



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Fremtidens ressourceeffektive og hygiejnisk sikre hospitalsvaskeri

MUDP-rapport

December 2017

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Christian Holst Fischer, Teknologisk Institut

Klaus Litty, Teknologisk Institut

Lotte Bjerrum Friis-Holm, Teknologisk Institut

ISBN: 978-87-7120-937-2

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse

Indhold

1.	Forord	4
2.	Introduktion	5
2.1	Definitioner	6
3.	Kortlægning af genanvendelsespotentiale	7
3.1	Eksisterende kvalitetskrav på vaskerier og risikovurdering ved vandgenanvendelse	7
3.2	Kortlægning af karakterisering af spildevandsstrømme og ressourceforbrug	8
3.2.1	Relevante specifikationer og driftsdata	8
3.2.2	Vand, spildevandsmængder og kemikalieforbrug	8
3.2.3	Prøvetagning og analysedata	9
4.	Udvikling af teknologier til rensning	13
4.1	Udvikling af renseteknologier	13
4.1.1	Nitrifikationshæmningstest	13
4.1.2	Hæmningstest – omsætning af organisk stof	14
4.2	Udvikling af testanlæg	15
4.3	Vaskeforsøg	17
5.	Skitseprojekt	21
5.1	Scenarier – overblik	21
5.2	Økonomisk sammenligning af scenarier	23
5.3	Miljøeffekt af scenarier	24
6.	Konklusion	28
	Bilag 1.Oversigt over vaskerør	29
	Bilag 2.Miljøberegninger	30

1. Forord

Dette er afslutningsrapporten for projektet "Fremtidens ressourceeffektive og hygiejnisk sikre hospitalsvaskeri" under Miljø- og Fødevarerministeriets tilskudsordning "Program for Grøn Teknologi". Projektet løb i perioden marts 2015 til december 2016 og havde det overordnede formål at minimere det samlede ressourceforbrug på et hospitalsvaskeri.

Projektet er gennemført i et samarbejde mellem midtVask, Hjortkær Maskinfabrik A/S, Silhorko Eurowater A/S, Grundfos BioBooster A/S, Aarhus Universitetshospital og Teknologisk Institut.

Denne rapport giver et samlet overblik over det arbejde, der er udført i løbet af projektet.

Projektets styregruppe bestod af:

- Pernille Lundvang, midtVask
- Alf Simonsen, Hjortkær maskinfabrik
- Thomas Dalsgaard, Silhorko-Eurowater
- Søren Nøhr Bak, Grundfos Biobooster
- Thomas Møller, Aarhus Universitetshospital
- Lotte Bjerrum Friis-Holm, projektleder, Teknologisk Institut.

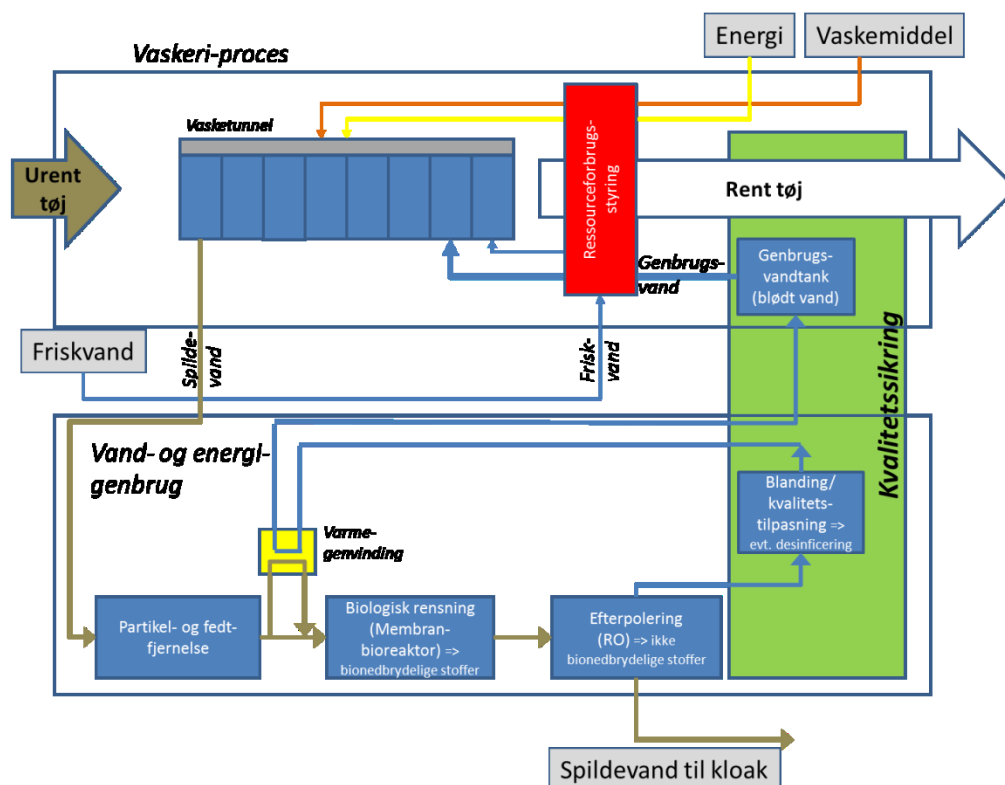
Øvrige aktive projektdeltager:

- Christian Holst Fischer, Teknologisk Institut
- Klaus Litty, Teknologisk Institut
- Amdi Povlsen, midtVask
- Bhupendra Poudel, Grundfos Biobooster

2. Introduktion

Mange vaskerier har et stort potentiale for besparelser og ressourceoptimeringer, specielt mht. vandforbrug. På vaskerier med særligt høje krav til slutprodukt og arbejdsmiljø, såsom hospitalsvaskerier, genanvendes vand imidlertid i begrænset omfang. Det gælder ikke kun i Danmark, men i hele verden. Teknologi til en decentral renseløsning, der kan medføre øget vandgenbrug med høj kvalitet på en kosteffektiv måde, vil være eftertragtet på vaskerier både herhjemme og i udlandet.

I nærværende projekt er formålet konkret at udvikle en løsning til ressourceoptimering ved hospitalsvaskeriet midtVask i Aarhus. Det er således projektets formål at udvikle en kompakt teknologiløsning til håndtering af vaskerispildevandet, som vil egne sig til både nuværende og fremtidige industrielle vaskerier, og som på sigt vil kunne overføres til andre vandforbrugende virksomheder (fødevarerindustri, papirindustri m.fl.). Der tages i dette projekt udgangspunkt i forskellige vandrensningsteknologier, som består af en kombination af mekanisk forrensning, biologisk rensning med membranbioreaktor (MBR) og efterpolering med membranteknologi (omvendt osmose) til en vandkvalitet, som muliggør genanvendelse.



En samlet oversigt over konceptet kan ses i Figur 1.

Figur 1 Overblik over konceptet.

Projektet har været opdelt i tre arbejdsplaner med henblik på at nå projektets mål om en forbedret kombinationsløsning til behandling af vaskerispildevand. Arbejdsplanerne i projektet har været:

- Kortlægning af genanvendelsespotentiale (kapitel 3)
- Udvikling af teknologier til rensning (kapitel 4)
- Omkostninger og miljøeffekter (kapitel 5).

2.1 Definitioner

I rapporten er anvendt følgende betegnelser for hver af de anvendte rensningsteknologier:

- Forfiltrering: Tromleseparat (perforering 0,6-2,5 mm) med polymertilsætning (udføres af Hjortkær Maskinfabrik)
- MBR: Membranbioreaktor (udføres af Grundfos BioBooster)
- Efterpolering: Aktivt kulfilter, blødgøring og RO-filtrering (Silhorko).

3. Kortlægning af genanvendelsespotentialer

Resultaterne fra kortlægningen anvendes til at skabe det nødvendige grundlag for udvikling af en egnet procesløsning.

Indledningsvis er der gennemført en kortlægning vha. blandt andet kemiske og mikrobiologiske analyser af relevante vand- og spildevandsstrømme hos midtVask. Endvidere er der indhentet information om vandets indhold af stoffer, såsom rester af sæbe og desinfektionsmiddel, der kan give anledning til udfordringer i renseprocessen.

I det følgende opsummeres analysedata, driftsdata og andre relevante informationer.

3.1 Eksisterende kvalitetskrav på vaskerier og risikovurdering ved vandgenanvendelse

Der er indhentet information ift. gældende kvalitetskrav for hospitalsvaskerier. Således er der indhentet relevante Europæiske Norm (EN)-standarder samt standarder fra diverse brancheorganisationer bl.a. Textile Rental Services Association, The Healthcare Laundry Accreditation Council og American National Standards Institute. Flere af de fundne standarder er ikke gældende i Danmark, men er dog taget i betragtning i tilfælde af, at krav herfra skulle blive implementeret i den gældende EN-standard.

P.t. anvendes NIR om "Håndtering af tekstiler til flergangsbrug i sundhedssektoren" i danske hospitalsvaskerier. Vejledningen, der tager udgangspunkt i den gældende EN-standard, foreskriver ikke kvalitetskrav til det anvendte vand, men til bakterieniveauet på de vaskede tekstiler. Da der anvendes desinfektionsmiddel såvel som termisk desinfektion på vaskeriet, forventes eventuelt øget vandbrug ikke at influere på de gældende hygiejnekrav. Statens Serum Institut har som deltager i følgegruppen givet input til vurderingen.

Da det rensede genbrugsvand forventes at være bakteriefrit, og da der ligeledes stadig tilsættes desinfektionsmiddel til vaskeprocessen, vurderes det, at et øget vandgenbrug, med de forslåede teknologier, ikke vil udgøre en øget mikrobiel risiko. Dette skal dog naturligvis dokumenteres ved tests/implementering.

En øget vandgenanvendelse vil derimod kunne give anledning til en ophobning af salte og andet, hvis ikke vandet filtreres med RO. Af denne grund er der udviklet en matematisk model for vaskerøret, som simulerer ændringer i forskellige kemiske parametre i vaske- og skylleprocessen ved anvendelse af vand i forskellige kvaliteter. Modellen tager højde for ophobning ved gentagen recirkulering, hvorved det bliver muligt at forudsige eventuelle akkumuleringsproblematikker. Simuleringen kan anvendes til at vurdere, hvilken andel af vaskevandet som skal gennemløbe hele renseprocessen for at minimere risikoen for ophobning, og hvilken andel som blot kan behandles med forfiltrering og MBR. Modellen vil kunne forfines, når der foreligger flere data, og dermed anvendes til at optimere omkostningerne/ressourceforbruget ved renseprocessen. Modellen viser p.t., at der kan opstå en ophobning af salte, hvis en for lille vandmængde behandles med RO-filtrering, hvilket måske vil kunne reducere effektiviteten af sæben og eventuelt give anledning til hudirritation.

