

NOVAFOS

Strukturanalyse for renselanlæg, Roskilde Fjord

Delnotat 5: Sammenfattende rapport

30. september 2019

Version 1.0

EnviDan

Indholdsfortegnelse

Resumé	4
1. Indledning.....	7
1.1 Overvejelser bag scenarier	7
2. Rammebetingelser og forudsætninger/-afgrænsninger	10
2.1 Rammebetingelser og forudsætninger	10
2.2 Forudsætninger/-afgrænsninger	10
2.2.1 Hydraulisk og stofmæssig belastning (status og plan).....	10
2.2.2 Recipientforhold.....	10
2.2.3 Detailscreening (placering af nyt renseanlæg).....	11
2.2.4 Transportanlæg/mulige nye ledningstracéer.....	11
2.2.5 Kloakoplande (fælleskloakerede/separatkloakerede)	11
3. Bæredygtighed og grøn omstilling.....	12
3.1 Ressourceforbrug og -udnyttelse	12
3.2 Energoptimering og energiproduktion	14
3.3 Skærpede udlederkrav	15
3.4 Drivhusgasser	17
3.5 Klimaforandringer	18
3.6 Opsamling	18
4. Miljøanalyse	19
4.1 Tildelingskriterier	19
4.2 Opsamling af miljøscorer.....	21
5. Økonomisk analyse	23
5.1 Samlede årlige omkostning	24
5.2 Enhedspris/opgørelse i DKK/PE _{renset}	24
5.3 Enhedspris/opgørelse i DKK/PE _{transporteret}	24
5.4 Bassiner.....	25
6. Følsomhedsanalyse	27
6.1 Parametre	27
6.2 Resultater	27
7. Konklusion	29

Bilag

- Bilag 1: Delnotat 1 - Rammebetingelser (COWI)
- Bilag 2: Delnotat 2 - Forudsætninger (EnviDan)
- Bilag 3: Delnotat 3 - Miljøanalyse (Envidan)
- Bilag 4: Delnotat 4 - Økonomisk analyse (Envidan)
- Bilag 5: Notat "Påvirkning af vandløb og søer ved nedlæggelse af renseanlæg" (COWI)
- Bilag 6: Placeringscreening (COWI og EnviDan)
- Bilag 7: Udvidelse af strukturanalysen med Tørslev og Hyllingeris Renseanlæg
- Bilag 8: Ordliste

Resumé

Spildevandsrensningen i Ballerup, Egedal, det vestlige Frederikssund og dele af Furesø Kommune (Værløse) sker i dag på 6 små og mellemstore renseanlæg. Driften af de mange renseanlæg er forholdsvis dyr, og samtidigt kræver hvert renseanlæg løbende reinvesteringer. Den planlagte byudvikling i oplandet til flere af renseanlæggene medfører, at de indenfor 10-20 år vil skulle udvides for at kunne håndtere de stigende spildevandsmængder.

I forbindelse med spildevandsrensningen produceres der i dag kun energi på et enkelt af de 6 renseanlæg (Måløv Rens), og energiproduktionen her er langt fra stor nok til at kunne dække energibehovet. De andre renseanlæg er så små, at det kun dårligt kan betale sig at opgradere dem til at kunne udnytte energien og ressourcerne i spildevandet. Den decentrale rensestruktur er derudover en udfordring hvis udlederkrav i fremtiden skulle blive skærpet.

Envidan A/S har udarbejdet en strukturanalyse for renseanlæg, Roskilde Fjord, hvor forskellige alternative scenarier for rensestrukturen i området er blevet analyseret. Rammebetingelser og forudsætninger for analysen er beskrevet i delnotat 1 og 2. Anbefalingen af den fremtidige struktur sker på baggrund af en miljømæssig analyse (delnotat 3) og en økonomisk analyse (delnotat 4) af de opstillede scenarier. Analysen understøttes af en overordnet placeringscreening, en detaljeret placeringsanalyse samt en recipientvurdering.

Scenarier

Følgende scenarier er i strukturanalysen blevet undersøgt:

- Scenarie 1 - Modernisering af Måløv Renseanlæg
- Scenarie 2 - Modernisering af Måløv Renseanlæg samt etablering af rekreative arealer
- Scenarie 3 - Centralisering af spildevandsrensning mod Egedal Kommune (ekskl. Frederikssund og Slangstrup Renseanlæg)
- Scenarie 4 - Centralisering af spildevandsrensning mod Egedal og Frederikssund Kommune (inkl. Frederikssund og Slangstrup Renseanlæg)

I scenarie 3 og 4 er der for det nye centraliserede renseanlæg arbejdet med flere forskellige placeringer:

Scenarie 3: Placering: Egedal 3 (E3) og Egedal 5 (E5)

Scenarie 4: Placering: Frederikssund 2 (F2) og Egedal 1 (E1), Egedal 2 (E2) og Egedal 3 (E3).

De enkelte placeringer fremgår af placeringsanalysen.

Spildevandsrensningen i området sker på 6 renseanlæg med en samlet belastning på 126.000 PE. Det er Frederikssund, Måløv, Slagslunde, Slangstrup, Stenløse og Ølstykke Renseanlæg, som indgår i strukturanalysen. Stofbelastningen er fremskrevet til ca. 170.000 PE i 2070, svarende til en forøgelse på ca. 35%. Denne fremskrivning er baseret på alle kommuneplaner, øvrige udbygningsplaner, drøftelser med de enkelte kommuner, samt befolkningsprognoser fra Danmarks Statistik.

Anbefaling

Det anbefales, at strukturen for renseanlæg centraliseres, og at der etableres et nyt renseanlæg/ressourcegenvindingsanlæg i Frederikssund, da dette miljømæssigt er bedst, over en 50 årig tidsperiode økonomisk er billigst, projektet kan bidrage til den grønne omstilling og strukturen derved bliver mest robust overfor fremtidige krav. Eksisterende renseanlæg anbefales nedlagt og ombygget til bassiner og pumpestationer, og nye spildevandsledninger ført fra de eksisterende renseanlæg til det nye centralrenseanlæg.

Den fremtidige spildevandsrensning vil optimalt være en total centralisering af spildevandsrensningen i området (Scenarie 4), men en delvis centralisering af spildevandsrensningen der kun omfatter Måløv, Ølstykke, Stenløse og Slagslunde Renseanlæg (Scenarie3), er økonomisk og miljømæssigt også væsentligt bedre end den nuværende rensestruktur (Scenarie 1 & 2).

Økonomisk analyse

En centralisering af spildevandsstrukturen kræver forholdsvis store nyinvesteringer i både renseanlæg, pumpestationer og ledninger. Disse nyinvesteringer forudsættes lånefinansieret, hvilket medfører finansieringsomkostninger. De årlige driftsomkostninger ved en centraliseret rensestruktur er dog væsentligt billigere end ved den nuværende decentrale struktur, og behovet for reinvesteringer i renseanlæggene (som lånefinansieres) er også væsentligt lavere, når man kun har ét renseanlæg frem for seks. Samlet viser den økonomiske analyse at scenarie 3 (delvis centralisering) og scenarie 4 (total centralisering) over et 50-årig periode er væsentligt billigere end at bibeholde den eksisterende rensestruktur.

Miljøanalyse

I miljøanalysen er aspekter som påvirkning af vandløbene og fjorden, påvirkning af naboer i form af trafik, støj og lugt, potentiale for ressourceudnyttelse, arbejdsmiljø og robusthed overfor skærpede udlederkrav blevet undersøgt. Miljøanalysen konkluderer, at en total centralisering samlet set er bedst for miljøet. Dette skyldes blandt andet at nabogener omkring de eksisterende renseanlæg reduceres, arbejdsmiljøet forbedres, ressourceudnyttelsen på renseanlæggene forbedres og at Værebros å, der under regn hydraulisk er overbelastet, aflastes.

Miljøanalysen understøttes af recipientanalysen, der mere detaljeret beskriver udfordringerne i nogle af de mindre vandløbene, hvor vandføringen vil blive reduceret væsentligt, hvis spildevandsstrukturen centraliseres. Dette skyldes, at størstedelen af det vand der i sommermånederne løber i nogle af de mindre vandløb reelt er rensede spildevand.

Energiproduktion og grøn omstilling

En total centraliseret spildevandsrensning (inkl. Frederikssund & Slangerup Renseanlæg) på et nyt renseanlæg, giver bedre mulighed for at nytænke hele anlægsdesignet, og giver en bedre ressourceudnyttelse, end en delvis centralisering ekskl. Frederikssund og Slangerup renseanlæg. Herved bliver anlægget så stort, at de nyeste teknologier bedre kan anvendes, og rensningen kan blive energiproducerende. Dette vil kun vanskeligt kunne lade sig gøre ved den delvise centralisering (scenarie 3), hvor 1/3 af den samlede stofbelastning bibeholdes på eksisterende renseanlæg. På længere sigt er det muligt at udvinde værdifulde organiske stoffer (proteiner, flydende kulbrinter) og på denne måde bidrage til en grøn omstilling.

Robusthed overfor skærpede krav

Den fuldt centraliserede struktur vil desuden være mere robust i forhold til ændrede krav, såsom skærpede udlederkrav (kvælstof, miljøfremmede stoffer etc.), da supplerende/ændrede renseteknologier skal implementeres på færre renseanlæg. Dette vil også være gældende, når nye teknologier implementeres, f. eks. til fjernelse af medicinrester.

