

Reduktion af miljøbelastningen fra tøjvask

Effekten af blødgøring af brugsvand før vask

Peter Andreasen og Anneke E. Stubsgaard
DHI - Institut for Vand og Miljø

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.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
1 INDLEDNING	11
2 BEREGNEDE BESPARELSER I FORBRUGET AF OG BELASTNINGEN FRA VASKEMIDLER VED BLØDGØRING AF VASKEVANDET FØR VASK	13
2.1 BEREGNEDE BESPARELSER	13
2.2 SAMLEDE BESPARELSER I DANMARK	15
3 BEHOVET FOR KOMPLEKSBINDERE TIL BLØDGØRING AF VASKEVAND	17
3.1 FORSØG	17
3.2 RESULTATER OG DISKUSSION	17
3.3 INDHOLDET AF KOMPLEKSBINDERE I VASKEMIDLER TIL LANDE MED BLØDT VAND	18
4 TEKNISKE ASPEKTER AF BLØDGØRING AF VAND TIL HUSHOLDNINGER	21
4.1 KEMISK BEHANDLING	21
4.2 TERMISK BEHANDLING	22
4.3 IONBYTNING	22
4.4 MEMBRANFILTRERING	24
4.5 OVERVEJELSER I FORBINDELSE MED BLØDGØRINGSANLÆG TIL VASKEMASKINER	25
5 BETYDNINGSFULDE PARAMETRE FOR UDBREDELSE OG SALG AF BLØDGØRINGSANLÆG	27
5.1 MILJØMÆRKER	27
5.1.1 <i>Svanen</i>	27
5.1.2 <i>EU-blomsten</i>	29
5.1.3 <i>EU-Energimærkning</i>	29
5.2 INFORMATION	29
5.3 LOVGIVNING	29
6 ØKONOMI	31
6.1 ØKONOMI FOR VASKEMASKINEPRODUCENTEN	31
6.2 ØKONOMI FOR FORBRUGEREN	32
6.3 SAMMENLIGNING AF ØKONOMIEN VED EKSTERNE OG INTERNE BLØDGØRINGSANLÆG	32
7 SCENARIER: POTENTIALER OG KONSEKVENSER	33
7.1 IONBYTTERE	33
7.1.1 <i>Miljømæssige ulemper og fordele</i>	33
7.1.2 <i>Økonomi</i>	33
7.1.3 <i>Driftskrav/brugervenlighed</i>	34
7.2 NANOFILTRERING	34

7.2.1	<i>Miljømæssige fordele og ulemper</i>	34
7.2.2	<i>Økonomi</i>	34
7.2.3	<i>Driftskrav/brugervenlighed</i>	35
7.3	OPVARMNING	35
7.3.1	<i>Miljømæssige fordele og ulemper</i>	35
7.3.2	<i>Økonomi</i>	35
7.4	SEPARAT KOMPLEKSBINDER	35
7.4.1	<i>Miljømæssige fordele og ulemper</i>	35
7.4.2	<i>Økonomi</i>	35
7.4.3	<i>Driftskrav/brugervenlighed</i>	36
7.5	VASKEMIDLER TILPASSET ET GIVENT INTERVAL AF HÅRDHED	36
7.5.1	<i>Miljømæssige ulemper og fordele</i>	36
7.5.2	<i>Økonomi</i>	36
7.5.3	<i>Driftskrav/brugervenlighed</i>	37
8	KONKLUSION: VURDERING AF POTENTIALER	39
9	LITTERATUR	41

Bilag 1
Bilag B
Bilag C

Forord

Denne rapport er udarbejdet med støtte fra Rådet vedrørende Genanvendelse og Mindre Forurenende Teknologi. Formålet er at undersøge mulighederne for at reducere miljøbelastningen fra vask af tøj i husholdningerne ved blødgøring af brugsvandet før vask.

