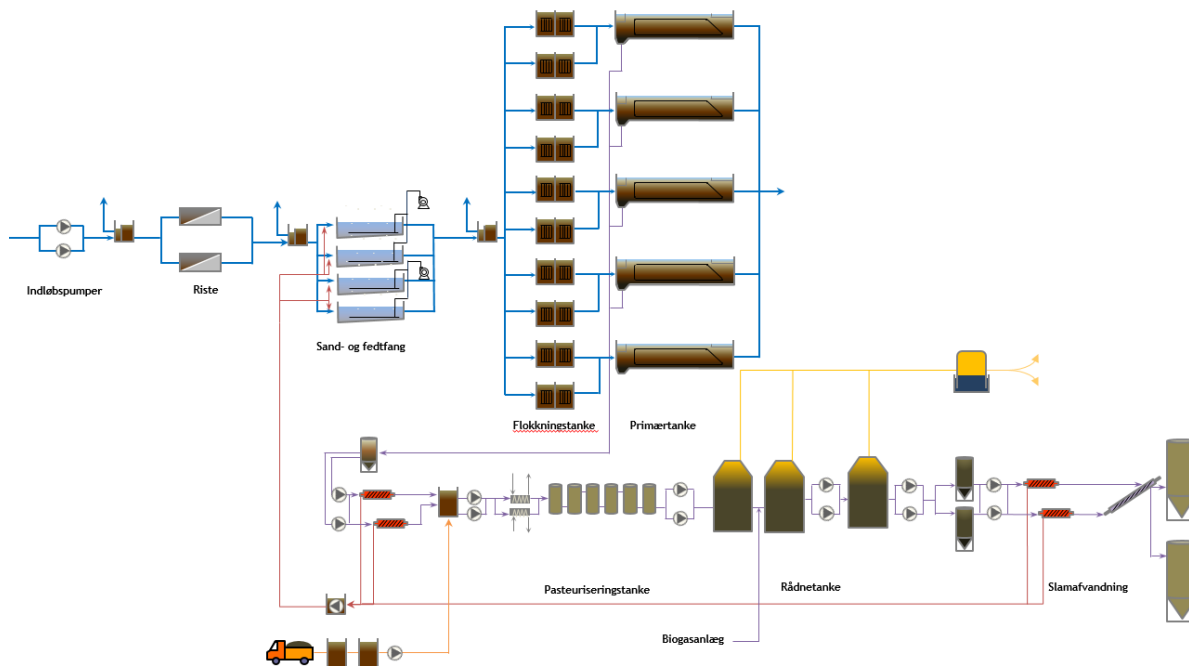
Der er ligeledes sat tal på indsvivning og vandtab fra vandværket til renseanlægget. Dette indgår ikke i BAT-analysen, men er blot inkluderet for at sætte fokus på udfordringerne herom.



Figur 10. Miljøkortlægning for Øra renseanlæg for 2016

5.1.2 Flowskema, 2016

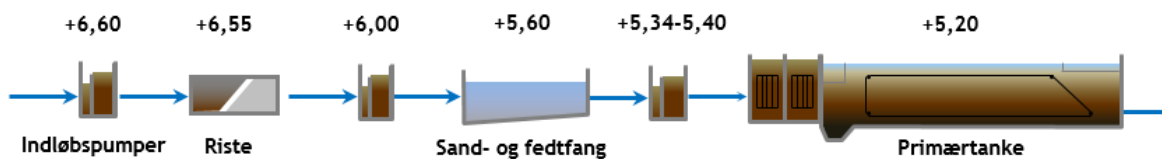
På baggrund af materiale modtaget af FREVAR KF, er der udført et flowskema for den nuværende opbygning af Øra renselanlæg (2016), se Figur 11.



Figur 11. Flowskema over den nuværende opbygning af Øra RA.

5.1.3 Hydraulisk profil, 2016

Den hydrauliske profil er baseret på modtagne tegninger fra FREVAR KF, se Figur 12.



Figur 12. Hydraulisk profil, Øra RA.

5.1.4 Massebalance, 2016

Massebalancen for Øra renselanlæg 2016 er vist i bilag 4.

5.1.5 CO₂ opgørelse, 2016

CO₂ opgørelsen samt baggrunden for beregningerne og valg af emissionsfaktorer er vedlagt som bilag 2.

5.1.6 Belastningsprognose, 2040

Der forventes en beskeden befolkningstilvækst i oplandet, hvilket betyder at belastningen til Øra i 2040 forventeligt stiger en smule. Prognosen for 2040 er udarbejdet af FREVAR KF.

Belastningen i 2016 og prognose for den forventede fremtidige belastning i 2040 er vist i Tabel 1.

Tabel 1. Prognose 2040 for Øra renseanlæg.

	Enhed	Belastning 2016	Belastning Prognose, 2040	Ændring, 2016-2040
KOF	kg/d	14.089	16.789	+19 %
BOF	kg/d	4.519	5.869	+30 %
SS	kg/d	7.633	9.208	+21 %
TN	kg/d	897	1.167	+30 %
TP	kg/d	137	178	+30 %
Flow, døgn middel	m ³ /d	35.140	38.515	+10 %
Flow, time middel	m ³ /h	-	1.605	-
Flow, time, tørvejr	m ³ /h	-	2.407	-
Flow, time, regnvejr	m ³ /h	-	3.750	-

Eksempelvis bliver KOF belastningen øget fra 14.100 kg KOF/d til 16.800 kg KOF/d, hvilket svarer til en forøgelse på 19 %. Dette betyder, at der kan komme pres på nogle af de eksisterende enheder på renseanlægget.

5.2 Fase 2: Vurdering

I anden fase af BAT-analysen er der foretaget en overordnet vurdering af mulighederne for at reducere miljøpåvirkninger for renseanlæggene.

På baggrund af FREVAR KF og MOVAR IKSs ønsker og målsætninger, resultatet af miljøkortlægningen samt forventninger til fremtidige krav, blev følgende områder udpeget, som fokusområder for det videre forløb. Fokusområderne blev udpeget i samarbejde imellem FREVAR KF, MOVAR IKS og Envi-Dan:

- Reduktion af organisk stof til recipient (krav til BOF/KOF i 2020/2025)
- Fosfor (reduktion til recipient, P som gødning/ressource)
- Reduktion af kemikalieforbrug
- Reduktion af energiforbrug
- Øget produktion af biogas til energiformål
- Bedre CO₂ regnskab
- Footprint/arealanvendelse
- Fremtidssikring af anlæg
- Miljøfremmede stoffer inkl. mikroplast
- Højværdiprodukter

Derudover har arbejdsbelastning, arbejdsmiljø, kompetencer, robusthed, fleksibilitet og vedligehold ligeledes været en del af vurderingen for de enkelte teknologivalg, jf. BAT-kataloget, bilag 1.

Det er i BAT analysens første fase fundet, at Øra RA i dag overholder nuværende gældende renskrav. Med de kommende skrappe grænseværdier for KOF og BOF kommer driften af Øra RA til at ændres dramatisk.

Renseanlægget renser på nuværende tidspunkt spildevandet ved tilsætning af fældningskemikalier til flokkuleringstanke efterfulgt af bundfældning. Denne kemikalietilsætning er pt. voldsomt høj, hvilket er grunden til anlæggets gode rens effektivitet. Den høje kemikaliedosering danner store

mængder inert kemisk slam som skal håndteres i rådnetankene og slamafvandingsystemet. Mængden af kemikalier skal reduceres kraftigt fremover.

På nuværende tidspunkt bliver den producerede biogas opgraderet til transportformål. Selve udnyttelsen af biogassen i 2040 er ikke vurderet, efter aftale med FREVAR KF. I forbindelse med beregning af miljøkortlægning og CO₂ opgørelse for 2040 og til vurdering af målopfyldelse, er der dog fortsat regnet med opgradering af biogassen, for at kunne sammenligne med 2016. Opgradering af biogassen er rigtig godt for både driftsøkonomi og miljø (CO₂ opgørelse).

Der er et gab imellem den aktuelle performance af renseanlægget ift. de opstillede mål for 2040. Der vil især være behov for teknologier til:

- Indledende høj kulstofhøst for maksimal energiudnyttelse
- Fjernelse af BOF/KOF ved biologisk rensning med aerobe processer med lufttilførsel

Begge punkter er med fokus på teknologivalg med et lavt footprint.

5.3 Fase 3: Prioritering

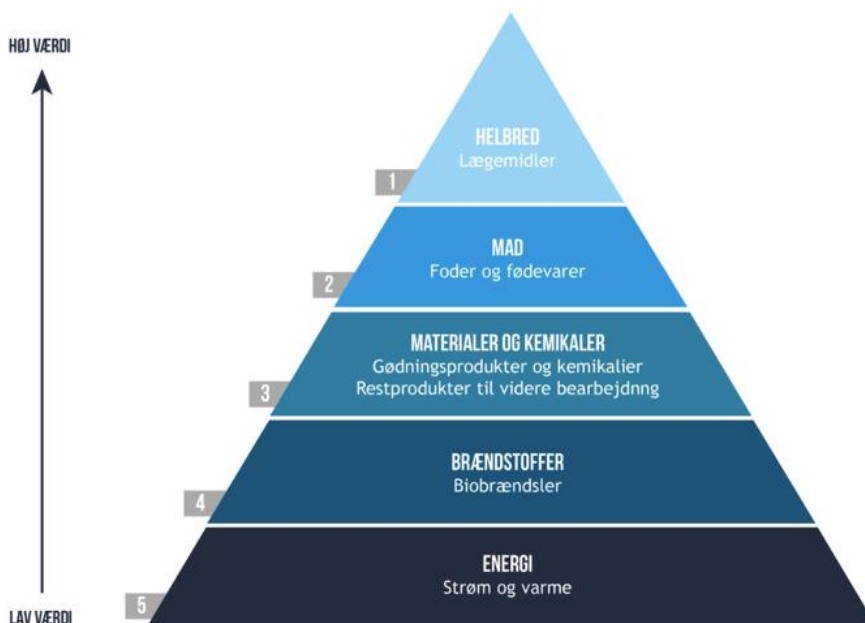
Nogle af ovennævnte fokuspunkter er i konkurrence med hinanden og andre understøtter hinanden. Det er derfor vigtigt at gøre sig klar hvilke fokuspunkter der er vigtigere end andre. I dette projekt er der skelet til et værktøj, som er beskrevet i van der Hoek et al. (2016), se Figur 13. Værktøjet hedder frit oversat "Værdipyramiden" og den viser hvilke fokuspunkter der vægtes højest i en given situation. Værdipyramiden herunder viser blot et eksempel på en vægtning af fokusområder og er anvendt som inspiration til prioriteringen af teknologivalg 2040 for FREVAR KF.

I værdipyramiden, er der lagt vægt på de basale funktioner i vores samfund, såsom helbred og mad (øverst i pyramiden = højeste værdi + lavest volumen). Dette bør være højeste prioritet for de valg der tages ift. de fremtidige udfordringer samfundet står overfor. Det er dog ikke altid muligt, da vi i dag ikke kan producere eksempelvis medicin og mad på baggrund af spildevand. Nederst i pyramiden findes de værdier som har lavest værdi og mest volumen. I fremtiden vil der ikke være lige så stort behov for eksempelvis energi og brændstoffer. Dette er værd at tage med i vurderingerne for 2040.

På baggrund af analysen om forventning til fremtidige krav (se afsnit 2), fase 1 og 2, workshop med diskussioner af målsætninger og prioriteringer for fremtidig spildevandsrensning (2040) samt anvendelse af værdipyramiden, er der udpeget følgende overordnede fokuspunkter, som er omdrejningspunktet for de næste faser af BAT-analysen.

- Reduktion af organisk stof til recipient (krav til BOF/KOF i 2020/2025)
- Kulstofhøst for en bedre energiudnyttelse
- Fosforgenvinding
- Lavt footprint/arealanvendelse
- Fremtidssikring

Generelt er der et højt ønske om løsninger, der understøtter ressourceudnyttelse, cirkulær økonomi og bæredygtighed.



Figur 13. Værdipyramide, tilpasset fra van der Hoek et al. (2016)

5.4 Fase 4: Mål

I denne fase bliver de enkelte prioriterede målsætninger vurderet ift. nedbringelse af miljøpåvirkninger gennem udvælgelse af specifikke BAT-teknologier fra BAT-kataloget. Dette udføres vha. en screening af de enkelte udvalgte BAT-teknologier samt screening af en række koncepter.

De enkelte prioriterede målsætninger blev vurderet i to trin, ”indledende udvælgelse” og ”screening af BAT-teknologier”, se herunder.

5.4.1 Indledende udvælgelse af BAT-teknologier

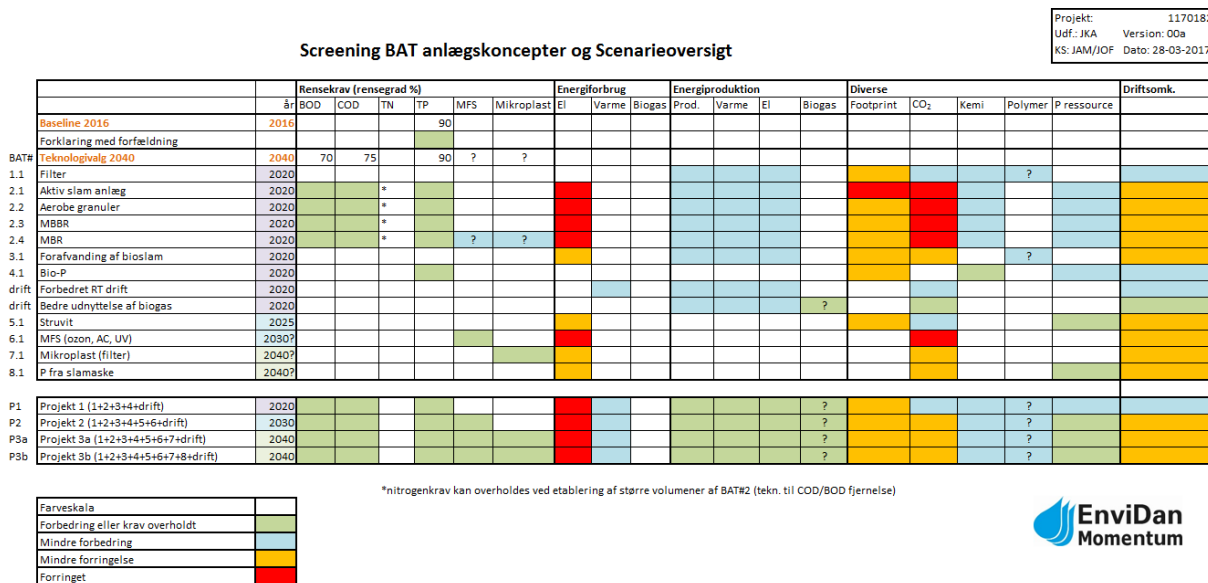
Der er i forbindelse med BAT-analysen gennemført en workshop med en række inspirationsindlæg omkring spildevandsbehandling, slambehandling samt ressourceudnyttelse. Formålet med workshoppen har været at diskutere og udvælge relevante BAT-teknologier til de fremtidige anlægskoncepter.

5.4.2 Screening af BAT teknologier

Næste skridt har været, at foretage en screening af potentielle BAT-anlægskoncepter ift. de opsatte fokusområder. Det er en screening på et overordnet niveau med farvemarkering ud fra en subjektiv vurdering af om BAT-teknologien fører til:

- Forbedring af målsætning eller krav overholdt (grøn)
- Mindre forbedring (blå)
- Mindre forringelse (orange)
- Forringelse (rød)

Et eksempel på screening af BAT-teknologier til Øra renseanlæg er vist i Figur 14.



Figur 14. Eksempel på screening af forskellige teknologier ift. de opstillede fokusområder.

5.5 Fase 5: Fornyelsesprojekter (anlægskoncepter)

Det valgte anlægskoncept for 2040 er beskrevet i detaljer i afsnit 6.

Herunder beskrives processen hen imod udvælgelsen af det endelige anlægskoncept. Der er lagt vægt på at designe et anlæg med en maksimal indledende kulstofhøst til energiproduktion efterfulgt biologisk rensning for BOF og KOF, hvilket sikrer en god energiproduktion. I alle nævnte grundkoncepter, har der været vægt på at de eksisterende forklaringstanke udnyttes til biologisk volumen til BOF/KOF rensning samt at der implementeres kompakte løsninger med eksempelvis forfiltre i stedet for den nuværende forklaring. Herunder beskrives fordele og ulemper ved de vurderede grundkoncepter.

5.5.1 Forfiltrering

Udgangspunktet for valg af rensenheder til Øra renseanlæg har været at kunne kombinere teknologi til kulstofhøst med teknologi til biologisk rensning af BOF/KOF. Fokus har været at få plads til denne kombination af teknologi indenfor de nuværende rammer af Øra renseanlæg, dvs. i nuværende flokkulerings- og forklaringsvoluminer.

Forfiltre anses som den mest effektive måde at høste kulstof på, samtidig med at der opnås et lille footprint. Teknologien er moden og kan umiddelbart installeres med det samme, uden videre udvikling af teknologien. I valg af specifik forfiltreringsenhed til grundkonceptet i 2040, har der ligeledes været fokus på teknologiens evne til at opkoncentrere primærslammet inden tilledning til rådnetank. Arbejdsmiljø og anvendelse af polymer/kemikalier har også været drøftet.

5.5.2 Biologisk rensning

I forbindelse med indførelse af krav til BOF og KOF fjernelse, er der vurderet en række teknologier med biologisk rensning af spildevandet.

Aktiv slam anlæg

Et aktiv slam anlæg er en veldokumenteret teknologi, som anvendes mange steder rundt om i verden. De umiddelbare fordele er, at det er velafprøvet og en robust teknologi, som har en relativt

lav driftsøkonomi. En af ulemperne er, at teknologien er meget pladskrævende, hvilket i tilfældet for Øra renselanlæg, vil kræve store investeringer. Selve aktiv slam anlægget ville kunne placeres i de eksisterende forklaringstanke, men det ville være nødvendigt med et volumen, der var mindst lige så stort til efterklaringstanke.

MBR anlæg

Et MBR (Membran Bio Reactor) anlæg tillader en højere slamkoncentration i procestankene (8-15 kg SS/m³) end, hvad som typisk tillades i et aktiv slamanlæg, hvorved der opnås en meget arealeffektiv proces. Membranen tillader at vand, men ikke partikler, løber igennem membranen, hvilket muliggør et meget rent afløb. Teknologien kan forbedre nedbrydningen af miljøfremmede stoffer og tilbageholde bakterier og vira. Muliggør genanvendelse af rensat spildevand til forskellige formål. Dermed anses MBR som den mest fremtidssikrede løsning.

MBR løsningen kan placeres i de eksisterende forklaringstanke, som vist i afsnit 6.

Processen er relativt kompliceret og med mange maskininstallationer. Der skal endvidere anvendes energi og kemikalier til rengøring af membranerne, hvilket giver en høj driftsøkonomi.

MBBR anlæg

I et MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) anlæg anvendes aktiv slam i kombination med suspenderet bærematerialer (carriers), hvorpå biomassen vokser. Det er således muligt at have en høje biomasse pr. reaktor volumen.

MBBR anlæg er velegnede til fjernelse af organiske stoffer i et højt belastet trin og vil give en driftstabil og kompakt løsning, som umiddelbart vil kunne placeres i de eksisterende forklaringstanke. Processen kræver efterfølgende flokning og skivefiltrering inden spildevandet ledes til recipienten. MBBR kræver en høj investering bl.a. til indkøb af bæremediet og er en energi-ineffektiv proces bl.a. forårsaget af at bæremediet holdes suspenderet ved grovboblet beluftning.

MBBR blev vurderet mindre fremtidssikret end MBR, idet membranhederne i et MBR anlæg vil kunne håndtere mulige fremtidige krav til fjernelse af miljøfremmede stoffer, herunder mikroplast.

Aerobe granuler

Anvendelse af renseteknologi med aerobe granuler er forholdsvis nyt. I de biologiske tankvolumener udvikles granulært slam, som har gode bundfældningsegenskaber i forhold til almindeligt aktiv slam. De gode bundfældningsegenskaber betyder, at processen kan drives med betydeligt højere slamkoncentration end konventionel aktiv slam proces, hvilket minimerer procesvoluminerne.

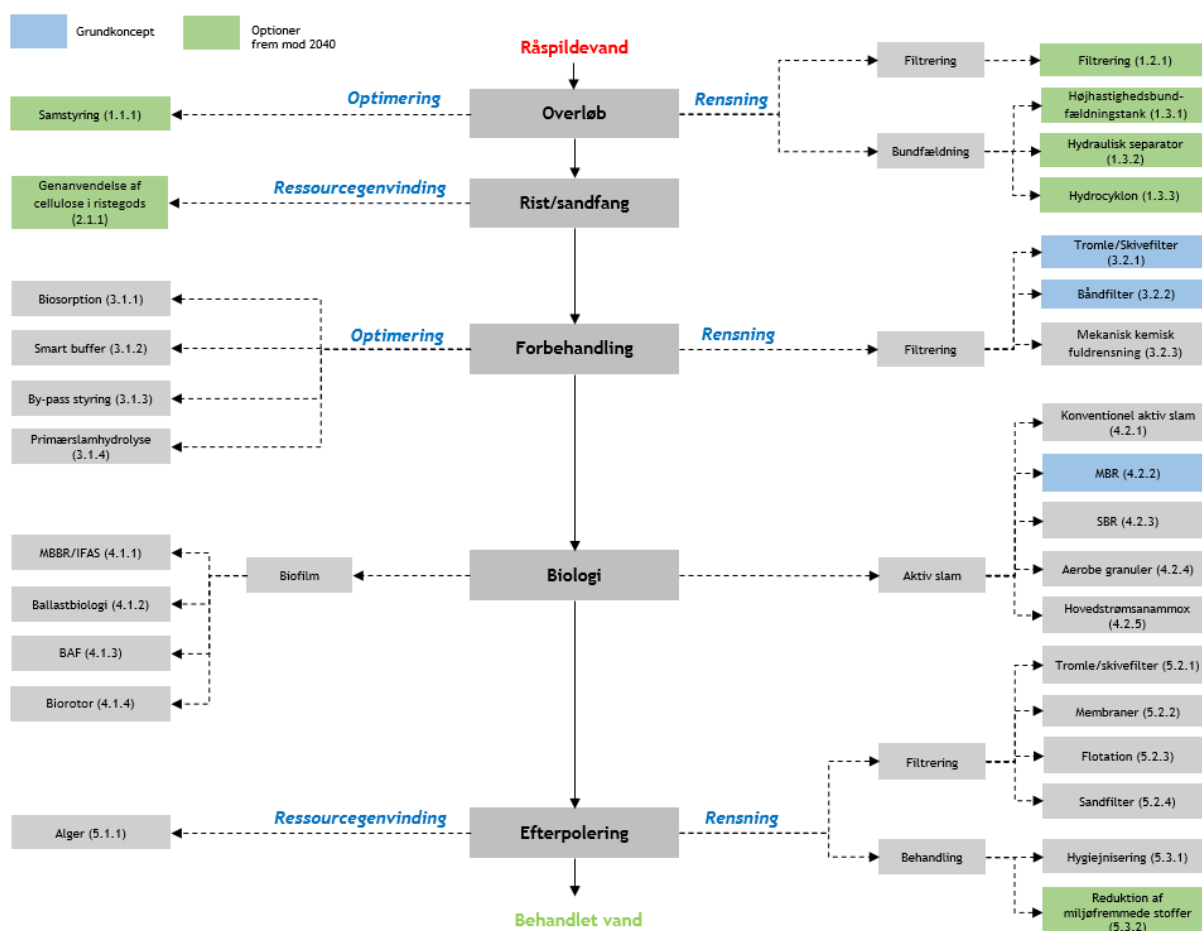
Processen er en batch proces, hvor spildevandsrensning og klaring foregår i samme tank. Grundet de gode bundfældningsegenskaber, er klaringsfasen relativt kort. I modsætning til en konventionel SBR tank holdes vandspejlet konstant i afløbsfasen ved at spildevand samtidig introduceres jævnt over bundarealet og trykker det rensede vand ud gennem udløbsrenderne i toppen af tanken. Dette betyder, at bundfældningsfasen og fyldnings/dekanteringsfasen tilsammen tidsmæssigt kun udgør en lille del af en cyklus, hvilket overlader en stor andel til selve rensningen. Der er således kun behov for 3 faser: Fylde/dekanteringsfase, beluftningsfase og bundfældningsfase.

Af ulemper kan nævnes lang opstartstid afhængigt af podeslamsmængde, kompliceret tank design som ikke kan installeres i eksisterende tanke samt tyndt overskudslam da det ikke udtages som bundfældede granuler, men fra toppen for at fjerne dårligt bundfældeligt slam.

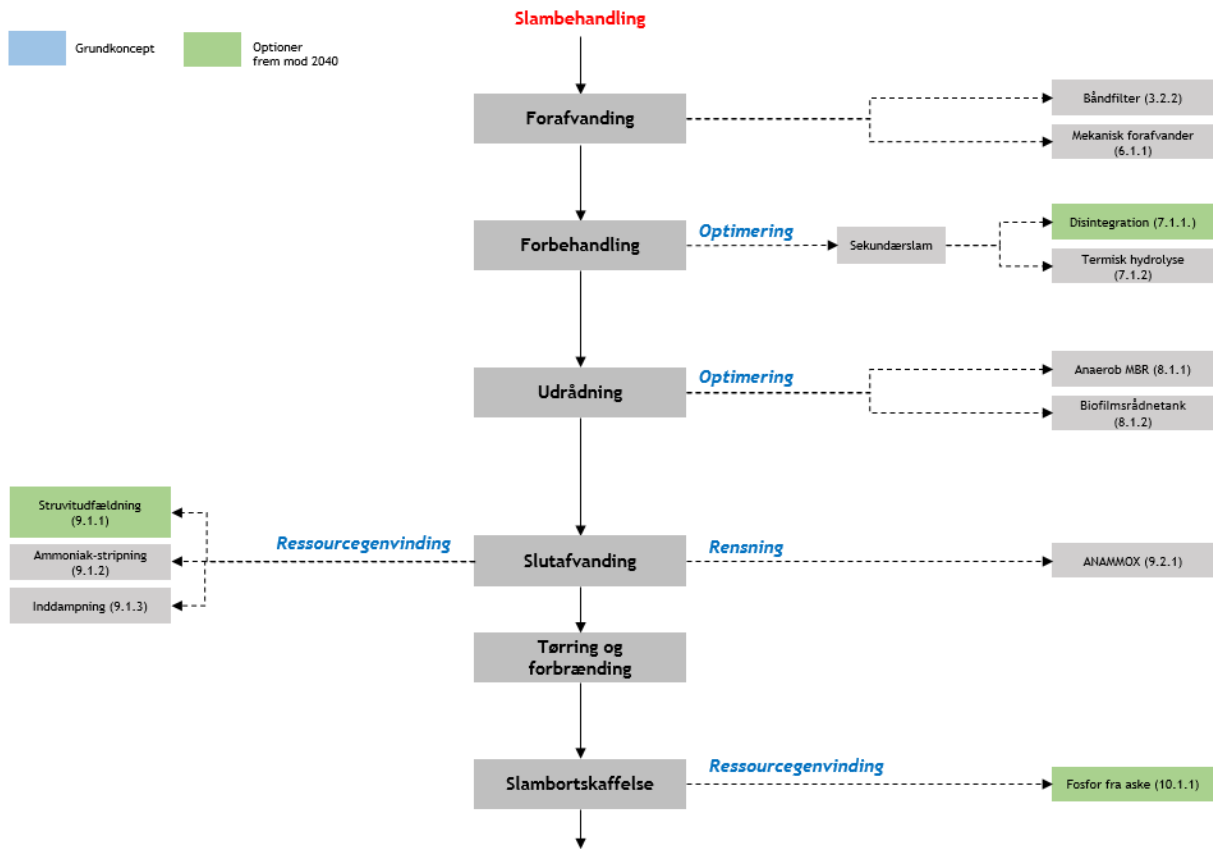
6. Anlægskoncept 2040, Øra renseanlæg

I forbindelse med opstilling af et anlægskoncept for Øra renseanlæg, opereres der med et grundkoncept, som er løsninger som forventes implementeret allerede ifm. kommende krav til BOF/KOF rensning. Derudover er der beskrevet en række optioner som er teknologier, der kan implementeres i perioden frem mod 2040 alt efter kommende krav og ønske til opfyldelse af målsætninger.