3.2 Kortlægning af karakterisering af spildevandsstrømme og ressourceforbrug

3.2.1 Relevante specifikationer og driftsdata

På nuværende tidspunkt vaskes hovedparten af tekstilet på midtVask i to vaskerør (nummereret 1 og 2). Vaskerørene er i øjeblikket konfigureret på to forskellige måder, idet der på vaskerør 2 testes nye vaske- og desinfektionsmidler, som forventes at kunne reducere vandforbruget. Inden for de næstkommende måneder afgør midtVask om de vil fortsætte med den nye vaskeprocedure eller beholde den gamle. Dette er afgørende for den fremtidige løsning, da der ledes vand ud på forskellige tidspunkter i de to procedurer. En oversigtstegning over vaskerør og vandflow er vist i bilag 1.

Vaskerørene er fremstillet af Jensen Group, og er inddelt i 13 vaskekamre. Vaskerørene drives kontinuerligt med en opholdstid på 130-140 sekunder i hvert vaskekammer. Vaskerørene anvendes p.t. fra kl. 6 til kl. 22.30 i hverdagen. I perioder, hvor vaskerørene ikke anvendes (dvs. nat og weekender), sættes plettøj i blød i rørene i klorvand.

Vaskerørene rengøres løbende ved brug af varmt vand.

3.2.2 Vand, spildevandsmængder og kemikalieforbrug

På nuværende tidspunkt anvendes der ca. 4 l vand pr. kg tekstil. Hovedparten af spildevandet udledes fra kammer 4 og kammer 9 og 10 via tank A i kælderen (se bilag 1). Ved vask af kulørte tekstiler er vandforbruget højere, idet skyllevand ikke genbruges pga. risiko for farvning af hvide tekstiler ved efterfølgende vask.

Forbrug af kemikalier, herunder vaske- og desinfektionsmidler, afhænger af vaskeprogrammet. I øjeblikket anvendes der mere end 50 forskellige programmer på vaskerør 1 og 21 forskellige programmer på vaskerør 2. I den nedenstående tabel er nogle af de mest anvendte vaskeprogrammer listet, og antallet af vaske og mængden af tekstil er angivet for perioden 02-01-2014 til 30-12-2014. I alt er der gennemført næsten 120.000 vaske på vaskerør 1 og 2 i 2014, hvilket svarer til knap 5.300 tons tøj og et årligt vandforbrug på ca. 26.000 m³.

Udover forbrugsdata for vand er der indhentet forbrugsdata for el- og kemikaliebrug (vaskemiddel og desinfektionsmiddel). Data vil ikke blive gennemgået i dette afsnit, men viser at midtVask igennem en længere årrække har reduceret det samlede ressourceforbrug (herunder vandforbrug) betydeligt. Data danner endvidere grundlag for de økonomiske og miljømæssige beregninger i kapitel 5.

Tabel 3.1 Oversigt over de mest anvendte vaskeprogrammer ved midtVask.

Program	Antal vaske (pr. år)	Vægt (kg)
Dyner	18.664	793.669
Lagner	7.857	371.199
Håndklæder	7.276	348.229
Tæpper	12.088	516.537
Dynebetræk	5.795	269.436

3.2.3 Prøvetagning og analysedata

Der blev udtaget vandprøver fra relevante vandstrømme, både recirkulerings- og spildevandsstrømme. En oversigt over de udtagne prøver er listet i Tabel 3.2.

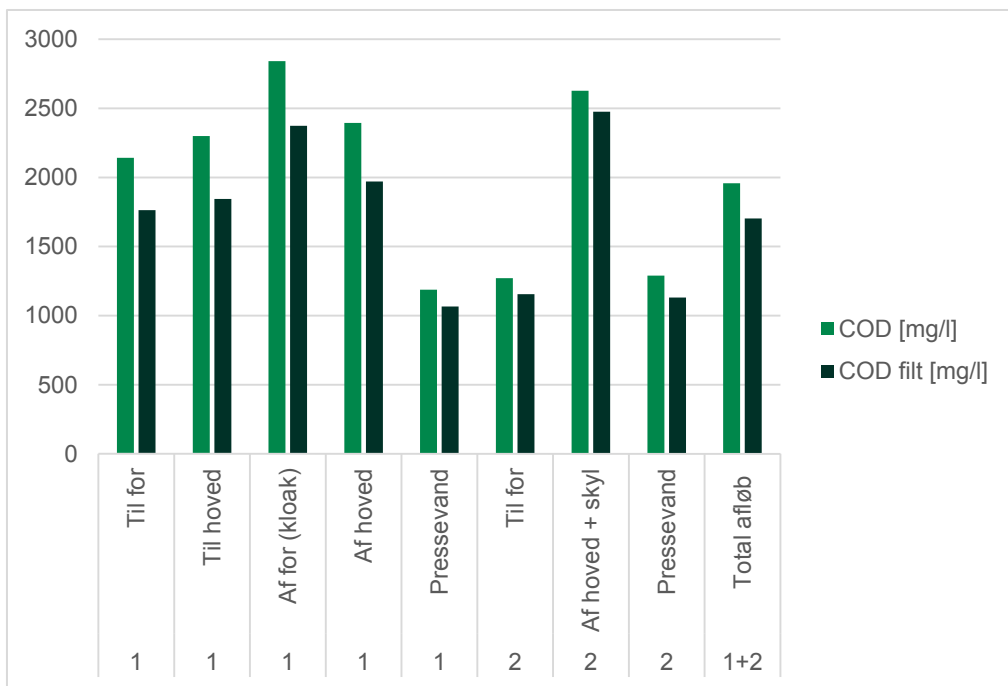
Tabel 3.2 Oversigt over udtagne prøver.

Vaskerør	Procestrin	Beskrivelse
1	Til forvask	Tilløb til forvask rør 1
1	Til hovedvask	Tilløb til hovedvask rør 1
1	Af forvask	Udløb fra kammer 4 til kloak fra rør 1
1	Af hovedvask	Afløb fra hovedvask rør 1
1	Pressevand	Pressevand rør 1
2	Til forvask	Tilløb til forvask rør 2
2	Af hovedvask + skyl	Afløb fra hovedvask og skyl rør 2
2	Pressevand	Pressevand rør 2
1+2	Totalafløb	Totalafløb til kloak fra rør 1+2
1+2	Tilløb skyl	Genbrugsvand til skyl (tank på loftet) fra rør 1+2

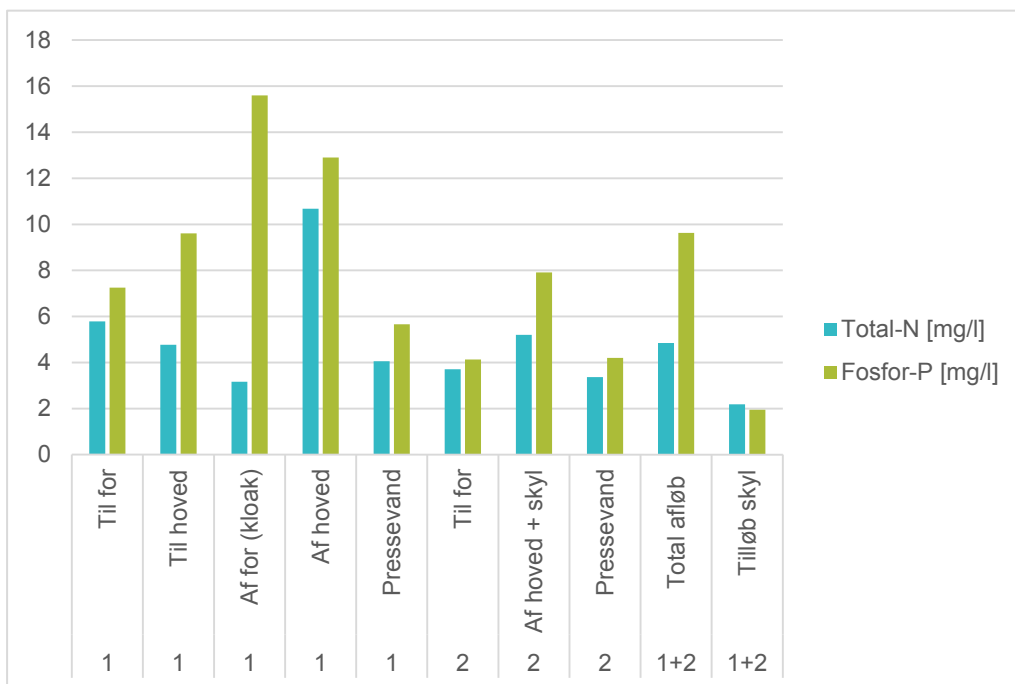
I Tabel 3.3 er analysedata opsummeret. I Figur 2 og Figur 3 er indholdet af organisk stof i form af kemisk iltforbrug (COD) og indholdet af kvælstof og fosfor vist.

Tabel 3.3 Oversigt over analysedata fra kortlægningen.

Vask	Procestrin	pH	Ammonium-N [mg/l]	Nitrit-N [mg/l]	Nitrat-N [mg/l]	COD [mg/l]	COD filt [mg/l]	Fosfor-P [mg/l]	Total-N [mg/l]	Anionaktive tensider (mg/l)
1	Til forvask	7,48	0,303	0,22	5,26	2142	1763	7,25	5,783	8,30
1	Til hoved	7,72	0,157	0,332	4,28	2300	1844	9,61	4,769	14,9
1	Af forvask (kloak)	10,26	1,89	0,579	0,693	2842	2374	15,6	3,162	n.d.
1	Af hoved	9,78	0,166	0,311	10,2	2395	1971	12,9	10,677	n.d.
1	Pressevand	6,41	0,183	0,183	3,69	1188	1066	5,66	4,056	n.d.
2	Til forvask	7,26	0,581	0,116	3,01	1271	1155	4,13	3,707	6,88
2	Af hoved + skyl	7,53	0,281	0,232	4,69	2628	2476	7,91	5,203	n.d.
2	Pressevand	7,52	0,608	0,15	2,61	1290	1131	4,2	3,368	n.d.
1+2	Total afløb	7,82	0,471	0,349	4,03	1958	1703	9,63	4,85	17,3
1+2	Tilløb skyl	7,5	0,221	0,066	1,9	584	530	1,95	2,187	n.d.