Rapporten er udarbejdet af DHI, der har det fulde ansvar for rapportens indhold, med værdifulde oplysninger fra GEUS, Danske Vandværkers Forening, samt den danske Forbrugerinformation og tilsvarende norske, svenske og finske forbrugerinstitutioner. DHI vil gerne takke for disse institutioners hjælpsomhed.

DHI vil ligeledes takke Knud Scherfig, Silhorko-Eurowater for hjælp til undersøgelsen af relevante nanofiltre på det globale marked.

Projektet har haft en styregruppe bestående af:

Lise Emmy Møller, Miljøstyrelsen
Linds fabrikker
Brancheforeningen SPT
Urtekram
Forbrugerinformationen
Peter Andreasen, Torben Madsen og Anneke Stubsgaard, DHI

DHI vil gerne takke styregruppens medlemmer for gode diskussioner og forslag.

Sammenfatning og konklusioner

Forbrug af vaskemidler, med og uden forudgående blødgøring

Indledning

Når vi i vores husholdninger skal have vasket tøj, er der brug for at fjerne hårdhedsionerne calcium og magnesium fra vandet, således sæbelus i tøjet undgås. Den måde danskerne og de fleste andre i dag får blødgjort deres vand til tøjvask, er via tilsætning af de kompleksbindere, der er i vaskemidlerne, evt. koblet med separat tilsætning af kompleksbindere.

Husholdningstekstilvaskemidler består af vaskeaktive stoffer (tensider) og kompleksbindere samt en række stoffer, herunder blegemidler og duftstoffer.

Danskerne vasker fortrinsvis deres tøj i hårdt vand

86% af Danmarks indbyggere vasker deres tøj med middelhårdt (10-20 °dH) eller hårdt vand (>20 °dH). Kun 14% har adgang til blødt vand (<10 °dH).

Når vi i husholdningerne i Danmark blødgør vandet vha. blødgørere i vaskemidlet, sker der generelt en betydelig overdosering af tensider. Dette er problematisk ud fra et miljømæssigt synspunkt, fordi flere tensider har en toksisk virkning.

Tøjvask i blødt vand medfører nedsat forbrug af vaskemiddel

Der anvendes i Danmark ca. 34 tusind tons vaskemidler i de private husholdninger (1998-tal, Bjørkholt 2000). Den beregnede, totale besparelse i privatforbruget af vaskemidler bliver over 9 tusind tons, svarende til ca. 27% af det nuværende privatforbrug af vaskemidler, hvis alle de indbyggere, der nu bruger middelhårdt og hårdt vand, før vasken får blødgjort deres vand til <10 °dH og doserer vaskemiddel svarende til anvisningen for 0-10 °dH. Besparelsen i forbruget forøges til mellem 30 og 60%, hvis vandet blødgøres til <3 °dH, og der doseres tilsvarende mindre.

Nedsat belastning af spildevandet med tensider

I områder med hårdt vand kan en reduktion på op til over 43% af tensiderne fra vaskemidler nedsætte mængden af miljøfremmede forbindelser i spildevandet væsentligt. I områder med middelhårdt vand er reduktionen på op til 23%.

COD-belastning

COD-belastningen fra en tøjvask betyder ikke meget i forhold til den øvrige COD-belastning fra en person.

Nedsat belastning af spildevandet med fosfor

Fosforbelastningen fra vaskemidler kan være en væsentlig del af en persons tilførsel af fosfor til spildevand, hvis der vaskes i hårdt vand, og hvis det anvendte vaskemiddel indeholder betydelige mængder fosfor. Hvis vandet til tøjvask i områder med relativt hårdt vand blødgøres, kan det lette betydeligt på renseanlæggenes udgifter til fosforfældning, samt have miljømæssigt fordelagtig indflydelse på renseanlægs slamkvalitet og på belastningen af søer fra bebyggelser i det åbne land.