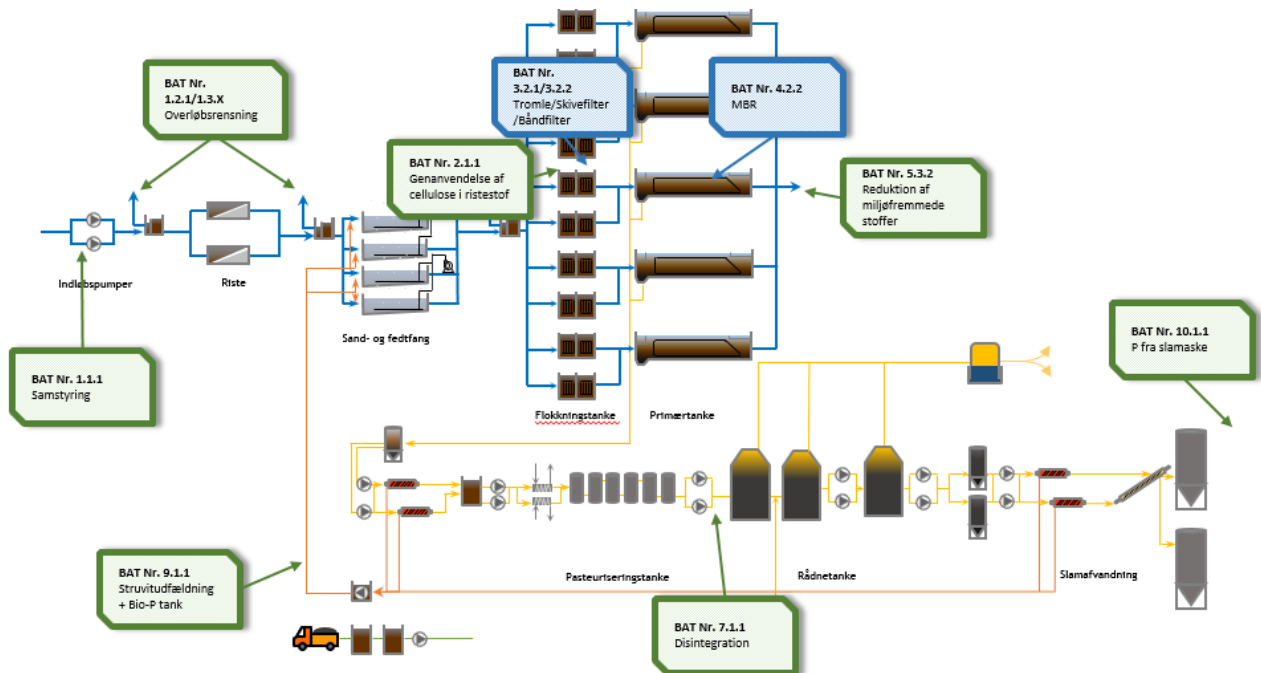
De udvalgte BAT-teknologier til Øra renseanlæg er vist i Figur 15 og Figur 16. De blå kasser er udvalgte teknologier til grundkonceptet og de grønne kasser er optioner, som kan implementeres frem mod 2040 efter behov. Løsningen er ligeledes vist på det eksisterende flowdiagram, med indikation af placering af hver af BAT-teknologierne. Dette er præsenteret i Figur 17.



Figur 15. Oversigt over BAT-teknologier for spildevand for Øra renseanlæg, med indikation af udvalgte teknologier til grundkoncept 2040 (blå) samt optioner, som kan implementeres frem mod 2040 (grøn).



Figur 16. Oversigt over BAT-teknologier for slam for Øra renseanlæg, med indikation af udvalgte teknologier til grundkoncept 2040 (blå) samt optioner, som kan implementeres frem mod 2040 (grøn).



Figur 17. Skematisk visning af udvalgte BAT-teknologier til Øra renseanlæg. Blå markeringer viser foreslåede grundkoncepter og grønne markeringer optioner, som kan implementeres frem mod 2040.

Grundkonceptet er beskrevet herunder.

6.1 Grundkoncept, Øra renseanlæg

Grundkonceptet består af 2 teknologier:

- Forfiltrering af råspildevandet med det formål at opnå en høj kulstofhøst (BAT 3.2.x)
- Biologisk behandling i membranbioreaktor (MBR) (BAT 4.2.2)

Grundkonceptet opfylder en lang række af de målsætninger som FREVAR KF har for spildevandsrensningen i 2040. Først sikres en god kulstofhøst i forfiltre, hvorved der sikres en høj energiproduktion. Herefter behandles det forfiltrede spildevand i en membranbioreaktor, hvor BOF/KOF fjernes ved beluftning og filtreres til et meget rent afløb.

På slamsiden holdes der fast i udrådning af primærslam (og nu også biologisk overskudsslam) og eksternt biomasse.

De kemiske og biologiske processer vil blive styret med avancerede styringsalgoritmer for at minimere driftsudgifterne mens renseseffektiviteten maksimeres.

Styringselementer vil bestå af:

- Iltstyring for maksimal udnyttelse af energi
- Kemikaliestyling til bedst mulig rensning for P med mindst muligt forbrug af kemikalier
- Slamalderstyring for mest energioptimale drift

6.1.1 BAT 3.2.x: Forfiltrering

Ifm. udvælgelse af teknologier til forfiltrering, er der udført beregninger med data fra den norske leverandør Salsnes, men forfiltrering kan udføres med andre typer af filterteknologier f.eks. Hydrotech fra Veolia eller filtre fra WABAG. Med Salsnes-filtre (BAT nr. 3.2.2) frafiltreres kulstoffet i råspildevandet over et båndfilter, og det udtages som primærslam. I Salsnes-filtrene foregår en integreret opkoncentrering af primærslammet til 5-7%, hvormed der ikke er behov for yderligere forafvandning af primærslammet, inden det tilføres rådnetankene. Der skal anvendes en relativ høj polymerdosering (1 g/m³) for at komme op på denne høje tørstofprocent. Anvendes andre forfiltreringsteknologier opnås typiske et lavere tørstofindhold og yderligere opkoncentrering inden indpumpning på rådnetanke er nødvendig.

Forfiltrering anvendes på mange renseanlæg i Norge som eneste rensetrin, og teknologien anses derfor som moden. Teknologien anvendes også forud for biologisk rensning, eksempelvis med båndfiltre fra leverandøren Salsnes, som pt. indkøres på Egå Renseanlæg i Aarhus, Danmark samt er under installering på det nye centralrenseanlæg i Hillerød, Danmark (som FREVAR KF besøgte i april 2017).

Forfiltrering med skivefiltre f.eks. Hydrotech filtre fra Veolia samt filtre fra WABAG anses også som moden teknologi.

6.1.2 BAT 4.2.2: Membranbioreaktor (MBR)

For at kunne leve op til de kommende BOF/KOF krav og samtidig leve op til ønsket om lavt footprint, foreslås implementering af membranbioreaktorer (MBR) i hele det eksisterende forklaringsvolumen. I den første del af volumen foregår den biologiske omsætning af BOF/KOF og spildevandet ledes herefter videre til membran-delen af anlægget. Her filtreres vandet og afløbsvandet er af en meget høj kvalitet.

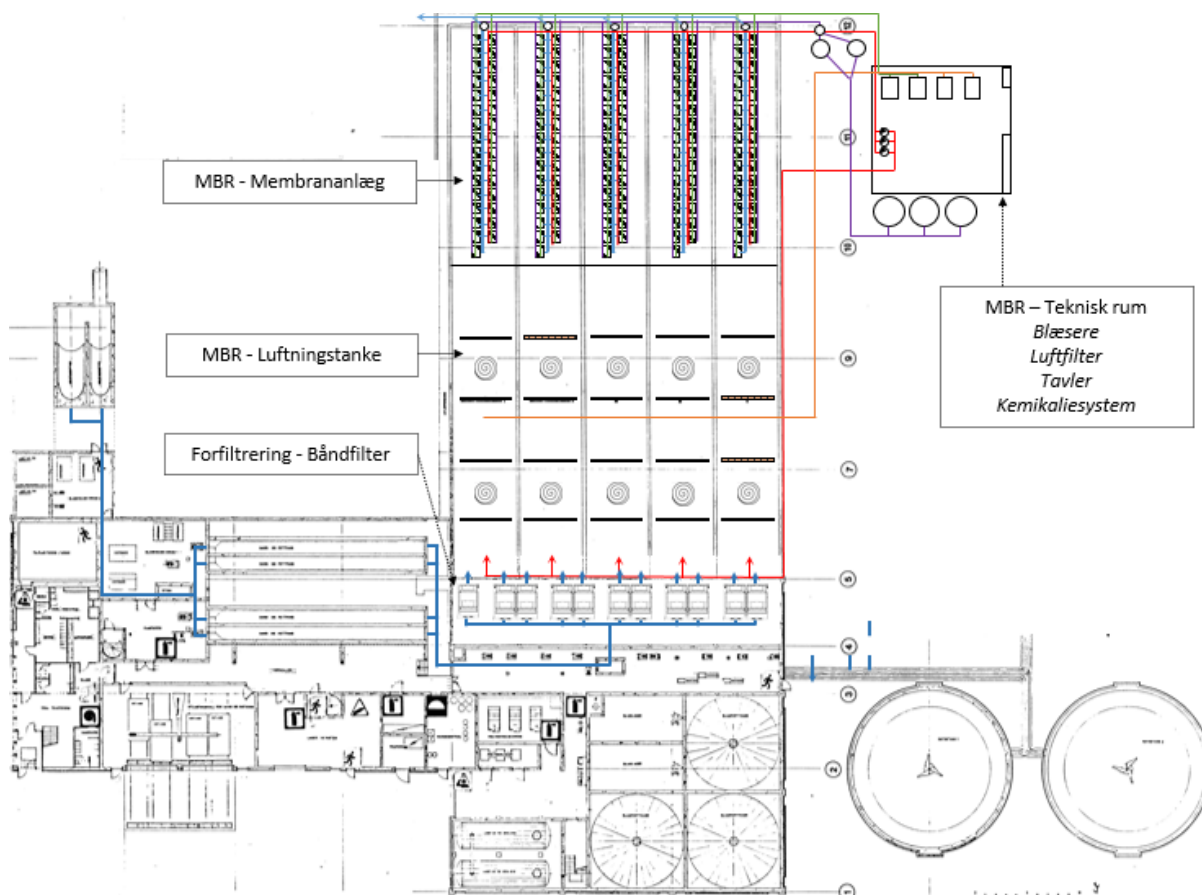
En fordel ved implementering af MBR ift. andre lignende teknologier er, at der opnås en forbedret afløbskvalitet af spildevandet, som direkte kan efterbehandles, hvis der i fremtiden stilles krav om rensning for miljøfremmede stoffer. MBR teknologien anses som det bedste valg ift. sikring af fremtidige krav.

MBR løsningen er dimensioneret på baggrund af et relativt højt peakflow (efter aftale med FREVAR KF) hvilket betyder, at investeringen er vurderet relativt højt. Denne investering kan reduceres ved at reducere peakflowet til membranerne. Dette betyder dog samtidig, at der bør etableres rensning af det spildevand som ikke kommer igennem membranerne (by-pass).

MBR løsningen installeres i de eksisterende forklaringstanke, hvor der netop er plads. De eksisterende forklaringstanke er placeret udenfor, så der forventes ikke store udfordringer med installering og servicering af membranerne.

6.1.3 Layout, grundkoncept

Grundkonceptet til Øra renseanlæg i 2040 er vist på layout tegning på Figur 18.



Figur 18. Layout tegning med indtegning af grundkonceptet på Øra renseanlæg

6.2 Optioner

Udover grundkonceptet, er der en række teknologier som er (eller kan blive) interessante for Øra renseanlæg frem mod 2040. Nogle af teknologierne kan være styret af politiske krav, andre af driftsøkonomi og/eller ønsker om cirkulær økonomi. Teknologierne er vist i Figur 17 (grønne markeringer) og endvidere beskrevet kort herunder.

6.2.1 BAT 1.1.1: Samstyring

Ved samstyring sammentænkes afløbssystemet og renseanlægget. Ved en god styring kan tilledningen af spildevand til renseanlægget udjævnes og dermed kan flowet i peak situationer reduceres. Dermed kan flere af procestrinnene på renseanlægget designes mindre ift. den nuværende situation.

6.2.2 BAT 1.2.x/1.3.x: Overløbsrensning

Den nuværende design af grundkonceptet opererer med et relativt højt timeflow, som vil kunne reduceres ved at tillade en vis del af bypass før forfiltre og MBR anlæg. Dermed kan disse procestrin designes mindre med resulterende lavere investeringsomkostninger. Bypass flowet skal dog gennemgå rensning med en, af de i BAT-kataloget, nævnte teknologier.

6.2.3 BAT 2.1.1: Genanvendelse af cellulose i ristestof

Genanvendelse af cellulose i ristestoffet er en spændende teknologi, som kan sikre en udvinding af et højværdiprodukt fra spildevandet. Hovedparten spildevandets indhold af cellulosefibre kan frafiltreres og derefter kan cellulosen oparbejdes til højværdiprodukter. Oparbejdningmetoderne er for nuværende ikke modne og kræver stadig mere udvikling inden teknologien kan implementeres.

6.2.4 BAT 5.2.2: Reduktion af miljøfremmede stoffer

Der er stort fokus på miljøfremmede stoffer i spildevand og slam. Et muligt kommende krav til miljøfremmede stoffer kan betyde at der bliver behov for en tertiær rensning med eksempelvis aktiv kul og ozon. Dette vil kræve et højt forbrug af energi og er derfor kun interessant ved implementering af lovkrav.

6.2.5 BAT 7.1.1: Disintegration

Idet der i forvejen behandles en række forskellige biomasser på Øra renseanlæg som formodes, at gennemgå en form for forbehandling inden tilsætning til rådnetankssystemet, er det vurderet at disintegration af det biologiske overskudsslam, evt. sammen med den øvrige biomasse kunne være interessant.

Disintegration sikrer en effektiv omsætning af det organiske stof, som typisk er hårdt bundet i biologisk overskudsslam. Dermed kan den samlede biogasproduktion øges. Disintegration kan udføres på en række forskellige måder, eksempelvis fysisk, kemisk og biologisk. Ultralydsbehandling anvendes flere steder og enzymtilsætning er en potentielt spændende løsning.

6.2.6 BAT 9.1.1: Struvitudfældning + Bio-P tank

Der er for nuværende ikke inkluderet Bio-P og struvitudfældning i grundkonceptet. En god struvitproces kræver en effektiv Bio-P, og i det nuværende koncept er der ikke fysisk plads til en Bio-P tank i eksisterende volumener. Bio-P kan implementeres i et separat tankvolumen, som kræver en tilbygning ved siden af den eksisterende forklaringsbygning. Dermed ville struvitudfældning også kunne etableres.

6.2.7 BAT 10.1.1: Fosforgenvinding fra slammaske

P fra slammaske er en potentielt meget interessant teknologi. Denne er interessant hvis der kommer politiske krav til forbrænding af slammet/forbud mod anvendelse på landbrugsjord. Ved udvinding af P fra slammasken opnås potentielt set en stor del af fosforen, idet >90% af fosforen typisk ender i slammet.

Der findes en række af teknologier, men ingen er gennemprøvede (kun pilotanlæg). Ved implementering af slamforbrænding og teknologi til udvinding af P fra slammasken bliver Bio-P og struvituddædning uinteressant.

6.3 Miljøkortlægning 2040

Flowskema, hydraulisk profil, massebalance, CO₂ balance og selve miljøkortlægningen for Teknologivalg 2040 er vedlagt hhv. i bilag 5, 6, 4, 2 og 7.

6.4 Økonomi

Den samlede investering og driftsomkostninger for grundkonceptet for Øra renseanlæg (anlægskoncept 2040) er præsenteret herunder. Både investering og driftsomkostninger skal ses som grove overslag.

Investeringsomkostningerne er estimeret ud fra erfaringsnøgletal. For de helt store klumper, som MBR anlægget og forfiltre har vi været i kontakt med specifikke leverandører for at verificere de estimerede investeringsomkostninger. Da vi er på et meget tidligt stade har vi valgt, at tillægge de estimerede investeringsomkostninger 20 % i uforudsete udgifter.

6.4.1 Investering

Der er sat investeringsøkonomi på grundkonceptet for Øra renseanlæg. Økonomien er sat op for hver enkelt ny BAT-teknologi (forfiltre og MBR) samt tillæg for uforudsete omkostninger samt rådgivningshonorar.

De estimerede investeringsomkostninger er vist i Tabel 2 (2017 niveau). Total set er der estimeret en investering på 300 mio. NOK for implementering af grundkonceptet.

6.4.2 Driftsomkostninger

Driftsomkostningerne er beregnet på baggrund af fremskrevne data for forbrug (se i øvrigt Miljøkortlægning 2040 i bilag 7) samt vurderinger ift. implementering af nye teknologier på anlægget. Der er anvendt enhedspriser, som er oplyst af FREVAR KF (2016 priser). De samlede estimater på driftsomkostninger er vist i Tabel 3.

Den estimerede driftsøkonomi for 2016 var 11,4 mio. NOK/år, og denne falder til 6,2 mio. NOK/år i 2040. Dette skyldes især, at kemikalieforbruget reduceres meget kraftigt og at det forudsættes at hele biogasmængden opgraderes og sælges til transportformål. Der er altså et stort potentialer for besparelser på kemikalier samt indtægter for opgraderet gas. Det skal bemærkes, at omkostninger til opgradering ikke er inkluderet i nuværende beregning.

Driftsomkostninger falder med ~5 mio. NOK/år fra 2016 til 2040, under de givne antagelser. Dette svarer til et fald fra 101 NOK/PE til 46 NOK/PE (baseret på KOF).

Tabel 2. Investeringsomkostninger for grundkoncept til Øra renseanlæg (anlægskoncept 2040) i mio. NOK. Investeringer skal ses som grove overslag.

Overordnet udgiftspost	Beskrivelse	Pris (i mio. NOK)
Byggeplads - 10 %	Anstilling og drift af byggeplads	20
Forfiltre	Levering af 11 stk. forfiltre Ombygning, traverskran, internrør, ventiler, spjæld, snegletransport, punktudsug, EL og PLC mv.	33
MBR anlæg	Etablering af komplette membranmoduler, inkl. montage, EL, PLC, traversekran, returpumpesystem, ny in-situ tværvæg mv.	140
Nyt bygværk	Opføring af nyt ca. 200 m2 bygværk til kemikalie-system, blæsersystem til MBR inkl. rørføring og tavler	25
Håndværksmæssige udgifter		218
Uforudsete udgifter -20 %		43
Samlede håndværksmæssige udgifter		261
Rådgivningshonorar -15 %		39
Samlet anlægsinvestering		300

Tabel 3. Estimerede driftsomkostninger (i 1000 NOK) for 2016 samt for grundkoncept til Øra renseanlæg (anlægskoncept 2040). Driftsomkostninger for 2040 skal ses som grove overslag.

	Enhed	Enhedspris (kr./enhed)	Mængde 2016	Mængde 2040	Pris, 1000 NOK. 2016	Pris, 1000 NOK. 2040
Elforbrug	MWh	550	1007	3673	550	2.020
Varmeforbrug	MWh	265	9958	11.028	2.600	2.900
Kemikalieforbrug, PIX/JKL	ton	1147	5959	335	6.800	380
Polymerforbrug	kg	25	25.000	13.200	630	330
NaOHCl	kg	0,44	13.000	13.600	6	6
Skumdæmper	kg	25	4250	4439	106	110
Biogas opgradering	Nm ³	-5	340.000	639.000	-1.100	-3.200
Slambortskaffelse	m ³	326	4971	8300	1.600	2.700
Bortskaffelse af sand/ristestof	ton	1260	134	140	170	180
MBR, rensning membran	m ³	0,05	0	14.100.000	0	700
Samlet Drift	mio. NOK	-	-	-	11.400	6.200
Samlet Drift	NOK/ PE	-	-	-	101	46

6.5 Følsomhedsanalyse

I forbindelse med udvælgelse af anlægskoncept har der været udført en overordnet følsomhedsanalyse for de forskellige koncepter for biologisk rensning. Der er udført følsomhedsanalyse på belastning, renseeffektivitet og økonomi, se

Tabel 4. Der har været anvendt 3 niveauer af følsomhed:

- Lille følsomhed
- Mellem følsomhed
- Stor følsomhed

Tabel 4. Overordnet følsomhedsanalyse for en række kritiske elementer, ift. forskellige teknologier til BOF/KOF rensning.

Område/proces	Aktiv slam	MBBR	Aerobe granuler (Nereda)	MBR
Stofmæssig belastning	lille	lille	lille	lille
Hydraulisk belastning	lille	lille	mellem	mellem
Renseeffektivitet	mellem	mellem	mellem	lille
Økonomi	lille	lille	lille	mellem

Det valgte anlægskoncept (MBR) er følsom overfor høj hydraulisk belastning og specielt med koldt spildevand, hvorfor der bør vurderes bypass mulighed med mekanisk rensning i disse situationer. MBR løsningen vurderes til at være mindst følsom på renseeffektivitet, da afløbskvaliteten altid kan forventes at være høj.

Der vil altid være usikkerhed forbundet med udarbejdelsen af budgetter. Dette er delvist indregnet i den samlede anlægsinvestering via punktet uforudsete udgifter. Det er dog vigtigt at understrege at denne post ikke udelukkende skal dække usikkerheder i budgettet. Det vurderes dog, at der er stor sandsynlighed for at membranløsningerne løbende bliver mere konkurrencedygtig, da efterspørgslen bliver større.

6.6 Risikovurdering

Tabel 5 viser en overordnet risikovurdering for en række kritiske elementer ved implementering af anlægskoncept 2040 (grundkonceptet). Risikovurderingen er udført på baggrund af princippet beskrevet i afsnit 3.2.6. Vurderingerne er foretaget på baggrund af den nuværende viden om projektet. På baggrund af vurderinger i Tabel 5 kan der planlægges indsatser ift. hvor der skal være fokus i det fremadrettede arbejde. Særligt skal der arbejdes med de gule og røde risici, da det er her der vurderes den største risiko. Det anbefales at der for hvert punkt udarbejdes en handlingsplan for hvordan hver enkel risiko håndteres og/eller reduceres.

For at få det fulde udbytte af risikovurderingen er det vigtigt løbende at bruge og opdatere vurderingerne, således at værktøjet bliver dynamisk og altid er retvisende.

Tabel 5. Overordnet risikovurdering for en række kritiske elementer ved implementering af anlægskoncept 2040, grundkoncept.

Hændelse/ afvigelse	Konsekvens			Vurdering		Samlet vurdering
	Lille	Mellem	Høj	Konsekvens	Sandsynlighed	
Dimensioneringsgrundlag, prognose	< 10 %	10,0 - 25,0 %	> 25 %	Mellem	Sandsynligt	Moderat risiko
Implementering af forfiltre	< 10 % < 3,3 mio. NOK	10-20 % 3,3-6,6 mio. NOK	> 20 % > 6,6 mio. NOK	Mellem	Sandsynligt	Moderat risiko
Implementering af MBR	< 10 % < 14 mio. NOK	10-20 % 14-28 mio. NOK	> 20 % > 28 mio. NOK	Mellem	Sandsynligt	Moderat risiko
Opførelse af nyt bygværk	< 10 % < 2,5 mio. NOK	10-20 % 2,5-5,0 mio. NOK	> 20 % > 5,0 mio. NOK	Lille	Meget usandsynligt	Risiko kan tolereres
Arbejdsmiljø	1 skade, der kræver lægehjælp/indlæggelse	Flere tilfælde, der kræver lægehjælp/indlæggelse	Flere tilfælde med længere varierende sygdomme	Lille	Meget usandsynligt	Risiko kan tolereres
By-pass	< 0,5 %	0,5 - 3 %	> 3 %	Lille	Sandsynligt	Risiko kan tolereres
Renseeffektivitet (afvigelse til den dårlige side)	< 10 %	10,0 - 20,0 %	> 20,0 %	Lille	Usandsynligt	Risiko kan tolereres

7. Samlede anbefalinger/konklusion

FREVAR KF og MOVAR IKS, står overfor indførelse af nye krav til sekundærrensning af spildevandet. For FREVAR KFs vedkommende kommer kravene til at gælde for Øra renseanlæg. Frem mod 2040 vil der være en befolkningstilvækst, som betyder at belastningen til anlægget vil stige. Dette stiller store krav til udbygningen af Øra renseanlæg.

EnviDan har udarbejdet et anlægskoncept for Øra renseanlæg for 2040. Anlægskonceptet består af et grundkoncept, som i løbet af relativt kort, og i hvert fald før indførelse af krav til BOF/KOF indføres, kan implementeres på Øra renseanlæg. Grundkonceptet består af:

- 1) Forfiltre: til maksimal kulstofhøst og dermed til maksimal energiudnyttelse af slammet. Forfiltre har et lille footprint og kan passes ind i de nuværende arealer på renseanlægget.
- 2) MBR: membranbioreaktorer (MBR) til biologisk omsætning af BOF/KOF og efterfølgende membranfiltrering, resulterende i nærmest partikelfrit afløbsvand. MBR er også en arealeffektiv løsning, som kan implementeres i eksisterende tankvolumener.

Løsningen anses som det mest fremtidssikrede koncept, som kan imødekomme fremtidige krav til eksempelvis rensning for miljøfremmede stoffer.

Grundkonceptet er samlet set vurderet til at koste i omegnen af 300 mio. NOK i investering. Dertil kommer en driftsøkonomi på ca. 6,2 mio. NOK om året (svarende til 46 NOK/PE) for Øra renseanlæg. Dette er en stor reduktion i driftsøkonomi samlet set ift. 2016, og meget mindre ift. den øgede belastning (101 NOK/PE i 2016).

Udover grundkonceptet er der udvalgt i alt 7 BAT-teknologier (optioner), som kan tilkobles grundkonceptet gradvist frem til 2040, alt efter behov. Optionerne er:

- a) Samstyring
- b) Overløbsrensning
- c) Genanvendelse af cellulose i ristestof
- d) Reduktion af miljøfremmede stoffer
- e) Disintegration
- f) Struvitidfældning + Bio-P tank
- g) P fra slammaske

Grundkonceptet for 2040 er vurderet ift. situationen i 2016 på en række fokusområder, som er fundet i en arbejdsproces imellem FREVAR KF og EnviDan. Målopfyldelsen er vurderet på et overordnet plan men en glad smiley for en god målopfyldelse og en sur smiley for en dårlig målopfyldelse. Se vurdering af målopfyldelse i Tabel 6.

Samlet set er de fleste mål opfyldt for grundkonceptet for 2040 for Øra renseanlæg. Eneste undtagelser er for elforbruget, som stiger markant ved implementering af MBR teknologi.

Tabel 6. Opfyldelse af fokuspunkter/målsætninger 2016/2040, Øra renseanlæg.

Målsætning	Drift 2016	Grundkoncept 2040	
BOF/KOF udledning til recipient / renseseffektivitet	2402 ton KOF / 53 % 872 ton BOF / 47 %	337 ton KOF / >90 % 126 ton BOF / >90 %	😊
P udledning til recipient / renseseffektivitet	8 ton P / 84 %	6,5 ton P / 90 %	😊
Kemikalieforbrug	5959 ton JKL / 119 ton/ton P	335 ton JKL / 5 ton/ton P	😊
Energiforbrug	1007 MWh elforbrug / 9 kWh/PE (KOF)	3700 MWh elforbrug / 28 kWh/PE (KOF)	😞
Biogasproduktion	*821.000 Nm ³ biogas (kun slam) 31 % faklet	*983.000 Nm ³ biogas (kun slam) / 0 % faklet	😊
Opgraderet biogas	*340.000 Nm ³ biogas (41 %) / = 221.000 Nm ³ CH ₄ (65 % CH ₄) 2,0 Nm ³ CH ₄ /PE (KOF) Dårlig udnyttelse af biogassen	*983.000 Nm ³ biogas (100 %) / = 639.000 Nm ³ CH ₄ (65 % CH ₄) 4,8 Nm ³ CH ₄ /PE (KOF) Fuld udnyttelse af biogassen	😊
CO ₂ regnskab	Positiv CO ₂ balance -1022 tons CO ₂ -ækv. / -9 kg CO ₂ -ækv./PE (KOF)	Positiv CO ₂ balance -5894 tons CO ₂ -ækv. -44 kg CO ₂ -ækv./PE (KOF)	😊
Footprint/arealanvendelse	Eksisterende anlæg ikke fuldt belastet	Grundkoncept implementeres i eksisterende bygninger, trods meget høje ekstrabelastninger i 2040. Dog er der nye bygninger/ installationer til blæsere etc.	😊
Fremtidssikring	Ikke fremtidssikret - ikke forberedt til BOF/KOF rensning	Forberedt til BOF/KOF rensning + mulig optimeret P genvinding. Afløbsvand meget rent og forberedt til mulige fremtidige krav til miljøfremmede stoffer	😊
Miljøfremmede stoffer	Ikke forberedt	Membranerne i MBR løsningen formodes at tilbageholde en fraktion af de miljøfremmede stoffer. Løsningen er forberedt til efterfølgende tertiær rensning	😊
Højværdiprodukter	Ingen (udover biogas)	Mulige højværdiprodukter (ved implementering af optioner) - Struvit med høj P indhold - P fra slammaske - Cellulose fra ristestof Opgradering af biogas kan overvejes (dog uden for denne opgaves scope)	😊
Arbejdsbelastning / arbejdsmiljø	Godt niveau	Der er pt. ikke indtænkt arbejdsmiljø, dette skal belyses i en næste fase. Dog er der ikke udvalgt teknologier med dårligt arbejdsmiljø	😊
Kompetencer / uddannelse	Godt niveau	Kompetenceudvikling og uddannelsesløft i kraft af viden om biologisk rensning og onlinestyling	😊
Robusthed / fleksibilitet	Godt niveau	Grundkonceptet vurderes, at være et robust og fleksibelt system.	😊

*teoretisk beregning omregnet til andelen fra slam (ikke ekstern biomasse)

8. Referencer

2015/495/EU. Commission Implementing Decision (EU) 2015/495 of 20 March 2015 establishing a watch list of substances for Union-wide monitoring in the field of water policy pursuant to Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council (notified under document C(2015) 1756) Text with EEA relevance, OJ L 78, 24.3.2015, p. 40-42.

Bundesamt für Umwelt (BAFU). Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen. (2012). Rapporten findes på tysk: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01661/index.html?lang=de>. En engelsk sammenfatning findes på: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01661/index.html?lang=en>

EGÅ, 2017: <http://www.aarhusvand.dk/projekter/spildevand/det-energiproducerende-egarsenlag/>

IVL-rapport C 71 Mikroskräp i avloppsvatten från tre norska avloppsreningsverk.