Figur 2 COD og filtreret COD.



Figur 3 Total-nitrogen og total-fosfor.

COD

De to vaskerør drives på nuværende tidspunkt meget forskelligt. Der er dog ca. samme COD-belastning i pressevandet (sidste trin) i de to vaskerør (rør 1: 1188 mg/ml; rør 2: 1290 mg/ml).

Langt hovedparten (ca. 80 %) af COD-koncentrationen kommer fra opløseligt materiale, dvs. ikke-partikulært materiale.

Rør 1

Analysedata indikerer tydeligt, at det vand, som recirkuleres, indeholder forholdsvis meget materiale. Således har vandet, som tilføres for- og hovedvask, en COD-koncentration på mere end 2000 mg/ml. Resultaterne viser ydermere, at COD-belastningen falder fra hovedvasken og videre i vaskeprocessen.

Rør 2

Der observeres en forholdsvis stor stigning i COD-belastningen fra vandet, som tilføres i forvasken, og til vandet, som kommer fra slutningen af hovedvask/starten af skyllefasen, hvilket er forventeligt, da der kommer en belastning fra tøjet.

Kvælstof og fosfor

Det observeres, at indholdet af fosfor og Total-N generelt er lavere i vaskerør 2. Dog er indholdet af fosfor og Total-N i pressevand næsten identisk for begge rør. For rør 1 er den højeste koncentration af fosfor efter for- og hovedvask. Forskellen skyldes sandsynligvis anvendelsen af forskellige vaskemidler i de to rør, da der på kortlægningsstidspunktet kørte test af nyt produkt på rør 2.

Ledningsevne

Det bløde vand, som anvendes til vask, har en ledningsevne på ca. 800 $\mu\text{s/cm}$, hvorimod vandet i de forskellige vasketrin varierer mellem 1400-1600 $\mu\text{s/cm}$. Dette er ikke overraskende, idet ledningsevnen stiger i takt med øget indhold af salte, som udvaskes i vaskeprocessen.

Bakterieindhold

Bakterieindholdet i vaskevandet blev bestemt ved dyrkning på Compact-Dry TC til total-kim ved henholdsvis 22 og 37 grader C. Som det fremgår af nedenstående tabel, blev der kun påvist bakterier i to af prøvetagningsstederne: i det opsamlede pressevand før filtrering til genbrug og i udløbet til kloak. I pressevand var koncentrationen meget lav, hvorimod bakterieindholdet var højt i udløbet til kloak, efter vandet har passeret buffertanken. Dette indikerer, at desinfektionsmidlet ikke længere er til stede i nødvendig koncentration ift. at hæmme bakterievækst ved udløb til kloak.

Tabel 3.4 Bakterieindhold i vaskerør (cfu/ml).

Prøve	Kim 22	Kim 37
Udløb kammer 4 rør 1	0	0
Udløb hovedvask rør 1	0	0
Pressevand rør 1	0	0
Pressevand rør 2	0	0
Skyllevand rør 2	0	0
Pressevand før filt (begge rør)	4	3
Tank på loft	0	0
Udløb til kloak fra buffertank	>250	>250

4. Udvikling af teknologier til rensning

4.1 Udvikling af renseteknologier

Projektet bygger på eksisterende teknologier, men da der arbejdes med en ny spildevandstype er der derfor behov for udvikling og justering af forskellige parametre for at imødekomme vaskeri-spildevandet. Dette er især relevant for MBR-teknologien, som er afhængig af en effektiv mikrobiologisk omsætning af spildevandet. For at imødekomme evt. udfordringer er der gennemført en række nitrifikationshæmningstest og oxygen uptake rate test (OUR) med henblik på at undersøge, om spildevandet har en hæmmede effekt på mikrobiologien.

4.1.1 Nitrifikationshæmningstest

Formålet med nitrifikationshæmningstesten er at undersøge, om der er noget i spildevandet, der kan have en hæmmende virkning på de bakterier, der skal omsætte kvælstoffet i spildevandet. Der er gennemført nitrifikationshæmningstest ad to omgange. I begge omgange er der udtaget prøver, lige inden spildevandet løber til kloak, og disse prøver er testet ufortyndet og fortyndet (1:1). Endvidere er der udtaget en morgenprøve ifm. at vasketunnelerne tømmes for indhold af vand tilsat klor. Denne prøve kan muligvis indvirke negativt på mikrobiologen i MBR-løsningen på grund af indholdet af klor.

Fremgangsmåde ved nitrifikationshæmningstest

I et 500 ml bægerglas fremstilles en blanding af slam (hentet fra beluftningstanken på Viby renseanlæg med et tørstofindhold på 4,0 g SS/l), vand, medie og spildevand, så der opnås et tørstofindhold i blandingen på ca. 2 g SS/L.

Blandingerne placeres på magnetomrørere og beluftes med akvariepumper i 3 timer. Der tages prøver til måling af NO_3^- og NO_2^- ved 15 min, 90 min og 180 min. Der udtages ca. 10 ml prøve, der filtreres og fryses ned indtil analyse.

pH og O_2 monitoreres under hele forsøget. På intet tidspunkt var pH uden for det krævede interval mellem 7,6-9. Og på intet tidspunkt var O_2 lavere end de krævede 6 mg O_2 /l. Prøverne analyseres for NO_3^- og NO_2^- ved brug af Hack Lange LCK kits, se [Tabel 4.1](#) og [Tabel 4.2](#).

Herefter udregnes nitrifikationshastigheden som mg $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ produceret pr. g SS pr. time. Nitrifikationshæmningen udregnes efter følgende formel:

$$\% \text{ hæmning} = (\text{Nc} - \text{Nt}) / \text{Nc} \times 100$$

Hvor Nc er nitrifikationshastigheden i referencen.

Nt er nitrifikationshastigheden i prøven.

Ammoniumkoncentrationen blev målt ved forsøgets slutning. Ammoniumkoncentrationen var i alle forsøg >5 mg/l, hvilket betyder, at de nitrificerende bakterier ikke er hæmmet af mangel på ammonium.

Resultater

Tabel 4.1 Analysedata fra nitrifikationshæmningstest. Første test.

Resultater	Reference		Ufortyndet Prøve		Prøve fortyndet 1:1		Morgenprøve	
	NO ₂ -	NO ₃ -	NO ₂ -	NO ₃ -	NO ₂ -	NO ₃ -	NO ₂ -	NO ₃ -
[mg/ml]								
15 min	0,74	2	0,381	1,84	0,528	2,06	0,734	1,91
90 min	3,15	7,93	0,45	4	1,134	4,69	2,08	5,25
180 min	5,29	13,40	0,86	5,16	1,49	6	2,320	6,24

Tabel 4.2 Analysedata fra nitrifikationshæmningstest. Anden test.

Resultater	Reference		Ufortyndet Prøve		Prøve fortyndet 1:1	
	NO ₂ -	NO ₃ -	NO ₂ -	NO ₃ -	NO ₂ -	NO ₃ -
[mg/ml]						
15 min	0,656	3,89	0,733	3,37	0,686	3,42
90 min	2,5	8,92	1,3	6,88	1,55	7,65
180 min	4,64	18,8	1,69	12,2	3,08	12,4

Tabel 4.3 Beregnet nitrifikationshastighed og nitrifikationshæmning. Første og anden test.

	Nitrifikationshastighed (Mg NO ₂ --N+NO ₃ --N/g SS/time)	Nitrifikationshæmning i forhold til reference (%)
Reference	2,626	-
Ufortyndet prøve	0,633	76
Prøve fortyndet 1:1	0,834	68
Morgenprøve	0,986	62
	Nitrifikationshastighed (Mg NO ₂ --N+NO ₃ --N/g SS/time)	Nitrifikationshæmning i forhold til reference (%)
Reference	2,88	
Ufortyndet prøve	1,50	47,7
Prøve fortyndet 1:1	1,57	45,5

Som det fremgår af ovenstående resultater, har vaskevandet i begge tilfælde en hæmmede effekt over for nitrifikanter. Nitrifikationshæmning i forhold til reference var højest ved den første prøvetagning (omkring 70 %), hvilket muligvis skyldes, at brugen af desinfektionsmiddel (brint-peroxid) var højere end normalt omkring prøvetagningstidpunktet. Således observeres der kun en hæmning på ca. 45 % for prøven udtaget ved den anden prøvetagning. Endvidere bemærkes det, at indholdet af klor i morgenprøven ikke har stor indvirkning på nitrifikationen.

4.1.2 Hæmningstest – omsætning af organisk stof

Da spildevandet fra vaskeriet ikke indeholder så meget kvælstof, blev det ikke vurderet så kritisk med den observerede nitrifikationshæmning. Derimod vil de mest betydende bakterier i omsætningen formentlig være de heterotrofe bakterier der omsætter organisk stof vha. ilt. Derfor blev der gennemført en OUR-test på spildevandet, lige inden dette løber til kloak. OUR står for oxygen uptake rate og er et direkte mål af iltforbruget i et givent medie. I vaskerispildevandet forventes en mulig hæmning at skyldes desinfektionsmiddel. Koncentrationen af desinfektions-

middel (brintperoxid) forventes ifølge midtVask på intet tidspunkt at overskride 200 mg/l i spildevandet. I OUR-testen er der derfor inkluderet en spildevandsprøve, hvor der umiddelbart inden testen er tilsat brintperoxid svarende til denne koncentration.

Fremgangsmåde for OUR-test

I et bægerglas fremstilles en blanding af slam (hentet fra beluftningstanken på Viby renseanlæg med et tørstofindhold på 4,0 gSS/l), vand, medie og spildevand, så der opnås et tørstofindhold i blandingen på ca. 2 gSS/L. I den nedenstående tabel er blandingsforholdene angivet.

Tabel 4.4 Blandingsforhold i OUR-test.

MI tilsat	Ufortyndet prøve	Prøve fortyndet 1:1	Reference
Medium til nitrifikation	50	50	50
Aktivt slam med tørstofindhold ca. 4,0 g SS/L	250	250	250
Vand		100	200
Spildevand	200	100	

Blandingerne placeres på magnetomrørere og beluftes med akvariepumper. Iltsensoren placeres med spidsen i slammet og iltkoncentrationen logges hvert 10. sek. Data opsamles på computer. Beluftningen stoppes, og faldet i iltkoncentration følges. Efter en passende tid (iltkoncentrationen skal være faldet min 15 % eller efter 10-15 min), startes beluftningen igen. Der foretages min. fire identiske målinger. Oxygen uptake rate udregnes nu på basis af hældningerne.