Bassiner

Behovet for etablering af bassiner til reduktion af regnbetingede aflastninger af urensede spildevand er blevet undersøgt.

Når eksisterende renseanlæg nedlægges, kan de eksisterende tanke genbruges som forsinkelsesbassiner, hvilket er meget billigere end etablering af nye bassiner. I Scenarie 4 (centraliseringen inkl. Frederikssund og Slangstrup Renseanlæg) opnås det laveste investeringsbehov til etablering af bassiner, da alle tanke på alle eksisterende anlæg, kan ombygges og udnyttes til fremtidig bassinvolumen til reduktion af overløb.

Renseanlæggene på Hornsherred

Hyllingeriis, Neder Dråby, Tørslev og Vejleby Renseanlæg er ikke medtaget i nærværende strukturanalyse, da disse ligger vest for Roskilde Fjord. Der er dog udarbejdet et separat notat, der vurderer om det økonomisk og miljømæssigt er hensigtsmæssigt at udvide strukturanalysen til også at omfatte Hyllingeriis, Tørslev og Neder Dråby Renseanlæg (Bilag 7). Her konkluderes, at det både økonomisk og miljømæssigt er fordelagtigt at udvide strukturanalysen til også at omfatte disse 3 forholdsvis små renseanlæg, og at en udvidelse af oplandet til det nye barmarksanlæg er til fordel for alle projektets partner. Udvidelsen af analysen til også at omfatte renseanlæggene på Hornsherred er kun muligt ved en samling af alle renseanlæggene (scenarie 4).

1. Indledning

I denne strukturanalyse for renseanlæg øst for Roskilde Fjord, er forskellige scenarier for den fremtidige rensestruktur i Ballerup (Måløv), Egedal og Frederikssund og Furesø (Værløse) Kommune blevet undersøgt. Fire alternative scenarier er blevet opstillet og hver især blevet vurderes både miljømæssigt og økonomisk.

Den samlede strukturanalyse, som denne sammenfattende rapport (delnotat 5) er en del af, består af følgende dokumenter:

1. Delnotat 1: Rammebetingelser, som beskriver:
 - a. Rammerne for udarbejdelsen af strukturanalyserne
 - b. Præcisering af de scenarier der vurderes
2. Delnotat 2: Forudsætninger, som beskriver:
 - a. Metodikken for udarbejdelse af miljøanalysen og den økonomiske analyse
3. Delnotat 3: Miljøanalyse
4. Delnotat 4: Økonomisk analyse
5. **Delnotat 5: Sammenfattende rapport**

Derudover er der udarbejdet følgende supplerende notater:

1. Overordnet placeringsscreening med udpegning af mulige arealer
2. Detaljeret placeringsanalyse, hvor de udpegede arealer vurderes yderligere
3. Påvirkning af vandløb og søer ved ændret renseanlægsstruktur
4. Anlægsgennemgang/tilstandsvurdering
5. Udvidelse af strukturanalysen med renseanlæggene på Hornsherred.
6. Hydrauliks og energimæssig vurdering

Følgende scenarier er blevet undersøgt:

- Scenarie 1 - Modernisering af Måløv Renseanlæg
- Scenarie 2 - Modernisering af Måløv Renseanlæg samt etablering af rekreative arealer
- Scenarie 3 - Centralisering af spildevandsrensning mod Egedal Kommune (ekskl. Frederikssund og Slangerup Renseanlæg)
- Scenarie 4 - Centralisering af spildevandsrensning (inkl. Frederikssund og Slangerup Renseanlæg)

For scenarie 3 og 4 er der arbejdet med flere alternativer til placering af nyt renseanlæg,:

- A) Scenarie 3: 2 placeringer af nyt renseanlæg (Placering: Egedal 3 (E3) og Egedal 5 (E5))
- B) Scenarie 4: 4 placeringer af nyt renseanlæg (Placering: Frederikssund 2 (F2) og Egedal 1 (E1), Egedal 2 (E2) og Egedal 3 (E3))

Den nuværende spildevandsstruktur i de 4 kommuner (Ballerup, Egedal, Furesø og Frederikssund) er baseret på 6 renseanlæg med en samlet fremtidig belastning i 2070 på ca. 170.000 PE. Det vedrører Frederikssund, Måløv, Slagslunde, Slangerup, Stenløse og Ølstykke Renseanlæg.

1.1 Overvejelser bag scenarier

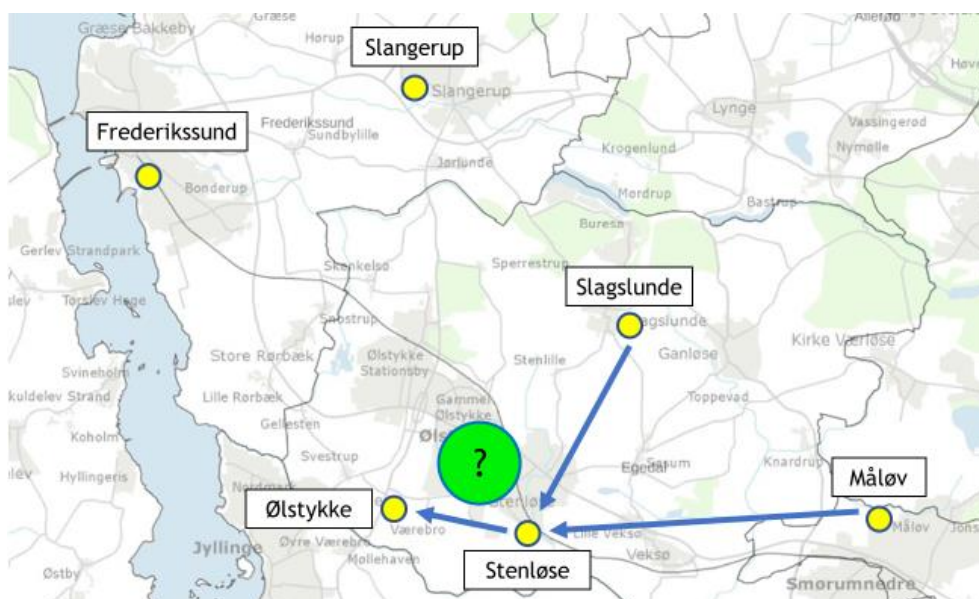
Måløv Renseanlæg kræver en væsentlig renovering for at de gældende udlederkrav kan overholdes. Flere andre renseanlæg i området skal indenfor 10-20 år udvides, fordi den planlagte befolkningstilvækst overstiger renseanlæggenes restkapacitet. Formålet med strukturanalysen er at afklare om det økonomisk og miljømæssigt er hensigtsmæssigt at opretholde den nuværende decentrale rensestruktur, eller om det er bedre at centralisere rensestrukturen og nedlægge flere af renseanlæggene.

De økonomiske og miljømæssige forhold, hvor den nuværende decentrale rensestruktur bibeholdes er vurderet i scenarie 1 og 2 (se Figur 1). Her er Stenløse Renseanlæg antaget nedlagt, og Ølstykke Renseanlæg udvidet, som beskrevet i Egedal Kommunes spildevandsplan.



Figur 1. Scenarie 1 og 2 - Nuværende decentrale rensestruktur bibeholdes idet Måløv Renseanlæg moderniseres (scenarie 1) og delvis åbning af Måløv Renseanlæg for offentligheden til rekreativt brug (scenarie 2). Stenløse renseanlæg afskæres til Ølstykke Renseanlæg, som udvides (jf. Egedal Kommunes spildevandsplan)

I scenarie 3 undersøges en centralisering af spildevandsrensningen fra Måløv, Slagslunde, Stenløse og Ølstykke Renseanlæg og etableringen af et nyt renseanlæg samt bevarelse af Frederikssund og Slangerup Renseanlæg (se Figur 2).



Figur 2. Scenarie 3 - Centralisering af Måløv, Slagslunde, Stenløse og Ølstykke på nyt barmarksanlæg, mens Frederikssund og Slangerup Renseanlæg bibeholdes. Grøn cirkel (med spørgsmålstegn) symbolisere, at der i dette scenarie skal bygges et nyt barmarksanlæg i Egedal Kommune.

I scenarie 4 belyses fordele og ulemper af en nedlæggelse af alle eksisterende renseanlæg og en centralisering af spildevandsrensningen ved etablering af et nyt renseanlæg (se Figur 3).



Figur 3. Scenarie 4 - Centralisering af alle renseanlæg på nyt renseanlæg. Grøn cirkel (med spørgsmålstegn) symboliserer, at der i dette scenarie skal bygges et nyt renseanlæg - den angiver ikke en specifik placering.

2. Rammebetingelser og forudsætninger/-afgrænsninger

Strukturanalysen for renseanlæg omhandler en overordnet skitsering af økonomiske og miljømæssige fordele og ulemper ved forskellige rensestrukturer. Der er i denne forbindelse fokus på det energimæssige aspekt samt konsekvenserne ved hhv. at bibeholde eller nedlægge renseanlæg i Ballerup, Egedal, Furesø og Frederikssund, samt mulighederne ved at etablere et nyt centralt renseanlæg.