Klärschlammverordnung - AbfKlärV, 2017: <http://www.bmub.bund.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/wasser-abfallwirtschaft-download/artikel/klaerschlammverordnung-abfklarv/>

Konkurransgrunnlag. Konkurrence med forhandling etter forskriftens del I og II (for anskaffelse av Rådgivning teknologivalg avløpsanlegg. Saks.nr.16/374, 2016.

Miljøprosjekt nr. 1906, 2017 Microplastic in Danish wastewater - Sources, occurrences and fate.

Modin, O.; Gustavsson, D. (2014) "Opportunities for microbial electrochemistry in municipal wastewater treatment - an overview". Water Science and Technology, vol. 69(7), pp. 1359-1372

Norsk Vann (2014). Bærekraftig forvaltning av VA-tjenestene. Rapport 205, 2014. "Klimatpåverkan från avloppsreningsverk" (SVU 12-120). (tilgjengelig via: <http://va-tekniksodra.se/2014/04/klimatpaverkan-fran-avloppsreningsverk/>)

Norsk Vann, 2016: <http://www.gronkonkurranskraft.no/files/2016/10/Norsk-Vann-Vannkart-til-%C3%B8kt-gr%C3%B8nn-konkurranskraft-i-vannbransjen.pdf>

Ruiken, C.J., Breuer, G., Klaversma, E., Santiago, T., van Loosdrecht, M.C.M. (2013). Sieving wastewater - Cellulose recovery, economic and energy evaluation. Water Research 47 (2013) 43 - 48.

SEPA, 2013: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6580-5.pdf>

Spildevandsinfo, 2014: [http://www.spildevandsinfo.dk/lynette/itf5.50/knw/wit/ltfknowledge.nsf/WebLTFEmbed-View/2773D224164293E8C1257C63002C98ED/\\$FILE/Hospitalsspildevand%20-%20v%C3%A6rkt%C3%B8j%20til%20tilslutningstilladelser%20Endelig%2020140115.pdf](http://www.spildevandsinfo.dk/lynette/itf5.50/knw/wit/ltfknowledge.nsf/WebLTFEmbed-View/2773D224164293E8C1257C63002C98ED/$FILE/Hospitalsspildevand%20-%20v%C3%A6rkt%C3%B8j%20til%20tilslutningstilladelser%20Endelig%2020140115.pdf)

van der Hoek, J.P., de Fooij, H., Struiker, A. Wastewater as a resource: Strategies to recover resources from Amsterdam's wastewater. Resources, Conservation and Recycling, 113, 53-64.

Bilag 1: BAT Katalog

Introduktion

Nærværende BAT-katalog (BAT, Best Available Technologies) indeholder beskrivelser af BAT-teknologier, som er et centralt element i udarbejdelsen af visionære anlægskoncepter til FREVAR KF og MOVAR IKSs Teknologivalg 2040. BAT-teknologierne skal bidrage til at opfylde FREVAR KF og MOVAR IKSs strategiske målsætninger i 2040.

Da Teknologivalg 2040 i sagens natur strækker sig flere år frem er det valgt, at udvide det traditionelle BAT-begreb, som er beskrevet i IE-direktivets artikel 3, nr. 10. Her fastslås, at A'et (Available) i BAT-begrebet betyder, at teknologien er udviklet til et niveau, hvor den kan anvendes i den relevante sektor på økonomiske og tekniske mulige vilkår. Det er valgt, at inkludere flere relevante lovende teknologier, der formodes at kunne nå et sådant stade i den aktuelle tidsperiode.

BAT-kataloget indeholder således både State of the Art teknologier, der opfylder den traditionelle BAT-definition og en række lovende men mindre udviklede teknologier, som bedømmes at være interessante i den aktuelle sammenhæng.

Udvælgelse af BAT-teknologier

BAT-kataloget skal i første omgang benyttes til at identificere de teknologier, der kan være attraktive at implementere på de enkelte procestrin på hhv. Fuglevik og Øra renseanlæg. Styrende for udvælgelse af hvilke teknologier, der indgår i BAT-kataloget har derfor været FREVAR KF og MOVAR IKSs overordnede målsætninger.

Der er udvalgt 38 BAT-teknologier ud fra kriterierne:

- Væsentlig betydning for valg af BAT-anlægskoncept
- Opfylde en eller flere målsætninger
- Indeholder væsentlige elementer af innovation eller fremtidsperspektiv

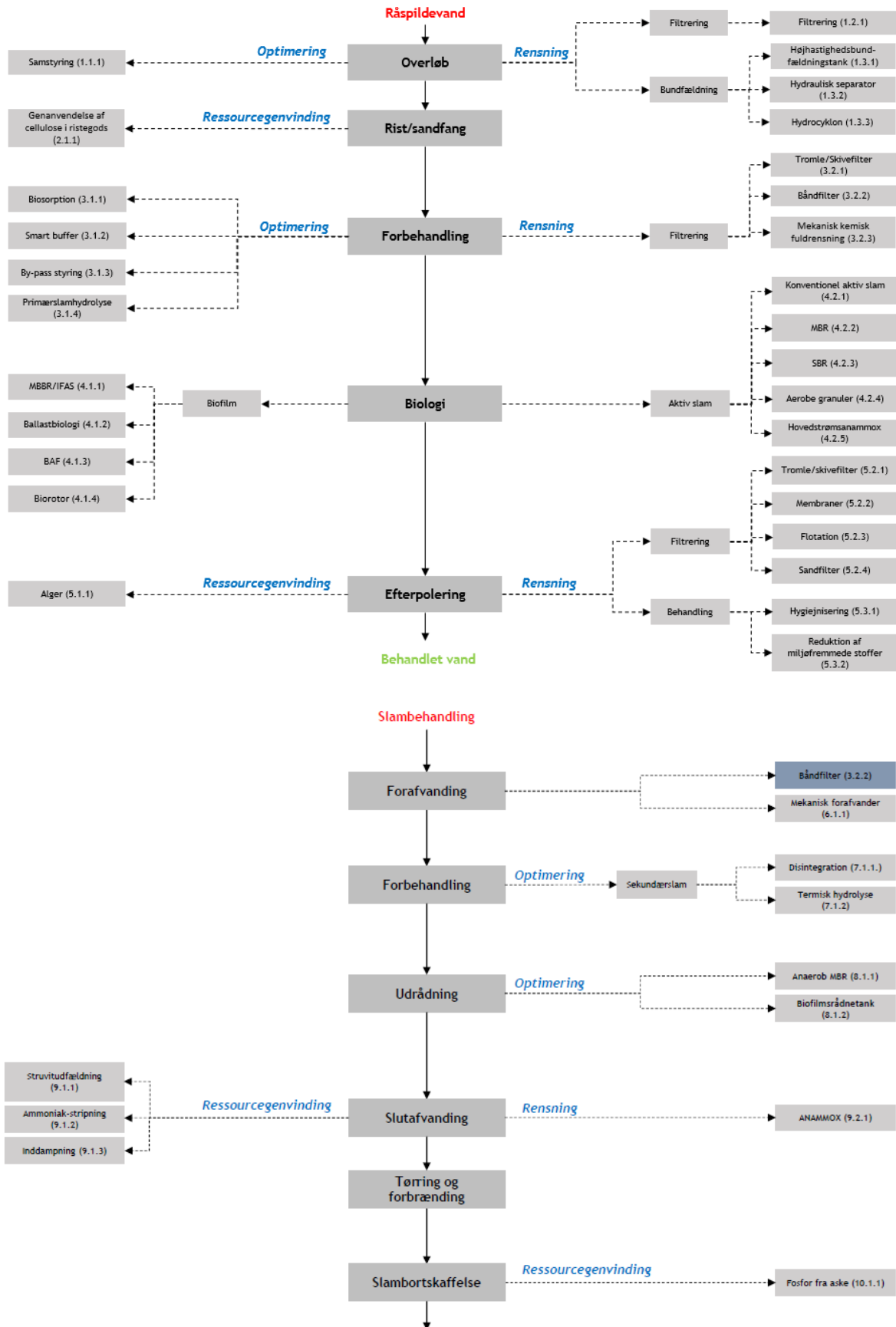
Kataloget indeholder ikke kendt standardudstyr indenfor spildevandssektoren i norden, eksempelvis specifikke slamafvandingsstyper eller energibesparende pumper.


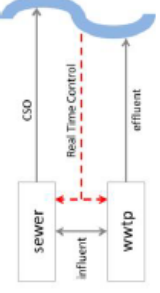
BAT-katalogets opbygning



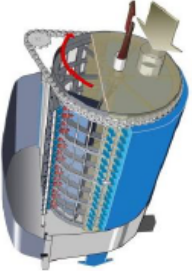
BAT-kataloget er opbygget således at teknologierne præsenteres så de følger vandets og slammets vej gennem et renseanlæg. En oversigt over BAT-teknologierne på de enkelte procestrin fremgår af figurerne på de næste sider. Disse oversigter fungerer samtidig som en indholdsfortegnelse over de udvalgte BAT-teknologier, der er indeholdt i BAT-kataloget.


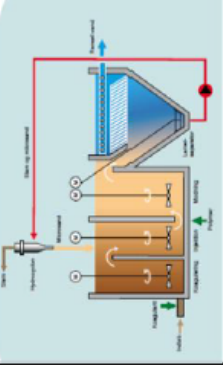
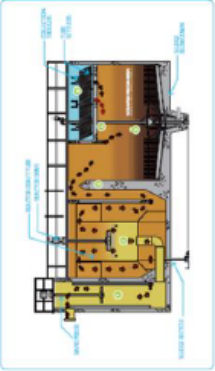
De enkelte BAT-teknologier beskrives på et 1 sider paradigme med en række relevante udvælgelsesparametre, såsom effektivitet, økonomi (anlæg/drift), skalérbarhed, modenhed samt fordele og ulemper. Disse præsenteres på de følgende sider.


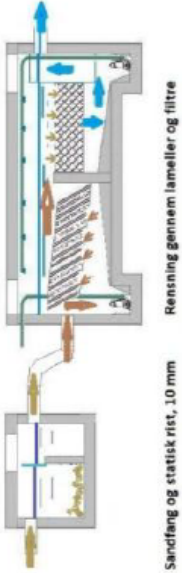
Beskrivelsernes formål er at bidrage til grovsorteringen af hvilke teknologier, der kan være relevante at medtage i BAT-analyse for opstilling af visionære BAT-anlægskoncepter for hvert af de 2 renseanlæg. De angivne informationer er derfor målrettet mod at beskrive, hvilke målsætninger, der opfyldes (eller modvirkes). Der er ikke indhentet tilbud, udført skitseprojektering eller tilsvarende for at fremskaffe de angivne oplysninger. BAT-kataloget baseres alene på informationer fra angivet litteratur, referencer eller EnviDans og tilknyttede eksterne konsulenter erfaring fra andre projekter primært udført i Danmark, Sverige og Holland, som kan bidrage til at belyse teknologiens hovedfunktion og hoveddata. Det har derfor for flere teknologier ikke været muligt, at præcisere investerings- og omkostningsniveauerne eller at få udfyldt alle informationer.







<p>BAT teknologi</p>	<p>Nr. 1.1.1</p>	<p>BAT emne: Overløbsrensning Titel: Samstyring af afløbssystem og renseanlæg</p>	<p>Dato: 28.03 2017 Version: 00a</p> 
<p>RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING</p>	<p>Ressource: Miljøpåvirkning: Reduktion af emission til vand.</p>		
<p>FORMÅL</p>	<p>Koordinering af driften af afløbssystem og renseanlæg for at forbedre den overordnede effektivitet af systemet og reducere direkte by-pass til recipient.</p>		
<p>BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI</p>	<p>Statusinformation for hele systemet er samlet centralt og anvendes til en onlinestyling som sørger for at optimere systemets effektivitet mht. minimeret energiforbrug, optimeret renseeffektivitet og minimeret overløb til recipient. Systemet kan også prioritere således at overløb fortrinsvis ledes til den mindst følsomme recipient.</p>	<p>Principskitse samstyring: Tegning fra Waterways.</p> 	<p>Ulempe: Yderligere kompleksitet af styring. Samstyring af afløbssystem og renseanlæg kræver et tæt samarbejde mellem afløbs- og renseanlægsoperatører.</p>
<p>FORDELE & ULEMPER</p>	<p>Fordele: Kræver normalt ikke nogen større investering i bygværk eller udstyr. Optimerer styringen af eksisterende infrastruktur. For en optimeret styring kan det være nødvendigt at investere i spjæld, sensorer m.m.</p>	<p>Referencer: http://www.tandfonline.com/toc/nurw20/10/5 http://wst.iwaponline.com/content/68/6/1203</p>	<p>Modenhed: Er med gode resultater blevet implementeret i flere byer verden over de seneste 20 år.</p>
<p>TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER</p>	<p>Implementerbarhed: Teknologien er klar til implementering</p>	<p>Effektivitet: Effektiviteten kan blive kvantificeret ved simulering.</p>	<p>Økonomisk nøgletal</p>
<p>ØKONOMISK NØGLETAL</p>	<p>Investeringsbehov: Eventuelt spjæld, pumper, sensorer, datanetværk, software.</p>	<p>Driftsomkostninger: Ingen ekstra omkostning. Dog øges driftsomkostningerne på renseanlægget ved øget tillædning og rensning af spildevand.</p>	<p>Skalerbarhed: Ingen skaleringsproblem.</p>
<p>FLEKSIBILITET & SKALERBARHED</p>	<p>Fleksibilitet: Meget fleksibel styring.</p>	<p>Særlige forhold: Ingen.</p>	<p>Arbejdsmiljø & særlige forhold</p>
<p>ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD</p>	<p>Arbejdsmiljø: Styringsprogram som ikke giver ændringer i arbejdsmiljøet.</p>		


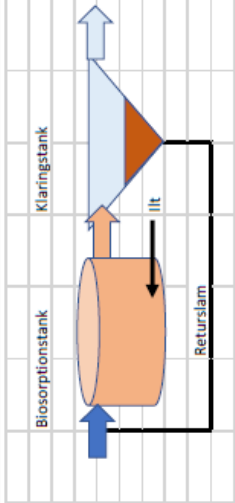
<p>BAT teknologi</p>	<p>Nr. 1.2.1</p>	<p>BAT emne: Overløbsrensning Titel: Filtrering på by-pass</p>	<p>Dato: 28.03.2017 Version: 00a</p> 
<p>RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING</p>	<p>Ressource: Miljøpåvirkning: Reduktion af emission til vand.</p>		
<p>FORMÅL</p>	<p>Forbedret rensning af overløbsvand ved filtrering i bånd-, tromle- eller skivefilter.</p>		
<p>BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI</p>	<p>Filtrering kan udføres med bånd-, tromle- eller skivefilterteknologi. Filtrering fjerner primært suspenderet stof og dermed sker en delvis fjernelse af COD, N og P. Ved tilsætning af polymer og/eller fældningskemikalier i et flokkuleringskammer før filtret, kan udtaget af organisk stof forøges.</p>	<p>Salsnes båndfilter (billede fra Salsnes) og Nordic Water tromlefilter (figur fra Nordic Water).</p>  	<p>Ulemper: Kræver el og spulevand og typisk tilsætning af kemikalier for effektiv fjernelse.</p>
<p>FORDELE & ULEMPER</p>	<p>Fordele: Hurtig opstart.</p>		
<p>TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER</p>	<p>Modenhed: Teknologien er velafprøvet og installeret på overløb fra regnbassiner (Danmark), eller som eneste rensetrin (Norge).</p>	<p>Referencer: Salsnes, Veolia (Hydrotech), Nordic Water</p>	
<p>IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET</p>	<p>Implementerbarhed: Teknologien er veldokumenteret og klar til implementering.</p>	<p>Effektivitet: Forsøg med 18 og 40 µm filterdug (MILTEK, overløbsvand, 2010): SS red 30-60 %, CODred 20-30 % ved 4 hhv 8 m/h for de to filtre</p>	
<p>ØKONOMISK NØGLETAL</p>	<p>Investeringsbehov: Afhænger af filtertype.</p>	<p>Driftsomkostninger: Kemikalier og energi: ca. 0,10 DKK/m³ v/2000 m³/h</p>	
<p>FLEKSIBILITET & SKALERBARHED</p>	<p>Fleksibilitet: Antallet af filtre kan startes successivt efter behov.</p>	<p>Skalerbarhed: Fås i enheder op til flere hundrede m³/h. Ved parallel opstilling kan anlæg i alle størrelser etableres. Størrelse og antal linjer kan tilpasses det nødvendige flow relevant for MOVAR & FREVAR.</p>	
<p>ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD</p>	<p>Arbejds miljø: Eventuelt nødvendigt med manuel rengøring af filterdugen en gang imellem. Service af drivmotorer og andet mekanisk udstyr. Ved indendørs installation skal der være fokus på ventilation.</p>	<p>Særlige forhold: Ingen</p>	


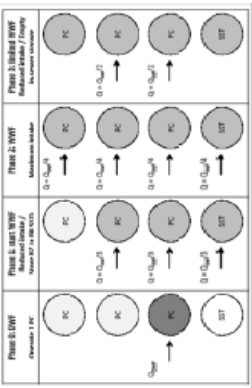
<p>BAT teknologi</p>	<p>Nr. 1.3.1</p>	<p>BAT emne: Overløbsrensning Titel: Højhastighedsbundfældningstank</p>	<p>Dato: 28.03.2017 Version: 00a</p> 
<p>RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING</p>	<p>Ressource: - Miljøpåvirkning: Reduktion af emission til vand.</p>		
<p>FORMÅL</p>	<p>Reduktion af SS i overløb (og medfølgende COD,N og P reduktion via indholdet i SS)</p>		
<p>BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI</p>	<p>Accelereret og forbedret reduktion af suspenderet stof og fosfor ved hjælp af fældningskemikalier, polymer og/eller sand som bæremateriale.</p>	 <p>Veolias ActiFlo (til venstre) og SUEZ DensaDeg (til højre)</p>	
<p>FORDELE & ULEMPER</p>	<p>Fordele: Lille footprint, stor effektivitet, hydraulisk opholdstid på få minutter. Automatiske start/stop procedurer. Den koncentrerede slamfase fra DensaDeg kan pumpes direkte på rådnetank Modenhed: Teknologien er kendt og anvendt i fuldskala. Ulemper: Komplexer anlægsdesign, opstartsperiode angives til 15 min for ActiFlo, og formentlig længere tid for DensaDeg. Kræver avanceret processtyring på grund af mange delprocesser. Slammet fra ActiFlo er tyndt og skal opkoncentreres inden videre slambehandling. Referencer: Leverandører & Referencer ActiFlo (Veolia), DensaDeg (Degremont/Suez)</p>		
<p>TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER</p>	<p>Effektivitet: SS, COD (partikulært COD: 80-90 %) samt N og P. Driftsomkostninger: ~ 0,10 DKK/m³</p>		
<p>IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET</p>	<p>Implementerbarhed: Teknologien er veldokumenteret og klar til implementering. Investeringsbehov: 15 – 20 mio. DKK/20.000 m³/h</p>		
<p>ØKONOMISK NØGLETAL</p>	<p>Skalerbarhed: Størrelse og antal linjer kan tilpasses det nødvendige flow relevant for MOVAR & FREVAR. Særlige forhold: -</p>		
<p>FLEKSIBILITET & SKALERBARHED</p>	<p>Fleksibilitet: Høj fleksibilitet. Antal linjer i drift tilpasses automatisk i forhold til flow . Arbejdsmiljø: Kan behøve skylles igennem med vand hvis vandet bliver ståendes for lang tid i tankene og danner dårlig lugt.</p>		
<p>ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD</p>			



BAT teknologi	Nr. 1.3.2	BAT emne: Overløbsrensning Titel: Hydraulisk separator	Dato: 27.03.2017 Version: 00a 
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: Miljøpåvirkning: Reduktion af emission til vand.		
FORMÅL	Reduktion af SS i by-pass (og medfølgende COD, N og P reduktion via indholdet i SS).		
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	By-pass behandles via en mekanisk finrist på 4-5 mm, efterfulgt af en enhed med lameller og en finere rist. Efter en regnsituation tilbageskylles slammet fra det andet trin og returneres til kloaksystemet.	 <p>Principskitse HydroSeparator, figur fra HydroSystems</p>	
FORDELE & ULEMPER	Fordele: Forholdsvis simpel opbygning. Kan eventuelt kombineres med kemisk fældning.	Ulemper: Fjerner ikke meget N og P.	
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	Modenhed: Teknologien er installeret flere steder i Danmark	Referencer: HydroSeparator (HydroSystems, Middelfart) Kolding, overfladevandsrensning, Kærby, overløbsrensning.	
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Implementerbarhed: Teknologier vurderes klar til implementering.	Effektivitet: Data fra Kærby RA i perioden nov.-feb. 2011. SS: ~ 78 % COD: ~ 48 % TP: ~ 21 % TN: ~ 29 %	
ØKONOMISK NØGLETAL	Investeringsbehov: 5 – 10 mio.DKK/ 20.000 m ³ /h	Driftsomkostninger: ~ 0,05 DKK/m ³	
FLEKSIBILITET & SKALEBARHED	Fleksibilitet: Høj fleksibilitet. Antal linjer i drift tilpasses automatisk i forhold til flow .	Skalerbarhed: Størrelse og antal linjer kan tilpasses det nødvendige flow relevant for MOVAR & FREVAR.	
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Arbejdsmiljø: Lukket system med automatisk skylling/rensning.	Særlige forhold: Tilbageskylingsproceduren er vigtig af hensyn til effektiviteten af lameller/filtrering i andet trin.	


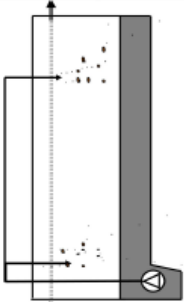
<p>BAT teknologi</p>	<p>Nr. 1.3.3</p>	<p>BAT emne: Overløbsrensning Titel: Hydrocyklon</p>	<p>Dato: 28.03.2017 Version: 00a</p> 
<p>RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING</p>	<p>Ressource: - Miljøpåvirkning: Reduktion af emission til vand.</p>		
<p>FORMÅL</p>	<p>Reduktion af SS i overløb fra sparebassiner (og medfølgende COD, N og P reduktion via indholdet i SS)</p>		
<p>BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI</p>	<p>Overløb behandles via et flow genereret når overløbskapaciteter på kloaksystemet overskrides. Overløbsvandet føres tangentielt ind i hydrocyklonen, og suspenderet stof fjernes via centrifugalkraften gennem bunden af hydrocyklonen og forrenset vand ledes i overløb. Den hydrauliske opholdstid i systemet er ca. 8 min. Fra bunden af hydrocyklonen returneres slammet til kloaksystemet.</p>	<p>Principskisse Hydro Internationals Storm King. Figur fra Hydro International.</p> 	<p>Ulemper: Fjerner ikke meget N og P</p>
<p>FORDELE & ULEMPER</p>	<p>Fordele: Forholdsvis simpel opbygning. Kan eventuelt kombineres med kemisk fældning.</p>	<p>Referencer: Leverandør HydroInternational (Storm King), USA Andre salgsnavne: FluidSep og SWIRL hydrocycloner</p>	
<p>TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER</p>	<p>Modenhed: Teknologien er anvendt i mange fuldskalainstallationer på overløbsvand i USA.</p>	<p>Effektivitet: SS: 40 – 60 %</p>	
<p>IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET</p>	<p>Implementerbarhed: Teknologien er veldokumenteret og klar til implementering.</p>	<p>Driftsomkostninger: ~ 0,05 DKK/m³</p>	
<p>ØKONOMISK NØGLETAL</p>	<p>Investeringsbehov: 3 – 5 mio. DKK/ 20.000 m³/h</p>	<p>Skalerbarhed: Størrelse og antal linjer kan tilpasses det nødvendige flow relevant for MOVAR & FREVAR.</p>	
<p>FLEKSIBILITET & SKALERBARHED</p>	<p>Fleksibilitet: Høj fleksibilitet. Antal linjer i drift tilpasses automatisk i forhold til flow .</p>	<p>Særlige forhold: Ingen</p>	
<p>ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD</p>	<p>Arbejdsmiljø: Lukket system med automatisk skyning/rensning således at der ikke er væsentlige arbejdsmiljøproblemer.</p>		


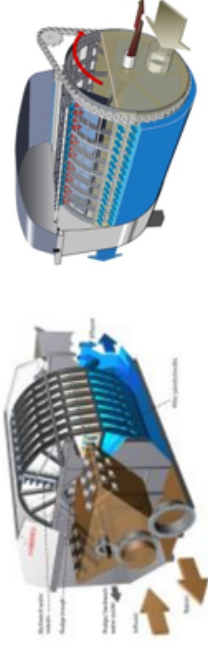
<p>BAT teknologi</p>	<p>Nr. 2.1.1</p>	<p>BAT emne: Rist/sandfang – Ressourcegenanvendning Titel: Genanvendelse af cellulose i ristegods</p>	<p>Dato: 28.03 2017 Version: 00a</p> 
<p>RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING FORMÅL</p>	<p>Ressource: Forbedrer genanvendelse af materialer i det indkommende spildevand og reducerer energiforbruget i renseanlægget Miljøpåvirkning: Reduktion af energiforbrug og CO₂ emission. Ved at sigte det indkommende spildevand gennem en fin sigte tilbageholdes store mængder cellulose som udgør en meget væsentlig del af spildevandets partikelindhold. Materialet kan enten føres til rådnatanken og dermed øge gasudbyttet, eller cellulosefibre kan oparbejdes til forskellige produkter. I litteraturen nævnes nyt toiletpapir, laktat og potentielle for produktion af bioplast og naturligvis øget biogasproduktion.</p>		
<p>BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI</p>	<p>Ved at reducere spaltevæden i ristene eller anvende til filtrering af det indkommende spildevand kan hovedparten af spildevandets indhold af cellulosefibre frafiltreres. Cellulose fra toiletpapir udgør efter visse kilder 60 – 80 % af partiklerne i spildevandet. Forskellige kilder opgiver at toiletpapirforbruget pr indbygger er 1 kg/måned og hovedparten ender i kloaknettet.</p>	<p>Mulige anvendelser af cellulosen i spildevand fra AppliedCleanTech</p> 	
<p>FORDELE & ULEMPE</p>	<p>Fordelle: Genanvendelsespotentialt for materialer i spildevand kan eventuelt øges dramatisk. Energiforbruget til beluftning sænkes og slamproduktionen mindskes således at kapaciteten øges. Modenhed: Filtrering af spildevand som alternativ til traditionel forklaring er relativt ny; men der findes mange anlæg internationalt og i Norge. Teknologier til oparbejdningen af materialet er derimod meget umoden. Enkelte forsøg er udført i fuld skala; men de mere lovende anvendelser af materialet er udokumenteret. Der findes dog firmaer, der tilbyder sådanne løsninger.</p>		
<p>TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER</p>	<p>Ulemper: Ekstra processtrin med helt nye funktioner. Uprøvet proces, hvis kulstof/kvælstofforholdet ikke er tilstrækkeligt skal der styring på som tillader bypass. Biogasproduktionen reduceres når en større del af cellulosen frafiltreres. Referencer: Flere leverandører på markedet til filtrering af spildevand. Firmaer der leverer oparbejdningsudstyr er mere tvivlsomme Firmaet AppliedCleanTech (www.appliedcleantech.com) markedsfører konceptet Recylose™. Amsterdams Vandselskab Waternet synes at arbejde intenst indenfor området.</p>		
<p>IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET</p>	<p>Implementerbarhed: Forfiltrering kan umiddelbart implementeres; men oparbejdningsmetoderne kræver videre udvikling. Investeringsbehov: Det er ikke muligt at fastslå et norsk omkostningsniveau for oparbejdning af materialet.</p>		
<p>ØKONOMISK NØGLETAL</p>	<p>Effektivitet: Kan ikke bedømmes. Driftsomkostninger: Kan ikke bedømmes.</p>		
<p>FLEKSIBILITET & SKALERBARHED</p>	<p>Skalerbarhed: Kan formentlig bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.</p>		
<p>ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD</p>	<p>Særlige forhold: Teknologien er formentlig i mange tilfælde beskyttet af patenter eller varemærker.</p>		