Nedsatte udgifter til vaskemidler

Hvis vaskevandet i områder med middelhårdt og hårdt vand blødgøres før vask, kan hver person spare hhv. gennemsnitligt ca. 40 og 90 kr. i sine årlige udgifter til vaskemidler, hvis der doseres efter doseringsvejledning for blødt vand (0-10 °dH). I løbet af en husholdningsmaskines minimums levetid spares ca. 1500 og 3500 kr. på udgifter til vaskemidler ved hhv. middelhårdt og hårdt vand.

Høj dosering af kompleksbindere?

DHI har undersøgt, om der er mulighed for besparelser i forbruget af vaskemidler, selvom der stadig vaskes i hårdt vand. Forsøg med calciumselektiv elektrode tyder på, at der overdoseres med kompleksbindere i områder med hårdt vand, hvis doseringsvejledningen følges. Dette emne kræver en nærmere undersøgelse.

Blødgøringsteknikker

Eksisterende blødgøringsteknikker

Forskellige forbehandlingsteknikker for almindeligt hårdt ledningsvand kan tages i anvendelse med det formål at blødgøre vandet til vaskeprocessen. Anvendelsen skal godkendes af myndighederne. Traditionelt er der blevet anvendt følgende teknikker til blødgøring i forbindelse med forskellige industrielle anvendelser af vand:

- Kemisk behandling
- Termisk behandling
- Ionbytning
- Membranfiltrering

Kemisk behandling

Den kemiske behandling er en metode, der anvendes til husholdningsvaskemaskiner i dag. Metoden indebærer tilsætning af kompleksbindere til vaskevandet. Kompleksbinderne belaster i sig selv spildevandet, og hvis de tilsættes i form af et færdigblandet vaskemiddel, vil der ofte forekomme overdosering af tensider. Hvis de tilsættes separat, nedsættes doseringen af tensid. Separat tilsætning af kompleksbindere har været muligt i flere år, men har ikke vundet udbredelse, fordi det kræver ekstra arbejde og indsigt.

Termisk behandling

Hårdhedsionerne omdannes og udfældes ved opvarmning. Men opvarmningen kræver relativt meget energi, og opvarmningsenheden skal jævnligt afkalkes vha. syre og vand. Opvarmningen kunne bruges i høj temperaturvask, men det vil kræve køling til nogle typer vask. Metoden er derfor energikrævende, dyr og arbejdskrævende.

Ionbytning

Miljømæssige aspekter

Ved ionbytning udbyttes hårdhedsionerne Ca^{++} og Mg^{++} med natriumioner i vaskevandet. Teknologien anvendes allerede i husholdningsopvaskemaskiner, på industrivaskerier og møntvaskerier, samt på mange boligvaskerier. Ved ionbytning øges vandforbruget til tøjvask med mellem 4 og 20%, svarende til mellem 0,2 og 1 m^3 /person/år, og saltindholdet i spildevandet stiger med mellem 0,007 og 0,036 promille. Ulemperne modsvares af en væsentlig reduktion i belastningen af spildevandet med tensider, kompleksbindere og vaskemidlernes øvrige indholdsstoffer som beskrevet ovenfor.

Økonomi for producenten

Prisen for indbygning af ionbytning i en vaskemaskine er vurderet til at blive 300-400 kr. for producenten. Der findes ikke præinstallerede ionbyttere til husholdningsvaskemaskiner. Hvorvidt denne udgift får indflydelse på vaskemaskinernes pris, afhænger af markedsstrukturen.

Økonomi for forbrugeren

Prisbesparelsen ved nedsat forbrug af vaskemiddel bliver mellem 1500 og 3000 kr. i løbet af en maskines levetid (ca. 3.000 vaske). Til gengæld skal der købes salt for 300-600 kr., afhængigt af mærkevalg. Udgifterne til øget

vandforbrug afhænger af den mængde vand, det bliver nødvendigt at blødgøre, samt af prisen pr. m³. Udgiften til øget vandforbrug bliver 200 kr. i løbet af en maskines levetid, hvis hver m³ vand koster 28 kr., og det kun er vaskevandet, der skal blødgøres. For hvert hold skyllevand, der er behov for at blødgøre, stiger prisen tilsvarende.