2.1 Rammebetingelser og forudsætninger

Strukturanalysen er baseret på nedenstående forudsætninger og grundlag:

- Delnotat 1: Rammebetingelser (COWI)
- Delnotat 2: Forudsætninger (Envidan)

Rammebetingelserne beskriver den metodik der skal anvendes i strukturanalysen. Her defineres også den geografiske afgrænsning, scenarierne der skal analyseres, og at analyseperioden skal være på 50 år, eksisterende og fremtidige belastninger, eksisterende og fremtidige oplande, bassiner, udlederkrav og meget mere.

Forudsætningerne beskriver mere detaljeret parametre og metoder, som udgør grundlaget til den økonomiske og miljømæssige analyse. Her redegøres for mulige placeringer af et nyt renseanlæg, anvendte enhedspriser for etablering og drift af pumpestationer, ledningsanlæg og renseanlæg, samt parametre anvendt i følsomhedsanalysen, bestemmelse af miljøfaktorer, samt oplysninger om vandløb/recipienter. Der henvises til delnotat 1 og 2 (jf. bilag 1 og 2).

2.2 Forudsætninger/-afgrænsninger

2.2.1 Hydraulisk og stofmæssig belastning (status og plan)

EnviDan har modtaget driftsdata fra 2016 og 2017 for alle renseanlæggene, som indgår i strukturanalysen. Derudover er driftsdata fra perioden 2013-2015 også anvendt. Resultatet af belastningsopgørelsen (status), og de fremskrevne belastninger i 2070 (plan) er præsenteret i Delnotat 1 - Rammebetingelser (COWI). Selve metodikken i databearbejdelsen er beskrevet i Delnotat 2 - Forudsætninger (EnviDan).

Generelt dækker kommuneplaner en fremskrivning til 2026-2029. Derefter bruges en årlig vækstrate af befolkningen til 2045 baseret på Danmarks Statistik. Efter 2045 er vækstraten fremskrevet baseret på en tendenslinje fra Danmarks Statistiks data i perioden 2018-2045 (jf. bilag 1 - Rammebetingelser).

Alle nye kloakoplande er forudsat separatkloakeret. Eksisterende fælleskloakerede kloakoplande er kun forudsat at blive separatkloakeret, hvis dette fremgår af kommunernes spildevandsplaner.

2.2.2 Recipientforhold

Hvert renseanlæg udleder rensset spildevand til en recipient - ofte et vandløb. COWI har gennemført en vurdering af recipienterne og spildevandsudledningernes betydning for vandføringen i vandløbene, samt udarbejdet mulige forslag til at reducere de negative konsekvenser der opstår, hvis vandløbenes pga. centralisering af spildevandsrensningen ikke længere modtager rensset spildevand.

Der henvises til særskilt rapport "Påvirkning af vandløb og søer ved ændret renseanlægsstruktur" (jf. bilag 3).

2.2.3 Detailscreening (placering af nyt renseanlæg)

Der er gennemført en overordnet screening over mulige lokaliteter, hvor et nyt renseanlæg i givet fald kan placeres. Den indledende screening er gennemført af COWI. EnviDan har arbejdet videre med screeningen ud fra supplerende udvælgelseskriterier, som er specificeret i bilag 1 til delnotat 2. (jf. bilag 4 - Placeringscreening).

2.2.4 Transportanlæg/mulige nye ledningstracéer

Fastlæggelse af mulige ledningstracéer er sket på baggrund af undersøgelser via Google Earth, hvor de bedst egnede tracéer mellem de enkelte renseanlæg er fundet.

I fastlæggelsen af tracéerne er der lagt vægt på at følge veje/stier og i videst muligt omfang at undgå beskyttede eller fredede områder.

2.2.5 Kloakplande (fælleskloakerede/separatkloakerede)

Alle eksisterende fælleskloakerede arealer bevares og alle nye kloakplande etableres som separat-kloakerede oplande, med mindre andet er angivet i kommunernes spildevandsplaner. For opgørelsen over kloakplande opdelt på fælleskloakerede (inkl. befæstelsesgrad) og separatkloakerede oplande henvises til bilag 1 - Rammebetingelser.

3. Bæredygtighed og grøn omstilling

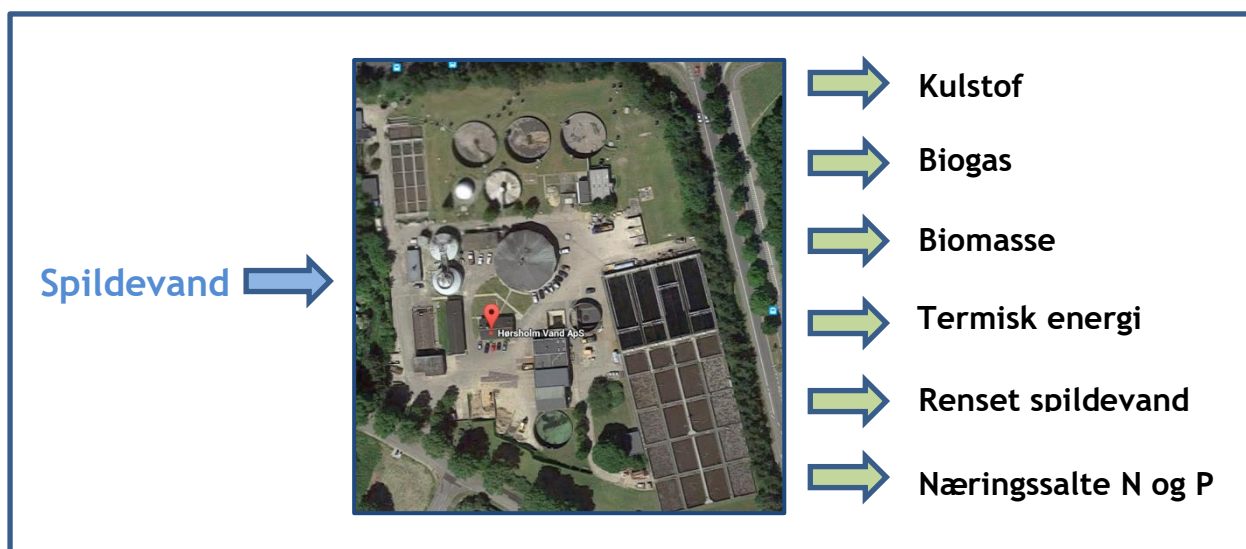
Centralisering af renselanlægsstrukturen og etablering af et nyt renselanlæg skaber muligheden for at bidrage til den grønne omstilling og bæredygtigheden. Det er fordi moderne renselanlæg er i stand at genvinde ressourcer fra spildevandet, og derved indgår i den cirkulær økonomi. Nedenstående emner kan med fordel indtænkes i det videre planlægning af den nye renselanlægsstruktur.

1. Ressourceforbrug og udnyttelse
2. Energioptimering og energiproduktion
3. Skærpede udlederkrav
4. Udledning af drivhusgasser
5. Imødekomme af klimaforandringer

3.1 Ressourceforbrug og -udnyttelse

På et nyt centraliseret renselanlæg kan der gøres op med forestillingen om at spildevand er flydende affald, som blot skal "bortskaffes". Spildevand bør derimod betragtes som en ressource, rig på organisk stof og næringsalte, hvor energi- og ressourcegenindvinding understøtter omstillingen til et bæredygtigt samfund. Renselanlæg bør gentænkes til at være et ressourcegenindvindingsanlæg, hvor der via nye teknologier producerer nye produkter til kommerciel afsætning.

På Figur 4 ses mulighederne for ressourceudnyttelse fra spildevand på et renselanlæg. Disse muligheder gennemgås kort i de følgende afsnit.



Figur 4. Ressourceudnyttelse fra spildevand på renselanlæg.

Kulstof

Spildevandets indhold af kulstof bruges på de eksisterende renselanlæg primært til den biologiske kvælstoffjernelse. Overskydende organisk kulstof omsættes biologisk til CO_2 , hvilket både er energi-krævende, og derudover er et spild af den energi der er bundet i det organiske kulstof. Kulstof vil på et nyt renselanlæg kunne udnyttes mere intelligent, ved at forbruget til kvælstoffjernelsen reduceres, og overskydende kulstof "høstes" til øget biogasproduktion. Herved reduceres energiforbruget, samtidigt med at energiproduktionen øges. Teknologien anvendes allerede i dag på en række nye renselanlæg, som f.eks. Hillerød. Det nye renselanlægs CO_2 -aftryk vil derved være langt mindre end de eksisterende renselanlæg. Kulstof "høstes" i form af primærslam eller som biologisk

overskudsslam. Det tilføres rådnetanke, hvor der produceres biogas. I fremtiden vil værdifulde flydende kulstofforbindelser kunne ekstraheres direkte fra f.eks. granulært slam eller eventuelt også fra rådnetankene. Det udrådne spildevandsslam udbringes på landbrugsjord som jordforbedringsmiddel, hvorved både værdifulde næringsalte (kvælstof og fosfor), og kulstof, der bindes i jorden og forbedre jordmiljøet, recirkuleres.

Biogas og biogasbaserede produkter

Der kan implementeres teknologi til forbehandling af biologisk overskudsslam med henblik på at forøge biogasproduktionen. Teknologierne omfatter enzymtilsætning, ultralyd, varmebehandling og mekanisk desintegration. Opkoncentrering af slam i rådnetanke kan ligeledes opnås ved implementering af anaerob membranteknologi. Herved er den hydrauliske opholdstid af slammet ikke en begrænsende faktor, og biogasproduktionen vil derved forøges. Endelig kan tilførelsen af eksterne kulstofkilder, som slam fra andre renseanlæg, kildesorteret organisk dagrenovation (KOD) og/eller industrielle organiske restprodukter, øge biogasproduktionen.