Resultater

Tabel 4.5 Beregnet OUR og OUR-hæmning.

	Oxygen uptake rate (mgO ₂ /l/min)	OUR hæmning i forhold til referencen (%)
Reference	0,39	
Ufortyndet prøve	0,39	0
Prøve tilsat 200 mg desinfektionsmiddel	0,28	28,2

Af ovenstående resultater, kan det konkluderes, at spildevandet ikke hæmmer de heterotrofe bakterier. Derimod observeres der en mindre hæmning (28 %), når vaskevandet tilføres brintperoxid. Dette vurderes dog ikke at være problematisk, idet en samlet renseløsning under alle omstændigheder vil inkludere buffertank, hvilket vil betyde, at størstedelen af brintperoxiden vil være omsat inden den biologiske proces.

4.2 Udvikling af testanlæg

Det overordnede formål med at udvikle et testanlæg var at finde frem til en proceskombination med de driftsparametre, som resulterer i den nødvendige genbrugsvandkvalitet, mens omkostninger for renseprocessen som helhed minimeres.

Det blev vurderet, at det i første omgang ikke er nødvendig at etablere et samlet testanlæg hos midtVask for at opnå de ønskede resultater og erfaringer. Derfor - og for at minimere omkostningerne - blev det besluttet at skabe den nødvendige viden ved at transportere spildevand fra midtVask til Hjortkær Maskinfabrik til forfiltrering og MBR-behandlet vand fra Herlev

hospital (hvor Grundfos har etableret en BioBooster-løsning, der renser spildevand fra hele hospitalet) til Silhorko til efterpolering. Således blev der i projektet undersøgt vand, der havde gennemgået alle tre rensetrin, dog uden at der var gennemført MBR-behandling af spildevandet fra midtVask. Det vurderes dog, at kortlægningen (kapitel 3) og hæmningsforsøgene (afsnit 4.1) danner et tilstrækkeligt vidgrundlag for at kunne definere de vigtigste procesparametre, som har indflydelse på anlægsdesignet.

Forfiltrering af spildevand fra midtVask

Spildevand fra midtVask (udløb til kloak) blev transporteret i palletanke til Hjortkær Maskinfabrik og forfiltreret vha. tromleseparatør (perforering 0,6-2,5 mm). Som det fremgår af Tabel 4.6, sker der næsten ingen ændring ved forfiltreringen. Således er både tørstof, kvælstof og fosfor næsten uændret. Dette er stor modsætning til resultaterne fra et tidligere gennemført projekt på et fjervaskeri (Det Ressourceeffektive Vaskeri, 2016), hvor forfiltreringen resulterede i en kraftig reduktion af COD i vaskeri spildevandet. Det gennemførte forsøg indikerer, at det i renseløsningen ikke vil være nødvendigt at inkludere en forfiltrering inden den biologiske behandling (MBR). I tilfælde af at der etableres en helhedsløsning på hospitalet (se kapitel 5), vil det dog være nødvendigt med en forfiltrering.

Parametre	Spildevand fra midtVask	Forfiltreret spildevand fra midtVask
TS%	0,24	0,24
VS%	50,79	50,31
Ammonium(mg/L)	2,38	2,56
Total-N(mg/L)	10,1	10,3
Total-P(mg/L)	8,04	7,73
pH	7,16	7,22

Tabel 4.6 Spildevandsanalyser fra forfiltrering.

RO-filtrering af MBR-behandlet vand

MBR-behandlet vand fra Herlev Hospital blev transporteret til Silhorko, hvor vandet blev efterpuleret. Dette indbefattede kulfilter, blødgøring og RO-filtrering. I den nedenstående tabel er data opsummeret.

Parameter	Enhed	MBR	Efter kulfilter	Efter blødgøring	RO
pH		7,35	7,84	8,04	6,54
Turbiditet	FTU	0,33	0,35	0,24	0,21
Permanganattal	mg/l	47,4	7,6	7,3	7
Fri kulsyre	mg/l	62,7	32,6	27,1	9,5
Bikarbonat	mg/l	422,7	445,3	433,7	51,9
Jern	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mangan	mg/l	0,02	0,022	0,02	0,02
Bikarbonathårdhed	°dH	19,4	19,5	<0,5	<0,5
Mineralhårdhed	°dH	0,6	0	0	0
Total hårdhed	°dH	20	19,5	<0,5	<0,5
Alkalibikarbonat	mg/l		28,2	>582	>55
Calcium	mg/l	101	98,9	<5	<5
Magnesium	mg/l	25,1	24,3	<3	<3

Ammonium	mg/l	0,291	0,275	<0,05	<0,05
Nitrit	mg/l	0,031	0,049	0,02	0,012
Nitrat	mg/l	<10	c10	<10	<10
Klorid	mg/l	394	381	375	27,9
Sulfat	mg/l	145	55	70	<1
Kiselsyre	mg/l	17,3	14,5	12,1	1,83
Fluorid	mg/l	<0,1	<0,1	0,21	<0,1
Total fosfor	mg/l	0,43	0,39	0,48	<0,05
Ledningsevne	µS/cm	1942	1928	1961	112,2
UV-transmission	%	51	98	99	99
Tørstof	%	0,092	0,094	0,099	0,003

4.3 Vaskeforsøg

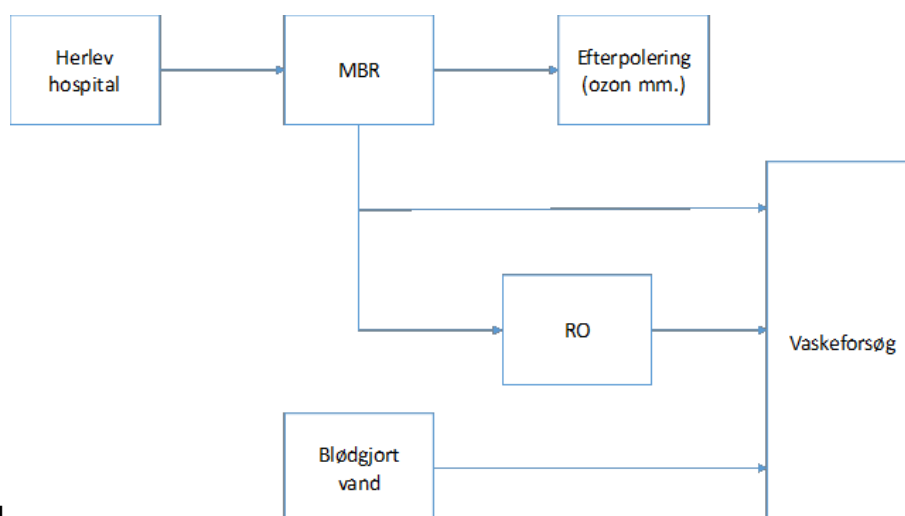
Som allerede beskrevet i afsnit 3.1, stilles der ikke krav til det vand, som anvendes i vaskeprocessen, men derimod er der fastlagt en række hygiejnekrav ift. det vaskede tekstil. En højere grad af vandgenanvendelse vil ikke ændre på, om disse vil kunne overholdes, idet der stadig vil blive anvendt desinfektionsmiddel og termisk desinfektion.

Derimod er det meget sandsynligt, at de vaskeegenskaber, det rensede vand har, vil være anderledes ift. det vand, som anvendes på nuværende tidspunkt. Dette vil eksempelvis kunne resultere i gråning af tøjet. For at afklare dette blev der gennemført en række vaskeforsøg med henblik på at undersøge, hvordan rensegraden af vaskevandet påvirker bl.a. gråning.

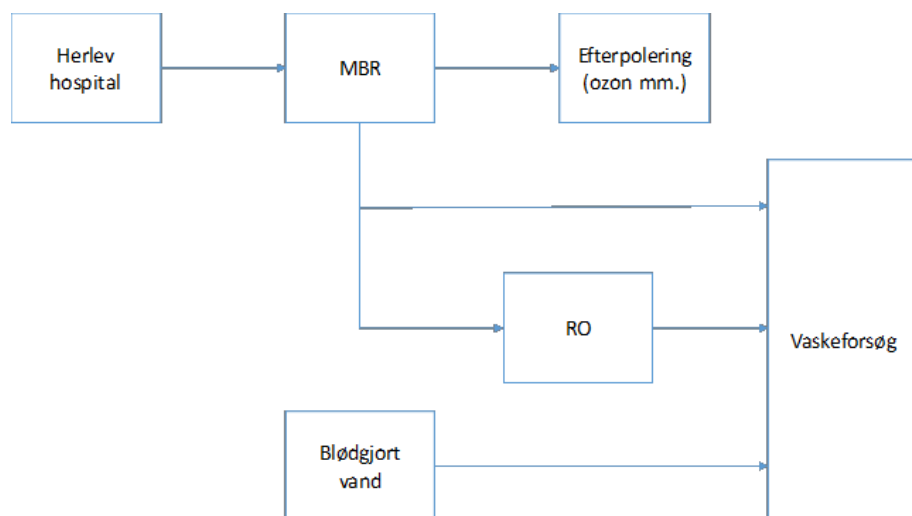
I forsøgene blev der anvendt tre forskellige kvaliteter af vand:

- Blødgjort vand fra midtVask (nuværende vandkvalitet)
- MBR-vand
- RO-vand

Det anvendte MBR-anlæg fra BioBooster har et forholdsvis stort dødvolumen, hvorfor der ved omstilling til en ny spildevandstype skal anvendes store mængder vand for at få en stabil proces. Ved stabil drift influerer spildevandstypen kun meget lidt på den udgående vandkvalitet. På dette grundlag blev det besluttet af afhente vand fra MBR-anlægget ved Herlev Hospital til forsøgene i stedet for at transportere spildevand fra midtVask til BioBooster og derefter transportere det rensede spildevand tilbage. Derudover er genanvendelse af rensede spildevand fra hele hospitalet i Skejby til bl.a. vaskeriet et yderst relevant scenarie for fremtiden, hvilket bliver diskuteret yderligere i de efterfølgende afsnit.



Figur 4 er vaskeforsøgene skitseret og i Tabel 4.7 er den kemiske information om det anvendte vand angivet:



Figur 4 Skematisk oversigt over vaskeforsøg

Tabel 4.7 Oversigt over de anvendte vandkvaliteter til vasketest til sammenligning ved blødgjort vand fra midtVask (TS%:0,05).