Driftskrav

Driftskravet til ionbytning svarer til det driftskrav, der er erfaring for i husholdningsopvaskemaskiner. Der skal tilsættes salt på rette tidspunkt, ellers udebliver den blødgørende effekt, og ionbytterens grundmateriale, resinnet, ødelægges.

Membranfiltrering

Den relevante form for membranfiltrering er nanofiltrering, fordi porestørrelsen i membranen hindrer passage af hårdhedsioner, men tillader passage af vand ved lavt vandtryk og eksisterende tryk i ledningsnettet.

Miljømæssige aspekter

Der anvendes ingen kemikalier til nanofiltrering, så denne form for blødgøring belaster ikke spildevandet. Nanofiltrering nedsætter derimod forbruget af vaskemidler som beskrevet ovenfor med besparelser og nedsat forurening til følge.

Driftskrav

Driftskravet til forbrugeren er, at filteret jævnligt skal skylles. Der kan indbygges en simpel indikator i maskinen.

Udviklingstrin

Der er fundet nanofiltre på markedet med en relevant størrelse og kapacitet med henblik på placering i husholdningsvaskemaskiner. Vandudnyttelsen er dog meget lav, ca. 15-30%. Nanofiltrering er således ikke p.t. relevant til blødgøring af vaskevand. Men udviklingen af membraner går meget hurtigt, således at nanomembraner kan blive relevante alternativer til ionbyttere i nær fremtid, fordi der ikke er noget driftskrav og ingen belastning af spildevandet.

Eksterne og interne blødgøringsanlæg

Blødgøringsanlæg kan både indbygges i nye maskiner og monteres i forbindelse med maskiner, der allerede er i brug. Montering af blødgørere i den eksisterende maskinpark bliver forholdsvis dyrt, fordi installatørerne skal ud til hver enkelt bruger og tilpasse installationen til de lokale forhold. Måske kan det alligevel betale sig, især for brugere med hårdt vand, at få installeret en blødgører til deres vaskemaskine, fordi det kan medføre betydelige besparelser i forbruget af vaskemidler i den enkelte husstand.

Nye vaskemidler og ny doseringsform

Hvis der skal skabes et marked for vaskemidler, der decideret er fremstillet til blødt vand, er det nødvendigt, at der er en forbrugergruppe af en vis størrelse. Denne forbrugergruppe vokser sandsynligvis hurtigere, hvis der både er eksterne og indbyggede blødgøringsanlæg til vaskemaskiner på markedet.

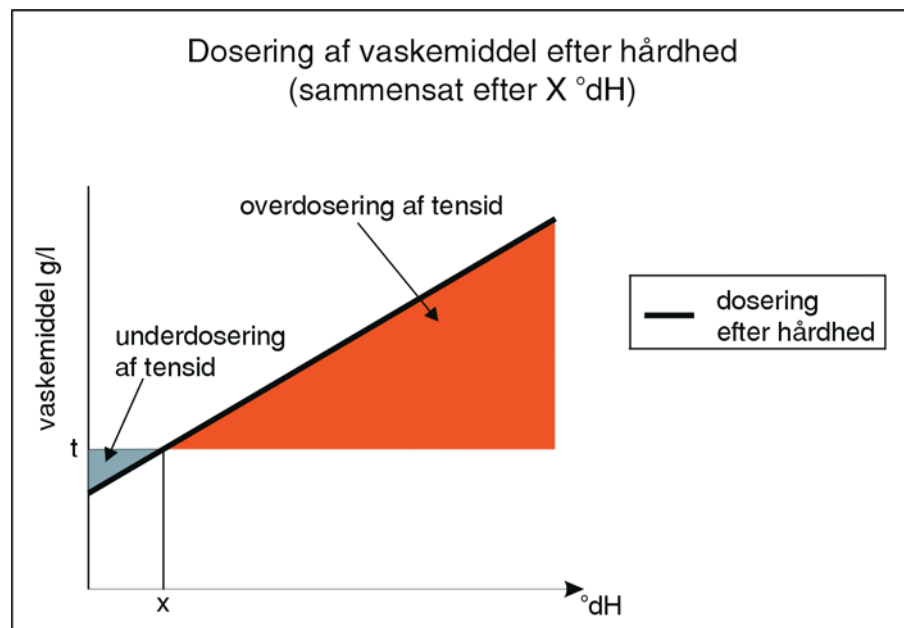
I forbindelse med implementering af blødgørere på vaskemaskiner er det væsentligt, at forbruget af vaskemidler nedsættes svarende til det reducerede behov for vaskemiddel. Forbruget kan bl.a. nedsættes præcist til det nye behov vha. automatisk dosering af vaskemiddel. Producenterne af vaskemaskiner kan dog kun implementere en sikker, automatisk dosering, hvis effektivitet, konsistens, massefylde m.m. af det vaskemiddel, der skal anvendes, er kendt. Dette kræver, at der indføres en standardisering af markedets vaskemidler, svarende til kravet om energimærkning af vaskemaskiner eller kravet om oktantal på benzin.