Produceret biogas udnyttes traditionelt til produktion af el og varme på renseanlæggene. Der eksisterer teknologi til opgradering af biogas til naturgaskvalitet, og dermed mulighed for afsætning til naturgasnettet. Dette er meget fordelagtigt, idet energien herved kan lagres i det eksisterende naturgasnet til spidslastperioder, hvor der er mangel af energi. Derudover kan den opgraderede biogas bruges som råmateriale i produktionen af flydende kulbrinter til den kemiske industri eller transportsektoren, så fossilt kulstof her kan udfases. Opgraderet biogas er ifølge energistyrelsen et centralt element for at Danmark i 2050 kan blive fossilfrit.

Der sker i dag biogasproduktion på Måløv Renseanlæg.

Biomasse

Slamproduktionen (udrådnet restprodukt) påtænkes anvendt som jordforbedringsmiddel, så næringsalte og kulstof recirkuleres. På længere sigt kan biomassen muligvis raffineres til et slutprodukt til afløsning af oliebaseerede produkter.

Termisk energi

Selvom det rensede spildevands temperatur oftest kun er 8-20 °C, kan spildevandet udnyttes til varmeproduktion.

Med varmepumper kan spildevandet termiske energi (varmeenergien) udnyttes til at producere både den varmeenergi som renseanlægget kræver (rådnetanke, mandskabsbygninger), og senere ekstra ”varme”, som leveres til fjernvarmenettet. Genindvinding af termisk energi fra det rensede spildevand kan facilitere varmeproduktion om vinteren og køling om sommeren.

Varmevexlere kan genindvinde varme fra det opvarmede slam i rådnetanke og bidrage til den kontinuerede opvarmning af rådnetanke, så varmetabet i forbindelse med rådnetanksdriften reduceres.

Renset spildevand

Renset spildevand kan efter supplerende rensning (filtrering eller UV) anvendes til spuling, vanding, vask af forsynings køretøjer, køling af bygninger etc. På nuværende tidspunkt ser det ikke ud til, at der er mulighed for afsætning af det rensede spildevand til anden virksomhed i området. Dette bør dog undersøges nærmere fremadrettet, når den fremtidige rensestrukturen er fastlagt.

Udvinning af næringsalte, kvælstof og fosfor

Fosfor er en ikke fornybar og begrænset ressource som bør recirkuleres. Kvælstof og fosfor genvindes i dag direkte ved at det udrådnede spildevandsslam udbringes på landbrugsarealer til jordforbedring.

Danmarks forholdsvis skrappe grænseværdier for slammets indhold af tungmetaller og miljøfremmede stoffer sikrer ifølge Miljøstyrelsen at slammet genanvendes miljømæssigt forsvarligt, og udbringning af spildevandsslam på landbrugsjord er et af Miljøstyrelsens virkemidler til at opnå en 80% genanvendelse af fosfor. Hvis rammelovgivningen skulle blive ændret, så spildevandsslam ikke må udbringes på landbrugsjord kan en del af fosforen genvindes fra spildevandet gennem struvitudfældning. Effektiviteten for denne proces er i dag dog forholdsvis lav.

Hvis spildevandsslammet ikke må udbringes på landbrugsjord (hvilket ikke er tilfældet på nogle af renseanlægget i Roskilde Fjord området), er der på nuværende tidspunkt ikke et økonomisk incitament i at genindvinde fosfor. Årsagen hertil er, at der på verdensmarkedet fortsat er et stort udbud af fossilt fosfor, og at værdien af det producerede struvit er begrænset. Fremtidig mangel på fosfor, giver dog udsigt til stigende priser og dermed øget rentabilitet i at genindvinde fosfor.

Fosfor genindvinning forventes i fremtiden at vinde stigende indpas på renseanlæg med rådnetanke, hvor fosfor kan genindvindes fra rejektvandet, oftest i form af kontrolleret struvitudfældning. Dette reducerer behovet for støttefældning til fosforfjernelse, hvilket reducerer omkostninger til fældningskemikalier, polymer og slamdisponering, samtidig med at der udvindes et produkt, der kan sælges til gødningsformål.

Da slammet, fra renseanlæggene i strukturanalysen, på nuværende tidspunkt overholder Miljøstyrelsens grænseværdier og derfor udbringes på landbrugsjord, recirkuleres fosforen allerede (i tråd med Regeringens Ressourcestrategi). De miljømæssige gevinster ved fosfor genindvinning via struvitudfældning er derfor ikke-eksisterende eller i bedste fald begrænsede.

Hvis slamproduktionen på renseanlægget i fremtiden ikke kan afsættes til jordbrugsformål, kan der være en gevinst i at etablere et struvitanlæg, for at genindvinde så stor en fraktion af fosforindholdet i spildevandet som muligt. Alternativt kan fosforen genindvindes fra asken efter forbrænding.

3.2 Energioptimering og energiproduktion

For at et renseanlæg bliver energineutralt eller energiproducerende, er der behov for en række tiltag, der optimerer designet, processerne og driften. Hvis et nyt renseanlæg etableres med traditionel renseteknologi vil det med stor sandsynlighed ikke være muligt at renseanlægget bliver energineutralt. For at gøre renseanlægget energineutralt - eller endda energiproducerende - skal man gå skridtet videre, implementere nogle af de førnævnte processer for energigenvinding og skabe synergi mellem de enkelte førnævnte fokuspunkter.

Dette kræver en mere helhedsorienteret tilgang, hvor der inkluderes flere innovative tiltag og teknologier for at opnå målet. Der bør også ses på afsætningsmuligheder udenfor matriklen i forhold til energiproduktionen, så der er mulighed for at afsætte overskudsvarme, el og gas.

Hvis et renseanlæg skal få status af at være energiproducerende, vil der være behov for at spille på alle tangenter i forhold til implementering af innovative tiltag og teknologier. Hvor energiproducerende renseanlægget kan blive, afhænger af sammensætningen af det indkomne spildevand. Jo højere COD/N forhold, jo større potentiale er der for at opnå et energiproducerende renseanlæg. Energiproduktionen kan øges betydeligt ved tilførelse af eksterne kulstofkilder. Om den producerede energi kan afsættes, vil have stor betydning for, om det er attraktivt og økonomisk bæredygtigt for renseanlægget. Det er ikke nødvendigt at inddrage eksterne kulstofkilder for at opnå et

energiproducerende renseanlæg. Der er i stedet behov for en helhedsorienteret gennemgang af design og processer på renseanlægget med fokus på energieffektiv optimering.

Når scenarierne gennemgås i den nye rensestruktur vil der være forskellige valg i forhold til innovationshøjden i det enkelte løsningsforslag. Der skal vælges innovative tiltag og teknologier, så de passer til ambitionsniveauet for det fremtidige centraliserede renseanlæg. Hovedfokus vil være på udnyttelse af spildevandets kulstofressource til maksimal produktion af biogas samt på minimering af energiforbruget til spildevandsrensningen. Der er således ingen grund til at betale en meget høj anlægspris for en teknologi, som afleder en mindre stigning i energiproduktionen.

Det endelige teknologivalg kan basere sig på følgende muligheder:

Forbehandling

- Optimering af fældning
- Udtag af primærslam via forfiltrering (øget gasproduktion)
- Styret overløb/nødoverløb

Biologisk rensning

- Energioptimering af beluftning/omrøring
- Avanceret on-line styring
- Nye renseteknologier (aerobe granuler, MBR, kold Anammox)

Efterklaring

- Optimering af centerbygværk/fældning

Efterpolering af rensed spildevand

- Ved skærpede afløbskrav (skive-/sandfilter, kemisk behandling, oxidation, aktiv kul)

Rådnetank

- Optimering af drift
- Eksterne kulstofkilder
- Rejektvandsbehandling
- Genindvinding af fosfor

Biogas

- Opgradering til naturgaskvalitet
- Direkte afsætning til ekstern aftager
- Optimeret el- og varmeproduktion

Slamafvanding

- Optimering af for- og slutafovanding

Bortskaffelse

- Landbrugsjord
- Forbrænding

I nærværende rapport indgår "Eksterne kulstofkilder" herunder KOD (Kildesorteret Organisk Dagrenovation, "Genindvinding af fosfor", "Direkte afsætning til ekstern aftager", "Opgradering til naturgaskvalitet" samt "Forbrænding" ikke som en del af det energiproducerende renseanlæg.

3.3 Skærpede udlederkrav

I det følgende beskrives mulige tiltag som følge af skærpede myndighedskrav. Der er allerede anlæg i Novafos med skærpede udlederkrav, som er stillet pga. den recipient, som spildevandet udledes til.

Mekanisk efterpolering

I renseanlæggets design skal der allokeres plads til mekanisk efterpolering (såsom sandfiltre, skivefiltre mv.). Efterpolering reducerer koncentrationer af primært COD, SS og TP, hvis der skulle blive stillet skærpede krav for disse stoffer, men reducerer kun i begrænset omfang N-udledningen, som følge af reduktionen af SS.