<p>BAT teknologi</p>	<p>Nr. 3.1.1</p>	<p>BAT emne: Forbehandling - optimering Titel: Biosorption</p>	<p>Dato: 28.03.2017 Version: 00a</p> 
<p>RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING</p>	<p>Ressource: Forbedret udnyttelse af COD i spildevandet til energiproduktion Miljøpåvirkning: Reduktion af energiforbrug og CO₂-emission.</p>		
<p>FORMÅL</p>	<p>Biosorption er en højtbelastet biologisk proces med kort hydraulisk opholdstid, stor reduktionseffekt på COD og SS, og et lille energiforbrug. Processen har samme effekt på spildevandet som en kraftig forfældning på parametrene COD og SS (ikke P)</p>		
<p>BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI</p>	<p>Et biologisk trin bestående af (evt. eksisterende) forklaringskammer og et biologisk procesvolumen med en hydraulisk opholdstid på 0,5 – 1 time. Anlægget drives med et SS indhold på 1 – 3 g SS/l, meget lavt iltsetpunkt og med en slamalder på få døgn. Alternativt kan biologisk slam fra det eksisterende biologiske renseanlæg anvendes som slam i biosorptionstrinnet. Kan kombineres med forfældning til P-fjernelse</p>	<p>Principskitse Figur fra EnviDan</p> 	
<p>FORDELE & ULEMPER</p>	<p>Fordele: Fjerner store mængder COD og SS fra det tilførte spildevand, hvilket øger energindholdet i slammet og mindre kulstof til det efterfølgende biologiske rensesystem.</p>	<p>Ulemper: Forventes ikke til at alene kunne bruges til at nå MOVAR & FREVARs renseskrav. Kræver tilførsel af luft.</p>	
<p>TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER</p>	<p>Modenhed: Teknologien er velafprøvet på danske og udenlandske anlæg.</p>	<p>Referencer: Udført i sandfang: Viborg RA Udført med ny biologisk proceskammer: Odense NØ og NV renseanlæg. Thisted Renseanlæg har langvarig erfaring med biosorption. DHI genintroducerer biosorption under navnet CCAB2g (ref. anlæg 2 år i Malaysia).</p>	
<p>IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET</p>	<p>Implementerbarhed: Teknologien er veldokumenteret og klar til implementering.</p>	<p>Effektivitet: SS red 70-80 %, COD red 50-70 %</p>	
<p>ØKONOMISK NØGLETAL</p>	<p>Investeringsbehov: Proceskammer, 1 times opholdstid på max. Tørvejrstrøm. Klaringskammer med en HOB på < 1,7 m/h (eventuelt eksisterende forklaringskammer)</p>	<p>Driftsomkostninger: Energiforbrug: Beluftning til meget lavt iltsetpunkt</p>	
<p>FLEKSIBILITET & SKALEBARHED</p>	<p>Fleksibilitet: Kan kombineres med styret by-pass til optimering af den biologiske fosforfjernelse.</p>	<p>Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.</p>	
<p>ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD</p>	<p>Arbejdsmiljø: Service af pumper og blæsere. Håndtering af en blanding af primær- og ustabiliseret biologisk slam.</p>	<p>Særlige forhold: Ingen</p>	


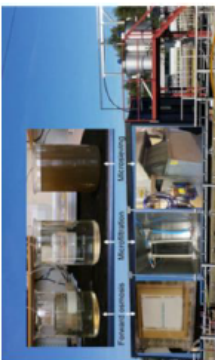
<p>BAT teknologi</p>	<p>Nr. 3.1.2</p>	<p>BAT emne: Forbehandling - optimering Titel: Smart buffer</p>	<p>Dato: 28.03 2017 Version: 00a</p> 
<p>RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING</p>	<p>Ressource: Miljøpåvirkning: Reduktion af emission til vand.</p>		
<p>FORMÅL</p>	<p>En effektiv anvendelse af forklaringsstankenes volumen ved at tilbageholde "first-flush" vandet, som kommer til renseanlægget ved regnhændelser. Reduceret risici for slamflugt fra forklaringsstankene og at koncentreret "first-flush" spildevand går i overløb.</p>		
<p>BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI</p>	<p>Anlægget bliver drevet med ca. en tredjedel af forklaringsstankene under tørvejrbelastning mens de andre henstår tomme. I tilfælde af regn føres indløbsflowet til de tomme forklaringsstanke. Når alle tanke er fyldt op fordeles flowet til alle forklaringsstanke indtil indløbsflowet igen er på normalt niveau.</p>	<p>Driftsprincip. Figur fra Waterways</p> 	
<p>FORDELE & ULEMPE</p>	<p>Fordele: Lave investeringsomkostninger hvis de eksisterende forklaringsstanke kan styres på denne måde. Forbedrer effektivt behandlingen af forureningerne forbundet med "first-flush" flowet.</p>	<p>Ulemper: Mere kompliceret styring af anlægget. Behov for forvarsel fra kloaksystemet opstrøms.</p>	
<p>TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER</p>	<p>Modenhed: Relativt nyt koncept, som er blevet afprøvet på få anlæg.</p>	<p>Referencer: Ingen dokumenteret effekt endnu. Konceptet er blevet implementeret på Eindhoven RA i Holland.</p>	
<p>IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET</p>	<p>Implementerbarhed: Teknologien er klar til implementering.</p>	<p>Effektivitet: Effektiviteten kan kvantificeres ved simulering.</p>	
<p>ØKONOMISK NØGLETAL</p>	<p>Investeringsbehov: Ny rørføring og nyt styringsmodul.</p>	<p>Driftsomkostninger: Ingen signifikant forøgelse.</p>	
<p>FLEKSIBILITET & SKALERBARHED</p>	<p>Fleksibilitet: Tillader en mere fleksibel drift af forklaringsstankene.</p>	<p>Skalerbarhed: Afhænger af størrelse på eksisterende klaringsstanke eller muligheden til at bygge nye.</p>	
<p>ARBEJDSMILJØ & SVÆRLIGE FORHOLD</p>	<p>Arbejdsmiljø: Kræver vedligehold af ventiler og pumpesystem så at primærtankene kan fyldes og tømmes som de skal. Kan behøve spuling hvis tankene stor tomme for lang tid.</p>	<p>Særlige forhold: Ingen.</p>	


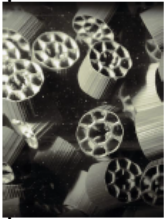
BAT teknologi	Nr. 3.1.3	BAT emne: Forbehandling - optimering Titel: By-pass styring (COD-splitter)	Date: 28.03.2017 Version: 00a 
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: Miljøpåvirkning: Reduktion af emission til vand.		
FORMÅL	Styring af kulstofbelastningen til det biologiske rensetrin for at søge for tilstrækkelig mængde kulstof til denitrificering og biologisk fosforjernelse mens kulstofføsten i primærtrinnet maksimeres.		
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Forbedret styring af belastningen af kulstof til det biologiske rensetrin i primærtrinnet ved hjælp af onlinemålere. Styringen skal kunne styre fordelingen af kulstof mellem slambehandling og biologisk rensetrin uanset hvilken primærrensningsteknik som bruges. Styringen kan f.eks. programmeres til at styre dosering af fældningskemikalier, by-pass af primærtrin eller tilbagepumpning af primærslam.	 <p>Eksempel på by-pass styring af primærtank ved brug af COD og TN måler før og efter primærtrinnet. Billede EnviDan.</p>	
FORDELE & ULEMPER	Fordele: Giver en mulighed til at maksimere kulstofføsten i primærtrinnet til rådnetanken mens det sikres, at der er tilstrækkeligt med kulstof i tilløbet til det biologiske rensetrin for denitrifikationen og den biologiske fosforjernelse uden at det skal doseres ekstern kulstof.	Ulemper: Kræver en mere kompliceret onlinestyling af renseanlægget.	
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	Modenhed: Teknologien er afprøvet i flere udviklingsprojekter i hele verden. Ingen fuldskalainstallation er kendt.	Referencer: Leverandører & Referencer STAR (Krüger) Dims (DHI) EnviStyr (EnviDan)	
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Implementerbarhed: Teknologien er på udviklingsstadiet og klar til afprøvning i fuldskala.	Effektivitet: Anlægsspecifikt.	
ØKONOMISK NØGLETAL	Investeringsbehov: Afhænger af eksisterende infrastruktur, f.eks. om online sensorer, kemikaliedoseringssystem eller by-pass kanaler allerede findes.	Driftsomkostninger: Optimering af eksisterende drift, ændring i driftsomkostninger afhænger derfor af, hvor godt anlægget p.t. kører.	
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	Fleksibilitet: Høj fleksibilitet. Forbedrer fleksibiliteten af eksisterende primærtrin.	Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.	
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Arbejds miljø: Service af ventiler og/eller kemikaliepumper.	Særlige forhold: Ingen.	


<p>BAT teknologi</p>	<p>Nr. 3.1.4</p>	<p>BAT emne: Ressourcebesparelse Titel: Primærslamhydrolyse</p>	<p>Dato: 03.04.2017 Version: 00a</p> 
<p>RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING</p>	<p>Ressource: Reducerer behovet for tilsætning af kulstofkilde ved lavt C/N forhold eller ved problemer med letomsætteligt organisk stof til biologisk fosforfjernelse. Miljøpåvirkning: Reducerer behov for ekstern kulstof; men også den potentielle biogasproduktion.</p>		
<p>FORMÅL</p>	<p>Sikre tilstrækkeligt letomsætteligt organisk stof til biologisk fosforfjernelse og til denitrifikation. Øger samtidig processhastigheden for processerne, hvorved der potentielt skabes øget kapacitet.</p>		
<p>BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI</p>	<p>Ved at tillade en længere opholdstid i forklaringsstankene ved at styre udpumpningen kan de naturlige hydrolyseprocesser sættes i gang. Flowet gennem tanken skyller de opløste organiske forbindelser videre til det biologiske trin. Kan også gøres i en separat tank, hvorved processen bliver mere styrbar.</p>	<p>Primærslamhydrolyse i eksisterende tanke Skitse fra Jes la Cour</p> 	
<p>FORDELE & ULEMPER</p>	<p>Fordele: Forbedret biologisk fosfor og kvælstoffjernelse.</p>	<p>Ulemper: Kulstoffet der ledes til de biologiske trin reducerer mængden af primærslam til rådnetankene og kan ved dårlig styring føre til forøget iltforbrug. Forøget risiko for overførsel af store mængder primærslam til det biologiske trin ved høj hydraulisk belastning. Bliver opholdstiden i forklaringsstanken for lang dannes lugt.</p>	
<p>TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER</p>	<p>Modenhed: Teknologien er moden og benyttes på en del anlæg i hele verden.</p>	<p>Referencer: Öresundsverket i Helsingborg har i mere end 20 år haft teknologien i gang og flere svenske anlæg benytter metoden både til biologisk fosforfjernelse og kvælstoffjernelse. Ved den seneste kortlægning i 2006 benyttede 9 anlæg forskellige varianter af primærslamhydrolyse. Metoden har tidligere været anvendt på nogle få danske anlæg; men så vidt vides er ingen i drift i dag.</p>	
<p>IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET</p>	<p>Implementerbarhed: Primærslamhydrolyse i eksisterende forklaringsstanke kan umiddelbart etableres hvis tankene, belastningsvariationerne og styringsmulighederne er til stede.</p>	<p>Effektivitet: Veldokumenteret at teknologien forbedre fosfor og kvælstoffjernelsen; men det er meget svært at kvantificere effekten.</p>	
<p>ØKONOMISK NØGLETAL</p>	<p>Investeringsbehov: Ved etablering i eksisterende tanke er investeringsomkostningerne begrænsede.</p>	<p>Driftsomkostninger: Der er i det store hele ingen driftsomkostninger; men biogasproduktionen kan blive reduceret.</p>	
<p>FLEKSIBILITET & SKALERBARHED</p>	<p>Fleksibilitet: Metoden er fleksibel idet opholdstiden i forklaringsstankene sædvanligvis kan styres enkelt. Det er derimod svært at styre præcist hvor meget letomsætteligt organisk stof der produceres; erfaringerne viser, at man får, hvad der nu kommer.</p>	<p>Skalerbarhed: Kan formentlig bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.</p>	
<p>ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD</p>	<p>Arbejdsmiljø: Ved for lang opholdstid i forklaringsstankene kan der opstå lugtproblemer og metoden kan ikke anbefales, hvis der er meget svovl i spildevandet, da der så kan dannes problematiske koncentrationer af svovlbrinte</p>	<p>Særlige forhold: Ingen</p>	

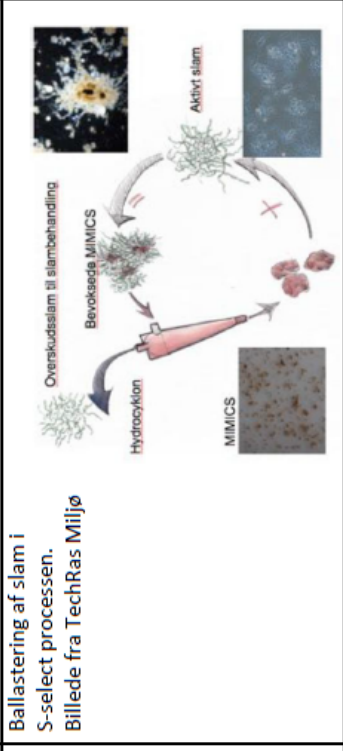
<p>BAT teknologi</p>	<p>Nr. 3.2.1</p>	<p>BAT emne: Forbehandling - rensning Titel: Forfiltrering med tromle/skivefilter</p>	<p>Dato: 28.03 2017 Version: 00a</p> 
<p>RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING</p>	<p>Ressource: Forbedrer potentielt udnyttelse af kulstofressourcen i spildevandet. Miljøpåvirkning: Reduktion af energiforbrug og CO₂ emission samt større energiproduktion.</p>		
<p>FORMÅL</p>	<p>Forbedret styring af kulstofhast gør det muligt at prioritere øget gasproduktion sideløbende med et reduceret energiforbrug til beluftning i det biologiske anlægstrin, idet en mindre mængde organisk stof skal omsættes i det biologiske trin.</p>		
<p>BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI</p>	<p>Filtrering med skive/tromlefilter til mekanisk rensning af indkommende vand. Det tilførte spildevands indhold af partikulært organisk stof tilbageholdes på filterdugen og skilles fra dugen ved skyllning med vand. Slammet har typisk et lavt TS-indhold på ca. 0,5 %. Ved tilsætning af polymer og/eller fældningskemikalier kan udtaget af organisk stof (kulstofhøsten) forøges.</p>	<p>Veolia skivefilter (figur fra Veolia) og Nordic Water tromlefilter (figur fra Nordic Water).</p> 	
<p>FORDELE & ULEMPE</p>	<p>Fordele: Kontinuerlig proces med kort opstartstid. Høj SS-reduktion mulig.</p>	<p>Ulemper: Kræver et større trykfald end en primærtank. Kræver elinstallation og spulevand. Lav TS koncentration i slammet.</p>	
<p>TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER</p>	<p>Modenhed: Teknologien er velafprøvet til tertiær filtrering, få referencer hvor filtrene er anvendt til forfiltrering.</p>	<p>Referencer: Primært afprøvet af teknologileverandørerne i pilotskala i Skandinavien. Afprøvet af Veolia på Renseanlæg Lynetten i København. Afprøvet af Nordic Water på Klippans Reningsværk i Sverige.</p>	
<p>IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET</p>	<p>Implementerbarhed: Kan umiddelbart implementeres på anlæg med rådnetaanke.</p>	<p>Effektivitet: Typisk SS red 50-70 %.</p>	
<p>ØKONOMISK NØGLETAL</p>	<p>Investeringsbehov: ca. 12 til 15 mill. kr. pr. 2000 m³/h</p>	<p>Driftsomkostninger: Kemikalier og energi ca. 10 øre/m³</p>	
<p>FLEKSIBILITET & SKALERBARHED</p>	<p>Fleksibilitet: Filter kan nemt tages ind og ud af drift. Filterrensningen styres automatisk for at håndtere varierende belastning.</p>	<p>Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.</p>	
<p>ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD</p>	<p>Arbejdsmiljø: Eventuelt nødvendigt med manuel rengøring af filterdugen en gang imellem. Service af drivmotorer og andet mekanisk udstyr. Ved indendørs installation skal der være fokus på ventilation.</p>	<p>Særlige forhold: Ingen.</p>	


BAT teknologi	Nr. 3.2.2	BAT emne: Forbehandling - rensning Titel: Båndfilter	Dato: 28.03 2017 Version: 00a 
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: Forbedrer potentielt udnyttelse af kulstofressourcen i spildevandet. Miljøpåvirkning: Reduktion af energiforbrug og CO ₂ emission samt større energiproduktion.		
FORMÅL	Forbedret styring af kulstofhøst gør det muligt at prioritere øget gasproduktion sideløbende med et reduceret energiforbrug til beluftning i det biologiske anlægsstrin, idet en mindre mængde organisk stof skal omsættes i det biologiske trin.		
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Filtering med båndfilterteknologi, til mekanisk rensning af indkommende vand. Det tilførte spildevands indhold af partikulært organisk stof separeres fra og opkoncentreres over filterdugen. Afhængigt af løsning til separationen fra filterdugen (afblæsning, børstning, eller skyning med vand) kan slammet opkoncentreres til 4-5 %. Ved tilsætning af polymer og/eller fældningskemikalier kan udtage af organisk stof (kulstofhøsten) forøges.	Fritstående båndfilterenhed fra Salsnes. 	
FORDELE & ULEMPER	Fordele: Kontinuerlig proces med kort opstartstid. Høj SS-reduktion mulig. Evne til at opkoncentrere primærslam til 4-5 %. Kombineret med en modtrykskruepresse kan TS % øges til 20-40 %. Ingen behov for forafvanding/tykning af slam. Modenhed: Teknologien er velafprøvet.	Ulemper: Kræver et større trykfald end en primærtank. Kræver elinstallation og spulevand. Flere mekaniske dele.	
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	Referencer: Installeret på mange anlæg i Norge. I Danmark installeret på Egå Renseanlæg i Aarhus og det nye central renseanlæg i Hillerød.		
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Implementerbarhed: Kan umiddelbart implementeres på anlæg med rådnetaanke.	Effektivitet: En typisk SS red ligger mellem 50-70 % afhængigt af belastning, styring og brug af kemikalier.	
ØKONOMISK NØGLETAL	Investeringsbehov: Afhænger af praktiske forudsætninger på det specifikke anlæg. En vejledende pris på 120 DKK/PE kan bruges.	Driftsomkostninger: Vurderes at ligge omkring 0,05 DKK/m ³ behandlet vand afhængigt af brug af kemikalier.	
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	Fleksibilitet: Filter kan nemt tages ind og ud af drift. Båndfilterhastigheden kan styres for at håndtere varierende belastning.	Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.	
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Arbejds miljø: Eventuelt nødvendigt med manuel rengøring af filterdugen en gang imellem. Service af drivmotorer og andet mekanisk udstyr. Ved indendørs installation skal der være fokus på ventilation.	Særlige forhold: Teknologien er i de fleste tilfælde beskyttet af patenter eller varemærker.	

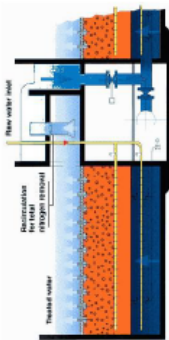
BAT teknologi	Nr. 3.2.3	BAT emne: Forbehandling - rensning Titel: Mekanisk/kemisk fuldrensning	Dato: 28.03 2017 Version: 00a	
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING FORMÅL	<p>Ressource: Forbedrer genanvendelse af i princippet alle materialer i det indkommende spildevand og reducerer arealbehovet til rensning.</p> <p>Miljøpåvirkning: Reduktion af energiforbrug og CO₂ emission.</p> <p>Udviklingen af forskellige typer sigter og membraner muliggør nu i princippet at spildevand kan renses til de danske krav uden brug af biologiske processer. Gennem et antal mekanisk/kemisk rensningsstrin kan spildevandet renses og opdeles i fraktioner, som herefter kan oparbejdes til produkter.</p>			
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Ved at kombinere forskellige typer membraner evt. med kemikalier kan man i dag i princippet fuldt renses spildevand. I de systemer som der arbejdes med nu kombineres typisk avanceret forbehandling ved filtrering, efterfulgt af mikro- eller ultrafilter membraner og i sluttrinnet direkte eller omvendt osmose.	 <p>Pilotanlæg med forfiltrering mikrofiltrering og direkte osmose. Billede fra Lunds universitet</p>		
FORDELE & ULEMPER	<p>Fordele: Genanvendelsespotentialt for materialer i spildevandet kan øges dramatisk. Biogasproduktionen kan øges og energiforbruget til beluftning helt udelades. Membrananlæg kræver meget mindre plads end traditionelle renseanlæg.</p>	<p>Ulemper: Helt nye teknologier skal etableres, hvoraf flere ikke er fuldt udviklet. Membrananlæg kræver energi til at holde membraner rene. På store anlæg kommer der mange parallelle, ens komponenter som kan vanskeliggøre vedligeholdelsen.</p>		
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	<p>Modenhed: Mekanisk/kemisk fuldrensning med efterfølgende oparbejdning af ressourcer i spildevandet er på udviklingsstadiet, hvor universiteter og teknikleverandører forsøger at udvikle dele og hele systemløsninger.</p>	<p>Referencer: Et forsøg på et samlet koncept er gennemført i Lund, Sverige i perioden 2013-2016.</p>		
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	<p>Implementerbarhed: Teknologierne kræver mere udvikling før de kan implementeres. Specielt rensning for kvælstof og teknikker til at oparbejde ressourcerne i spildevandet kræver betydelig udvikling</p>	<p>Effektivitet: Kan ikke bedømmes.</p>		
ØKONOMISK NØGLETAL	<p>Investeringsbehov: Det er ikke muligt at fastslå et norsk omkostningsniveau.</p>	<p>Driftsomkostninger: Kan ikke bedømmes.</p>		
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	<p>Fleksibilitet: Kan ikke bedømmes; men teknologien kræver naturligvis at blive implementeret i en separat linje, da den ikke kan indpasses med de eksisterende teknologier.</p>	<p>Skalerbarhed: Kan formentlig bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.</p>		
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	<p>Arbejds miljø: Arbejds miljøet skal evalueres i lyset af hvilke teknologier der i et konkret tilfælde implementeres, og der er mange forskellige muligheder.</p>	<p>Særlige forhold: Nogle teknologier vil formentlig være beskyttet af patenter eller varemærker.</p>		


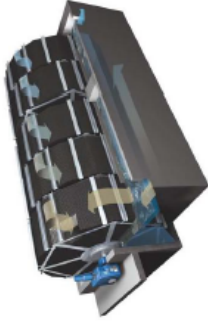
BAT teknologi	Nr. 4.1.1	BAT emne: Biologisk rensning - Biofilm Titel: Biofilm - Moving Bed Bio reactor (MBBR)/IFAS	Dato: 28.03 2017 Version: 00a	
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: Mindre pladskrævende metode til forøgelse af rensningskapaciteten. Miljøpåvirkning: Reduktion af emission til vand.			
FORMÅL	Svømmende bærematerialer (MBBR) evt. kombineret med aktiv slam (IFAS) kan benyttes til rensning af spildevand eller til specialiserede rensningsopgaver f.eks. Efterdenitrifikation og rejektivandsrensning. Ved at fastholde biomassen på plastlegemer opnås et højt tørstofindhold. Brug af biofilmteknologier åbner op for at kunne fraseparere partikler og slam fra processerne med avanceret kompakt teknologi, f.eks. filtrering, fordi den mængde tørstof, der skal frasepareres er meget mindre end i aktiv slam. Rensningen kan derved gøres væsentligt mere kompakt. Kombineres MBBR med aktiv slam (IFAS) forsvinder fordelene med reduceret efterklaringsbehov; men tørstofindholdet kan holdes højt, hvorfor kombinationen ofte benyttes ved overbelastede aktiv slam anlæg. Processen kan ikke designes med forøget biologisk fosforfjernelse.			
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Svømmende bærematerialer benyttes som middel til at fasthold biomassen således at slamflugt undgås ved høj hydraulisk belastning. Ved kombination med IFAS mistes en del af denne fordel således at denne proceskombination er mindre velegnet til procesløsninger, der skal kunne håndtere store flowvariationer.	 Suez Meteor IFAS/MBBR proces. Billede fra Suez.		
FORDELE & ULEMPER	Fordele: Rensningen kan gøres mere kompakt end aktiv slam anlæg. God håndtering af høj hydraulisk belastning. Kan kombineres med kompakte slamseparationsprocesser, f.eks. floatation og filtrering.	Ulemper: Dyrere og mere uflexibel løsning end aktiv slam. Biofilmprocesser er sædvanligvis noget dyrere i drift end aktiv slam anlæg og når ikke ned på de samme lave afløbsværdier. Kræver energi ineffektivt grovbobligt luftningssystem for at holde bæremediet suspenderet og en høj itkoncentration for at ilten skal kunne diffundere igennem biofilmen. Kan kun designes med en almindelig biologisk indbygning af fosfor i cellerne (1,5 %).		
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	Modenhed: Teknologierne, både MBBR og IFAS, er moden med mange fuldskalaanlæg i drift i mange land. IFAS er kommet til i de senere år, så der er langt færre anlæg af denne type.	Referencer: På Bårildalen RA i Eidsvoll kommune er et MBBR anlæg til COD rensning bygget. På Kalundborg Centralrenseanlæg er etableret et poleringstrin med nitrifikation og denitrifikation efter anlæggets ozonanlæg (bygget for at reducere COD). Ryaverket i Göteborg og Sjölund i Malmö har begge MBBR som efterdenitrifikationsanlæg.		
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Implementerbarhed: Teknologierne kan umiddelbart etableres.	Effektivitet: Som følge af diffusionsbegrænsning i biofilmen har MBBR anlæg sædvanligvis svært ved at reducere udledningerne til samme lave niveau som aktiv slam løsninger. Ellers generelt gode rensningseffektivitet.		
ØKONOMISK NØGLETAL	Investeringsbehov: Investeringsbehovet afhænger af hvilke anvendelser teknologierne benyttes til. Sædvanligvis noget dyrere end tilsvarende aktiv slam løsninger i det den kræver flere mekaniske installationer. Billigere hvis den får plads i eksisterende volumener.	Driftsomkostninger: Som følge af at diffusions begrænsningen drives MBBR og IFAS med højere koncentrationer af ilt og kulstofkilde end aktiv slam for at opnå tilstrækkelig omsætningshastigheder. Det fører til større energiforbrug i til beluftning og til større tab af kulstofkilde på anlæg med kulstofdosering.		
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	Fleksibilitet: MBBR/IFAS er relativt uflexible processer med dårligere styringsmuligheder end aktiv slam anlæg.	Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.		
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Arbejds miljø: Mange mekaniske installationer til luftning og tilbageholdelse af bæremedie. Manuel rengøring af udløbsstier kan være nødvendigt.	Særlige forhold: Teknologierne er i betydeligt omfang patenteret eller varemærkebeskyttet af Veolia (AnoxKaldnes™) f.eks. AnoxKaldnes™ Hybas™.		


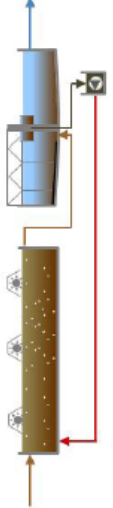
<p>BAT teknologi</p>	<p>Nr. 4.1.2</p>	<p>BAT emne: Biologisk rensning - Biofilm Titel: Ballastbiologi</p>	<p>Dato: 28.03 2017 Version: 00a</p> 
<p>RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING</p>	<p>Ressource: Mindre pladskrævende metode til forøgelse af rensningskapaciteten. Miljøpåvirkning: Reduktion af emission til vand.</p>		
<p>FORMÅL</p>	<p>Aktiv slam lignende proces hvor slammet vokser på mindre inerte partikler for at få gode bundfældningsegenskaber for at kunne køre biologien med høj slamkoncentrationen i luftningstankene eller tillade høj hydraulisk belastning af efterklaringsstankene. Kan formentlig designes med forøget biologisk fosforfjernelse.</p>		
<p>BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI</p>	<p>Ballast, mindre inerte partikler, tilsættes luftningstankene med det formål, at slammet skal adsorberes til partiklerne, hvilket leder til et tungere slam, som hurtigere bundfælder. Partiklerne kan f.eks. være lavet af plastik eller magnetit. Ved at fastholde slammet på ballastpartiklerne kan en højere tørstofindhold i luftningstankene eller højere hydraulisk belastning af efterklaringsstanke tillades. For at beholde det ballastede slam i systemet bruges specielle separationsprocesser. Hydrocykloner som separerer tungere og lettere slam eller magneter der fanger magnetitet kan bruges til at styre, at kun ikke- ballasteret slam tages ud som overskudsslam.</p>		
<p>FORDELE & ULEMPE</p>	<p>Fordele: Gode bundfældningsegenskaber. Mulighed til drift med høj slamkoncentration. Mulighed til høj hydraulisk belastning på efterklaringsstanke. Kan formentlig designes med forøget biologisk fosforfjernelse (ikke afprøvet endnu). Modenhed: Teknologierne er modne men med kun et fåtal fuldskalaanlæg i drift.</p>		
<p>TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER</p>	<p>Referencer: Et antal anlæg med magnetit i USA samt et antal i Schweiz og Tyskland med S-Select.</p>		
<p>IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET</p>	<p>Effektivitet: Har dokumenterbare forbedringer af bundfældningsegenskaberne på aktiv slam anlæg med dårlige bundfældningsegenskaber.</p>		
<p>ØKONOMISK NØGLETAL</p>	<p>Driftsomkostninger: Et mindre ekstra energibehov til separering af ballastpartikler fra overskudsslam. Forventes et tyndere overskudsslam, som kræver en større nedstrøms slambehandling.</p>		
<p>FLEKSIBILITET & SKALERBARHED</p>	<p>Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.</p>		
<p>ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD</p>	<p>Særlige forhold: Teknologierne er i betydeligt omfang patenteret eller varemærkebeskyttet.</p>		



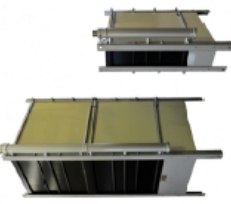



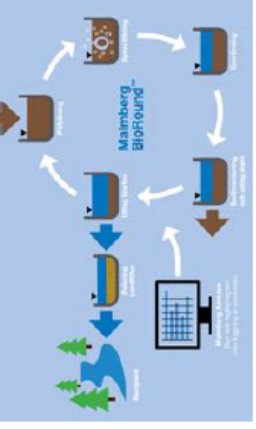
BAT teknologi	Nr. 4.1.3	BAT emne: Biologisk rensning - Biofilm Titel: BAF (Biological aerated filters)	Dato: 28.03 2017 Version: 00a	
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: Mindre pladskrævende metode til forøgelse af rensningskapaciteten. Miljøpåvirkning: Reduktion af emission til vand.			
FORMÅL	Fastsiddende medie installeret i en tank forsynet med beluftning bliver bevokset med biofilm som vandet ledes op igennem for at få en god kontakttid. Kan bruges som eneste biologiske rensesettrin eller til efterpolering. Processen kan ikke designes med forøget biologisk fosforfjernelse eller kemisk fosforfjernelse.			
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Fastfilmproces, hvor biofilmen vokser på filtermedie. Spildevandet poleres og filtreres ved at løbe op igennem (BIOSTYR og BIOFOR) eller ned igennem (BIOCARBONE) filterlaget i filtercellerne. Biofilmprocessen kan drives under aerobe eller anoxiske forhold til rensning af organisk stof og kvælstof. Filtermediematerialet afhænger af leverandør (Polystyren kugler – BIOSTYR, Biolite – BIOFOR, Biodamin – BIOCARBONE) og er i størrelse 2 – 6 mm. Filterlaget er 3 – 4 m og virker som filter så udløbet har et lavt indhold af SS. Filteret skal tilbageskyldes med jævne mellemrum. Til formålet benyttes renses spildevand. Fordele: Biologisk rensning og filtrering i et trin.			
FORDELE & ULEMPER	Ulemper: Slamkoncentrationen i skyllevandet er lavt og kræver opkoncentrering inden videre behandling. Skal typisk være under tag når processen etableres i koldere klima. Det er ikke muligt at kemisk fælde fosfor i processen, uden dette skal gøres før eller i yderligere et rensesettrin efter biologien. Processen kan ikke designes med forøget biologisk fosforfjernelse. Referencer: Flere leverandører på markedet. Veolia - BIOSTYR, SUEZ – BIOFOR, OTV - BIOCARBONE			
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	Modenhed: Teknologien er velforprøvet og installeret på flere danske renseanlæg både som hovedproces (Nyborg Renseanlæg og Frederikshavn Renseanlæg) og som polering (Efterdenitrifikation på Stavsholt Renseanlæg).			
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Implementerbarhed: Kan implementeres på alle anlæg.			
ØKONOMISK NØGLETAL	Investeringsbehov: Det er ikke muligt at fastlægge et investeringsbehov.			
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	Fleksibilitet: Antallet af filtre kan tilpasses behovet.			
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Arbejdsmiljø: Fokus på ventilation til sikring af et godt arbejdsmiljø. Fjernelse af eventuelle tilstopninger i filtermateriale. Skalerbarhed: Findes som standard fra ganske små celler til meget store celler. Så kan bygges med det antal celler og cellestørrelse, der er relevant for MOVAR & FREVAR. Særlige forhold: Ingen.			