Det vil være oplagt at indføre tilskud til køb af blødgøringsanlæg og vaskemaskiner med indbyggede blødgøringsanlæg, fordi det reducerer belastningen af spildevandet - og dermed miljøet - så betydeligt.

1 Indledning

Når vi i vores husholdninger skal have vasket tøj, er der brug for at fjerne hårdhedsionerne calcium og magnesium fra vandet, således sæbelus i tøjet undgås. Den måde danskerne og de fleste andre i dag får blødgjort deres vand til tøjvask, dvs. fjernet vandets hårdhed, er via de kompleksbindere, der er i vaskemidlerne, evt. koblet med separat tilsætning af kompleksbindere. Husholdningstekstilvaskemidler består af vaskeaktive stoffer (tensider) og kompleksbindere samt en række stoffer, herunder enzymer, blegemidler, vaskeforstærkere og duftstoffer.

Dosering af vaskemiddel Producenterne af vaskemidler til detailhandelen sammensætter, m.h.t. tensider og kompleksbindere, deres produkter ud fra en given hårdhed på det tilsigtede marked ("x" på abscissen i *Figur 1.1*). Brugere med vand af hårdheden "x" kan dosere korrekt både mht. tensider ("t" på ordinaten i *Figur 1.1*) og kompleksbindere. Har brugerens vand derimod en lavere hårdhed – og doserer brugeren derefter – underdoseres der tensid. Hvis brugerens vand omvendt er hårdere end "x", overdoseres der tensid. I Danmark er det kun problemet med overdosering af tensid, der miljømæssigt er betydeligt, fordi vaskemidlernes sammensætning og doseringsvejledning tager højde for muligheden for blødt vand.



Figur 1.1
Illustration af doseringsmængdens afhængighed af vandets hårdhed, og deraf følgende underdosering af tensid ved hårdheder under værdien "x", samt overdosering af tensid ved alle hårdheder over "x". "x" illustrerer den hårdhed, vaskemidlets receptur er lavet ud fra. "t" illustrerer den koncentration af tensid, der er nødvendigt for tilfredsstillende vaskeresultat, i det omfang tensiderne er uafhængige af hårdheden. Figuren er kun en principskitse, hvorfor der ikke kan sættes generelt gældende værdier på akserne.

Overdosering af tensid Når vi i husholdningerne i Danmark blødgør vandet vha. blødgørere i vaskemidlet, sker der således en betydelig overdosering af tensider. Dette er

problematisk ud fra et miljømæssigt synspunkt, fordi flere tensider har en toksisk virkning.

Det er derfor relevant at undersøge, om der findes mindre miljøbelastende teknikker til blødgøring af vaskevandet.