Udvidet kvælstoffjernelse, Efter-DN og membranfiltrering

Roskilde Fjord er et Natura 2000 område der i dag ikke opfylder målsætningen om god økologisk tilstand. Myndighederne forventes derfor at stille skærpede udlederkrav til kvælstofudledningen, hvis et nyt (eller udbygget) renseanlæg etableres. Efter-denitrifikation med supplerende kulstofdosering kan etableres til at overholde Total-N krav ned til ca. 2,0 mg/l. Ved væsentligt skærpede kvælstofkrav bør efterpolering i membraner ligeledes overvejes. Ved membranrensning opnås ekstrem lave koncentrationer af forurening, men anlæggene er forholdsvis dyre i både anlæg og drift.

Medicinrester og andre miljøfremmede stoffer

Der har i de senere år været heftig debat om behovet for reduktion af organiske mikroforureninger og mikroplast fra danske renseanlæg. Derfor kan derfor komme skærpede myndighedskrav for miljøfremmede stoffer (MFS), som medicinrester og mikroplast.

Mange miljøfremmede stoffer kan fysisk/kemisk fjernes ved ozonering eller aktivt kulfilter, men en biologisk fjernelse i MBBR, samt membranfiltrering er for nogle stofgrupper også en mulighed. Envi-Dan har udarbejdet et notat om de miljøfremmede stoffer Pyren, PFOS og Bisphenol A, som Københavns kommune har særligt fokus på.

For organiske mikroforureninger, herunder industrikemikalier og lægemidler, drives udviklingen af EU-samarbejdet. Der er endnu ikke stillet krav om reduktioner fra kommunale renseanlæg, men for hospitaler er der lavet regler for udformning af tilslutningstilladelser. Herlev Hospital har bygget et anlæg til rensning af det samlede spildevand fra hospitalet, og flere andre hospitaler er i gang med at undersøge mulighederne. Andre analyser af problemstillingen omkring medicinrester har dog vist, at det kun er 4-5 % af medicinresterne, som reelt udledes fra hospitalerne - den øvrige del udledes til de offentlige renseanlæg, når patienterne er udskrevet. En rensning for medicinrester på den samlede spildevandsstrøm på de kommunale renseanlæg vurderes i dag derfor at være langt mere kost-effektiv.

En række danske forsyninger (Kalundborg, Aalborg, Køge osv.) arbejder på at nedbringe udledningen af miljøfremmede stoffer.

Mikroplast

Indenfor de sidste par år er diskussionen om plast og mikroplast i det marine miljø kommet til. For renseanlæggene er det alene mikroplast - ofte defineret som plast (og tilsvarende materialer f.eks. gummi) < 5 mm i diameter, som er interessant. Selvom renseanlæggene kun er mindre bidragsydere til det marine miljø og størsteparten af spildevandets plastpartikler fjernes i renseanlæggene, har der været gennemført - og gennemføres mange undersøgelser af renseanlæggenes muligheder for at tilbageholde partiklerne. De større partikler, som udgør hovedparten af massen, fjernes stort set allerede i dag, mens små partikler vil kræve etablering af sigter eller tætte membraner afhængigt af, hvilke partikler der stilles krav til. Der er hverken i Danmark eller andre lande endnu formuleret krav, så behovet for etablering af rensning kan ikke bedømmes på nuværende tidspunkt. Der findes teknologier til fjernelse af mikroplast, men omkostningerne ved etablering og drift afhænger helt af hvilke krav der stilles. Novafos deltager i et udviklingsprojekt med at måle mikroplast fra Måløv Renseanlæg.

Hygiejnisering

Der er politisk fokus på badevandskvalitet og dermed udledning af bakterier fra renseanlæg, specielt foranlediget af København Kommunes planer om at etablere flere badevandssteder i Københavns havn, Valby parken og Kalveboderne. Derudover er der ligeledes flere bade-steder i Novafos' forsyningsområde, som påvirkes af udledningen fra renseanlæg, hvorfor der er fokus på disse. Hvis der kommer skærpede krav mht. badevandskvalitet, kan der indføres teknologier til hygiejnisering (såsom UV, ozonering, osv.) af biologisk rensede spildevand/overløb inden udledning. En hygiejnisering af det rensede spildevand vil derudover muligvis kunne reducere spredningen af multiresistente bakterier.

Udligningsbassin

Et nyt bassin kan etableres, hvis der er behov for ekstra opmagasiningsvolumen af urensede spildevand. Dette etableres hovedsageligt som driftssikkerhed, samt hvis eventuel implementering af samstyring ikke har tilstrækkelig effekt til at udjævne høje hydrauliske belastninger, eller hvis de enkelte kommuner ikke gennemfører klimatilpasningsprojekter, som forventet. Dette kan således blive aktuelt, hvis det ikke med de valgte tiltag kan sikres, at den biologiske hydrauliske kapacitet i det biologiske anlæg ($Q_{\text{bio, maks}}$) kan fastholdes. Etablering af udligningsbassiner kan også være relevante ved skærpede myndighedskrav mht. reduktion af overløb.

Et bassin giver en større sikkerhed i forhold til at undgå overløb ved regnhændelser. Ved større regnhændelser vil bassinet dog ikke have afgørende betydning, da det fyldes hurtigt op.

I nærværende vurdering af den fremtidige renseanlægsstruktur er der taget højde for og dermed indarbejdet behovet for etablering af bassiner i oplandet for at sikre, at antallet af overløb minimeres. Der er opsat scenarier for krav svarende til $N=1$, $N=1/2$ og $N=1/5$, hvilket betyder henholdsvis maksimalt 1 årlig aflastning, maksimalt 1 aflastning hvert 2. år eller maksimalt 1 aflastning hvert 5. år.

3.4 Drivhusgasser

Bedømmelsen af spildevandsrensningens kvalitet bliver i stadig højere grad vurderet på en samlet livscyklusbedømmelse, og her kommer eventuelle udslip af de 2 drivhusgasser lattergas (N_2O) og metan (CH_4) i fokus, da de ikke hidtil har været vægtet højt. Det bliver de dog, når der foretages en livscyklusbedømmelse. Det er derfor nødvendigt at tage nye og gamle processers udslip af disse gasser i betragtning, når der skal foretages procesvalg. Novafos deltager med Hyllingeriis Renseanlæg i et udviklingsprojekt, hvor omfanget af lattergas undersøges på udvalgte renseanlæg.

Udslip af metan fra slambehandlingen er et velkendt problem, hvor utætheder i rådnetanke og gas-håndteringssystem har været evalueret. Det er dog nødvendigt at se bredere på hele behandlingskæden for at få et realistisk billede af udslippenes omfang, og hvordan de kan undgås.

Udslip af lattergas sker både i eksisterende nitrifikations-/denitrifikationsprocesser, men indgår også som et potentielt problem i en række nye teknologier, f.eks. fra rejektvandsbehandling med anammox-processen, hvor driftsforholdene kan have stor betydning for udslip af drivhusgasser. Er processerne ikke optimeret kan det få en negativ effekt på klimaaftrykket.

Der er mange projekter i gang for at optimere anlæggenes drift samt for at reducere klimapåvirkningen både fra CO_2 og andre drivhusgasser.

3.5 Klimaforandringer

I Novafos' forsyningsområde er en række forskellige projekter under planlægning, som kan påvirke sammensætningen af spildevandet og derved funktionen af renseanlæggene. Disse omfatter etablering af bassiner, separatkloakering eller andre klimatilpasningsprojekter.

Globale klimaforandringer påvirker nedbørsforholdene, og tilfælde med ekstremregn i Danmark er blevet hyppigere indenfor de seneste år. Klimatilpasning er for alvor kommet på den politiske dagsorden, ikke mindst takket være den voldsomme regnhændelse i København i 2011 samt andre ekstreme regnhændelser rundt omkring i landet.

For at fremtidssikre designgrundlaget for rensestrukturen (afløbssystem og renseanlæg) bør klimatilpasning umiddelbart indgå som et fokusområde i den fremtidige spildevandshåndtering. Klimaforandringer påvirker bl.a. den dimensionsgivende 10 års-regnhændelse i forhold til oplandets afløbssystem, og stiller krav til fremtidig håndtering af store regnmængder i forbindelse med hyppigere skybrud/kraftige regnhændelser.

Klimasikring - Sikring mod oversvømmelse af renseanlæg

Renseanlæggene kan blive oversvømmet som følge af havari eller skybrud. Hvad enten det er oversvømmelse forårsaget af havvandsstigning eller den indkommende belastning på renseanlægget, eller en kombination af disse, skal der være fokus på at sikre renseanlæggets drift, og beskytte recipienterne mod sådanne hændelser.

Et andet emne, som er relevant i forhold til oversvømmelse af renseanlæg, er placeringen af elinstallationer. Det er vigtigt at sikre renseanlæggets drift under ekstreme situationer og samtidigt minimere risikoen for arbejdsulykker. Der bør derfor være fokus på, at få gennemført en risikovurdering af elinstallationer/arbejds gange ved oversvømmelseshændelser.

3.6 Opsamling

Alle de beskrevne fokusområder er noget som spildevandsbranchen i Danmark og resten af verden har særligt fokus på, når der tales om fremtidens renseanlæg, og hvilken vej den fremtidige spildevandsrensning bevæger sig eller bør bevæge sig.