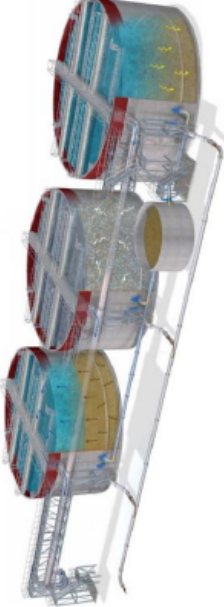




BAT teknologi	Nr. 4.1.4	BAT emne: Biologisk rensning - Biofilm Titel: Biorotor	Dato: 28.03 2017 Version: 00a	
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: Mindre pladskrævende metode til forøgelse af rensningskapaciteten. Miljøpåvirkning: Reduktion af emission til vand.			
FORMÅL	Fastsidende medie installeret rundt omkring en roterende aksel som er til dels neddykket i vand. Forureningen kommer i kontakt med den biofilm, som er neddykket. Biofilmen iltes når biofilmen kommer ovenfor vandoverfladen når akslen drejer rundt. Processen kan ikke designes med forøget biologisk fosforfjernelse.			
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Fastfilmproces, hvor biofilmen vokser på filtermedie. Biofilmskassetter sættes cylindrisk fast på en roterende aksel som bruges til at få biofilmen enten i kontakt med spildevandet eller luften for at iltes. Mediet er typisk neddykket til ca. 40 %.	 <p>Eksempelfigur biorotor. Billede fra Läckeby Products.</p>		
FORDELE & ULEMPER	Fordele: God håndtering af høj hydraulisk belastning. Kan kombineres med kompakte slamseparationsprocesser, f.eks. floatation og filtrering. Meget simpel proces som typisk kun kræver omdrejning for at iltes, hvilket også giver processen et lavt energiforbrug.	Ulemper: Ingen driftsflexibilitet og biofilmen stopper let til, hvilket kraftigt reducerer effektiviteten. Dårlig rensresultater og bryd på aksel er ikke usædvanligt. Processen kan ikke designes med biologisk fosforfjernelse.		
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	Modenhed: Teknologien er veldokumenteret og installeret på mange anlæg, typisk mindre anlæg med ikke så skræppe udlederkrav.	Referencer: Läckeby Products – Novatek™ sælges på den skandinaviske marked.		
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Implementerbarhed: Kan implementeres på alle anlæg.	Effektivitet: Generelt lav renseeffektivitet i forhold til andre renseteknologier, f.eks. MBBR eller aktiv slam. Kan bruges til anlæg med mindre skræppe renskrav.		
ØKONOMISK NØGLETAL	Investeringsbehov: Det er ikke muligt at fastlægge et investeringsbehov.	Driftsomkostninger: Meget lave driftsomkostninger i det ingen forceret luftning kræves.		
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	Fleksibilitet: Meget lav driftsflexibilitet.	Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.		
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Arbejds miljø: Fokus på ventilation til sikring af et godt arbejdsmiljø. Fjernelse af eventuelle tilstopninger i filtermateriale. Service på drivmotor.	Særlige forhold: Ingen.		


BAT teknologi	Nr. 4.2.1	BAT emne: Biologisk rensning – Aktiv slam Titel: Konventionel aktiv slam	Date: 28.03 2017 Version: 00a 
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: - Miljøpåvirkning: Reduktion af emission til vand.		
FORMÅL	Frie suspenderede slamflokke i spildevand som behandler vandet ved optagelse og oxidering af forurenninger. Kræver efterfølgende fraseparering fra vandfasen, typisk i store efterklaringsbassiner. Kan designes med forøget biologisk fosforfjernelse.		
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Traditionel biologisk proces med suspenderede slamflokke i spildevandet. Slamflokke holdes suspenderede ved beluftning eller omrøring. Slamkoncentrationen holdes typisk mellem 2-5 kg SS/m ³ . Efter behandling i procestanken(e) frasepareres slammet fra vandfasen i efterklaringsbassiner. Grundet slammets dårlige bundfældningsegenskaber kræves store klaringsstanke for at slammet skal nå at sedimentere før bundfaldte slam pumpes tilbage til procestankene for at opretholde den høje slamkoncentration.	Eksempelfigur konventionel aktiv slam. 	
FORDELE & ULEMPER	Fordele: Meget fleksibelt system i forhold til anlægsopbygning og styring. Evne til at rense til meget lave udløbskoncentrationer. Meget energieffektiv proces når finboblet luftningssystem bruges. Kan designes med forøget biologisk fosforfjernelse (3-4 % af biomassen). Modenhed: Teknologien er moden og installeret på mange anlæg verden over.	Ulemper: Dårlige bundfældningsegenskaber og store mængder slam som løber til klaringsstanken indebærer at store klaringsstanke behøves og at højere slamkoncentrationer i procestanken begrænses.	
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	Referencer: De fleste renseanlæg i Danmark og i de sydlige dele af Sverige er byggede som aktiv slam-anlæg. Anlæg findes i alle størrelser.		
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Implementerbarhed: Kan implementeres på alle anlæg.	Effektivitet: Mulighed til at rense spildevandet til meget lave udløbskoncentrationer. Lave driftsomkostninger ift. tilsvarende renseprocesser.	
ØKONOMISK NØGLETAL	Investeringsbehov: Afhænger af applikationen, størrelsen af anlæg og antal procestrin. Typisk større investeringsbehov bygmæssigt grundet store proces- og klaringsstanke.	Driftsomkostninger: Lave driftsomkostninger idet finboblet luftningssystem kan bruges.	
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	Fleksibilitet: Meget høj driftsfleksibilitet idet processen let kan styres.	Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.	
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Arbejds miljø: Almindelig service af blæsere og pumper.	Særlige forhold: Ingen	



BAT teknologi	Nr. 4.2.2	BAT emne: Biologisk rensning – Aktiv slam Titel: Membranbioreaktor (MBR)	Dato: 28.03 2017 Version: 00a 
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: Mindre pladskrævende metode til forøgelse af rensningskapaciteten. Miljøpåvirkning: Reduktion af emission til vand.		
FORMÅL	Kapacitetsudvidelse gennem øget indhold af aktivt slam i luftningstank og tilbageholdelse af aktivt slam i procestanke ved membranfiltrering. Kan designes med forøget biologisk fosforjernelse.		
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Membranfiltreringen tillader en højere slamkoncentration i procestankene (8-15 kg SS/m ³) end, hvad som typisk tillades i et aktiv slam anlæg, hvorved der opnås en kapacitetsudvidelse. Behandlet vand separeres fra aktivt slam ved filtrering gennem membranfilter med en por størrelse på ca. 0,2 µm. Membranen tillader at vand, men ikke partikler, løber igennem membranen, hvilket muliggør et meget rent afløb. For at holde membranerne rene kræves kontinuerlig rensning i form af f.eks. beluftning eller hurtig rotation samt periodevis kemisk behandling.	Alfa Laval hollow sheet membrankassette (billede fra Alfa Laval) og ZeeWeed hollow-fiber membraner (billede fra GE).  	Ulemper: Meget kompliceret proces med mange maskininstallationer. Energi- og kemikaliekrævende renholdning af membraner. Kan i en del tilfælde kræve pumper for at opnå tilstrækkeligt trykfald over membranerne. Kan i nogle tilfælde kræve installation af finriste (1 mm hulriste) forud for den biologiske proces. Referencer: Mølleåværket i Danmark. Henriksdals reningsværk i Stockholm (under opbygning).
FORDELE & ULEMPER	Fordele: Meget kompakt renseproces. I princippet partikelfrit afløbsvand. Kan forbedre nedbrydningen af miljøfremmede stoffer og tilbageholde bakterier og vira. Muliggør genanvendelse af rensset spildevand til forskellige formål. Kan designes med forøget biologisk fosforjernelse.	Modenhed: MBR-teknologierne er moden med mange fuldskalainstallationer verden over.	
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER			
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Implementerbarhed: Teknologierne kan umiddelbart etableres.	Effektivitet: Meget effektiv partikelseparering og dokumenterbar gode afløbskoncentrationer generelt på alle parametre.	Driftsomkostninger: Kemikaliebehov for periodisk grov rengøring af membraner. Energikrævende kontinuerlig rengøring af membraner ved beluftning.
ØKONOMISK NØGLETAL	Investeringsbehov: Teknologierne kræver store investeringer i mekanisk udstyr. 8 – 10 mio. kr./1000 m ³ /h		
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	Fleksibilitet: Lav fleksibilitet på selve membranfiltreringen. Kan fx rense fast delstrøm af indløbet til det biologiske trin.	Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.	
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Arbejds miljø: Meget kompliceret proces med mange maskininstallationer. Energi- og kemikaliekrævende renholdning af membraner. Ved manuel rengøring (meget sjældent) kommer det i kontakt med spildevand.	Særlige forhold: Ingen.	


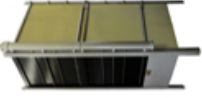

BAT teknologi	Nr. 4.2.3	BAT emne: Biologisk rensning – aktiv slam Titel: SBR	Dato: 28.03 2017 Version: 00a	
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: Arealeffektiv biologisk rensning af spildevand. Miljøpåvirkning: Reduktion af energiforbrug og CO ₂ emission samt emission til vand.			
FORMÅL	Et-trins aktiv slam-proces med reaktion og slamseparation i samme tankvolumen. Kan designes med forøget biologisk fosforjernelse.			
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	<p>Batch-proces hvor en tanke bruges til både reaktion og bundfældning. De typisk fire fase er som følger:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Påfyldningsfase hvor tanken fyldes med nyt spildevand. 2. Processfase hvor tanken luftes eller holdes omrørt. 3. Bundfældningsfase. 4. Tømmingsfase hvor det rensede spildevand forlader tanken. <p>Eftersom tankene ikke kontinuert modtager spildevand behøves flere parallelle tanke eller buffertanke for at kunne håndtere det tilløb af spildevand.</p>	<p>Driftsprincip Malmberg BioRound. Billede fra Malmberg.</p> 		
FORDELE & ULEMPE	<p>Fordele: Alt-i-en proces som simplificerer anlægsopbygningen. Ingen behov for pumping for returslamrecirkulering. Kan designes med forøget biologisk fosforjernelse.</p> <p>Modenhed: Teknologierne er moden og installeret på mange anlæg verden over.</p>	<p>Ulemper: Kan være nødvendigt med buffertanke før og efter. Reduceret eller dårlig driftsflexibilitet.</p> <p>Referencer: Mange anlæg over hele verden.</p>		
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER				
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	<p>Implementerbarhed: Kan implementeres på alle typer anlæg.</p> <p>Effektivitet: Tilsvarende renseseffektivitet som aktiv slam. Bruges som regel ikke længere på kommunale renselanlæg pga. dårlig driftsflexibilitet.</p>			
ØKONOMISK NØGLETAL	<p>Investeringsbehov: Investeringsbehovet er typisk på niveau med tilsvarende kapacitet i nye proces- og klaringsvoluminer til konventionel aktiv slam.</p> <p>Driftsomkostninger: Tilsvarende energiforbrug til beluftning som i konventionel aktiv slam løsning. Ingen behov for pumping for returslam, dog behov for indpumpning af spildevand til tankene.</p> <p>Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.</p> <p>Særlige forhold: Ingen.</p>			
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED				
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	<p>Arbejdsmiljø: Flere kritiske pumper og udløbskipper som skal vedligeholdes.</p>			



<p>BAT teknologi</p>	<p>Nr. 4.2.4</p>	<p>BAT emne: Biologisk rensning – aktiv slam Titel: Aerobe granuler</p>	<p>Dato: 28.03 2017 Version: 00a</p> 
<p>RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING</p>	<p>Ressource: Arealeffektiv biologisk rensning af spildevand. Miljøpåvirkning: Reduktion af energiforbrug og CO₂ emission samt emission til vand.</p>		
<p>FORMÅL</p>	<p>Et-trins aktiv slam-proces med reaktion og slamseparation i samme tankvolumen. Kan designes med forøget biologisk fosforjernelse.</p>		
<p>BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI</p>	<p>SBR proces med granuleret slam som har særligt gode bundfældningsegenskaber som muliggør at bundfældnings- og tømningfasene af tanken kan ske simultant. Processen er en batch-proces med reaktionsfase og bundfældning i samme tank. Grundet granulens størrelse opstår en iltgradient igennem granulen, hvilket tillader, at aerobe, anoxiske og anaerobe processer kan udføres i en beluftet fase uden behov for separate procesvoluminer eller reaktionsfase.</p>  <p>Et 3-tanks RHDHV NEREDA system (figur fra RHDHV).</p>		
<p>FORDELE & ULEMPER</p>	<p>Fordele: Alt-i-en proces som simplificerer anlægsopbygningen. Arealeffektiv. Ingen behov for pumping for returslamrecirkulering. Kan designes med forøget biologisk fosforjernelse. Modenhed: Teknologien er relativt ny med kun få fuldskalainstallationer.</p> <p>Ulemper: Lang opstartstid afhængigt af podeslamsmængde. Komplexitet tank design som ikke kan installeres i eksisterende tanke. Tyndt overskuds slam da det ikke udtages som bundfældede granuler; men fra toppen for at fjerne dårligt bundfældeligt slam. Kan være nødvendigt med buffertanke før og efter. Referencer: Flere anlæg i Europa og et under opbygning i Strömstad, Sverige.</p>		
<p>TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER</p>	<p>Implementerbarhed: Kan implementeres på alle typer anlæg.</p>		
<p>IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET</p>	<p>Effektivitet: Tilsvarende rensningseffektivitet som aktiv slam. Kan være diffusionsbegrænset ved meget lave koncentrationer.</p>		
<p>ØKONOMISK NØGLETAL</p>	<p>Driftsomkostninger: Tilsvarende energiforbrug til beluftning som i konventionel aktiv slam løsning. Ingen behov for pumping for returslam.</p>		
<p>FLEKSIBILITET & SKALERBARHED</p>	<p>Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.</p>		
<p>ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD</p>	<p>Særlige forhold: Teknologien er i de fleste tilfælde beskyttet af patenter eller varemærker.</p>		



<p>BAT teknologi</p>	<p>Nr. 4.2.5</p>	<p>BAT emne: Biologisk rensning – Aktiv slam Titel: Hovedstrømsanammox</p>	<p>Dato: 28.03 2017 Version: 00a</p> 
<p>RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING</p>	<p>Ressource: Forbedrer potentielt udnyttelse af kulstofressourcen i spildevandet. Miljøpåvirkning: Reduktion af energiforbrug og CO₂ emission. Muligvis en øgning i lattergasemission.</p>		
<p>FORMÅL</p>	<p>Kvælstoffjernelse med minimalt energiforbrug til ammoniumoxidation og intet kulstofforbrug til denitrifikation. Herved gøres det muligt at prioritere øget gas, el- og varme produktion sideløbende med et reduceret energiforbrug til beluftning til kvælstoffjernelse.</p>		
<p>BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI</p>	<p>Visse meget langsomt voksende bakterier er i stand til at omsætte ammonium og nitrit til frit kvælstof (og lidt nitrat). Bakterierne er følsomme for procesforhold og udkonkurreres let. I hovedstrømsanammox med kold processtemperatur og med organisk belastning kræves en god tilbageholdelse af anammoxbakterierne i procestankene for at disse ikke skyldes ud af systemet. Denne proceskombination kan etableres både i aktiv slam, i biofilmsprocesser og med aerobe granuler.</p>	 <p>Hydrocykloner til tilbageholdelse af anammox granuler i Strass renseanlæg. Billede fra SWECO.</p>	
<p>FORDELE & ULEMPER</p>	<p>Fordele: Mindre ressourcekrævende fjernelse af kvælstof, mindre slamproduktion end konventionel kvælstoffjernelse, og tillader/fordrer en større kulstofhøst i primærtrinnet.</p>	<p>Ulemper: Meget følsomme bakterier – eksperimentel proces. Podning fra rejektivandsbehandling. Muligvis øget lattergasproduktion. Kræver meget lavt COD/N i tilløbet til biologien.</p>	
<p>TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER</p>	<p>Modenhed: Teknologien er på udviklingsstadiet med et antal fuldskalaanlæg under opbygning. Der er ingen anlæg, hverken pilot- eller fuldskala, hvor processen fungerer stabilt under 10-12 °C.</p>	<p>Referencer: Anlæg med Energy Self Sufficient by DEMON (EssDE) processen drives med hydrocykloner for at holde anammox granulerne både i side- og hovedstrømsanlægget. Strass, Østergård, Malmö, Sverige</p>	
<p>IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET</p>	<p>Implementerbarhed: Kan umiddelbart implementeres på anlæg med rådetanke.</p>	<p>Effektivitet: Ikke fastslået endnu.</p>	
<p>ØKONOMISK NØGLETAL</p>	<p>Investeringsbehov: Ikke muligt at fastslå et norsk prisniveau.</p>	<p>Driftsomkostninger: Ikke fastslået endnu.</p>	
<p>FLEKSIBILITET & SKALERBARHED</p>	<p>Fleksibilitet: De krævede procesbetingelser er ret specielle således at der ikke er stort spillerum for variationer.</p>	<p>Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.</p>	
<p>ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD</p>	<p>Arbejds miljø: Kompliceret proces som kræver god forståelse for bioteknik.</p>	<p>Særlige forhold: Teknologien er i de fleste tilfælde beskyttet af patenter eller varemærker. Der er også nogen uklarhed omkring hvem der har rettighederne i hvilke lande.</p>	



BAT teknologi	Nr. 5.1.1	BAT emne: Efterpolering - Ressourcegenvinding Titel: Alger	Dato: 27.03 2017 Version: 00a	
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: Produktion af højværdi produkter. Miljøpåvirkning: Reduktion af emission til vand.			
FORMÅL	Ved behandling af spildevand i en fotobioreaktor med alger samt tilførelse af varme og CO ₂ kan der udvindes højværdi produkter eller ske en fjernelse af restindholdet af næringsstoffer og miljøfremmede stoffer. Produceret algebiomasse (nyt kulstof) kan øge biogasproduktionen.			
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Delvis behandlet spildevand føres til fotobioreaktorerne, hvor der tilføres CO ₂ , der virker som gødning til algerne (f.eks. fra en gasmotor). Algerne udnytter CO ₂ og solenergi (ekstra lyskilder kan være nødvendige) til produktion af O ₂ til aerob behandling af næringsstoffer/miljøfremmede stoffer samt produktion af højværdi produkter. Overskudsølger sendes til rådnetanke. Fordele: Behøver ikke nogen ekstra beluftning og renser afgas fra gasmotor. Lukket system. Øger biogasproduktionen. Produktion af højværdiprodukter foder, biobrændsel, additiver til kosmetik, gødning, fiskefoder, olie/protein.			
FORDELE & ULEMPER	Ulempe: Pladskrævende og kræver specielle reaktorer. Kræver kunstig belysning. Afsætning af højværdi produkter kan være en udfordring (markedspris på produkter). Referencer: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852415006598 http://news.algae-world.org/category/environment/algae-and-wastewater-treatment/ Kalundborg E4 Biorefineries: Industriel Symbiose på Vand, Energi, Materialer og Biomasse - en case fra den grønne industri kommune, Kalundborg (2013), Per Møller, Cluster Biofuels Denmark – Udvikling, Kalundborg Kommune, Per.moller@kalundborg.dk) Effektivitet: Kan ikke kvantificeres på nuværende stadie.			
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	Modenhed: Et relativt nyt koncept som først for nyligt er blevet testet i den danske spildevandsbranche. Pilotanlæg findes i mange lande og på alle breddegrader.			
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Implementerbarhed: Teknologien er ikke moden til fuldskala implementering endnu. Når/hvis metoden er moden til implementering, kan det med fordel ske på renseanlæg med gasmotor (CO ₂ -kilde).			
ØKONOMISK NØGLETAL	Investeringsbehov: Det er ikke muligt at fastslå et præcist norsk investeringsbehov.			
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	Fleksibilitet: Modulbaseret system som kan placeres i eksisterende volumener.			
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Arbejds miljø: Rengøring af reaktorer. Skalerbarhed: kan bygges i vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR. Særlige forhold: Ingen			



<p>BAT teknologi</p>	<p>Nr. 5.2.1</p>	<p>BAT emne: Efterpolering - rensning Titel: Efterfiltrering med tromle/skivefilter</p>	<p>Dato: 28.03 2017 Version: 00a</p> 
<p>RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING</p>	<p>Ressource: - Miljøpåvirkning: Reduktion af emission til vand.</p>		
<p>FORMÅL</p>	<p>Filtrering af rensset spildevand for at forbedre afløbskvaliteten.</p>		
<p>BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI</p>	<p>Filtrering med skive/tromlefilter, til mekanisk efterpolering af rensset spildevand fra efterklaringstankene ved brug af konventionel aktiv slam eller som eneste slamseparationstrin ved brug af biofilmsprocesser. Partikulært stof i det rensede spildevand fraskilles vandet på filterdugen og skilles fra dugen ved skylning med vand. Ved tilsætning af fældningskemikalier til en flokkuleringsstank opstrøms filteret kan filterne fungere som et kemisk renssetrin.</p>  <p>Veolia skivefilter (figur fra Veolia) og Nordic Water tromlefilter (figur fra Nordic Water).</p>		
<p>FORDELE & ULEMPE</p>	<p>Fordele: Kontinuerlig proces med kort opstartstid. Kan bruges som et kemisk renssetrin til fældning af fosfor. Modenhed: Teknologien er velafprøvet.</p>		
<p>TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER</p>	<p>Ulemper: Kræver elinstallation og spulevand. Eventuelt øget forbrug af kemikalier (højt molforhold). Referencer: Veolia (Hydrotech) og Nordic Water har flere referencer i Skandinavien, blandt andet: Sorø RA, Danmark. Hillerød Centralrenseanlæg, Danmark. RGS90 industrirenselanlæg, Danmark. Ryaverket i Göteborg, Sverige Effektivitet: Høj renseeffektivitet på SS.</p>		
<p>IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET</p>	<p>Implementerbarhed: Kan umiddelbart implementeres på alle type af anlæg. Investeringsbehov: ~7.500 DKK pr. m³/h</p>		
<p>ØKONOMISK NØGLETAL</p>	<p>Driftsomkostninger: Afhænger af SS-belastning idet maskinen kun kører og filteret spules efter, at SS-belastningen været så høj, at filteret stoppes til.</p>		
<p>FLEKSIBILITET & SKALEBARHED</p>	<p>Fleksibilitet: Filter kan nemt tages ind og ud af drift. Filterrensningen styres automatisk for at håndtere varierende belastning.</p>		
<p>ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD</p>	<p>Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR. Særlige forhold: Ingen</p>		
<p>Arbejds miljø: Eventuelt nødvendigt med manuel rengøring af filterdugen en gang imellem. Service af drivmotorer og andet mekanisk udstyr. Ved indendørs installation skal der være fokus på ventilation.</p>			

BAT teknologi	Nr. 5.2.2	BAT emne: Efterpolering - rensning Titel: Membraner	Dato: 28.03.2017 Version: 00a	
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: - Miljøpåvirkning: Øger energiforbruget og forbrug af kemikalier, men reducerer emission til vand.			
FORMÅL	Implementering af efterpolering ved membranteknologi, reducerer miljøpåvirkningen af bl.a. mikroplast til vandmiljøet. Koncentrationer af næringsstoffer, tungmetaller og miljøfremmede stoffer associeret til suspenderet stof reduceres også.			
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Membranfiltrering foretages på det rensede spildevand inden det ledes til recipient. Afløbsvandet ledes over en finmasket membran (mikrofiltrering) så der sker en fysisk filtrering. Membranteknologier anvendes traditionelt i MBR anlæg (membran bioreaktor) eller som efterpolering. Typer: Hollow Fibers, Flat Sheet, External og Roterende keramiske m.fl. Flat Sheet testes pt. med henblik på fjernelse af mikroplast. Markedet er domineret af polymeriske membraner og kun en mindre andel keramiske.	Alfa Laval hollow sheet membrankassette (billede fra Alfa Laval) og Grundfos roterende keramikmembraner (billede fra Grundfos).  		
FORDELE & ULEMPER	Fordele: Miljøpåvirkningen fra mikroplast reduceres væsentligt. Membranen fjerner også næringsstoffer, tungmetaller og miljøfremmede stoffer associeret til suspenderet stof. Teknologien er velkendt.	Ulemper: Der er i dag ikke lovæssige krav til tertiær rensning af mikroplast i spildevandet fra renseanlæg. Membranteknologien vurderes at udgøre et væsentligt fordyrende rensetrin, i relation til både anskaffelse, drift og vedligehold sammenlignet med konventionelle renseanlægsteknologier.		
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	Modenhed: Membranteknologien er moden og der findes flere etablerede producenter på markedet der tilbyder en række forskellige produkter. Dog er anvendelse specifikt til fjernelse af mikroplast ny, men flere test tyder på at de etablerede membraner også er velegnede til dette formål.	Referencer: Der findes en række etablerede leverandører af membranteknologi på det skandinaviske såvel som det udenlandske marked. Af skandinaviske leverandører kan nævnes Alfa Laval, Grundfos, KD Group m.fl. samt Veolia. Alfa Lavals membraner testes pt. i pilotskala til fjernelse af mikroplast. Miljøstyrelsen udgav 2015 en rapport indeholdende resultater af fjernelse af mikroplast ved skivefilter fra et svensk renseanlæg (MST 2015).		
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Implementerbarhed: Teknologien er veldokumenteret og klar til implementering.	Effektivitet: Der er kun begrænsede rapporter om driftsresultater specifikt på mikroplast, men teknologien vurderes af være effektiv til fjernelse af mikroplast.		
ØKONOMISK NØGLETAL	Investeringsbehov: Der skal investeres i såvel membran teknologien såvel som tilhørende volumen hvori spildevandet filtreres over membranenhederne.	Driftsomkostninger: Vil øges, men der findes ikke tilstrækkelig data til vurderingen heraf.		
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	Fleksibilitet: Membranteknologi til fjernelse af mikroplast vil også fjerne næringsstoffer, tungmetaller og miljøfremmede stoffer associeret til suspenderet stof men kan ikke anvendes til andre funktioner.	Skalerbarhed: Flere membranteknologier er modulbaserede og kan tilpasses MOVAR & FREVAR behov.		
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Arbejds miljø: Der skønnes ikke at være specielle arbejdsmiljøproblemer knyttet til teknologien.	Særlige forhold: Driften skal muligvis have supplerende uddannelse for at drifte denne teknologi optimalt, ellers ingen særlige forhold.		