Indføring af blødgøring kan skabe behov for vaskemiddel til blødt vand

Hvis muligheden for vask med relativt blødt vand (fx 2 °dH, hvor 1 °dH svarer til 10 mg CaO pr. liter) introduceres i Danmark, medfører det overdosering af kompleksbinder, fordi laveste doseringsgrad iflg. vejledningen er til 0-10 °dH. Derfor bliver der, samtidig med implementering af blødt vand til husholdningsvaskemaskiner, behov for et vaskemiddel til blødt vand.

Uanset om det i dette projekt viser sig, at der findes mindre miljøbelastende metoder til blødgøring af vaskevandet, vil der alligevel opstå en efterspørgsel efter husholdningsvaskemidler til blødt vand i Danmark, da de stigende grundvandspriser og lokal vandmangel medfører øget brug af blødt regnvand til tøjvask. Både udvikling af blødgøringsteknikker til husholdningsvaskemaskiner og anvendelse af regnvand til tøjvask kan således fremme efterspørgslen efter vaskemidler til blødt vand i Danmark. Sådanne vaskemidler findes allerede til industrivaskemaskiner.

En anden mulighed er, at der på de eksisterende vaskemiddelpakninger tilføjes en doseringsvejledning til helt blødt vand (fx 2 °dH), hvis de eksisterende vaskemidler kan vaske rent ved så lav dosering. Der er i projektperioden fundet vaskemidler i de danske supermarkeder, hvor der både er doseringsanvisninger til helt blødt vand (op til 2,5 °dH) og til danske forhold (Neutral Compact Color og koncentreret Bio-tex Color).

Formål

Formålet med dette projekt er at undersøge og sammenligne relevante alternativer til dagens gængse teknik til blødgøring af vaskevand til husholdninger.

Det er desuden formålet at vurdere den potentielle reduktion i forbruget af vaskemidler ved alternativ blødgøring samt eventuelle miljøpåvirkninger, som forårsages af brugen af blødgøringsteknikker.

Rapportens opbygning

I denne rapport gennemgås først, hvilken betydning blødgøring ville have på vaskemiddelforbruget og på mængden af forureningskomponenter i afløbet (kapitel 2 og 3). Da effekten af blødgøring viser sig at være betydelig, fortsættes med en udredning af de tekniske aspekter af blødgøring (kapitel 4). I kapitel 5 og 6 gennemgås muligheden for et marked, samt de økonomiske konsekvenser. I kapitel 7 opstilles en række scenarier, hvor potentialer for hver form for blødgøring sættes over for konsekvenserne af valget af den enkelte form for blødgøring. Til sidst konkluderes i kapitel 8: Er blødgøring realistisk? I positivt fald: Hvilken blødgøring vurderes værende bedst egnet til husholdningsvaskemaskiner, og hvilke tiltag må gøres før implementering af blødgøring i danske husholdningsvaskemaskiner?

2 Beregnede besparelser i forbruget af og belastningen fra vaskemidler ved blødgøring af vaskevandet før vask

Forudsætning

For at afgøre hvorvidt implementeringen af blødgøringsanlæg kan reducere miljøbelastning og samtidig være økonomisk neutral, har DHI indkøbt 15 forskellige vaskemidler til detailbrug. Både flydende vaskemidler og vaskepulver indgår i undersøgelsen. Pris og dosering er undersøgt, og der er analyseret for fosfor og COD. Disse data er anvendt til beregning af pris og COD- og fosforbelastning pr. vask i blødt, middelhårdt og hårdt vand.

2.1 Beregnede besparelser

Datagrundlag, beregninger, resultater og usikkerheder er samlet i bilag 1. Forskelle fra mærke til mærke kan vurderes ud fra listen over oplyste indholdstoffer i bilag 5. Herunder (*Tabel 2.1*) opsummeres resultaterne som gennemsnit af de 15 undersøgte vaskemidler. Vurderingerne bygger på, at doseringen foretages som angivet på brugsanvisningen. Doseringen efter blødgøring er fastsat som dosering for blødt vand, dvs. < 10 °dH.