Tidligere har der været fokus på fjernelsen af næringsstoffer eller organisk stof, men denne del er man blevet rigtig god til at håndtere, hvorfor andre områder bliver mere og mere fremtrædende og bestemmende for, hvordan man i fremtiden designer renseanlæg, så disse fokusområder bliver håndteret.

Da der, for at løse disse fokusområder på renseanlæggene, er behov for at implementere tertiær/supplerende rensning og oftest helt nye teknologier, så taler dette for en centralisering af spildevandsrensningen for dermed at øge miljø-/renseffekten og samtidigt minimere den økonomiske konsekvens (anlægsinvestering og løbende driftsomkostninger).

4. Miljøanalyse

Der er gennemført en miljøanalyse, som er baseret på en semi-kvalitativ score, som er beskrevet i delnotat 1 - Rammebetingelser (jf. bilag 1). Følgende parametre og pointscore indgår i den miljømæssige analyse:

4.1 Tildelingskriterier

Stofmæssig recipientrobusthed

I denne faktor vurderes den pågældende recipients robusthed overfor den stofmæssige belastning, som udledningen af rensset spildevand medfører. Afhængig af recipientens følsomhed kobles en forventning om mere eller mindre skærpede krav til udledningen fra renseanlæg. Faktoren baseres derfor på, om der sker udledning til sø, lille/stort vandløb, fjord eller hav.

Sker udledningen til en sø, kan der forventes skærpede udlederkrav, hvorfor dette vil medføre en score på "0", hvorimod udledning til hav vil betyde mindre skrappe krav, og medføre en score på "4".

I alle scenarier vil udledningen ske til Roskilde Fjord, der er et Natura 2000 område, eller til vandløb der munder i Roskilde Fjord. Alle scenarier har derfor fået tildes en score på "2".

Hydraulisk recipientrobusthed

I denne faktor vurderes den pågældende recipients robusthed overfor den hydrauliske belastning, som udledningen af rensset spildevand medfører, set i forhold til vandføringen i recipienten, hvor spildevandet udledes til.

Flyttes en udledning opstrøms den eksisterende udledning, til et vandløb med mindre vandføring, eller hvis det vil være problematisk i forhold til regn eller tørke/udtørring (sommer) vil dette medføre en score på "0". Derimod vil udledning nedstrøms en eksisterende udledning eller til et vandløb med højere vandføring medføre en score på "4".

Nærmiljø

I denne faktor vurderes placering af renseanlæg i forhold til beboelses- og erhvervsområder med hensyn til støj-/lugtgener samt trafikgener som følge af øget/tung trafik.

Jo tættere renseanlægget er placeret på beboelsesområder, og specielt områder karakteriseret som city-områder, des skrappe krav kan der forventes, hvorfor dette medfører en score på "0". Jo længere væk fra byområder, eller hvis det placeres i egnede områder (erhvervsområder), des højere score tildes.

Anlæg placeret i åbent land langt fra bebyggelse vil have meget begrænset gene for omgivelserne og tildes derfor en score på "4".

Arealbegrænsninger og bygbarhed

I denne faktor vurderes bygbarheden på den pågældende matrikel, som et renseanlæg er placeret. Er der tale om eksisterende anlæg, som skal udvides, vurderes ligeledes mulighed for at lave udvidelsen, imens det eksisterende renseanlæg er i drift.

Såfremt det ikke er muligt at udvide renseanlægget på eksisterende matrikel, og det samtidigt har store konsekvenser for driften under en eventuel ombygning/udvidelse af renseanlægget, vil dette medføre en score på "0". (Dette er dog ikke tilfældet for nogen af anlæggene)

Er der derimod tale om et eksisterende anlæg, hvor det godt kan lade sig gøre at udvide renseanlægget med minimal påvirkning af driften af eksisterende anlæg, opnås en højere score.

Den højeste score ("4") opnås ved en ny matrikel (barmarksanlæg), hvor der ikke er nogle bindinger i forhold til eksisterende anlæg eller arealmæssige begrænsninger på matriklen.

Arbejds miljø

I denne faktor inddrages arbejds miljø på de blivende samt nye renseanlæg. Det vurderes om der er forhold, som ikke lever op til nuværende standarder/krav til arbejds miljø.

På ældre/nedslidte renseanlæg vil der være arbejdsforhold, som ikke opfylder nuværende/fremtidige standarder, hvilket medfører, at de får tildelt scoren "0". I dag overholder alle renseanlæg i Novafos de gældende arbejds miljømæssige krav, og bevidstheden om arbejds miljø i Novafos er høj, hvilket medfører, at statusscenariet får tildelt scoren "1".

Er der tale om et nyt renseanlæg, hvor det er muligt at gennemtænke alle forhold og tage højde for dette, vil det være muligt at sikre arbejds miljøet for nuværende og fremtidige standarder, hvorfor der tildeles scoren "4".

Potentiale for ressourceudnyttelse

I denne faktor vurderes om den pågældende rensestruktur understøtter er optimal ressourceudnyttelse, herunder blandt andet energiproduktion på baggrund af kulstoffet i spildevandet og varmegeving. Det vurderes om den samlede energiproduktion medfører, at renseanlæggene samlet set kan producere en del eller måske mere end deres eget energiforbrug.

Der vurderes yderligere potentialet for fosforudnyttelse i andre former end udbringning på landbrugsjord.

Baseres rensestrukturen på en decentral løsning vil det ikke være rentabelt at etablere energiproduktion eller anden ressourcegeving, da en del af renseanlæggene er for små, hvorfor der tildeles en score på "0". Sker der derimod en centralisering af den samlede spildevandsrensning, er der et meget stort potentiale for energiproduktion og ressourcegeving, hvorfor der tildeles scoren "4".

Robusthed til fremtidige krav

I denne faktor indgår vurdering af, hvorvidt det er muligt at udvide renseanlæggene med tertiær rensning, hvis der i fremtiden stilles skærpede krav til spildevandsrensningen.

Er rensestrukturen baseret på mange og dermed mindre renseanlæg (decentral struktur), vil der være behov for store investeringer for at kunne opfylde dette, da der er mange anlæg, hvorpå nye rensningsmetoder skal installeres. Det vil medføre høje anlægs- og driftsomkostninger, hvorfor der tildeles en score på "0".

Baseres rensestrukturen på en central struktur (nyt renseanlæg) vil der være et mindre investeringsbehov, og en iterativ udbygning vil være nem/enkel, hvorfor dette vil få tildelt en score på "4".

Opsamling

Hvert scenarie får en score for hver kategori, som illustreres i edderkoppespind (hvor bedste score er "4" og dårligst er "0") opdelt både i forhold til de enkelte scenarier og i forhold til de enkelte miljøparametre.

Den samlede score bør ikke overvurderes, da de enkelte ejerkommuner kan have forskellige prioriteringer af hvilke miljøfaktorer, som vægter tungest.

4.2 Opsamling af miljøscorer

Der er udarbejdet en miljøanalyse for alle scenarierne, hvor scorer præsenteres i Tabel 1.

Tabel 1: Samlede resultat for miljøanalysen.

Miljøfaktor	Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3		Scenarie 4			
	Udb. MRA	Udb. MRA + rekr. brug	Centr. E3 ud. FK	Centr. E5 ud. FK	Centr. BRA - F2	Cent. BRA - E1	Cent. BRA - E2	Cent. BRA - E3
1. Stofmæssig recipientrobusthed	2	2	2	2	2	2	2	2
2. Hydraulisk recipientrobusthed	1	1	3	0	4	4	4	4
3. Nærmiljø	1	3	3	3	4	4	2	3
4. Arealbegrænsninger og bygbarhed	3	3	3	1	4	4	3	3
5. Arbejdsmiljø	1	1	3	3	4	4	4	4
6. Potentiale for ressourceudnyttelse	1	1	3	3	4	4	4	4
7. Robusthed til fremtidige krav	1	1	3	3	4	4	4	4
SUM	10	12	20	15	26	26	23	24

Generelt set har en centralisering af rensestrukturen en positiv effekt på alle miljøparametre, men effekten er meget afhængig af den forventede placering af et nyt renseanlæg. Den stofmæssige recipientrobusthed vurderes særlig vigtig i Roskilde Fjord analysen, da alle vandløb, inkl. Roskilde Fjord, er udlagt som Natura2000-område. Derfor er der skærpede krav til udledninger og miljøscoren kan ikke overstige "2".

Ved centralisering/etablering af nyt renseanlæg i scenarie 4, vil der i samtlige placeringer skulle etableres en udløbsledning fra renseanlægget til Roskilde Fjord, da vandløbene i følge den gennemførte recipientanalyse ikke kan håndtere en hydraulisk merbelastning.

Den hydrauliske recipientrobusthed øges, hvis vandmængden, under kraftig regnvejr, ikke længere ledes til små vandløb. Samtidigt vil de små vandløb dog ikke længere modtage rensset spildevand, hvilket især om sommeren er et problem. Notatet "Påvirkning af vandløb og søer ved ændring af renseanlægsstruktur" (jf. bilag 3) for en dybere analyse af recipienterne, om potentiel vandmangel i recipienterne om sommeren.

Nærmiljøet forbedres for mange borgere under en centraliseringsscenarioerne, da antallet af renseanlæg derved reduceres.