BAT teknologi	Nr. 5.2.3	BAT emne: Efterpolering - rensning Titel: Flotation	Dato: 28.03.2017 Version: 00a	
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: - Miljøpåvirkning: Øger energiforbruget og forbrug af kemikalier, men reducerer emission til vand.			
FORMÅL	Flotation er en proces som bruges til at separere partikler fra vandfasen. Separationen sker ved at introducere finboblet luft til det rensede vand. Boblerne fanges af slampartiklerne som bliver flydende og samles på vandoverfladen.			
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Luft introduceres til vandet i en separat tryksat beholder eller ved luftning i indløbet til tanken. Fangede og flydende partikler akkumuleres på overfladen af tanken og skræbes til en opsamlingskank.	OMC Flotationsanlæg. Billede fra EnviDan. 		
FORDELE & ULEMPE	Fordele: Mere kompakt, effektiv og evne til at fange mindre partikler i forhold til sedimentering.	Ulemper: Komplexer proces med meget mekaniske udstyr. Tilførsel af luft ved beluftningssystem og/eller tryksætning af vand.		
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	Modenhed: Flotationsteknologien er moden og implementeret på flere renseanlæg rundt om i verden.	Referencer: Västra Strandens Rensningsverk i Halmstad, Sverige, bruger teknologien i deres tertiære kemiske rensesettrin til at fange i flokkuleret kemsam. Novozymes industri anlæg i Kalundborg, Danmark, bruger også teknologien til at fange svært bundfældelige slamflokke.		
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Implementerbarhed: Teknologien er veldokumenteret og klar til implementering.	Effektivitet: Effektiv ved tilsætning af kemikalie.		
ØKONOMISK NØGLETAL	Investeringsbehov: Kræver investering i et række mekaniske udstyr. At processen er kompakt kan muliggøre, at processen kan implementeres i eksisterende voluminer.	Driftsomkostninger: Idet processen kræver tryksætning og tilsætning af luft bliver processen dyrere at drive end andre slamseparationsteknologier.		
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	Fleksibilitet: Lufttilsætning kan styres.	Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.		
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Arbejds miljø: Luft og pumpesystem som skal vedligeholdes.	Særlige forhold: Ingen.		



BAT teknologi	Nr. 5.3.1	BAT emne: Efterpolering -rensning Titel: Hygiejniserings	 <p>Dato: 29.03.2017 Version: 00a</p>
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: - Miljøpåvirkning: Reduktion af emission af vand (bakterier/virus)		
FORMÅL	Reduktion af det rensede spildevands indhold af bakterier/virus, særligt aktuelt ved udledning i badevandsområder.		
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Hygiejniserings af biologisk rensede spildevand med UV eller kemikalier kræver en forudgående reduktion af det rensede spildevands indhold af SS, for at minimere behovet for energitilførsel (UV) og aktive kemikalier. Den aktive komponent til hygiejniserings kan være UV-bestråling, ozon, brintperoxid, kloridioxid, pereddikesyre eller permyrsyre tilsætning	 <p>Wedeco Duron UV anlæg for desinficering af spildevand. Billede fra Xylem.</p>	
FORDELE & ULEMPE	Fordele: Forbedrer den hygiejniske kvalitet af rensede spildevand	Ulemper: Kræver SS reduktion af det biologisk rensede spildevand. Meget dyrt.	
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	Modenhed: Teknologien er afprøvet i lab- og pilotskala (UV, klorforbindelser, ozon, brintperoxid og pereddikesyre). Ozon og UV er afprøvet i fuldskala.	Referencer: UV: Wedeco, Trojan, ScanResearch (I DK: Usserød RA) Ozon: Kalundborg RA til fjernelse af inert COD.	
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Implementerbarhed: Kan umiddelbart implementeres på alle type af anlæg.	Effektivitet: (CFU/100 ml) UV: < 100 E.Coli, pereddikesyre: < 500 E.Coli	
ØKONOMISK NØGLETAL	Investeringsbehov: 10 – 15 mio. DKK/20.000 m ³ /h for ozon	Driftsomkostninger: UV: >200Ws/m ³ Pereddikesyre: 30 ml/m ³ spildevand	
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	Fleksibilitet: Kan evt. alene anvendes i badesæsonen.	Skalerbarhed: Kan leveres i en størrelse svarende til MOVAR & FREVARs behov.	
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Arbejds miljø: Håndtering af farlige stoffer.	Særlige forhold: Ingen.	


BAT teknologi	Nr. 5.3.2	BAT emne: Efterpolering - rensning Titel: Bekæmpelse af miljøfremmede stoffer	Dato: 29.03 2017 Version: 00a	
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: - Miljøpåvirkning: Reduktion af emission til vand. Øger energiforbruget direkte og, med aktivt kul, ligeledes indirekte.			
FORMÅL	Miljøfremmede organiske forbindelser f.eks. medicinrester kan reduceres i afløbet enten ved ozonering eller behandling med aktivt kul.			
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Ozonering sker ved at dosere ozon til en reaktor med kort opholdstid. Herved iltes visse forbindelser i de fleste organiske miljøfremmede stoffer. Sædvanligvis efterfølges behandlingen i et biologisk trin oftest et sandfilter for at fjerne nedbrydningsprodukter fra behandlingen eller helt nye forbindelser som er dannet. Et aktivt kulfilter kan også benyttes. Ved aktiv kulbehandling bindes de organiske forbindelser til aktiveret kul. Det kan enten ske i et poleringsfilter med granuleret aktiv kul eller ved at tilsætte pulveriseret aktiv kul til luftningstankene således at kullets separeres fra vandstrømmen i den sædvanlige eftersedimentering. Denne metode bruges hvor slammet brændes.	Ozonanlægget på rensningsanlægget i Neugut Billede er fra ARA Neugut. 		
FORDELE & ULEMPER	Fordele: Både ozon og aktivt kul reducerer de fleste problematiske organiske miljøfremmede stoffer effektivt.	Ulemper: Teknologierne har et stort energiforbrug. Ozon har det største energiforbrug ved produktion på anlægget, men medtages energien til at fremstille aktivt kul bliver det samlede energiforbrug hertil størst		
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	Modenhed: Begge teknologier må siges at være modne selvom der indtil nu kun er bygget få anlæg på rensningsanlæg og på begge teknologier almindelige til industrielt brug og på hospitaler.	Referencer: Kalundborg Centralrenseanlæg i Danmark har igennem mange år haft et ozonanlæg i drift til reduktion af COD fra anlægget, der er hårdt industribelastet. Et ozonanlæg er under bygning på rensningsanlægget i Linköping i Sverige. Der er flere leverandørfirmaer på det europæiske marked. RGS90 industrirenseanlæg har kulfilter til efterpolering af opløst COD.		
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Implementerbarhed: Teknologierne kræver ikke megen plads og kan formentligt let implementeres på MOVAR & FREVARs anlæg.	Effektivitet: Begge metoder kan reducere de fleste organiske miljøfremmede stoffer effektivt. I Schweiz stilles krav til teknologierne at de skal reducere en række stoffer med mindst 80%.		
ØKONOMISK NØGLETAL	Investeringsbehov: Det er ikke muligt at fastslå et investeringsbehov.	Driftsomkostninger: Samlede omkostninger er opgjort i Mulder et al. (2014) til 1,5-2,25 DKK pr. m ³ under hollandske forhold. Ozon + sandfilter er det billigste, mens poleringsfiltere med granuleret aktivt kul, er det dyreste.		
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	Fleksibilitet: Systemerne har en helt speciel funktion; men begge kan drives fleksibelt ved varierende rensningsbehov.	Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.		
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Arbejdsmiljø: Anvendelse af ozon er meget udbredt i vandsektoren f.eks. på vandværker. Da ozonen er meget giftig er det nødvendigt at etablere og overholde strenge sikkerhedsforskrifter. Pulveriseret aktivt kul skal håndteres med forsigtighed, da det "støver" ekstremt.	Særlige forhold: Det er kun i Schweiz at der er etableret egentlig lovgivning om reduktion af miljøfremmede stoffer forventes. Der forventes fremsat et lovforslag i Sverige i maj 2017, hvis pågående forundersøgelser viser, at der er behov herfor.		

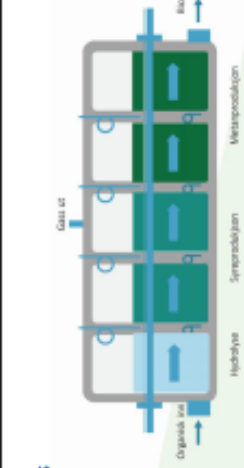
<p>BAT teknologi</p>	<p>Nr. 6.1.1</p>	<p>BAT emne: Forafvanding – primær- og sekundærslam Titel: Mekanisk forafvanding</p>	<p>Dato: 29.03.2017 Version: 00a</p> 
<p>RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING</p>	<p>Ressource: Miljøpåvirkning: Mindre varmekonsumtion pga. mindre vand der skal varmes op.</p>		
<p>FORMÅL</p>	<p>Forafvanding af slam (primær, biologisk og kemisk) før udrådning for at øge opholdstiden i rådnetanken og minimere opvarmningsbehovet af den samme.</p>		
<p>BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI</p>	<p>Forafvanding af slam kan udføres på flere forskellige måder, f.eks. ved hjælp af gravitation i en koncentreringskammer, centrifuge, skruepresse eller i en mekanisk båndforafvander. Den reducerede vandmængde i slammet til rådnetankene indebærer, at kapacitet på rådnetankene frigøres, som kan bruges til at optimere på udrådningen eller til at tage mere materiale ind på rådnetankene.</p>	<p>Båndforafvander. Billede KICAB.</p> 	
<p>FORDELE & ULEMPE</p>	<p>Fordele: Frigør rådnetankkapacitet og reducerer opvarmningsbehovet. Tillader brug af mindre slam/slam varmeveksler.</p>	<p>Ulemper: Øget driftsomkostning til polymerforbrug. Tørstofprocenten i det forafvandede slam begrænses af eksisterende udstyr i rådnetankene.</p>	
<p>TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER</p>	<p>Modenhed: Teknologien er velafprøvet på mange renseanlæg.</p>	<p>Referencer: Flere leverandører på det danske marked. F.eks. KD maskinfabrik, Stjernholm, TechRas, m.fl.</p>	
<p>IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET</p>	<p>Implementerbarhed: Teknologierne kan umiddelbart etableres.</p>	<p>Effektivitet: Afvander typisk slam til en tørstofkoncentration mellem 6-8 % afhængigt af slamafvandingsteknologi og polymerdosering.</p>	
<p>ØKONOMISK NØGLETAL</p>	<p>Investeringsbehov: ca. 500.000 kr. for 10 m³/h</p>	<p>Driftsomkostninger: ca. 3 kWh/t TS</p>	
<p>FLEKSIBILITET & SKALERBARHED</p>	<p>Fleksibilitet: Høj fleksibilitet, mekaniske forafvander kan typisk styres afhængigt af tørstofbelastning.</p>	<p>Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.</p>	
<p>ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD</p>	<p>Arbejdsmiljø: Ingen ændring i forhold til de system der allerede er installeret på Fuglevik og Øra RA.</p>	<p>Særlige forhold: Ingen.</p>	



BAT teknologi	Nr. 7.1.1	BAT emne: Forbehandling - sekundærslam Titel: Disintegration (fysisk/kemisk/enzymer)	Dato: 28.03.2017 Version: 00a	
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: Udnyttelse af sekundærslam, som ressource. Miljøpåvirkning: Øget energiproduktion og reduceret slammængde.			
FORMÅL	Disintegration af det biologiske slam inden udrådning sikrer en hurtigere omsætning af det organiske stof som typisk er hårdt bundet til bioslammet og øger også derved den samlede biogasproduktion.			
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Især biogasproduktionen fra biologisk overskudsslam kan øges ved disintegration af slammet inden udrådning. Der har i de senere år været beskrevet et utal af metoder hertil baseret på fysiske, kemiske eller biologiske metoder. Ingen metode har slået an i større udstrækning men ultralydsbehandling er den som er anvendt i størst omfang. Ingen kemiske metoder er etableret på renseanlæg. Tilsætning af enzymer, der gør nedbrydningen af organisk stof, som ellers ikke nedbrydes i biogasprocessen, mulig, har fundet anvendelse på et begrænset antal anlæg. Metoderne har et vist energi- og resourceforbrug, afhængigt af den valgte metode.	Anlæg til ultralydsbehandling på Kävlinge rensningsanlæg i Skåne Billeder fra Jes la Cour 	Anlæg til enzymdosering på Mølleåværket i Lyngby	
FORDELE & ULEMPE	Fordele: Øget biogasproduktion og reduktion af slammængden.			
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	Modenhed: Teknologierne er modne i den forstand at de har været benyttet på renseanlæg i den daglige drift. De har derimod ikke haft en effekt og til en pris, der har sikret en større udbredelse, selvom metoderne ikke kræver væsentlige tekniske installationer.			
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Implementerbarhed: Ultralyd og enzymbehandling kan umiddelbart etableres på renseanlæg, idet metoderne ikke stiller væsentlige tekniske krav eller har betydende pladsbehov.			
ØKONOMISK NØGLETAL	Investeringsbehov: Ultralydsanlæg kostede ca. 10 DKK/PE i 2003.			
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	Fleksibilitet: Metoderne er fleksible idet ultralydsaggregatet eller enzymdoseringen kan styres frit.			
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Arbejds miljø: Hverken ultralydsanlæg eller tilsætning af enzymer giver anledning til specielle arbejdsmiljøproblemer.			
tvivomme til at opnå en tilstrækkelig energigevinst når selve metodens energiforbrug tages i betragtning.				
Referencer: Der findes internationalt mange anlæg som benytter ultralydsbehandling. Teknologien har været etableret på flere danske renseanlæg, men er så vidt vides ikke i drift længere. Anlægget på Kävlinge renseanlæg har været i drift i mange år. Der er flere danske og europæiske leverandører. I Danmark leverer bl.a. Stjernholm A/S og Bo Jensen Vandbehandling A/S. Meceratorer bruges på mange anlæg. På Crowns renseanlæg i Danmark bruges kavitation ved trykforskel.				
Effektivitet: Veldokumenteret at teknologierne øger biogasproduktionen; men der er kun få eksempler på et virkeligt energioverskud, der gør omkostningen til teknologierne attraktiv. På nogle anlæg drives ultralydsbehandling alligevel bl.a. fordi evt. trådformede bakterier, der forårsager skumning, elimineres.				
Driftsomkostninger: ca. 5 kWh/m ³ ultralydsbehandlet slam (som kun er en 20 % delstrøm af afvandet bioslam til rådnetank).				
Skalerbarhed: Både ultralyd og enzymbehandling kan etableres i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.				
Særlige forhold: Ingen				

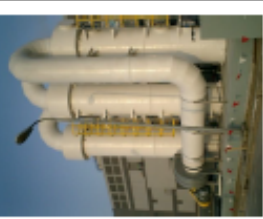
<p>BAT teknologi</p>	<p>Nr. 7.1.2</p>	<p>BAT emne: Forbehandling - Sekundærslam Titel: Termisk hydrolyse</p>	<p>Dato: 28.03 2017 Version: 00a</p> 
<p>RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING</p>	<p>Ressource: Udnyttelse af sekundærslam, som en ressource. Miljøpåvirkning: Øget energiforbrug og øget energiproduktion og reduceret slammængde.</p>		
<p>FORMÅL</p>	<p>Termisk hydrolyse af bioslammet inden udrådning sikrer en hurtigere og større omsætning af det organiske stof i sekundærslammet og øger derved den samlede biogasproduktion.</p>		
<p>BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI</p>	<p>Især biogasproduktionen fra biologisk overskudsslam kan øges ved termisk hydrolyse af slammet inden udrådning. I skandinavien er Cambi processen og Exelys processen (Veolia) kendte. For begge processer gælder at slammet afvandes til relativ høj TS inden den termiske behandling (> 15 % for Cambi og > 20 % for Exelys). Slammet opvarmes til > 165 °C ved højt tryk (> 6 bar) med damp og behandles 20 – 30 min, hvorefter det efter afkøling og fortynding pumpes på rådnetank. Cambi er en batch proces, hvorimod at Exelys er en kontinuierlig proces.</p>		
<p>FORDELE & ULEMPER</p>	<p>Fordele: Forbedret biogasproduktion og reduktion af slammængden. Hygiejnisering af det behandlede slam.</p>	 <p>Eksempel Cambi (figur fra Cambi) Princip Exelys (figur fra Veolia)</p> 	<p>Ulemper: Termisk hydrolyse har i praksis vist sig tvivlsomme til at opnå en tilstrækkelig energigevinst når selve metodens energiforbrug tages i betragtning.</p>
<p>TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER</p>	<p>Modenhed: Teknologierne er modne i den forstand at de har været benyttet på renseanlæg igennem de sidste ca. 20 år. De har derimod ikke haft en effekt og til en pris, der har sikret en større udbredelse. Der arbejdes på at øge varmegenvindingen.</p>		
<p>IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET</p>	<p>Implementerbarhed: Termisk hydrolyse kan umiddelbart etableres på renseanlæg, idet metoden ikke har betydende pladsbehov.</p>		
<p>ØKONOMISK NØGLETAL</p>	<p>Investeringsbehov: 2000 – 3500 DKK/t TS*år</p>		
<p>FLEKSIBILITET & SKALERBARHED</p>	<p>Fleksibilitet: Metoden er fleksibel, idet processen kan styres frit.</p>		
<p>ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD</p>	<p>Arbejdsmiljø: Lukket system, så termisk hydrolyse giver ikke anledning til specielle arbejdsmiljøproblemer Kræver personale med kedelpassereksamen (højt tryk og temperaturer).</p>		
<p>Driftsomkostninger: Kan ikke vurderes.</p>		<p>Skalerbarhed: Kan etableres i en størrelse, der er relevant for MOVAR & FREVAR.</p>	
<p>Særlige forhold: Ingen</p>			



BAT teknologi	Nr. 8.1.1	BAT emne: Udrådning – øget biogasproduktion Titel: Anaerob MBR	Dato: 29.03 2017 Version: 00a		
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: Øget biogasproduktion. Miljøpåvirkning: Energiforbrug til membranlæg er relativt højt.				
FORMÅL	At adskille den hydrauliske opholdstid fra slammets opholdstid i rådnetskene ved anvendelse af membraner. Tørstofkoncentrationen øges, når slammets opholdstid stiger. Herved øges kapaciteten for udrådning af slam i rådnetskene og produktionen af biogas stiger. En øget kapacitet kan for eksempel anvendes i forbindelse med øget udtag af organisk stof fra primærtrinnet (kulstofhøst) eller suppleret med eksterne biomasser.				
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	En membran anvendes til at adskille vand og anaerobt slam fra rådnetanke i en recirkulationsstrøm. Separeringen indebærer, at vand forlader rådnetanken mens slam recirkuleres, hvilket gør det muligt at nå tørstofprocenter op mod et maksimum på ca. 7,5 % afhængigt af recirkulations- og omrørerkapaciteterne. Det kan ske med forskellige membrantyper. I pilotforsøg er opnået de bedste resultater med Bioboosterteknologien fra Grundfos.				
FORDELE & ULEMPE	Fordele: Der opnås øget kapacitet og gasproduktion uden behov for mere rådnetskensvolumen. Der opnås et partikelfrit rejektvand. Forafvanding af bioslam (primaer) kan overflødiggøres.				
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	Modenhed: Teknologien er testet i pilotskala på Viborg RA (EnviDan, Grundfos) og kommer til at afprøves på Renseanlæg Damhusåen i København.				
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Implementerbarhed: Teknologierne kan umiddelbart etableres.				
ØKONOMISK NØGLETAL	Investeringsbehov: Der er anslået 6 mio. DKK til Renseanlæg Damhusåen (en ud af fire RT, 1900 m ³). Tilbagebetalingstid anslået til 2 år.				
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	Fleksibilitet: Sideløbende flow kan styres, således at TS % kan styres i rådnetanke.				
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Arbejds miljø: Håndtering af rengøringskemikalier. Komplexerede mekaniske udstyr.				
Grundfos roterende keramiske membran. Billede fra Grundfos.				Ulemper: Relativt dyrt at installere og drive. Driftsstabiliteten er delvist ukendt. Ikke al slamafvanding kan ske via membraner, det bliver for dyrt. Kan lede til større opvarmningsbehov om forafvanding undlades.	
Referencer: Ingen fuldskala implementeringer i drift eller på kommende anlæg, men flere referencer på industrielle anlæg.		Effektivitet: Tørstof i RT kan øges 50-100 %, såfremt omrørere kan følge med.		Driftsomkostninger: Energiforbrug til membran anlæg er relativt højt ift. dekantere. 2 kWh/m ³	
Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.		Særlige forhold: Teknologien er kan i dele være beskyttet af patenter eller varemærker			

<p>BAT teknologi</p>	<p>Nr. 8.1.2</p>	<p>BAT emne: Udrådning Titel: Biofilmsrådnertank</p>	<p>Dato: 29.03.17 Version: 1</p> 
<p>RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING</p>	<p>Ressource: Øger energiproduktionen Miljøpåvirkning: Reduktion af CO₂ og slamtransporter.</p>		
<p>FORMÅL</p>	<p>Kompakt rådnertank-system med kort opholdstid med evne til at nå høje udrådningsgrader. Bruges til at på arealeffektiv måde implementere rådnertankesystem til renseanlæg.</p>		
<p>BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI</p>	<p>Rådnertankene er designede som liggendes glasfibrertanke. De i processen aktive bakterier vokser som en biofilm på medium i reaktoren for at kunne holde en lang slamalder ved lav hydraulisk opholdstid, 3-7 dage. Processen køres ved mesofil temperatur (37°C) og høj tørstofkoncentration, op til 15 %. Hele reaktoren roterer for at optimere kontakten mellem biofilm og slam. Rådnertanken er opdelt i et antal celler for at holde udrådningsprocesserne (hydrolyse, syreproduktion og metanproduktion) separate.</p>		
<p>FORDELE & ULEMPER</p>	<p>Fordele: Meget kompakt proces med dertil lavt opvarmningsbehov. Har evne til at nå høje udrådningsgrader. Lavere risiko for opsamlng af sand i reaktoren. Leveres færdigbyggede.</p> <p>Ulemper: Lav kapacitet pr. reaktor (op til ca. 6 m³/d).</p>		
<p>TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER</p>	<p>Modenhed: Teknologien er under udvikling med kun et pilotanlæg som reference.</p> <p>Referencer: Leverandøren Antec Biogas har prøvet teknologien i laboratorieskala og pilotskala på Ås renseanlæg udenfor Oslo.</p>		
<p>IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET</p>	<p>Implementerbarhed: Kan umiddelbart implementeres til at håndtere en mindre belastning.</p> <p>Effektivitet: Kun en reference fra pilotanlægget findes. Anlægget kunne ved semikontinuerlig drift og 15 dages opholdstid nå 98 % af metanpotentialen for kvæggylle.</p>		
<p>ØKONOMISK NØGLETAL</p>	<p>Investeringsbehov: 1,5 millioner NOK/rådnertank (6 m³/d) NOK/kWh.</p>		
<p>FLEKSIBILITET & SKALEBARHED</p>	<p>Skalerbarhed: Forventes ikke til at kunne skaleres til relevant størrelse for MOVAR & FREVAR.</p>		
<p>ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD</p>	<p>Arbejds miljø: Kendes ikke. Særlige forhold: Er patentbeskyttet.</p>		



BAT teknologi	Nr. 9.1.1	BAT emne: Slutafvanding – Nærings salt genvinding Titel: Struvitutfældning	Dato: 29.03 2017 Version: 00a	
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: Genvinding af fosfor og kvælstof fra rejektet fra afvandingen af udrådnat slam. Miljøpåvirkning: Genvinding af begrænset fosforressource.			
FORMÅL	Genvinding af kvælstof og fosfor fra rejektvand ved fældning som struvit.			
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Fosfor og ammonium fra rejektvand fældes ved tilsætning af magnesium til rejektvandet ved højt pH i en turbulent reaktor. Herefter separeres struvitten fra vandet og samles op og tørres.			
FORDELE & ULEMPE	<p>Fordele: Håndterbart godkendt gødningsprodukt. Genvinder hovedparten af fosforen og en del af kvælstoffet i rejektvandet.</p> <p>Produktet er godkendt som gødningsprodukt i Europa og kan sælges. Mindsker doseringsbehovet af fældningskemikalier i behandlingsstrinnet.</p>	<p>Ostara Pearl struvitanlæg. Billede fra Ostara.</p> 	Ulemper: Behov for dosering af magnesium og muligvis lud.	
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	<p>Modenhed: Teknologien må siges at være moden med flere fuldskalaanlæg i drift i Europa og verden, kun et fåtal i Skandinavien.</p>	<p>Referencer: Et fåtal af anlæg i Skandinavien fra forskellige leverandører, blandt andet: Åby RA i Aarhus – Stjernholm Herning RA-Stjernholm Helsingør RA – Veolia Struvia Landskrona – Ekobalans (Lykket).</p>		
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	<p>Implementerbarhed: Kan umiddelbart implementeres på anlæg med rådetanke.</p>	<p>Effektivitet: Struvitfældningsanlæg arbejder normalt med reduktion af fosfor > 90% og kvælstof omkring >20 %.</p>		
ØKONOMISK NØGLETAL	<p>Investeringsbehov: Prisen for et struvitanlæg vurderes til at ligge omkring ca. 400 DKK/kg genvundet fosfor/år</p>	<p>Driftsomkostninger: Struvitutfældning indebærer større og nye driftsudgifter til blandt andet energi og forskellige kemikalier. Struvitten kan dog typisk sælges til en god pris som forbedrer den samlede driftsøkonomi. En indtægt på ca. 5 DKK/kg genvundet fosfor kan bruges.</p>		
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	<p>Fleksibilitet: Anlægget kan styres for at optimere driften i forhold til belastningen.</p>	<p>Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.</p>		
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	<p>Arbejds miljø: Håndtering af kemikalier, fx lud og magnesiumklorid.</p>	<p>Særlige forhold: Hvis prisen på rå fosfat stiger, bliver genvindingen af fosfor på renseanlæg mere økonomisk attraktivt.</p>		


BAT teknologi	Nr. 9.1.2	BAT emne: Slutafvanding – næringssalt genvinding Titel: Ammoniakstripping	Dato: 29.03 2017 Version: 00a	
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: Genvinding af ammonium fra rejektet fra afvanding af udrådnat slam Miljøpåvirkning: Øger energiforbruget og specielt kemikalieanvendelse betydeligt.			
FORMÅL	Ammoniak stripes fra rejektvandet og bindes med syre, svovl- eller salpetersyre. Produktet kan bruges i gødningsfremstilling eller andre produktioner, hvor ammoniumsulfat eller ammoniumnitrat indgår.			
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Ammoniak stripes med store luftmængder fra rejektvandet ved høj pH i et stripper tårn. Herefter ledes ammoniak til et skrubbertårn, hvor ammoniakken opsamlles med syre til slutproduktet ammoniumnitrat eller ammoniumsulfat.			
FORDELE & ULEMPER	Fordele: Metode reducerer kvælstofbelastningen fra rejektvandet og samtidig frås ammonium ud på en form, der let kan genanvendes i gødningsindustrien.	Ulemper: Teknologien er relativt dyr og teknisk kompliceret.		
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	Modenhed: Teknologien må siges at være moden med mange fuldskalaanlæg i drift, specielt på industrier med delstrømme med højt ammoniumindhold. Der har været et kommunalt anlæg i Danmark og et i Sverige, der begge er lukket ned.			
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Implementerbarhed: Kan umiddelbart implementeres på anlæg med rådnetaanke.			
ØKONOMISK NØGLETAL	Investeringsbehov: Det er ikke muligt at fastslå et præcist norsk omkostningsniveau.			
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	Fleksibilitet: Systemet har en helt speciel funktion således at fleksibiliteten er begrænset; men den affaster hovedstrømmen for en del kvælstof.			
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Arbejds miljø: Der håndteres syrer og ammoniak, som er en stærk gift, så der skal etableres de nødvendige sikkerhedsforanstaltninger. Processerne foregår i lukkede systemer så det skønnes at der ikke er særlige arbejdsmiljøproblemer knyttet til teknologien.			
Særlige forhold: Teknologien er udbredt i industrien, men erfaringerne er begrænsede fra kommunale anlæg.				