Parametre	MBR	RO
TS%	0,10	0,03
pH	7,35	6,54
Turbiditet FTU	0,33	0,21
Permanganattal mg/l	47,4	7
Fri kulsyre mg/l	62,7	9,5
Bikarbonat mg/l	422,7	51,9
Jern mg/l	<0,05	<0,05
Mangan mg/l	0,02	0,02
Bikarbonathårdhed °dH	19,4	<0,5
Mineralhårdhed °dH	0,6	0
Total hårdhed °dH	20	<0,5
Alkalibikarbonat mg/l	0	>55
Calcium mg/l	101	<5
Magnesium mg/l	25,1	<3
Ammonium mg/l	0,291	<0,05
Nitrit mg/l	0,031	0,012
Nitrat mg/l	<10	<10
Klorid mg/l	394	27,9
Sulfat mg/l	145	<1
Kiselsyre mg/l	17,3	1,83
Fluorid mg/l	<0,1	<0,1
Total fosfor mg/l	0,43	<0,05
Ledningsevne µS/cm	1942	112,2
UV-transmission %	51	99

Fremgangsmåde

Forsøgene blev gennemført i en alm industrivaskemaskine (Electrolux W555H) i laboratoriet på Teknologisk Institut. Dette modsvarer ikke direkte vask gennemført i vasketunnel, men blev vurderet som den bedste løsning inden for projektets rammer. Fordelene ved den valgte løsning var, at (1) der kunne foretages meget kontrollerede og reproducerbare vaske; (2) ingen behov for at håndtere vasketøj med smitterisiko; (3) begrænset vandbehov ift. en fuldskalaløsning, som ville have krævet mange tankbiler vand for at gennemføre et lignende vaskeforsøg mht. gentagelser. Projektgruppen diskuterede fordele og ulemper ved de forskellige løsninger. Da det vigtigste var at sammenligne de tre vandkvaliteters påvirkning af tøjet ved vask, blev ovennævnte metode valgt.

For dog at efterligne processen i midtVasks vasketunneller bedst muligt blev der specielt designet et vaskeprogram til maskinen.

Programmet indbefatter bl.a.:

- Hovedvask ved 60 °C
- Vuggende bevægelser i både forvask og hovedvask som i vasketunnelen
- Centrifugeringslængde tilpasset, således at vandindholdet i tekstilet svarer nogenlunde til vandindholdet i tekstil efter pressen i vasketunnel
- Vaskemiddel indtages i forvasken (Novadan Liquiren – alkalisk tekstilvaskemiddel)
- Desinfektionsmiddel indtages i slutningen af hovedvasken (Novadan Oxitex Plus – Desinfektionsmiddel baseret på pereddikesyre)

Hvert vaskeforsøg bestod af 10 på hinanden følgende vaske af 3x prøvestykker. Ved hver vask blev prøvestykkerne vasket sammen med en fastdefineret sammensætning af fyldtøj (1 lagen, 8 pudebetræk og 10 håndklæder) samt 3 nye smudsklude (wfk-Testgewebe GmbH). Den samlede vægt af prøvestykker, fyldtøj og smudsklude var 4,5 kg og blev ilagt i vaskemaskinen tilfældigt. Til hver vask blev der tilsat 43 g vaskemiddel og 34,4 g desinfektionsmiddel i hver sin skuffe, begge midler var på flydende form. Skufferne i maskinen blev tømt mellem hver vask. Efter hver vask blev prøvestykker og fyldtøj tørret og de tre smudsklude blev sorteret fra og smidt ud. Efter de 10 vaske blev prøvestykkerne tørret og pakket i poser indtil analyse i tekstilcentret på Teknologisk Institut.

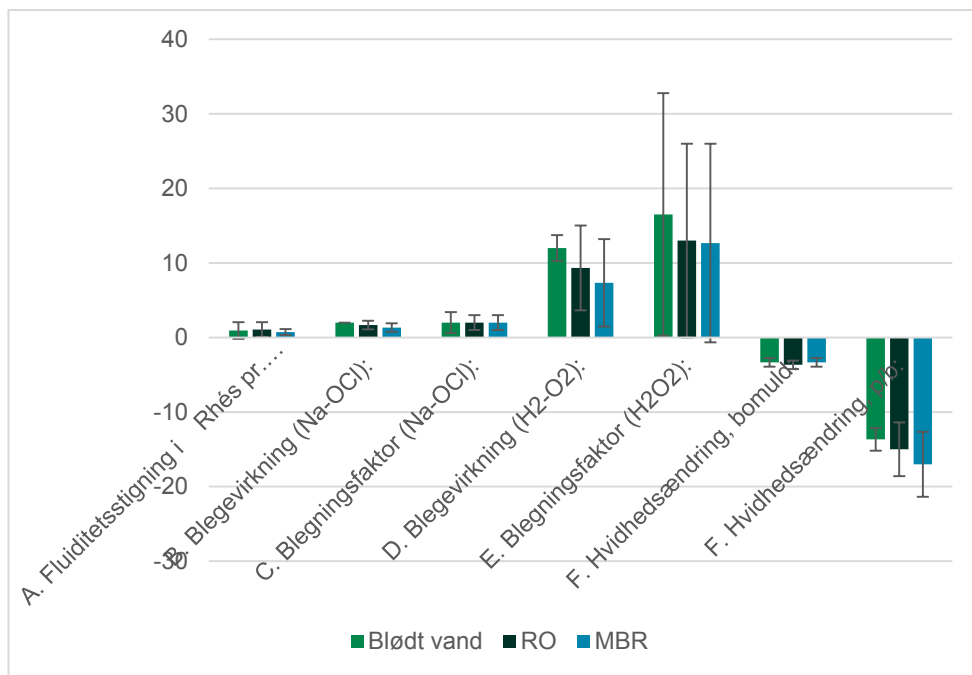
Prøvestykkerne blev analyseret for slitage, blegevirkning og hvidhedsændring (gråning) via de 6 gængse parametre:

- A. Fluiditetsstigning (kemisk vaskeslitage)
- B. Blegevirkning ved klorblegning (NaOCl)
- C. Blegningsfaktor –(NaOCl) (blegevirkning/fluiditetsstigning)
- D. Blegvirkning ved brintoverilteblegning (H₂O₂)
- E. Blegningsfaktor (H₂O₂) (blegevirkning/fluiditetsstigning)
- F. Hvidhedsændring
- G. Optisk effekt.

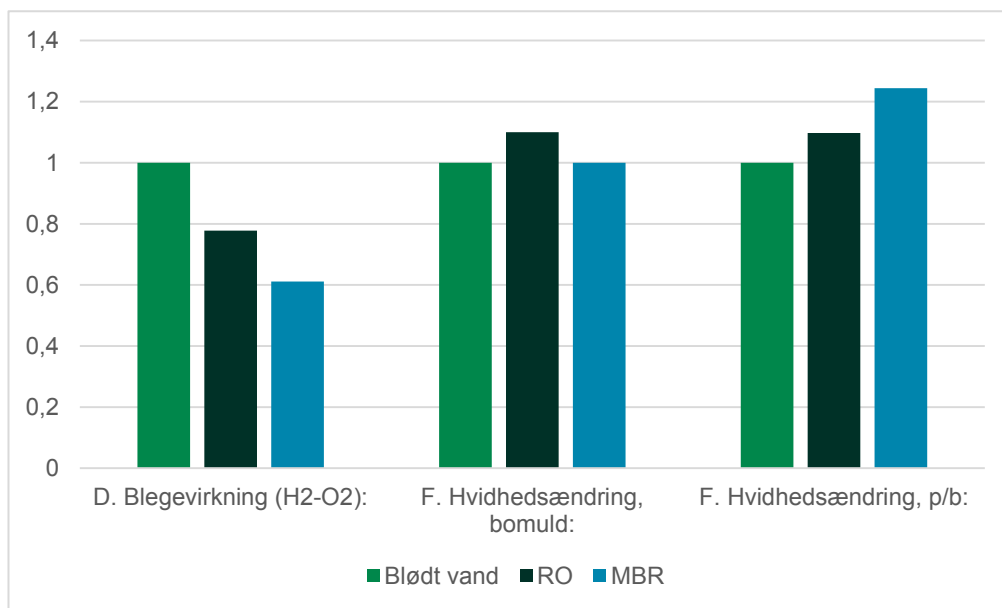
Analyserne blev foretaget efter intern standard på Teknologisk Institut, sektion for møbel og tekstil, Center for Træ og Miljø.

Resultater

I den nedenstående graf er alle analyseresultaterne af prøvestykkerne fra vaskeforsøgene vist. Endvidere er de relevante parametre for dette forsøg angivet relativt i forhold til det bløde vand i Figur 6.



Figur 5 Analysedata af testklude



Figur 6 Udvalgte analyseresultater relativt til referencen det bløde vand.

Der var ingen signifikant forskel på resultaterne fra vask med de forskellige vandtyper. Dog var der en tendens til, at tøj vasket med vandet fra MBR-anlægget uden efterpolering havde en lavere blegning/større gråning end de øvrige vandtyper.

Værdierne lå generelt i den "dårlige ende" for alle vaske i forhold til normalværdierne, hvilket sandsynligvis skyldes en blanding mellem det kunstige program med mindre mekanisk bearbejdning end normalt i tromlemaskiner, samt at dosis af desinfektionsmiddel har været for lav på grund af doseringsmetoden. Dog er alle vaske foretaget under samme forhold, og det er derfor muligt at sammenligne værdierne relativt.

5. Skitseprojekt

Afslutningsvis og med afsæt i kortlægningen samt de gennemførte vaskeforsøg og hæmningsforsøg er der opstillet en række scenarier for mulige behandlingsløsninger af vaskevand ved midtVask. På denne baggrund belyses følgende emner:

- Vurdering af investerings- og driftsomkostninger for muligt fuldskalaanlæg til behandling af:
 - Spildevandet fra midtVask
 - Spildevandet fra Det nye Universitetshospital (DNU) i Aarhus
- Dimensioneringsparametre for muligt fuldskalaanlæg
- Samlede effekt på miljø ved anvendelse af den nye behandlingsteknologi.