Arbejdsmiljøet skal der tages særlig hensyn til under ny- eller relevant ombygning af renseanlæg. Dette er ensbetydende med, at det kun er udbygning med nyt renseanlæg, som kan opnå den højeste score. Renoveringen af Måløv og bevarelse af Frederikssund og Slingerup Renseanlæg scorer derfor 1 eller 3 (scenarie 1, 2 og 3) - den højeste score opnås ved scenarie 4, hvor der er færrest renseanlæg i drift (komplet centralisering).

Potentialet for ressourceudnyttelse og robusthed for fremtidige krav stiger med stigende centraliseringsgrad, da effektiviteten af begge parameter øges, des mere masse, som behandles på ét anlæg.

Baseret på miljøanalysen scorer scenarier med en komplet centralisering på et nyt renseanlæg bedst (scenarie 4-F2 og 4-E1: 26 point, scenarie 4-E3: 24 point og scenarie 4-E2: 23 point). Der henvises til, at summen af miljøscorerne ikke nødvendigvis reflekterer specifikke prioriteter af Novafos

og ejerkommunerne. Derfor anbefales det, at betragte scorerne af de forskellige miljøparameter enkeltvis for hvert scenarie.

5. Økonomisk analyse

Der er gennemført en økonomisk analyse, som er beskrevet i delnotat 1 - Rammebetingelser og i delnotat 2 - Forudsætninger (jf. bilag 1 og bilag 2).

Den økonomiske analyse er overordnet baseret på følgende:

- Tilstandsvurdering
 - a. Opstilling af forventet restlevetid af nuværende renseanlæg og dermed afledt/nødvendigt investeringsbehov
- Fremtidig belastning
 - a. Hydraulisk til fastsættelse af vandføring i transportanlæg,
 - b. Stofmæssigt for at sikre den nødvendige stofmæssige kapacitet på det/de renseanlæg, som modtager spildevandet.
- Enhedspriser
 - a. Bassiner (ombygning af eksisterende tanke på renseanlæg som nedlægges, og nye bassiner
 - b. Transportanlæg (Pumpestationer og ledninger) - baseret på vandføring og tracéer
 - c. Renseanlæg - baseret på stofmæssig kapacitet
- Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger
 - a. Pumpestationer - baseret på vandføring
 - b. Renseanlæg - baseret på anlægsstørrelse
- Afskrivninger af alle investeringer iht. de enkelte anlægsdeles levetid
- Finansieringsomkostninger

Hovedresultaterne af den økonomiske analyse fremgår af nedenstående tabel. De detaljerede resultater fremgår af "Delnotat 4 - økonomisk analyse"

Tabel 2: Resultat af den økonomiske analyse

Scenarie	Samlet omkostning (DKK/år)	Enhedspris (DKK/PE)
1	55.022.608	323
2	55.834.991	328
3 - E3	50.975.247	299
3 - E5	52.755.802	310
4 - F2	50.852.130	299
4 - E1	54.583.165	321
4 - E2	58.770.311	345
4 - E3	53.021.450	311

Laveste omkostninger/enhedspris

Den mest økonomisk fordelagtige løsning er en centralisering af rensestrukturen omkring et nyt renseanlæg (placering F2), som håndterer alt spildevand fra Frederikssund, Måløv, Ølstykke, Slagslunde, Slangerup og Stenløse Renseanlæg.

Hvis Frederikssund og Slangerup Renseanlæg fortsat skal være i drift som selvstændige renseanlæg, er en nybygning på placeringen "Egedal 3" den mest økonomisk hensigtsmæssige.

For begge løsninger er økonomien på samme niveau. I scenarie 4-F2 er driftsomkostninger lavere, men derimod er investeringsomkostningerne for transportanlægget højt. I scenarie 3-E3 er det omvendte tilfældet.

Strukturanalysen er senere udvidet med renseanlæggene på Hornsherred (Hyllingeriis og Tørselv inkl. Neder Dråby). I et separat notat er blandt andet de økonomiske konsekvenser af en sådan udvidelse beskrevet. Konklusionen er her, at det økonomisk for alle parter er hensigtsmæssigt at også disse renseanlæg nedlægges og spildevandet afskæres til det ny barmarks renseanlæg. Scenarie 4 bliver derved økonomisk mere fordelagtig end scenarie 3.

5.1 Samlede årlige omkostning

For hvert scenarie er en samlet årlig omkostning beregnet. Denne værdi kan anvendes til at sammenligne de enkelte scenarier med hinanden og finde den økonomisk optimale rensestruktur.

De samlede årlige omkostninger er opdelt på følgende poster:

1. Investeringer/afskrivninger - Ledninger/transportanlæg
2. Investeringer/afskrivninger - Pumpestationer
3. Investeringer/afskrivninger - Renseanlæg
4. Investeringer/afskrivninger - Bassiner (behandles dog særskilt fra økonomidelen)
5. Reinvesteringer på alle posterne 1-3
6. Driftsomkostninger opdelt på ledningsanlæg (pumper) og renseanlæg
7. Afskrivninger på investeringer
8. Finansieringsomkostninger

Administrationsomkostninger fordelt på de enkelte renseanlæg er ikke medtaget i den økonomiske vurdering, da denne er diffus og oftest svær at fordele på de enkelte renseanlæg.

5.2 Enhedspris/opgørelse i DKK/PE_{renset}

Renseanlæggenes omkostninger og de samlede årlige omkostninger, omregnes til en omkostning pr. behandlet stofmæssig belastning (PE). Den samlede behandlede stofmængde er i alle scenarier ens, men der kan i de forskellige scenarier være forskel på hvor meget stof (PE) et eksisterende eller nyt renseanlæg håndterer.

5.3 Enhedspris/opgørelse i DKK/PE_{transporteret}

I de enkelte scenariebeskrivelser er det bestemt, hvilken vandmængde skal transporteres i de forskellige scenarier. De videreførte vandmængder er anvendt til dimensionering af transportledninger og pumpestationer. Driftsomkostningerne af transportnettet er beregnet på baggrund af antal og ydelse af pumpestationer på transportnettet samt højdeprofilerne.

I ”Omkostninger transportnet” er desuden angivet PE transporteret og DKK/PE_{transporteret} for at vise forholdet imellem investering i transportnet og transportkapacitet.

5.4 Bassiner

Ved kraftig regn overstiger spildevandsmængden den hydrauliske behandlingskapacitet på renselanlæggene, og spildevand opmagasineres derfor midlertidigt i bassiner. Når bassinerne er fyldte udledes urensset spildevand til recipienterne (aflastninger). Behovet for bassiner afhænger i høj grad af kravene til aflastninger. Uanset om den nuværende struktur fortsætter, eller der laves en ny struktur for renselanlæg, skal der fremover etableres bassiner for at reducere aflastninger af urensset spildevand.

De fremtidige aflastningshyppigheder er ikke fastsat, og samtidigt findes der ikke detailmodeller til beregning af de nødvendige bassinvolumener. Derfor er bassinerne og den tilhørende økonomi holdt udenfor den økonomiske model, og i stedet på en simpel måde blevet opgjort særskilt.

Der er taget udgangspunkt i det reelle tankvolumen på de enkelte renselanlæg, som kan ombygges til bassiner, såfremt det pågældende renselanlæg nedlægges. Ved nedlæggelse af renselanlæg kan der opnås en besparelse i de kommende investeringer i etablering af bassiner. Til værdifastsættelsen er anvendt følgende forudsætninger:

1. Volumener af eksisterende tanke er blevet oplyst af Novafos teamledere for renselanlæg
2. Det tankvolumen, der kan udnyttes til bassiner, er anslået til 75 % af tankvolumen. Volumen reduceres, da det forudsættes, at tanke skal opdriftssikres, så de fremover kan stå tomme
3. Nye bassiner på renselanlæg har en værdi på 3.000 kr./m³. Værdien inkluderer omkostninger til ombygning af tankene til bassiner
4. 50 % af det tilgængelige volumen antages at have den fulde værdi på 3.000 kr./m³
5. De resterende 50 % af det tilgængelige volumen antages at have værdien 1.500 kr./m³
6. Levetid af bassiner er 50 år
7. Låneperiode er 40 år
8. Finansieringsomkostninger er 2,3 %

Punkterne 3 og 6-8 er i henhold til de generelle økonomiske forudsætninger, som anvendes i hele den økonomiske analyse.

De økonomiske beregninger for bassiner er angivet i **Fejl! Henvissningskilde ikke fundet.**, hvor den årlige besparelse ved nedlæggelse af de enkelte renselanlæg og den samlede besparelse i hele perioden fremgår.

Tabel 3. Økonomiske beregninger for værdifastsættelsen af de eksisterende volumener på de enkelte renselanlæg.

Renselanlæg	Nyt bassinvolumen (m ³)	Værdi af tanke (kr.)	Afskrivninger (kr./år)	Finansiering (kr./år)	Besparelse (kr./år)	Besparelse i levetiden (kr.)
Stenløse	10.313	23.203.125	464.063	307.703	771.766	38.588.284
Slagslunde	1.065	2.396.250	47.925	31.777	79.702	3.985.117
Ølstykke	7.275	16.368.750	327.375	217.071	544.446	27.222.280
Frederikssund	13.058	29.379.375	587.588	389.608	977.196	48.859.783
Slangerup	4.755	10.698.750	213.975	141.879	355.854	17.792.707
Måløv	16.575	37.293.750	745.875	494.563	1.240.438	62.021.896
Sum	53.040	119.340.000	2.386.800	1.582.601	3.969.401	198.470.067

Værdien ved at genanvende eksisterende tanke til bassiner er umiddelbart 120 mio. kr. Hvis bassiner skulle blive etableret andetsteds ville det derudover medføre låneomkostninger på ca. 80 mio. kr., hvorved den samlede besparelse ved genanvendelse af bassinerne bliver ca. 200 mio. kr., svarende til 4 mio. kr./år.