BAT teknologi	Nr. 9.1.3	BAT emne: Slutafvanding – nærings salt genvinding Titel: Inddampning	 <p>Dato: 29.03.2017 Version: 00a</p>
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: Genvinding af nærings salt. Miljøpåvirkning: Reduktion af energi- og kemikaliebehov i hovedanlægget, genvinding af knap fosforressource Genvinding af både kvælstof og fosfor i rejektivand fra afvanding af udrådnet slam ved inddampning til et koncentrat.		
FORMÅL			
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Filtreret rejektivand udsættes for høj temperatur (50 – 80 °C) og lavt tryk (<200 mBar), hvilket leder til at vand dampes af. Efter færdig inddampning bliver et koncentrat svarende til ca. 3 % af den oprindelige volumener tilbage som indeholder alle ikke-flygtige stoffer, heri ammonium og fosfat. I inddampningsprocessen kondenserer dannet damp i en separat kondensator og overfører varmeenergi til procesvandet.	Vapotec inddampningsanlæg på Renseanlæg Avedøre (pilotskala). Billede fra EnviDan. 	
FORDELE & ULEMPE	Fordele: Fysisk proces med stabil effektivitet. Genvinding af kvælstof og fosfor i samme proces. Produkt med høj gødningsværdi.	Ulemper: Energikrævende, for at inddampningsprocessen skal fungere skal el eller ekstern varme tilføres. Kemikalieforbrug til pH regulering ikke klargjort hvordan produktet skal håndteres.	
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	Modenhed: Teknologien er relativt ny indenfor rejektivandshandling med kun få fuldskalainstallationer.	Referencer: Flere leverandører på markedet, få installationer til dette formål. Installeret på et biogas anlæg i Stockholm.	
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Implementerbarhed: Kan implementeres på anlæg med rådnetanke.	Effektivitet: Reducerer rejektivandsmængden markant, < 3 %.	
ØKONOMISK NØGLETAL	Investeringsbehov: Kr./ m ³ : Ca. 11,5 millioner DKK for et anlæg med en rejektivandsmængde på 330 m ³ /d.	Driftsomkostninger: El-opvarmet version med pH regulering skulle koste ca. 15.000 DKK/d. Findes tilgang til billig varme falder driftsomkostningerne. Besparelse på hovedanlæg er estimeret til 4.150 DKK/d. Eventuel indtægt fra salg af koncentrat er svært at vurdere.	
FLEKSIBILITET & SKALEBARHED	Fleksibilitet: Inddampningsprocessen er ikke følsom over for variationer i belastning. En højere hydraulisk belastning betyder bare, at koncentratet bliver tyndere. Kvælstof og fosforbelastningen har ikke nogen direkte betydning.	Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.	
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Arbejds miljø: Kondensat og koncentrat holder relativt høj temperatur (50-80 °C). Håndtering af lud nødvendig.	Særlige forhold: Ingen	

BAT teknologi	Nr. 9.2.1	BAT emne: Slutførelse af rene vandbehandlings Titel: ANAMMOX	Dato: 29.03.2017 Version: 00a	
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	Ressource: Forbedrer potentielt udnyttelse af kulstofressourcen i spildevandet. Miljøpåvirkning: Reduktion af energiforbrug og CO ₂ emission.			
FORMÅL	Kvælstoffjernelse med minimalt energiforbrug til ammoniumoxidation og intet kulstofforbrug til denitrifikation. Herved gøres det muligt at prioritere øget gas, el- og varme produktion sideløbende med et reduceret energiforbrug til beluftning i det biologiske anlægstrin, idet kvælstoffjernelsen sker i et separat trin.			
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	Visse meget langsomt voksende bakterier er i stand til at omsætte ammonium og nitrit til frit kvælstof (og lidt nitrat). Processen er derfor velegnet til rene vandbehandlinger, hvor temperaturen er høj og ammoniumindholdet også er højt. Det er derved relativt enkelt at skabe de rette procesforhold, hvor ca. 50% af rene vandets ammonium oxideres til nitrit og derefter omsættes til frit nitrogen under anaerobe forhold med ammonium. Denne proceskombination kan gøres på mange måder både i aktiv slam, i biofilmsprocesser og med granuler.			
FORDELE & ULEMPER	Fordele: Mindre ressourcekrævende fjernelse af kvælstof, mindre slamproduktion end konventionel kvælstoffjernelse, muliggør evt. også at processen kan gennemføres i hovedstrømmen. Ulemper: Teknologien er velafprøvet og installeret på flere danske rene anlæg. Processen er dog så relativt ny, at en del anlæg oplever børnesygdomme f.eks. store lattergasudslip og problemer med mangel på næringssalte, således at processen kører ringere end forventet.			
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	Referencer: Flere leverandører på markedet. I Skandinavien fortrinvis Sweco - DEMON [®] og Veolia - Anita [™] Mox.			
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	Effektivitet: 80 - 85 % reduktion af ammonium 70 - 75 % reduktion af total N 10 - 15 % reduktion af behovet for kvælstoffjernelse i hovedanlægget.			
ØKONOMISK NØGLETAL	Driftsomkostninger: ca. 5 DKK/kg N fjernet Energiforbrug: ca. 1 kWh/kg N fjernet			
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.			
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	Særlige forhold: Teknologien er i de fleste tilfælde beskyttet af patenter eller varemærker. Der er også nogen uklarede af hvem, der har rettighederne i hvilke lande.			



DEMON anlægget på Ejby Mølle, Odense. Billede fra Vand Center Syd, Odense.

BAT teknologi	Nr. 10.1.1	BAT emne: Slambortskaffelse – næringssalt genvinding Titel: Fosforgenvinding fra aske	Dato: 29.03 2017 Version: 00a	
RESSOURCE & MILJØPÅVIRKNING	<p>Ressource: Maksimal genvinding af fosfor og reduktion (potentielt elimination) af askedepot. Miljøpåvirkning: Øger MOVAR & FREVAR' energiforbrug og dermed CO₂ emission, men sparer mere energi og CO₂ eksternt, så globalt set giver det reduceret CO₂ emission.</p>			
FORMÅL	<p>Hvis det i fremtiden kommer krav til forbrænding af slam så kan asken ikke længere spredes på landbrugsjord. På renseanlæg ender typisk over 90 % af det tilførte fosfor i slammet, og derved også i asken om slammet forbrændes. Fra asken kan > 95 % genvindes, hvilket betyder, at samlet kan > 85 % af fosfor i indløb genvindes fra asken.</p>			
BESKRIVELSE AF TEKNOLOGI	<p>Der findes flere konkurrerende teknologier. De indeholder typisk en kombination af processer så som syreoplukning, ionbytning, elektrolyse, krystallisering med mere. I alle tilfælde vil der være tale om en mindre, relativt simpel, kemisk fabrik til gødningsproduktion.</p>			
FORDELE & ULEMPER	<p>Fordele: Maksimal genvinding af fosfor fra spildevand hvis slammet ikke kan genbruges til landbrugsjord. Samfundet vil spare energi og CO₂ til traditionel gødningsproduktion, så set globalt giver det reduceret CO₂ emission.</p> <p>Ulemper: Øger renseanlægenes energiforbrug dramatisk og dermed også CO₂ emission. Teknologien er stadig ny og kun testet i pilot skala. Gødningsproduktion er i periferen af kerneopgaver for forsyninger.</p>			
TEKNOLOGISK MODENHED & REFERENCER	<p>Modenhed: Teknologien er stadig ny og kun testet i pilot skala. Anvendeligheden af restproduktet bioaske er kun testet i laboratorieskala. I nyt udviklingsprojekt testes elektrolyse i pilotskala.</p> <p>Referencer: a) Fosfor: Ecophos har i 2016 idriftsat 8.000 tons anlæg i Bulgarien og er ved at bygge 60.000 tons anlæg i Frankrig til produktionsstart 2018. EDs, Crystal-P, Ash2Phos med flere er alle testet i lab-skala. b) Bioaske: DTU-Byg, TI og SDU har alle testet bioaske i laboratorie, med lovende foreløbige resultater.</p>			
IMPLEMENTERBARHED & EFFEKTIVITET	<p>Implementerbarhed: Ecophos 2 teknologier kan bygges i dag, de øvrige kræver nogle års videreudvikling</p> <p>Effektivitet: Ecophos teknologier kan genvinde >95% af fosfor i aske, øvrige teknologier har i laboratorieforsøg opnået 85-90% genvinding.</p>			
ØKONOMISK NØGLETAL	<p>Investeringsbehov: Et Ecophos anlæg i København til behandling af 15.000 tons aske/år skønnes at koste ~76-110 mio. DKK. Pris for konkurrerende anlæg er meget usikker.</p>			
FLEKSIBILITET & SKALERBARHED	<p>Fleksibilitet: Processens fleksibilitet kendes ikke.</p> <p>Skalerbarhed: Kan bygges i en vilkårlig størrelse relevant for MOVAR & FREVAR.</p>			
ARBEJDSMILJØ & SÆRLIGE FORHOLD	<p>Arbejds miljø: Der introduceres ny teknologi med håndtering af syrer, så der skal etableres de nødvendige sikkerhedsforanstaltninger.</p> <p>Særlige forhold: Teknologierne er i betydeligt omfang patenteret eller varemærkebeskyttet af Ecophos og andre.</p>			



Referenceliste, BAT-katalog.

Herunder er udvalgte centrale referencer for de enkelte BAT-teknologier, som er af interesse for FREVAR KF og MOVAR IKSs teknologivalg 2040. Listen er ikke at betragte som en traditionel referenceliste og der indledes typisk med en tekst omkring mængden af tilgængelig litteratur for de enkelte teknologier.

BAT nr. 2.1.1 Genanvendelse af cellulose i ristegods

Der findes ikke meget litteratur om oparbejdning af cellulose fra ristegods. Det meste fra Nederlandene, hvor der er kørt en del forsøg og universiteterne arbejder på området.

En god oversigtsartikel er:

Sieving wastewater - Cellulose recovery, economic and energy evaluation. C.J. Ruiken, Gbreuer, E.Klaversma, T. Santiago, M.C.M. van Loosdrecht. Water Research 47 (2013) 43-48

C.J. Ruiken fra vandselskabet Waternet som dækker Amsterdam og omegn synes at være en nøgleperson vedrørende forskning og udvikling af teknologierne. Han lavede sin PhD indenfor området på TU Delft og artiklen ovenfor er en del heraf. Waternet er i øvrigt meget aktiv indenfor området ressourcegenvinding fra spildevand og har for nyligt publiceret sin strategi på området i artiklen:

Wastewater as a resource: Strategies to recover resources from Amsterdam's wastewater. J. P van der Hoek, H de Fooij and A. Struiker. Resources, Conservation and Recycling 113 (2016) 53-64. Genanvendelse af cellulose indgår som en af de potentielle muligheder.

Ligesom Ruiken har lavet en powerpoint presentation til undervisningsbrug på TU Delft som beskriver teknologi og muligheder. Den kan findes på: https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/3._Sieving_the_wastewater.pdf

En brochure for forskellige produkter kan findes på: http://www.appliedcleantech.com/files/content/Recylose_brochure.pdf

og en powerpoint fra STOVA om teknologien kan findes på: <http://stowa.nl/Upload/08%20Robert%20Kras%20en%20Rafael%20Aharon.pdf>

BAT nr. 3.2.1 Forfiltrering med Tromle-/skivefilter

En gennemgang af tromle og skivefilter på renseanlæg er udført på Lund Universitet. En artikel fra Tidsskriften Vatten om dette kan findes på:

http://www.tidskriftenvatten.se/mag/tidskriftenvatten.se/dircode/docs/48_article_2139.pdf

Et pilotskalatest med et tromlefilter blev udført på Renseanlæg Lynetten i 2014. Resultaterne blev blandt andet præsenteret i Spildevandsteknisk tidsskrift 2015-5 s. 13-15

https://issuu.com/spildevandsteknisktidsskrift/docs/stt5-2015_web

Janne Väänänen's PhD afhandling Microsieving in municipal wastewater treatment indeholder 2 artikler om forfiltrering med skivefiltere. En der beskriver forsøg på 7 danske, svenske og spanske anlæg og en der beskriver hvordan C/N forholdet kan styres. Afhandlingens sammenfatning kan findes på:

https://lup.lub.lu.se/search/ws/files/20814751/Thesis_Janne_V_n_nen_v2.pdf

BAT nr. 3.2.2. Båndfilter

Sausalito-Marin City Sanitary District (SMCSD) i Californien, har lavet en undersøgelse hvor udvidelse med konventionel forklaring blev sammenlignet med forfiltrering med forskellige teknologier. I

dette projekt blev også båndfilterteknologien afprøvet i pilotskala. Rapporten findes her: http://www.sausalitomarincitysanitarydistrict.com/assets/files/2011-headworks-predesign/TM5-Primary_Treatment_10032011.pdf

Installationen af de 8 båndfiltre på Egå RA i Aarhus er beskrevet i følgende præsentation fra Dansk Vand konferencen 2016.

<http://www.danva.dk/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=%2FFiles%2FFiler%2FArrangementer%2F2016%2FDVK+2016+pr%C3%A6sentationer%2F2.1+Driftsresultater+fra+fremtidens+energiproducerende+rens anl%C3%A6g+i+Eg%C3%A5.pdf>

BAT nr. 3.2.3 Mekanisk kemisk fuldrensning

Der findes meget; men meget spredt litteratur om mekanisk kemisk rensning af spildevand og oparbejdning af de ressourcer der frasepareres.

Den samlede rapportering fra projektet Den varma och rena staden som gennemførtes i Sydsverige i perioden 2013-2016 kan findes på <http://www.swedenwaterresearch.se/projekt/den-varma-och-rena-staden-2/projektdokument/>

En PhD afhandling, der beskriver vandrensningsdelen findes på:

https://lup.lub.lu.se/search/ws/files/16812792/Municipal_wastewater_treatment_by_microsieving_microfiltration_and_forward_osmosis.pdf

BAT nr. 3.1.4 Primærslamhydrolyse

Der findes meget; men spredt litteratur om primærslamhydrolyse

En sammenstilling og præsentation af svenske erfaringer findes i artiklen Nikolic, A., Sundin, A.M. (2006). Teknik för förbättrad kväverening i Sverige - Resultat av landsomfattande enkätundersökning. Vatten 62(4), 313-322 findes på:

http://www.tidskriftenvatten.se/mag/tidskriftenvatten.se/dircode/docs/48_article_2149.pdf

BAT nr. 4.1.1 MBBR/IFAS

Der findes meget litteratur om MBBR til biologisk spildevandsrensning og noget mindre om kombinationen med aktiv slam. Meget store dele af litteraturen er imidlertid produceret af få personer og organisationer med tilknytning til hovedleverandøren.

En meget detaljeret gennemgang af MBBR-teknologien, anlægstyper og driftsproblemer på de ca. 50 svenske anlæg som fandtes i 2012 kan findes i eksamensarbejdet Moving Bed Biofilm Reactors (MBBR) i Sverige: <http://www.chemeng.lth.se/exjobbR/E616.pdf>.

En kortere artikel om de 5 anlæg med fuldstændig kvælstoffjernelse som var i drift på den tid kan findes på: http://www.tidskriftenvatten.se/mag/tidskriftenvatten.se/dircode/docs/48_article_4592.pdf

Veolia (AnoxKaldnes) er hovedleverandør af anlæg i Skandinavien og i mange andre dele af verden. Der findes dog world wide mange andre leverandører.

En brochure om AnoxKaldnes kombination af MBBR og aktiv slam (Hybas) findes på: http://techno-maps.veoliawatertechnologies.com/processes/lib/pdfs/3139,2015_ENG_HYBAS_2_page.pdf

BAT nr. 4.1.2 Ballastbiologi

En case-studie over implementering af S-Select (plastic-kugler) på Glarnerland Rens anlæg i Schweiz kan findes her: <http://www.techras.dk/s-select-case>

På WEFTEC messen i 2014 blev BioMag teknologiens (magnetit) fordele og ulemper præsenterede med henblik på designkrav ved nyinstallationer. Rapporten findes her:
http://www.ghd.com/PDF/BioMag_Young.pdf

BAT nr. 4.1.3 BAF (Biological Aerated Filters)

Der findes masser af litteratur om BAF dog mere dækkende sekundær behandling end tertiær behandling.

Anlægsreferencer:

BIOSTYR (udpluk): Davyhulme, England (tertiær nitrifikation), Lyon-Saint-Fons, Frankrig (tertiær nitrifikation), Hebei Shijiazhuang Qiaodong, Kina (Efter denitrifikation), Helsinki, Finland (Efter denitrifikation).

BAT nr. 4.2.2 MBR

En omfattende studie omkring MBR-teknologien blev udgivet af By- og Landskabsstyrelsen i 2010. I rapporten omhandles aspekter vedrørende test af MBR teknologien, potentialet til genanvendelse af MBR-renset vand osv. Rapporten findes her: http://naturstyrelsen.dk/media/nst/Attachments/test_membran_bioaktor_tekn.pdf

BAT nr. 4.2.4 Aerobe Granuler

Et speciale blev lavet på Chalmers Tekniske Högskola i Göteborg hvor dyrkning af aerobe granuler i forskellige anlægskoncepter blev undersøgt.

Rapporten findes her: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/202942/202942.pdf>

Royal HaskoningDHV præsenterede en artikel om historien om udviklingen af NEREDA teknologien sammen med en referenceliste med design og resultatseksempler på WEFTEC i 2015. Artiklen findes her: https://www.royalhaskoningdhv.com/nereda/-/media/nereda/files/my-nereda/downloads/abstracts-and-papers/generic/201507_full-paper-nereda-for-weftec-2015.pdf?la=en-gb

BAT nr. 4.2.5 Hovedstrømsanammox

En ph.d. afhandling kaldt "Developing Anammox for mainstream municipal wastewater treatment" af Tommaso Lotti v. Delft universitet blev publiceret i 2016. Afhandlingen findes her:

http://www.danva.dk/Admin/Public/Download.aspx?file=Files%2FFiler%2FArrangementer%2FDVK+2012%2FGenvinding+af+fospo+r+fra+spildevand+og+slam+ved+Peter_Balslev.pdf

En gennemgang af teknologier og projekter med hovedstrøms-Anammox kan findes i en konferencepræsentation fra EssDe her:

http://www.essdemon.com/libraries.files/Wett_Mainstream_Deammonification_Presentation.pdf

En artikel omkring hovedstrøms anammox på Sjölanda Reningsverk i Malmö kan findes her:

http://www.tidskriftenvatten.se/mag/tidskriftenvatten.se/dircode/docs/48_article_4595.pdf

BAT nr. 5.2.1 Tromle/skivefilter

En ph.d. afhandling lavet af Janne Väänänen fra Lunds Universitet omkring for- og tertiær filtrering med tromle- og skivefilter blev publiceret i 2017. Afhandlingen findes her:

<http://www.danva.dk/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=%2FFiler%2FArrangementer%2F2016%2FDVK+2016+pr%C3%A6sentationer%2F2.4+Nyt+tiltag+for+simpler+og+effektiv+optimering+af+efterkalringstanke.pdf>

En Master speciale fra Chalmers Universitet i Göteborg blev lavet i 2010 hvor driften og effektiviteten af skivefiltrene på Rya RA i Göteborg blev testet. Rapporten findes her:

<http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/136446.pdf>

BAT nr. 5.2.2 Membraner

(MST 2015) Miljøstyrelsen, Ministry of Environment and Food, The Danish Environmental Protection Agency, Microplastics - Occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark, Environmental project No. 1793, 2015

BAT nr. 5.3.2 Reduktion af miljøfremmende stoffer

Der findes en meget righoldig litteratur om anvendelse af aktiv kul og ozon til reduktion af organiske miljøfremmede stoffer. Fuldskalaanlæg er mest udbredt i Tyskland og Schweiz således at der er mange tysksprogede rapporter.

Hele baggrunden for den Schweiziske lovgivning og implementering er beskrevet i Mikroverunreinigung aus kommunalem Abwasser som kan findes på: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/publikationen-studien/publikationen-wasser/mikroverunreinigung-aus-kommunalem-abwasser.html>

En fyldig engelsksproget sammenfatning findes på: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/water/water--publications/publications-water/micropollutants-municipal-wastewater-summary.html>

I Sverige har en nyligt udgivet rapport kortlagt hvad status er for rensning i fuld skala inklusiv studiebesøg på en række tyske og Schweiziske anlæg: Rening från läkemedelsrester och andra mikro-föroreningar - En kunskapsmanställning som findes på: http://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport_2016-04.pdf

Mulder, M., Antakyali, D., Ante, S. (2015). Costs of Removal of Micropollutants from Effluents of Municipal Wastewater Treatment Plants: som kan findes på: <http://www.tapes-interreg.eu/uploads/Stowa%20TAPES%20Final%20report.pdf>

BAT nr. 7.1.1 Disintegration

Der findes mange rapporter, artikler og produktblade om disintegration af slam for at få bedre ud-rådning.

En god sammenstilling af metoderne findes i rapporten Metoder för slamhydrolys, Åsa Davidsson, Karin Jönsson, Jes la Cour Jansen og Erik Särner. Rapport nr 2008-09. Den findes på http://vav.griffel.net/filer/Rapport_2008-09.pdf

BAT nr. 7.1.2 Termisk hydrolyse

Der findes en del litteratur om termisk hydrolyse. Anlægsreferencer:

Cambi (udpluk kun europæiske referencer nævnt):

Vigo, Spanien, Crossness, Thames Water, England, Beckton, Thames Water, England, Davyhulme, England, Howdon, England, iverside, Thames Water, England.

Exelys (udpluk kun europæiske referencer nævnt):

Billund Biorefinery, Danmark, Mearquette-Lez-Lille, Frankrig, Versailles, Frankrig, Bonnenuil-en-France, Frankrig.

BAT nr. 9.1.1 Struvitutfældning

Peter Balslev fra Norconsult Danmark havde i 2012 en præsentation angående genvinding af fosfor ved udfældning som struvit på VandTek i Odensen.

Præsentationen findes her: http://www.danva.dk/Admin/Public/Download.aspx?file=Files%2FFiler%2FArrangementer%2FDVK+2012%2FGenvinding+af+fosfor+fra+spildevand+og+slam+ved+Peter_Balslev.pdf

BAT nr. 9.1.2 Ammoniakstripping

Der findes en del referencer på ammoniakstripping og metoden beskrives i lærebøger; men der er meget få referencer med beskrivelse af teknologien anvendt på kommunale rensningsanlæg.

I løbet af et par måneder udkommer rapporten: Rejektvattenrening i Sverige och Internationellt.

Heri beskrives ammoniakstripping og andre almindeligt benyttede metoder til rejektivandsrensning. I rapporten findes en detaljeret beskrivelse af anlægget på VEAS.

BAT nr. 9.1.3 Inddampning

Avfall Sverige fik i 2011 lavet en rapport hvor forskellige teknologier til genvinding af næringsstoffer fra rejektivand hvor inddampning var en af de undersøgte teknologierne. Rapporten findes her: http://www.avfallsverige.se/fileadmin/uploads/Rapporter/Utveckling/Rapporter_2011/U2011-03.pdf

BIOFOS (Dansk forsyningselskab) har i samarbejde med KU, VAPOTEC og EnviDan undersøgt mulighederne til genvinding af næringsstoffer fra rejektivandet på Renseanlæg Avedøre ved Inddampning i et udviklingsprojekt støttet af Miljøministeriets program for Grøn Teknologi.

Rapporten findes her: <http://naturstyrelsen.dk/media/188907/gafokir-endelig-faerdig-rapport.pdf>

BAT nr. 9.2.1 ANAMMOX

Der findes en meget righoldig litteratur om Rejektivandsbehandling med anammox og omfanget øges hastigt.

En god oversigtsartikel er: Full-scale partial nitritation/anammox experiences - An application survey

Susanne Lackner, Eva M. Gilbert, Siegfried E. Vlaeminck, Adriano Joss, Harald Horn, Mark C.M. van Loosdrecht. Water Research 55 (2014) 292 - 303.

I løbet af et par måneder udkommer derudover rapporten: Rejektvattenrening i Sverige och Internationellt. Heri beskrives og de almindeligste benyttede metoder også med anammox og der præsenteres 9 konkrete eksempler fra Sverige Danmark og Nederlandene.

En god sammenstilling af de basale principper inklusiv sammenstilling af omkostninger ved forskellige processer findes i bogen:

Biological Wastewater Treatment - Principles, Modelling and Design. Mogens Henze, Mark C. M. van Loosdrecht, G. A. Ekama, Damir Brdjanovic IWA publishing, London. S 139-154

Bilag 2: CO₂ balance 2016/2040, Øra

Forudsætninger

I CO₂ beregningerne tages der udgangspunkt i emissionsdata fra beregningsmodellen, som blev udviklet i projektet: "Klimatpåverkan från avloppsreningsverk" (SVU 12-120).

(tilgængelig via: <http://va-tekniksodra.se/2014/04/klimatpaverkan-fran-avloppsreningsverk/>)

Det er især emissionsværdierne for energi som har store udsving alt efter hvilket system der anvendes. For el er der anvendt en værdi som baserer sig på en nordisk blanding af elproduktion, og for varme er der anvendt en værdi for svensk varmeproduktion. Disse værdier anses for at være de mest retvisende værdier for en norsk beregning. For opgradering af biogas til transport er der anvendt en emissionsfaktor som svarer til substitution af benzin baseret transport.

For at kunne sammenligne opgørelserne for 2016 og 2040, er der valgt at holde emissionsfaktorerne stationære, vel vidende at eksempelvis el vil have en lavere emissionsfaktor i 2040 (måske 0 grunden 100 % vedvarende energi). Dette betyder blot at både emissioner og undgåede emissioner højst sandsynligt vil være mindre i 2040.

De anvendte emissionsværdier er vist i tabellen herunder.

Parameter	Værdi	Enhed	Reference
El, nordisk miks	58	ton CO ₂ /GWh	Elforsk 2008, SVU 12-120
Varme, Sverige miks	88,6	ton CO ₂ /GWh	Elforsk 2008, SVU 12-120
JKL	145	ton CO ₂ /ton	Kemira 2013, SVU 12-120
PAX18	455	ton CO ₂ /ton	Kemira 2013, SVU 12-120
Polymer	0,8	ton CO ₂ /ton	SNF Nordic (2011), SVU 12-120
Natriumhypoklorit	0,92	ton CO ₂ /ton	Appendix 7 (?)
CH ₄ emission, utilsigtet	0,15	% af prod. mængde	SVU 12-120
CH ₄ emission	34	ton CO ₂ /ton CH ₄	IPCC
Lattergas emission, proces	0,4	% af N fjernet	SVU 12-120
Lattergas emission	298	ton CO ₂ /ton N ₂ O	IPCC
Biogas til transport	287	ton CO ₂ /GWh	SVU 12-120 (benzin baseret transport)
	0,0019	ton CO ₂ /Nm ³ biogas	omregning

Inkluderet i CO₂ opgørelse:

- Direkte emissioner fra renseanlæggene (eksempelvis utilsigtede metanemissioner fra rådnetankssystemet).
- Indirekte emissioner fra produktion af el og varme
- Indirekte emissioner fra produktion af hjælpestoffer (kemikalier, polymer etc.)
- Indirekte besparede emissioner ved produktion af el, varme og/eller gas (opgradering)

Ikke inkluderet i CO₂ opgørelse:

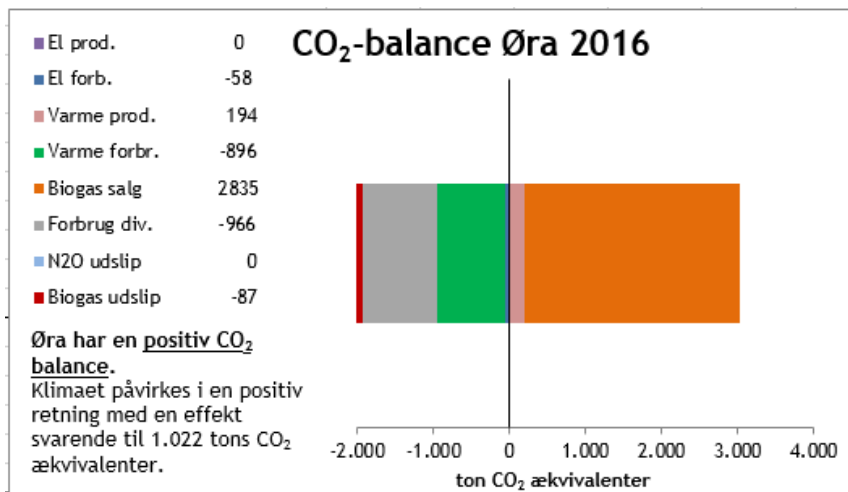
- Transport af slam, hjælpestoffer, sand, ristestof etc.
- Emissioner ved udbringning af slam
- Eventuelle andre emissioner af eks. metan og lattergas andre steder på renseanlæggene

CO₂ opgørelse, 2016

CO₂ opgørelsen for 2016 er lavet på baggrund af fremsendte informationer og data fra FREVAR KF og værdierne anses for relativt retvisende.

Opgørelsen viser en samlet positiv CO₂ balance, med en påvirkning på -1022 tons CO₂-ækv. De største påvirkninger er forbrug af kemikalier og varmemeforbrug (begge negative påvirkninger) og salg af opgraderet biogas (positiv påvirkning).

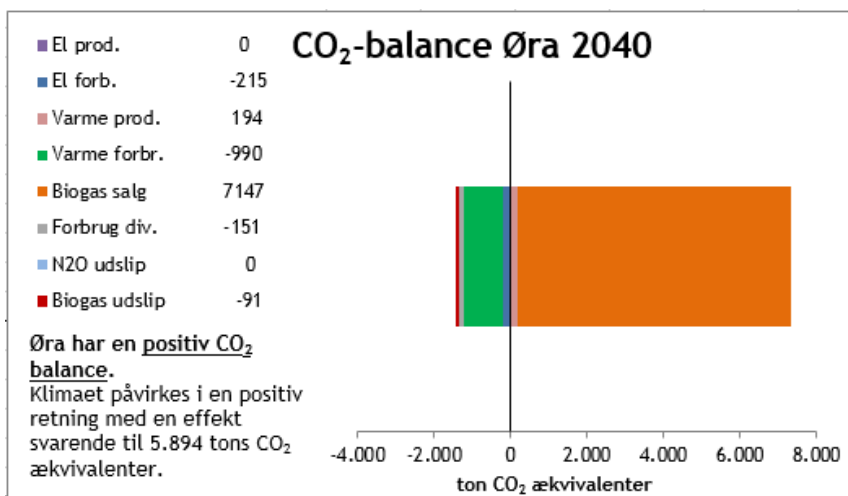
Påvirkningen per PE (KOF) er -9 kg CO₂-ækv./PE.



CO₂ opgørelse, 2040

CO₂ opgørelsen for 2040 er meget usikker, dels grundet ændrede emissionsfaktorer i 2040, dels grundet fremskrivning af diverse hjælpestoffer, elforbrug etc. Især el- og varmemeforbrugene i 2040 anses for værende meget usikre. Desuden er den samlede biogasproduktion fra de eksterne biomasser fastholdt på samme niveau som 2016.

CO₂ opgørelsen for 2040 giver en samlet positiv CO₂ balance, med en påvirkning på -5894 tons CO₂-ækv. De største påvirkninger er varme- og elforbrug (begge negative påvirkninger) og salg af opgraderet biogas (det er antaget, at hele mængden af biogas kan opgraderes og sælges til transportformål (positiv påvirkning)). Det er antaget, at der ikke er nogen lattergasemissioner, idet der ikke er nitrogenfjernelse.