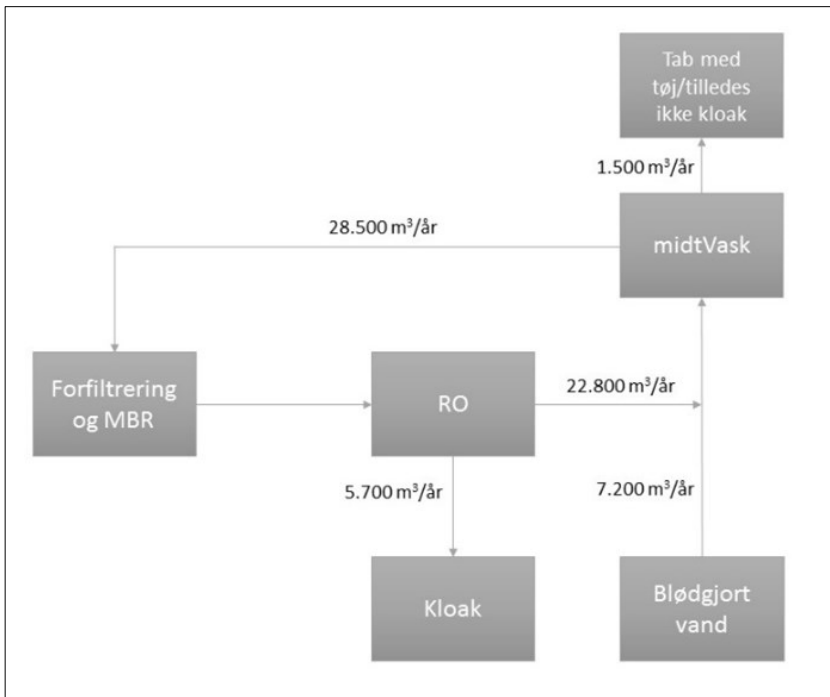
Udgangspunkt for evalueringen er en kort beskrivelse af relevante scenarier, som sammenlignes med primært fokus på økonomiske faktorer i det nedenstående. I evalueringen er der inkluderet en mulig decentral renseløsning ifm. etableringen af DNU. Denne er opstillet med udgangspunkt i erfaringerne fra Herlev Sygehus.

5.1 Scenarier – overblik

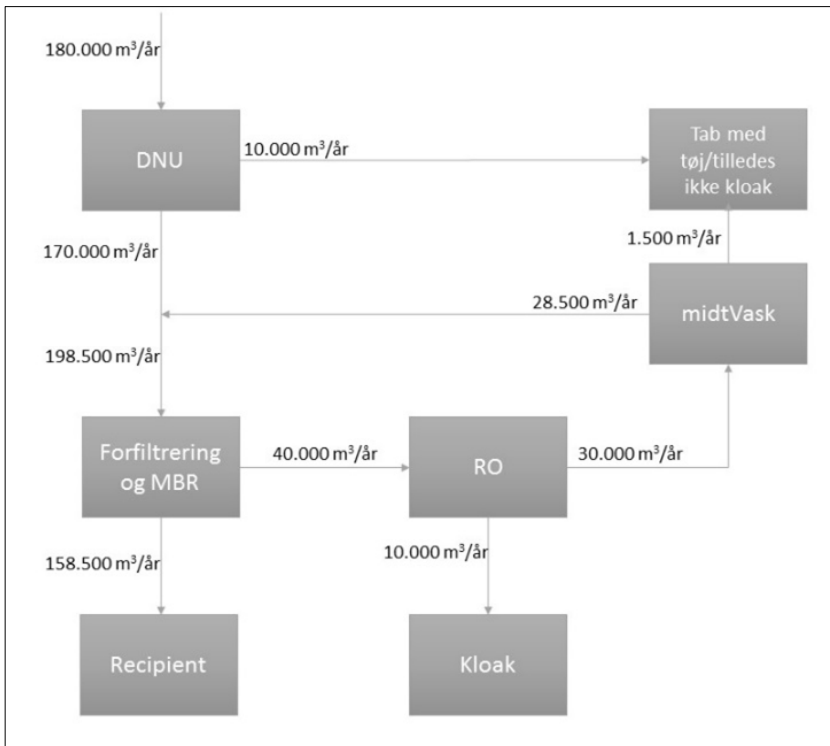
I det nedenstående er opstillet fire scenarier. I hver af disse er der antaget, en indkøbspris på vandet på 8,9 DKK/m³, en vandafledningsafgift på 21,98 DKK/m³ og en vandafgift til staten på 6,25 DKK/m³. Endvidere er det antaget, at spildevandet efter behandling kan udledes til recipient, hvorved der ikke skal betales vandafledningsafgift og vandafgift. Dette forudsætter dog, at en række spildevandskriterier kan overholdes, herunder indhold af miljøfremmede stoffer. I beregningerne er det antaget, at 95 % af det indgående vand ledes til kloak på midtVask og DNU. Endvidere antages det, at RO-koncentratet ledes til kloak, og at RO-recovery er på 75 %. I beregningerne er der ikke antaget vandtab fra MBR.

- Scenarie 1: Ingen behandling af spildevandet fra DNU eller fra midtVask (nuværende løsning)
- Scenarie 2a: Behandling af spildevand fra DNU (MBR-behandling)
- Scenarie 2b: Behandling af spildevand fra midtVask til genbrug i vaskeprocessen (MBR og efterpolering)
- Scenarie 3: Samlet behandling af spildevand fra DNU og midtVask. Genbrug af efterpuleret vand på midtVask.

Scenarie 2b og scenarie 3 er skitseret i det nedenstående diagram. For scenarie 3 vises de samlede omkostninger for DNU og midtVask. Fordelingen er således ikke medtaget, hvilket kunne influere på tilbagebetalingstiden for hhv. DNU og midtVask.



Scenario 2b



Scenario 3

5.2 Økonomisk sammenligning af scenarier

Nedenstående tabel viser de årlige udgifter samt tilbagebetalingstiden (ROI) for scenarie 2, 3 og 4.

	Scenarie 1 - ingen behandling		Scenarie 2a – DNU-behandling, ingen genbrug	Scenarie 2b – midtVask-behandling m. genbrug	Scenarie 3 – DNU-behandling og midtVask med genbrug
	DNU	midtVask	DNU	midtVask	Samlet
Vandforbrug (m ³ /år)	180000	30000	180000	7200	180000
Spildevand til MBR/RO (m ³ /år)	0	0	170000	28500	198500
Omkostninger friskvand (DKK/år)	kr. 1.602.000	kr. 267.000	kr. 1.602.000	kr. 64.080	kr. 1.602.000
Omkostninger spildevandsafledning (DKK/år)	kr. 5.081.400	kr. 846.900		kr. 50.814	kr. 282.300
OPEX MBR (DKK/år)*			kr. 1.870.000	kr. 142.500	kr. 2.012.500
OPEX RO (DKK/år)**			kr. 0	kr. 55.575	kr. 78.000
Total omkostninger (DKK/år)	kr. 6.683.400	kr. 1.113.900	kr. 3.472.000	kr. 312.969	kr. 3.974.800
Besparelse ift. scenarie 1 (DKK/år)			kr. 3.211.400	kr. 800.931	kr. 3.822.500
CAPEX (DKK)			kr. 30.000.000	kr. 9.000.000	kr. 31.000.000
ROI (år)			9	11	8

*: Behandling med MBR = 11 DKK/m³ (hospital), 5 DKK/m³ (vaskeri)

** : behandling med RO = 1,95 DKK/m³

Den økonomiske sammenligning viser, at alle de undersøgte alternative løsninger på sigt er billigere end den nuværende løsning.

- Scenarie 1 Ingen behandling: Kræver ingen investeringer, til gengæld er de årlige omkostninger høje.
- Scenarie 2a DNU-behandling, ingen genbrug: Resulterer i en årlig besparelse på ca. 3,2 mio. DKK, dvs. en tilbagebetalingstid på ca. 9 år.
- Scenarie 2b midtVask-behandling m. genbrug: Resulterer i en årlig besparelse på ca. 800.000 DKK. Til trods for lavere anlægsudgifterne ift. scenarie 2 er tilbagebetalingstid dog noget længere; ca. 11 år.
- Scenarie 4 DNU-behandling og midtVask med genbrug: Resulterer i en årlig besparelse på ca. 3,8 mio. DKK. Anlægsudgifterne er ca. det samme som for scenarie 2, hvorfor tilbagebetalingstiden er lidt lavere; ca. 8 år.

5.3 Miljøeffekt af scenarier

I det nedenstående er miljøeffekten for hvert af de ovenfor opstillede scenarier beregnet, hvorved det i tillæg til de økonomiske sammenligninger bliver muligt at sammenligne miljøeffekten. Der findes mange forskellige metoder til bestemmelse af miljøeffekten med forskellig detaljeringsgrader og afgrænsninger.

Følgende faktorer blev vurderet mest relevante for at kunne give et tilstrækkeligt billede for hvert scenarios miljøeffekt:

- Forbrug af friskvand
- CO₂-emmissioner
- Emissioner til vandmiljøet.

Forbrug af friskvand

Forbrug af friskvand i forbindelse med en teknisk løsning blev inkluderet som en relevant miljøparameter i sig selv, fordi (a) der er mange steder udenfor Danmark med vandmangel, og (b) der er i Danmark politisk konsensus om, at friskvandsforbrug skal minimeres.

CO₂-emissioner

Summen af CO₂-emissioner som konsekvens af hvert scenarie blev bestemt ved inkludering af følgende faktorer:

- Levering af drikkevand
- Opvarmning af vand
- Energiforbrug til spildevandsrensning
- Bidrag pga. forbrug af aktivkul
- Bortskaffelse/destruktion af spildevandsslam

Opvarmning af vand kræver ingen ekstern/fossil energikilde hos midtVask, fordi der anvendes affaldsvarme. For at illustrere CO₂-indvirkningen af vandopvarmningen er der både inkluderet en beregning, hvor vaskeriet opvarmer vandet ved anvendelse af en fossil energikilde, og en beregning, hvor opvarmningen af vandet foretages ved anvendelse af overskudsvarme fra den resterende proces.

Emissioner til vandmiljøet

Følgende emissionsgrupper til vandmiljøet er inkluderet:

- Kemisk iltforbrug (COD)
- Total kvælstof (T-N)
- Total fosfor (T-P)
- Sum af organiske miljøfremmede stoffer.