De generelle beregningsforudsætninger 2-4 kan for nogle renseanlæg være sat for højt og for andre renseanlæg være sat for lavt. Værdien af at genanvende de enkelte renseanlægs eksisterende tanke som bassiner afhænger i høj grad af anlæggenes kloakplande, afløbssystem, eksisterende bassiner og det fremtidige aflastningskrav.

Hvis rensestrukturen centraliseres, kan der opnås en besparelse, da der skal etableres færre m³ bassinvolumener for at kunne opfylde de fremtidige krav til aflastninger. Jo flere anlæg der nedlægges des større værdi/besparelse, kan der opnås, hvilket medfører en økonomisk fordel ved de centraliserede løsninger.

6. Følsomhedsanalyse

Følsomhedsanalysen er en udvidelse af den økonomiske analyse. I den økonomiske analyse er konsekvenserne af de mest sandsynlige priser/forhold vurderet. Følsomhedsanalysen ser på, hvordan den økonomiske analyses konklusion påvirkes, hvis enkelte parametre viser sig at være anderledes end forudsat. I følsomhedsanalysen ændres én parameter af gangen.

6.1 Parametre

De parametre, der indgår i følsomhedsanalysen er givet ved:

- Befolkningsudvikling
 - ± 20 % i følsomhedsanalysen
 - Forårsager også en ændring i stofmæssige belastninger, da beregningerne er baseret på befolkningsudvikling
- Ændrede hydrauliske belastningsforhold
 - ± 10 % i følsomhedsanalysen
- Anlægsudgifter
 - ± 10 % i følsomhedsanalysen
 - ± 25 % i følsomhedsanalysen
- Driftsudgifter herunder administrationsomkostninger
 - ± 10 % i følsomhedsanalysen
- Tilbagekonteringsrente
 - -1%, +1% og +2% fra udgangspunkt 2,3% totalinvesteringsrate
- Nye/skærpede krav - tertiær rensning
 - Dette dækker eksempelvis over skærpet krav til kvælstof, badevandskvalitet, miljøfremmede stoffer herunder medicinrester, mikroplast, tungmetaller eller lignende

6.2 Resultater

Følsomhedsanalysen viser det samme billede, hvor det er scenarie 3-E3 og 4-F2, som er de meste fordelagtige løsninger, uanset hvilke parametre, som justeres. Følsomhedsanalysen er vist i Tabel 4.

Tabel 4: Følsomhedsanalyse

Scenarie	Udgangspunkt	Befolkningstilvækst		Hydraulisk Belastning		Anlægsudgifter				Driftsudgifter inkl. administ		Diskonteringsrente			Skærpede krav
		20%	-20%	10%	-10%	25%	10%	-10%	-25%	10%	-10%	1,30%	3,30%	4,30%	
1	108,2	120,2	105,2	107,5	109,4	111,0	109,2	112,7	119,3	109,0	108,6	112,5	105,8	103,6	115,0
2	109,8	121,9	107,1	109,1	111,0	112,9	110,9	114,3	120,7	110,5	110,3	113,9	107,6	105,7	122,7
3 - E3	100,2	100,0	101,4	100,0	100,9	100,0	100,0	105,7	114,1	101,5	100,0	102,2	100,0	100,0	103,0
3 - E5	103,7	103,1	105,6	103,5	104,5	104,1	103,8	109,1	117,3	104,8	103,8	105,5	103,7	104,0	106,5
4 - F2	100,0	101,0	100,0	100,4	100,0	114,3	105,3	100,0	100,0	100,0	101,1	100,0	101,7	103,7	100,0
4 - E1	107,3	107,8	108,1	107,9	107,3	112,4	109,3	110,7	115,3	107,3	108,6	107,0	109,5	111,9	107,2
4 - E2	115,6	115,5	117,2	116,5	115,2	120,1	117,3	119,6	125,3	115,8	116,6	115,7	117,4	119,6	114,6
4 - E3	104,3	105,1	104,6	107,7	101,2	108,8	106,0	107,7	112,5	104,3	105,3	104,1	106,2	108,4	104,2

Der er lavet en indeksering af økonomitallene (de årlige omkostninger) for bedre at kunne sammenstille scenarierne med hinanden. Indekseringen er gennemført for hver enkelt parameter. Det vil sige, når der er gennemført en ny beregning med eksempelvis "Befolkningstilvækst, 20%", så er det økonomisk bedste scenarie sat til indeks 100. De andre er set i forhold til dette. Derfor kan scenarierne ses i forhold til hinanden for hver enkelt parameter. Dette medfører, at det scenarie, som har fået flest "Indeks 100" er det mest økonomisk fordelagtige og dermed det mest robuste scenarie.

Generelt kan det konkluderes, at såfremt der sker en forøgelse af forholdene (befolkningstilvækst, belastning, udgifter, osv.), så er scenarie 3-E3 (centralisering uden Frederikssund Renseanlæg) den bedste løsning, hvorimod at scenarie 4-F2 (centralisering nyt renseanlæg F2) er det bedste, såfremt der sker en reduktion i forholdene.

7. Konklusion

Den gennemførte strukturanalyse for renseanlæg, Roskilde Fjord, skal identificere den økonomisk og miljømæssigt optimale fremtidige rensestruktur. Nedenfor sammenstilles resultaterne af den økonomiske- og miljøanalysen for at kunne belyse, hvilke scenarier, som bedst tilgodeses i begge analyser.

Tabel 5: Sammenstilling af resultaterne af den økonomiske analyse og miljøanalysen

Scenarie	Økonomi (DKK/PE)	Miljø
1	55.022.608	10
2	55.834.991	12
3 - E3	50.975.247	20
3 - E5	52.755.802	15
4 - F2	50.852.130	26
4 - E1	54.583.165	26
4 - E2	58.770.311	23
4 - E3	53.021.450	24

Bedste løsning
Næstbedste løsning

Når økonomiske og miljømæssige aspekter inddrages, kan det konkluderes, at scenarie 4-F2, som scorer bedst både i den økonomiske og den miljømæssige analyse, er optimalt.

Set over en 50 års horisont vil et nyt renseanlæg som en centraliseret struktur (scenarie 3-E3 og 4-F2) inkl. ledningsanlæg og pumpestationer være de mest økonomisk fordelagtige løsning af de undersøgte scenarier.

Generelt set scorer alle de undersøgte placeringer i scenarie 4 højest i miljøscorerne, men alle med undtagelse af 4-F2 er de økonomisk dårligste løsninger. De er ligeledes dyrere end udgangspunktet.

Scenarie 3 indeholder fortsat drift af Frederikssund og Slangerup, som belastningsmæssigt udgør ca. 1/3 af den fremtidige belastning i 2070.

Den samlede anlægspris ved implementering i scenarie 4-E3 er ca. 420 mio. kr. i forhold til ca. 240 mio. kr. i scenarie 3-E3. Dette skyldes, at der først senere skal ske en reinvestering af Frederikssund og Slangerup Renseanlæg og samtidigt skal der etableres færre transportledninger.

Afskrivningerne og finansieringsomkostningerne i scenarie 3-E3 er lavere end i scenarie 4-F2, men omvendt er driftsomkostningerne væsentlig højere. Dette skyldes, at det samlede energipotential ikke udnyttes optimalt, da belastningen fordeles på flere renseanlæg.

Et vigtigt aspekt er også det nødvendige behov for bassiner, som skal etableres for at reduceret aflastninger af urensset spildevand til recipienterne. Ved centralisering af rensestrukturen vil eksisterende tanke på nedlagte renseanlæg forholdsvis kunne ombygges til forsinkelsesbassiner, hvilket er langt billigere end at etablere nye. Derudover vil bassiner i et stort opland kunne samstyres, hvilket formodentligt reducerer det samlede nødvendige bassinvolumen. Ved scenarie 4-F2 opnås det laveste investeringsbehov for etablering af bassiner, da de fleste tanke på de eksisterende renseanlæg, kan ombygges til bassiner. Det samlede besparelspotentiale til bassiner for hele perioden i scenarie 3-E3 og 4-F2 er henholdsvis ca. 130 mio. kr. og 200 mio. kr. Der er derfor yderligere en opnåelig gevinst ved valg af scenarie 4-F2, som svarer til en årlig besparelse på 4 mio. kr./år.

Der er udarbejdet et separat notat (bilag 7), der omhandler økonomiske og miljømæssige konsekvenser af at udvide strukturanalysens scenarie 4 med renseanlæggene på Hornsherred (Hyllingeriis & Tørslev inkl. Neder Dråby). Konklusionen af dette notat er, at det både økonomisk og miljømæssigt er fordelagtigt at udvide strukturanalysen med disse renseanlæg. Scenarie 4, med en placering i Frederikssund, bliver derved det optimale valg for en fremtidig rensestruktur.