Påvirkningen per PE (KOF) er -44 kg CO₂-ækv./PE.

Bilag 3. BAT-teknologier outlook

Den teknologiske udvikling indenfor spildevandsrensning går hastigt idet både strengere krav, ønsker om billiggørelse af rensningen og ønsket om, at renseanlæggene skal yde væsentlige bidrag til den cirkulære økonomi er væsentlige drivende kræfter. I dette afsnit er det derfor valgt at præsentere en række teknologier, der kan være interessante for FREVAR KF og MOVAR IKS på længere sigt.

Anammox i hovedstrømmen

Anammox processen har vist sig brugbar til rensning af rejektivand med reduceret energi og ressourceforbrug. Det forsøges mange steder i verden overført til anlæggenes hovedstrøm, hvorved rensningen kan gøres væsentligt mere energi- og ressourceeffektiv. Udfordringen består i at den centrale gruppe af mikroorganismer vokser meget langsomt og let udkonkurreres af andre grupper i det relativt kolde spildevand og med de relativt lave stofkoncentrationer, som findes i hovedstrømmen.

De første fuldskalaanlæg, som hævdes at være baseret på processerne, er i drift. Dokumentationen for funktionen er dog endnu for dårlig. Århus Vand har gået med overvejelser omkring at indføre Anammox i hovedstrømmen på Egå Renseanlæg, men går formentlig væk fra dette koncept, og implementerer nitrit-shunten i stedet for at spare energi. Fremdriften på Egå Renseanlæg kan følges på: <http://www.aarhusvand.dk/projekter/spildevand/det-energiproducerende-ega-rensning/>.

Processen er kun interessant for FREVAR KF og MOVAR IKS ved et eventuelt krav til nitrogenfjernelse.

Alger til rensning af spildevand og udnyttelse af næringssaltindhold til produktion af biomasse

Der har i de senere år været gennemført mange forsøg - også under skandinaviske forhold - med rensning af spildevand til algeproduktion. De første fuldskalaanlæg er bygget under varmere og mere solrige himmelstrøg. Der arbejdes både med rensning af mekanisk forbehandlet spildevand, rejektivand og af polering af biologisk rensset spildevand. Udfordringen for processen er dels at gøre den arealmæssig attraktiv og dels at kunne udvikle produkter fra algerne, som kan motivere det større pladsbehov og omkostningerne til rensningen, hvor specielt drift om vinteren vil byde på udfordringer under norske klimaforhold.

Der er også internationalt set mange forskningsprojekter i gang med at udvikle teknikken, således at der kan udvindes højværdiprodukter af algerne f.eks. ingredienser i fødevarer, medicin, kosmetik, plastic, tekstil, foder udover anvendelsen til bioenergi således at der kan komme bedre økonomi i processen. Se f.eks. projektet VALSEA (Valorization of red seaweed biomass towards future sustainability (VALSEA), Multiextraction of Bioactive Compounds from Macroalgae) ved DTU's fødevarerinstitution. Det varer formentlig en del år før sådanne teknikker er udviklet til et kommercielt stade og herfra tager det mange år før spildevandet kan benyttes i processen.

Brændselsceller til rensning af spildevand

Brændselsceller har flere forskellige potentielle anvendelsesområder indenfor spildevandsrensningen. Bakterier kan være katalysatorer for oxidations- og reduktionsprocesser, og dermed direkte omdanne den kemisk bundne energi i spildevandet til elektricitet. Brændselsceller har også andre potentielle anvendelser som f.eks. til kemisk denitrifikation, brintproduktion og som sensorer. Fælles for alle anvendelserne er, at de nok er eftervist i laboratoriemålestok, men herfra og så til almindeligt brug kræves både betydelig teknologisk udvikling og meget kraftig reduktion i omkostningerne. Det har derfor lange udsigter før teknologien bliver anvendelig til almindeligt brug.

En status for området kan findes i Modin and Gustavsson (2014).

Bioplast

Bioplast udvundet fra spildevand eller slam har været et forskningsemne internationalt set i flere år. Processer har været udviklet i større EU-projekter. Ideerne har vundet indpas også i Danmark. Krüger har igennem MUDP projektet BIOPOL søgt at afdække mulighederne for at producere biopolymerer til bionedbrydelig plast fra spildevand i fuldskala. Pilotforsøg udføres på KMC's renseanlæg, hvor der vil blive produceret biopolymerer fra deres spildevand.

Sideløbende undersøges biopolymerpotentialet af spildevandet fra Marselisborg Renseanlæg og Billund BioRefinery. Projektet er ikke af rapporteret, men en præsentation kan findes på: http://vand-testcenter.dk/wp-content/uploads/Aviaja-Kruger_baeredygtig-plast.pdf.

Automatisering

Parallelt med den teknologiske udvikling sker også ændringer i organiseringen af arbejdet på renseanlæggene. I Danmark har spildevandsrensningen i de senere år været karakteriseret af centralisering og automatisering. Mange mindre anlæg er nedlagt og spildevandet ledt til større centrale anlæg. Samtidig er overvågning og kontrol forbedret. Forsyningerne fusionerer for at få den størrelse som det forventes der skal til for at klare fremtidens stigende krav. Dette kan også blive en realitet i Norge i de kommende år.

Tidligere tiders tidskrævende aktiviteter med overvågning og registrering på mindre anlæg og døgnbemanding af anlæg er erstattet af overvågningssystemer som kun alarmere personalet ved problematiske nedbrud eller fejl. Mange aktiviteter er automatiseret og forenklet. Udviklingen har ført til betydelig reduktion af bemanningen på renseanlæggene; men også til behov for opkvalificering for at kunne udnytte de nye overvågnings- og kontrolmuligheder optimalt. Denne udvikling må forventes at fortsætte også i de kommende år således at renseanlæggene bliver større og færre. Nye renseprocesser og nye overvågnings- og optimeringsmuligheder føre til reduceret; men bedre uddannet personale.

Arbejdet på renseanlæggene er i modsætning til mange industriarbejdspladser karakteriseret ved begrænsede mængder ensidigt gentagede arbejdsprocesser. Der er langt større uforudsigelighed i de daglige arbejdsprocesser som følge af branchens afhængighed af vind og vejr og hændelser i anlæggenes opland uden for deres kontrol. Der er derfor mindre potentialer for automatisering, robotteknologi o.l. end i de fleste andre brancher, selvom nye teknologiske landvindinger på disse områder naturligvis også vil slå igennem på renseanlæggene. Denne udvikling er svær at vurdere fordi branchen som sådan ikke vil være drivende i de tekniske og organisatoriske forandringsprocesser.

Bilag 4: Massebalance 2016/2040, Øra renseanlæg

Massebalance 2016

Baseret på de modtagne data er der udført en massebalance for Øra i 2016, se næste side.

For at få massebalancen til at passe til hvad der vurderes rimeligt, er følgende tal blevet ændret i forhold til de modtagne data:

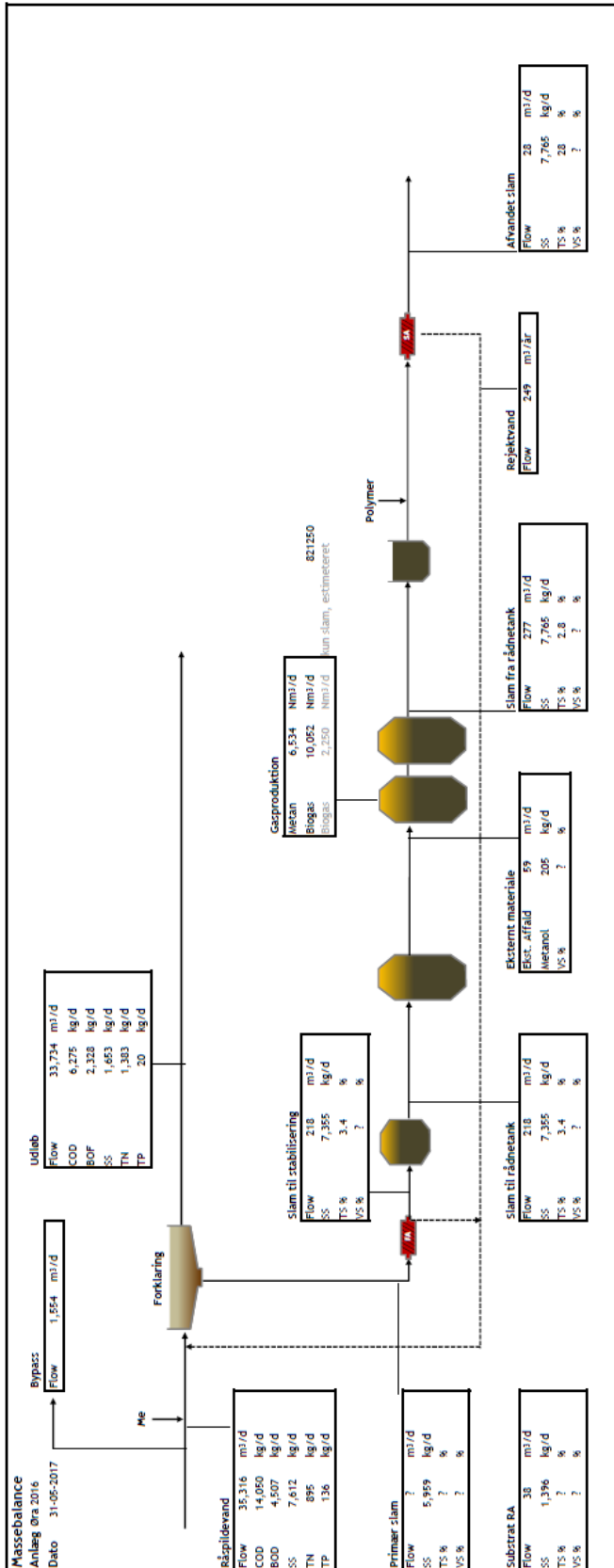
1. Primærslammængden er sat til svare til forskellen mellem SS mængderne ind og ud af anlægget.
2. Tørstofmængden i Substrat RA er beregnet ud fra tørstofmængden til stabilisering minus primærslamproduktionen.
3. Kem-slamproduktionen bør teoretisk være 5.125 kg TS/d, hvilket er urealistisk højt set i forhold til ren primærslammængde og slam til stabilisering. Det er set bort for denne selvom den teoretisk bør give en stor effekt på slammængden.
4. Mængden eksternt materiale er angivet til 38.000 m³/år, hvilket svarer til 104 m³/d som er for højt ift. det målte flow ind- og ud af rådnetankene. Det er derfor valgt at regne med 38.000 - 14.000 (Substrat RA) hvilket svarer til 66 m³/d. Belastningen er yderligere sat ned til 59 m³/d for at nå de målte 277 m³/d ud fra rådnetankene.
5. Tørstofkoncentrationen er beregnet baseret på tørstofmængden ud fra rådnetankene og den målte slammængde.

Massebalance 2040

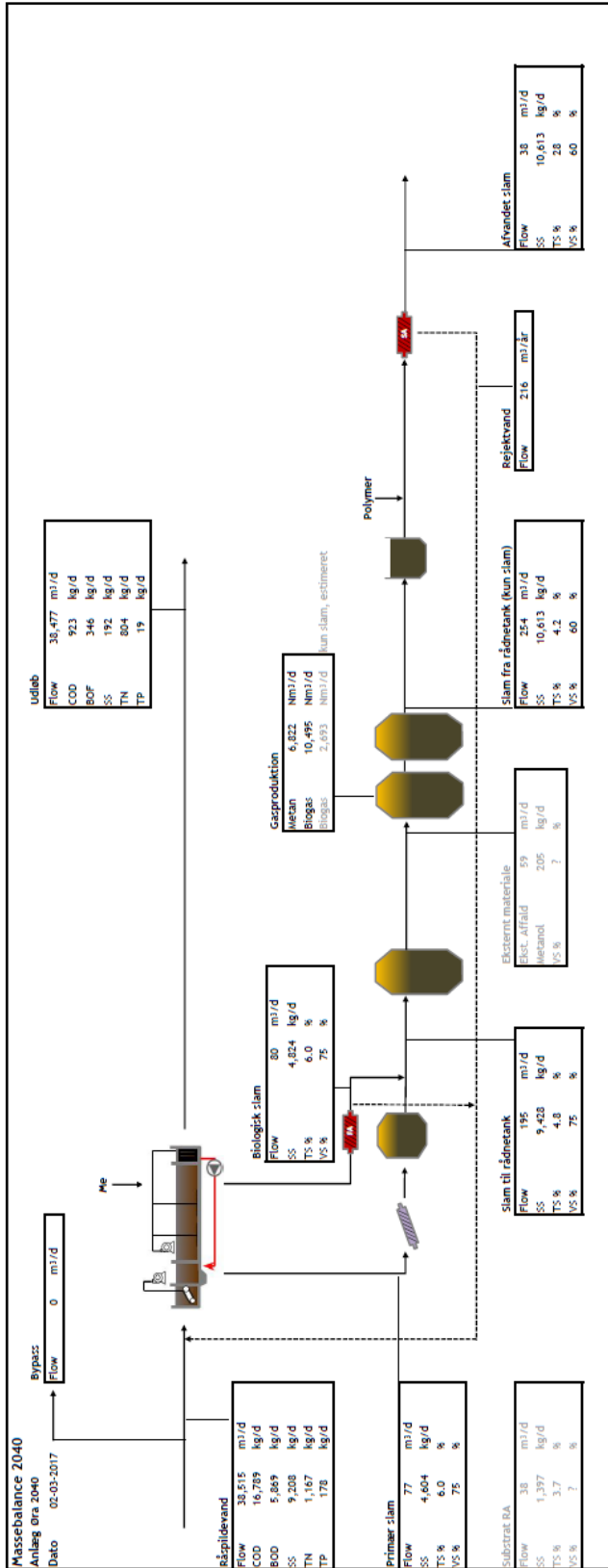
Massebalancen for 2040 er lavet på baggrund af prognosen for den samlede belastning til Øra renseanlæg samt en række forudsætninger om driften i 2040. Det er bl.a. forudsat at:

1. Mængden af eksternt materiale til rådnetanken er antaget, at være den samme i 2040.

Øra renselanlæg 2016

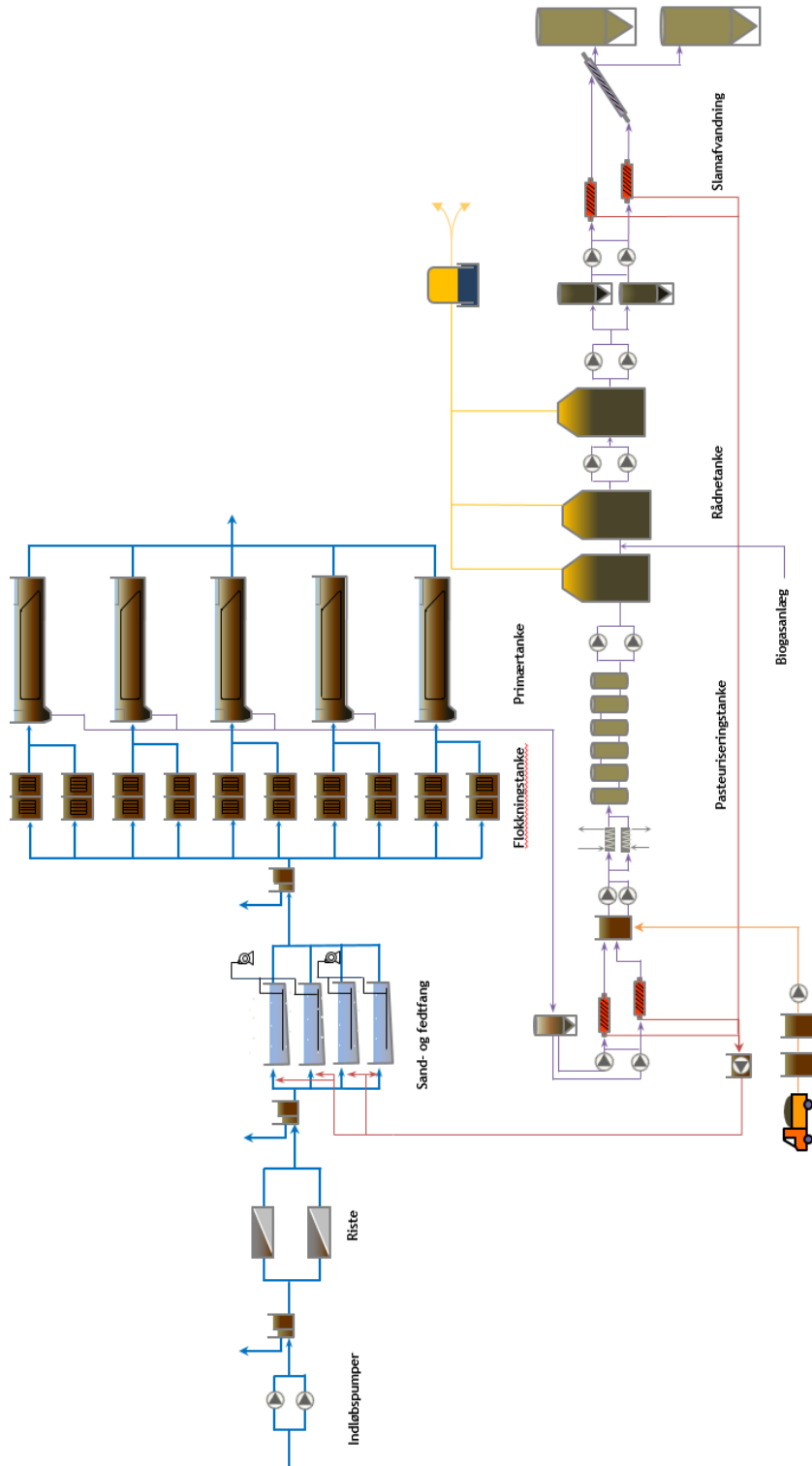


Øra renselanlæg 2040:

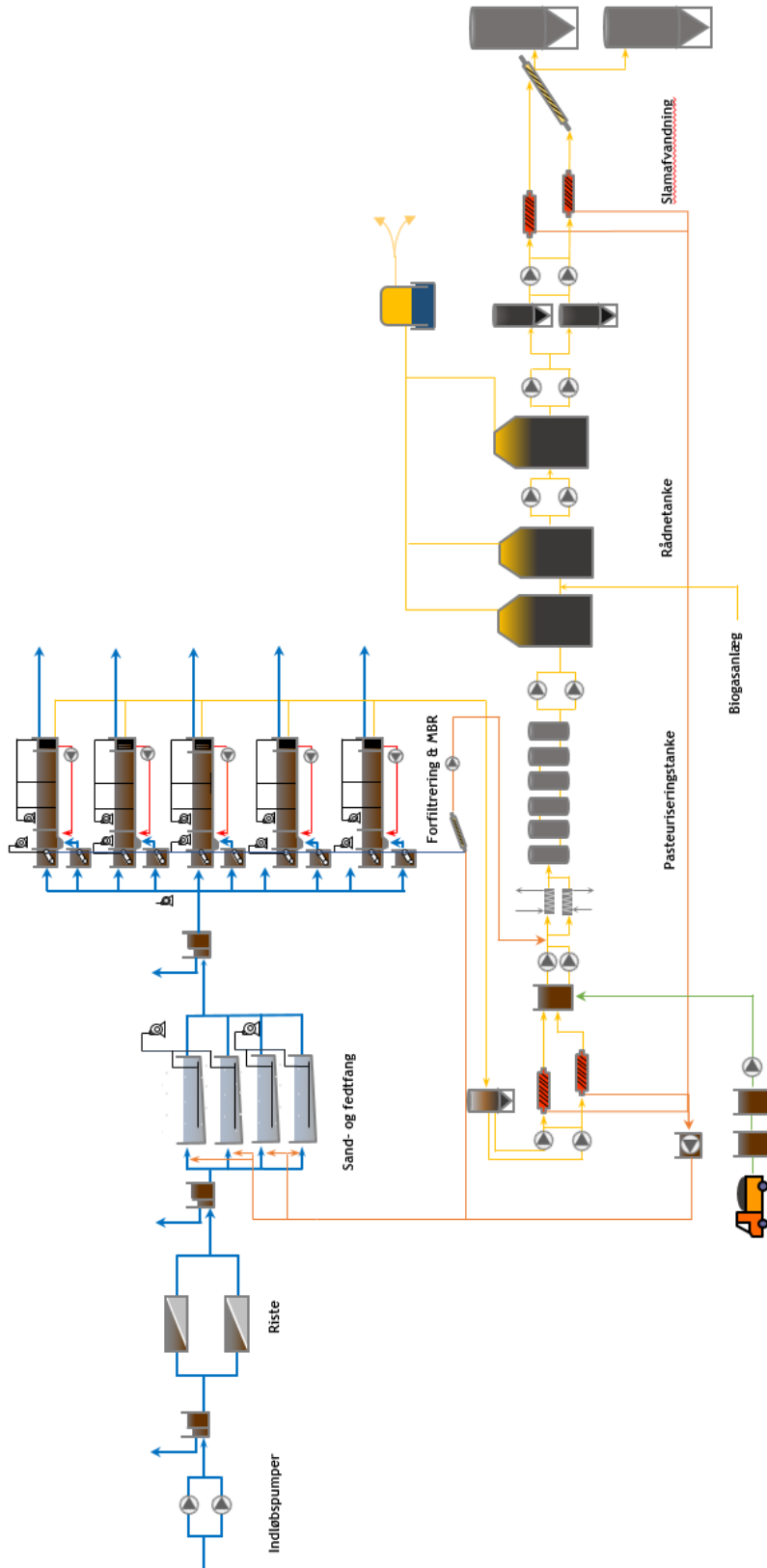


Bilag 5. Flowskema, Øra renseanlæg 2016/2040

Øra renseanlæg 2016:

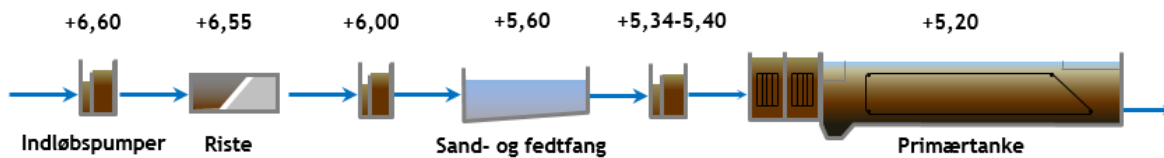


Øra renselæg 2040:

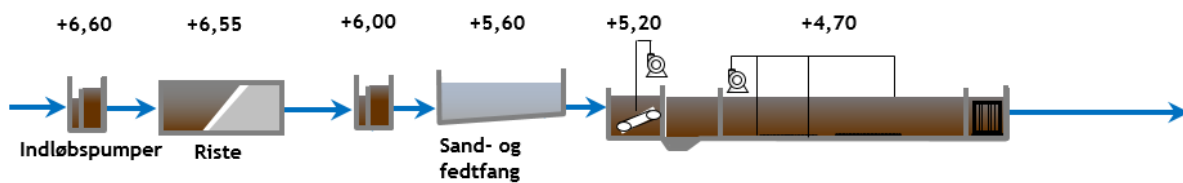


Bilag 6. Hydrauliske profiler 2016/2040

Hydraulisk profil 2016



Hydraulisk profil 2040



Bilag 7. Miljøkortlægninger 2016/2040

Miljøkortlægningen for 2016 er udarbejdet på baggrund af informationer og data fremsendt af FREVAR KF. Disse tal anses som værende retvisende.

Miljøkortlægningen for 2040 er udarbejdet delvist på baggrund af prognoser som FREVAR KF har fremskrevet, dels på baggrund af beregninger og fremskrivninger udført af EnviDan.

Der er især store usikkerheder forbundet med fremskrivning af el- og varmekonsum for 2040, eftersom de enkelte komponenter på renseanlægget ikke er vurderet, ej heller er der taget højde for udskiftning af udstyr til mere energieffektive teknologier. Værdierne skal derfor anskues som størrelsesordner, og ikke eksakte tal.

Miljøkortlægning (2016) Øra RA

Indsivning og vandtab

Vand, vandværk	: 14 mio. m ³
Vand, forbrugere	: 11 mio. m ³
Vandtab	: ~3 mio. m ³
Indsivning/regn	: ~3,2 mio. m ³
Overløb, PST	: ~0,7 mio. m ³
Råspildevand	: 13,5 mio. m ³

Råmaterialer

Råspildevand	: 13,5 mio. m ³
KOF	: 5.142 ton
BOF	: 1.649 ton
TN	: 328 ton
TP	: 50 ton
SS	: 2.786 ton
Ekstern affald til Rådnetanke	: 38.000 m ³
Substrat RA	: 9.024 ton
Metanol	: 75 ton

Hjælpstoffer

JKL	: 5.959 ton
Polymer (fortykkere)	: 15.000 kg
Polymer (afvanding)	: 10.000 kg
NaOHCl	: 13.000 Kg
Skumdæmper	: 4.250 kg

Vandforbrug

Vand	: 30.466 m ³
------	-------------------------

Energiforbrug

El	: 1.007 MWh
Varme	: 9.958 MWh

Vand emissioner

Udledt vand	: 12,9 mio. m ³
KOF	: 2.402 ton
BOF	: 872 ton
TN	: 515 ton
TP	: 8 ton
SS	: 666 Ton
By-pass	: 571.506 m ³

Affald

Slam (+biomasse)	: 10.276 m ³
Slam (+biomasse)	: 3.607 ton TS
Slam, estimeret	: 1.745 ton TS
Sand	: 74 ton
Ristestof	: 60 ton

Støj emissioner

Transport på anlægget
Drift af udstyr/maskiner

Luft emissioner

CH ₄ , udslip	: 3.577 Nm ³
CH ₄ , udslip (kun slam)	: 800 Nm ³

Produkter

Biogas	: 3.668.831 Nm ³
Biogas est. (kun slam)	: 821.000 Nm ³
Biogas faklet	: 31 %
Opgraderet gas	: 1.519.792 Nm ³
Opgr. gas est. (kun slam)	: 340.000 Nm ³
Varmepumpe	: 2.153 MWh

Jord emissioner

Ingen under normal drift



Klient:

FREVAR KF

Dato: 31.05.2017

Projekt nr.: 117 0182

Projekt:

Øra Renseanlæg

Emne:

Miljøkortlægning 2016

Konst./Tegn.:

JOF

Kontrol:

JKA

Godk.:

Miljøkortlægning_ØRA_2016.pdf



Miljøkortlægning Øra 2016

EnviDan Momentum

Blindernveien 5

NO-0361 Oslo

Tlf.: +47 22 36 01 60

CVR nr.: 99 83 21 921

www.envidanmomentum.no

Miljøkortlægning (2040) Øra RA

Råmaterialer

Råspildevand	: 14,1 mio. m ³
KOF	: 6.128 ton
BOF	: 2.142 ton
TN	: 426 ton
TP	: 65 ton
SS	: 3.361 ton
Ekstern affald til	: 38.000 m ³
Rådnetanke	
Substrat RA	: 9.024 ton
Metanol	: 75 ton

Affald

Slam (kun slam)	: 8.300 m ³
Slam (kun slam)	: 2.320 ton TS
Sand	: 77 ton
Ristestof	: 63 ton

Støj emissioner

Transport på anlægget
Drift af udstyr/maskiner

Hjælpstoffer

JKL	: 335 ton
Polymer (afvanding)	: 13.200 kg
NaOHCl	: ? Kg
Skumdæmper	: ? kg

Vandforbrug

Vand	: ? m ³
------	--------------------

Energiforbrug

El	: 3.700 MWh
Varme	: 11.000 MWh

Vand emissioner

Udledt vand	: 14,1 mio. m ³
KOF	: 337 ton
BOF	: 126 ton
TN	: 294 ton
TP	: 6,5 ton
SS	: 70 ton
By-pass	: ? m ³

Luft emissioner

CH ₄ , udslip	: 3.736 Nm ³
CH ₄ , udslip (kun slam)	: 959 Nm ³
N ₂ O, proces	: 0 tons N ₂ O

Produkter

Biogas	: 3.831.000 Nm ³
Biogas (kun slam)	: 983.000 Nm ³
Biogas faklet	: 0 %
Opgraderet gas	: 3.831.000 Nm ³
Opgraderet gas (kun slam)	: 983.000 Nm ³
Varmpumpe	: 2.153 MWh

Jord emissioner

Ingen under normal drift



Klient: **FREVAR KF**
Dato: 31.05.2017
Projekt nr.: 117 0182

Projekt: **Øra Renseanlæg**

Emne: **Miljøkortlægning 2040**

Kontor/Team: **JOF** Kontrol: **JKA** Godk.: **Miljøkortlægning_ØRA_2040.pdf**

EnviDan Momentum Blindernveien 5 NO-0361 Oslo Tlf.: +47 22 36 01 60 CVR nr.: 99 83 21 921 www.envidanmomentum.no

Miljøkortlægning Øra 2040

Forudsætninger:
Sand: samme nøgletal som 2016: 5,5 g/m³ spildevand
Ristestof: samme nøgletal som 2016: 4,4 g/m³ spildevand
Polymer (SA): samme nøgletal som 2016 (kun slam): 5,7 kg polymer/ton TS afv
El, filtre: 3,5 kW/filter x 24 timer
N2O proces: antaget til 0 tons
Eftforbrug er estimeret ud fra et til filtre, MBR og en fremskrivning på øving et (se driftsøkonomi)
Varmerforbrug er fremskrevet ift. 2016 tal (på trods af meget høj værdi)