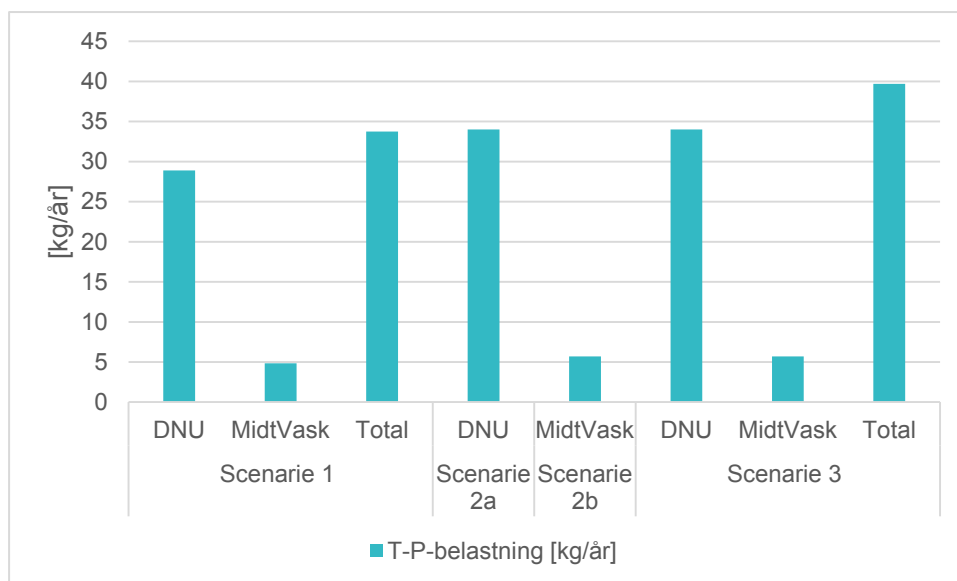
For at bestemme emissioner til vandmiljøet blev der beregnet den forventede udledte restforurening efter spildevandsrensning på basis af koncentrationer af spildevandsmængder.

Summen af organiske miljøfremmede stoffer udledt til vandmiljøet efter spildevandsrensning er estimeret på basis af gennemsnitlig renseeffekt for miljøfremmede stoffer fra (a) Egå Renseanlæg (rapport fra DHI, juni 2014) og (b) total reduktion af miljøfremmede stoffer fra Herlev Sygehus (slutrapport "Full scale advanced wastewater treatment at Herlev Hospital - Treatment performance and evaluation"). Fordi der er inkluderet forskellige miljøfremmede stoffer i de eksisterende og tilgængelige datagrundlæg, skal de beregnede restforureninger efter spildevandsrensning betragtes som en indikation om størrelsesorden.

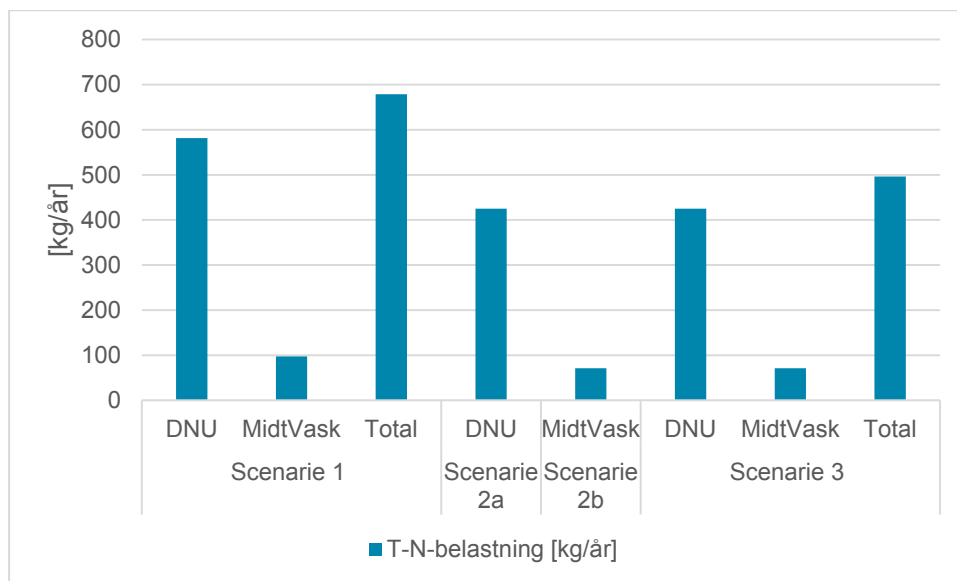
Der blev ikke målt miljøfremmede stoffer i vaskerispildevandet på nuværende tidspunkt. Der forventes dog lavt indhold af disse stoffer sammenlignet med kommunalt spildevand og hospitalsspildevand.

For at kunne opstille miljøeffekterne, har det været nødvendigt at indhente en række referencelværdier samt opstille en række antagelser. Disse er opsummeret i Bilag 2.

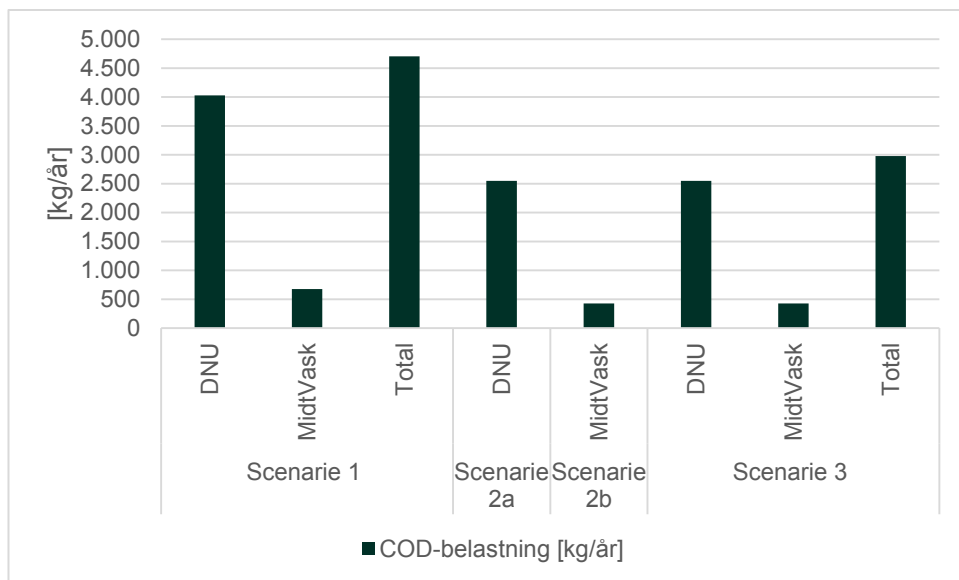
De nedenstående figurer giver et overblik over den samlede miljøeffekt forbundet med hvert scenarie.



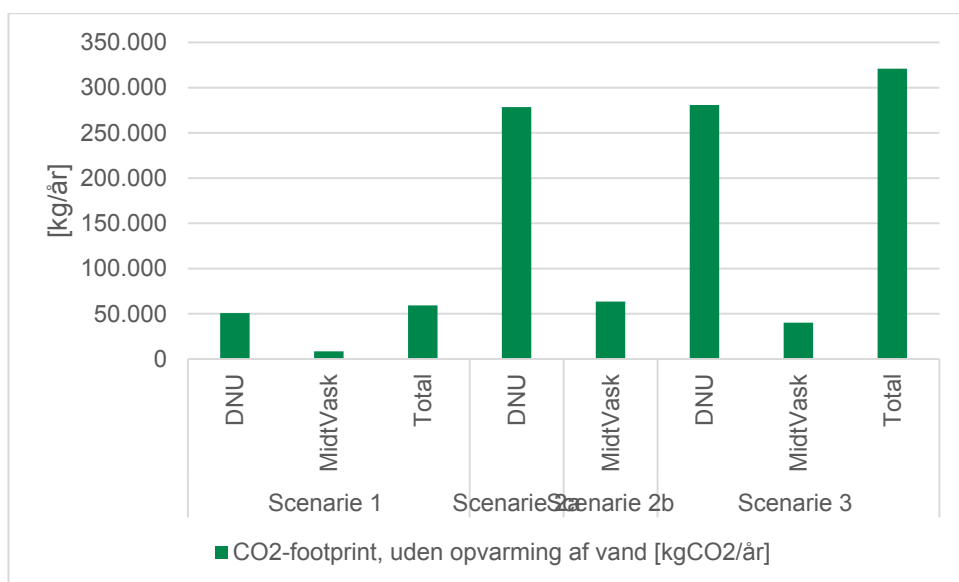
Figur 7: Udlledning af fosfor til vandmiljø



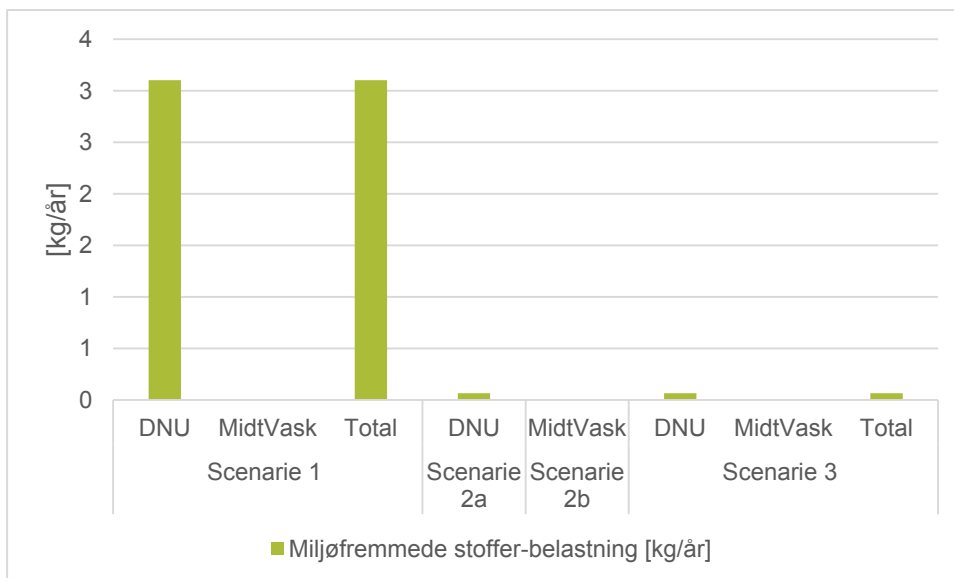
Figur 8: udledning af kvælstof til vandmiljø



Figur 9: Udledning af COD til vandmiljø



Figur 10: CO₂-footprint af de fire scenarier



Figur 11: Udledning af miljøfremmede stoffer til vandmiljø

Resultater og konklusioner

Beregningerne viser, at der ikke ses et entydigt billede af miljøeffekterne for de opstillede scenarier. Således viser beregningerne, at:

- Forbruget af friskvand er mindre ved etablering af en decentral løsning. Ved rensning af vand fra både DNU og midtVask kan vandforbruget reduceres med 100 % for midtVask, og ved etablering af renseløsning på midtVask (scenarie 2b) kan friskvandsforbruget reduceres med 71 %.
- Summen af udledte CO₂-ækvivalenter er klart lavest for scenarie 1. Hovedårsager til dette er det høje ressourceforbrug til decentral spildevandsrensning i forhold til central rensning på Egå Renseanlæg. Dertil kommer, at Egå Renseanlæg fremadrettet vil være et (netto) energiproducerende renselanlæg. Dette opnås bl.a. ved en forbedret biogasproduktion.
- Mht. belastning af vandmiljøet med miljøfremmede stoffer, bliver der både i scenarie 2a og 3 udledt markant mindre ift. den nuværende løsning (scenarie 1). Dette gælder især udledningen af organiske, miljøfremmede stoffer, som for scenarie 2a og 3 kun er 0,5 % af den mængde, der udledes i scenarie 1.

6. Konklusion

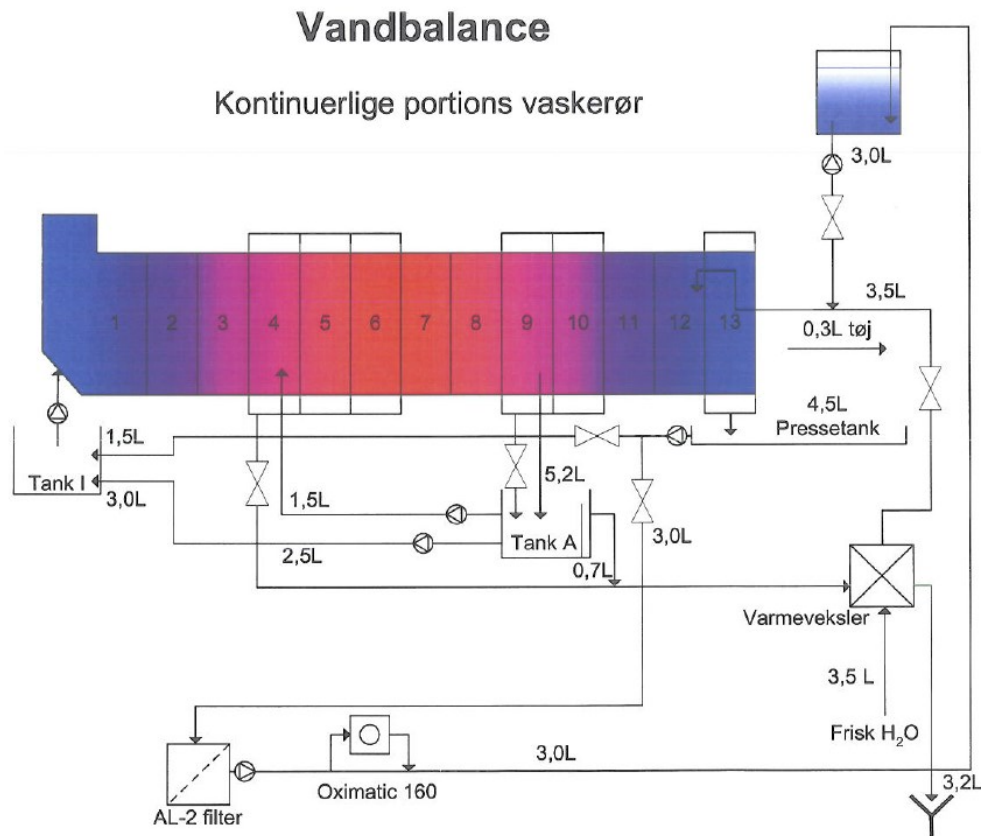
Projektet har vist, at det med de anvendte teknologier er muligt at rense spildevandet til en tilfredsstillende kvalitet ift. at kunne anvendes som genbrugsvand til vaskeriet. Således vurderes det mulig at nedbringe vandforbruget signifikant ved en implementering af teknologikonceptet. Da der fremover forventes anvendt samme desinfektionsmetoder i vaskeprocessen som på nuværende tidspunkt (varme og desinfektionsmiddel), forventes teknologikonceptet at kunne implementeres uden at kompromittere de gældende hygiejnekrav.

Projektets økonomiberegninger viser, at en on-site løsning på hospitalsvaskeriet på nuværende tidspunkt har en relativ lang tilbagebetalingstid (11 år). Dog er der store perspektiver i en evt. totalløsning, hvor spildevandet fra det nye hospital i Skejby og vaskerispildevandet (når vaskeriet flyttes til Skejby) behandles decentralt med henblik på genanvendelse i vaskeprocessen og udledning direkte til recipient.

Projektets miljøberegninger indikerer, at implementering af en decentral løsning for hospitalsvaskeriet vil medføre et markant forhøjet CO₂-footprint ift. den nuværende situation på trods af et kraftigt reduceret vandforbrug. Dog vil belastningen af vandmiljøet være mindre. Implementeringen af en totalløsning på vaskeriet og hospitalet i Skejby vil medføre en markant reduktion i udledning af miljøfremmede stoffer til vandmiljøet.

Indeværende rapport danner derfor et vigtigt vidensgrundlag for beslutninger om evt. implementering af øget vandgenbrug ved flytning af vaskeriet til Skejby.

Bilag 1. Oversigt over vaskerør



Bilag 2. Miljøberegninger

	Scenarie 1			Scenarie 2a	Scenarie 2b	Scenarie 3		
	DNU	MidtVask	Total	DNU	MidtVask	DNU	MidtVask	Total
	Ingen behandling	Ingen behandling		Behandling uden genbrug	Behandling med genbrug	Behandling på stedet	Genbrug fra DNU	
Vandforbrug (m3/år)	180.000	30.000	210.000	180.000	8.625	180.000	0	180.000
Spildevand (m3/år)	170.000	28.500	198.500	170.000	28.500	170.000	28.500	198.500
CO2-footprint (CO2-ækviv.)								
<i>Drikkevandsforsyning [kgCO2/år]</i>	61.200	10.200	71.400	61.200	2.933	61.200	0	61.200
<i>Opvarming af vand [kgCO2/år]</i>		346.500	346.500		188.496		311.850	311.850
<i>Spildevandsrensning</i>	-10.448	-1.752	-12.200	171.649	37.910	171.649	34.782	206.431
<i>Slam - håndtering & bortskaffelse</i>	inkl. i SPR	inkl. i SPR	inkl. i SPR	32.079	22.684	32.079	5.378	37.457
<i>Erstatning af aktivkul</i>				13.600		15.880		15.880
Total uden opvarming af vand [kgCO2/år]	50.752	8.448	59.200	278.528	63.527	280.808	40.160	320.968
Total [kgCO2/år]	50.752	354.948	405.700	278.528	252.023	280.808	352.010	632.818
Vigtigste udledninger til vandmiljø								
<i>COD - conc. [mg/l]</i>	24	24	23,70	15	60	15	60,0	21,46
<i>T-N - conc. [mg/l]</i>	3,4	3,4	3,42	2,5	10	2,5	10,0	3,58
<i>T-P - conc. [mg/l]</i>	0,2	0,2	0,17	0,2	1	0,2	0,8	0,29
<i>miljøfremmede stoffer - org.</i>	117.000,00	0	100.201,51	390,00	0	390,00	0	334,01
COD-belastning [kg/år]	4.029	675	4.704	2.550	428	2.550	428	2.978
T-N-belastning [kg/år]	581	97	679	425	71	425	71	496
T-P-belastning [kg/år]	29	5	34	34	6	34	6	40
Miljøfremmede stoffer-belastning [kg/år]	19,9	0,0	19,9	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1

<u>CO₂-bidrag</u>	
<i>Drikkevandsforsyning [kgCO₂/m³]</i>	0,34
<i>EI [kgCO₂/MWh]</i>	439
<i>Spildevandsrensning - kommunal, rådnetank, slam til gødning [kgCO₂/m³]</i>	0,40
<i>Opvarmning af vand [kg/MJ]</i>	0,055
<i>Slamforbrænding [kgCO₂/kgTS]</i>	0,370
<i>Aktivkul [kgCO₂/kg]</i>	4
<u>Varme</u>	
<i>Temperatur - koldt vand [°C]</i>	10
<i>Temperatur - spildevand fra vaskeri [°C]</i>	60
<i>Varmeudnyttelses-faktor</i>	70%
<i>Temperatur - genbrugvand fra vaskeri [°C]</i>	42
<i>Temperatur - genbrugvand fra alt spildevand [°C]</i>	15
<i>Specifik varmebehov [MJ/°C·m³]</i>	4,2
<u>Spildevandsrensning</u>	
<i>Spildevandsrensning – antaget for Egå RA [kWh/m³]</i>	-0,14
<i>Spildevandsrensning - hospital [kWh/m³]</i>	2,3
<i>Spildevandsrensning - vaskeri - MBR [kWh/m³]</i>	2,55
<i>Spildevandsrensning - vaskeri - polishing [kWh/m³]</i>	0,48
<i>Spildevandsrensning - hospital - aktivkul [kg/m³]</i>	0,02
<i>Spildevandsrensning slam Herlev Q [kgSS/m³]</i>	0,51
<i>Spildevandsrensning slam midtVask Q [kgSS/m³]</i>	2,15

[Tekst - Slet ikke efterfølgende linje, sektionsskifte]

Fremtidens ressourceeffektive og hygiejnisk sikre hospitalsvaskeri

Projektet havde til formål at kortlægge mulighederne for rensning og genbrug af spildevandet fra et hospitalsvaskeri samt udvikle en brugbar teknologisk løsning til dette. Projektet har vist, at det med de anvendte teknologier (MBR og RO) er muligt at rense vaskerispildevandet til en tilfredsstillende kvalitet, der kan anvendes i hospitalsvaskeriet. Det er således mulig at nedbringe vandforbruget signifikant ved en implementering af teknologikonceptet. Projektets økonomiberegninger viser, at en on-site løsning på hospitalsvaskeriet på nuværende tidspunkt har en relativ lang tilbagebetalingstid (11 år). Dog er der store perspektiver i en totalløsning, hvor spildevandet fra hele hospitalet renses decentralt og dele af det rensede spildevand anvendes i vaskeriet. Implementeringen af en totalløsning på vaskeriet og hospitalet i Skejby vil medføre store besparelser på vandudgifter for både hospital og vaskeri samt en markant reduktion i udledning af miljøfremmede stoffer til vandmiljøet. Samtidig indikerer projektets miljøberegninger, at implementering af en decentral løsning vil medføre et markant forhøjet CO₂-footprint ift. den nuværende situation på trods af et kraftigt reduceret vandforbrug.



Miljøstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø

www.mst.dk