	<10 °dH	10-20 °dH	>20 °dH
Forbrug af vaskemidler, kg/person/år	4,4	5,8	7,8
Iltforbrug, g COD/vask	25	34	47
P-belastning, g/vask	1,3	1,8	2,4
Besparelser i udgifter til vaskemidler, hvis vandet forudgående er blødgjort, kr./person/år	0	38	92
Reduktion i tensid-, COD- og P-belastning, samt pris/vask, hvis vandet forudgående er blødgjort, procent	0	23	43

Tabel 2.1

Forbrug af vaskemidler med deraf følgende belastning af afløbsvandet med fosfor og COD, samt reduktion i udgifter og belastning af afløbsvandet, såfremt middelhårdt eller hårdt vand forudgående blødgøres.

COD-belastning ved tøjvask

COD-belastningen fra en tøjvask betyder ikke meget i forhold til den øvrige COD-belastning fra en person: Hver dag produceres ca. 130 g COD/person (Henze m.fl., 1992). Hver dag produceres 5-10 g COD via tøjvask. Således stammer 4-8% af COD-belastningen fra en persons spildevand fra vaskemidler. COD-belastningen kan nedsættes med op til 4% ved blødgøring af hårdt vaskevand (>20 °dH).

P-belastning ved tøjvask

Fosfat er en god kompleksbinder. Fosforbelastningen fra vaskemidler kan dog udgøre en væsentlig del af en persons tilførsel af fosfor til spildevand: Fosforbelastningen udgør som gennemsnit 1,5-2 kg/person/år (Henze m.fl.,

1992). Hver dag udledes som gennemsnit 0,3-0,5 g P via tøjvask. Variationerne i udledning af fosfor er betydelige, fordi nogle vaskemidler ikke indeholder fosfor, mens andre, der indeholder fosfater som kompleksbindere, bruges i relativt store mængder i områder med relativt hårdt vand, (se bilag 5). Derfor kan implementering af blødgørere til husholdningernes vaskemaskiner i områder med relativt hårdt vand medføre en væsentlig reduktion i fosforbelastningen af spildevandet. Denne reduktion er interessant ud fra flere synspunkter:

- Mængderne af fosfor, der skal fjernes på kommunale rensningsanlæg, kan nedsættes betydeligt.
- Da der ikke anvendes kemiske forbindelser til den nye form for blødgøring, bruges besparelserne i fosforfældning ikke på udgifter til fjernelse af andre forbindelser på renseanlæggene.
- Fosfor og fældningskemikalier bidrager væsentligt til belastningen af renseanlægsslam med tungmetaller (Tørsløv m.fl., 1996). Den nedsatte belastning af renseanlægget kan derfor, afhængigt af de eksisterende grænseværdier, medføre nye, evt. billigere afsætningsmuligheder for slammet.
- Fosfor er ofte den begrænsende faktor for algeopblomstring i de danske ferske vande. Samtidig sker en betydelig del af punktudledningen af fosfor til de ferske vande fra den spredte bebyggelse (Miljøstyrelsen, 1995). Hvis udledningen af fosfor fra bebyggelserne i det åbne land reduceres pga. nedsat forbrug af vaskemidler/kompleksbindere, reduceres den samlede tiledning til de ferske vande således betydeligt.

Reduktionen i fosforforbruget har også langsigtet betydning: Med den nuværende udvindingsteknik og det nuværende forbrug er der fosforreserver til 100-200 år (Fredrikson, 1994). Det vil derfor på et tidspunkt blive nødvendigt at reservere fosforreserverne til afgrødeproduktion og finde bæredygtige alternativer til fosfor i vaskemidler.

Sparede udgifter til vaskemidler ved forudgående blødgøring

De årlige udgifter til vaskemidler er, for den enkelte person, lavest ved vask i blødt vand, fordi her er den laveste dosering. Hvis vaskevandet i områder med middelhårdt og hårdt vand blødgøres før vask, sparer hver person hhv. gennemsnitligt 38 og 92 kr. i sine årlige udgifter til vaskemidler. Disse beløb er anvendt i nedenstående vurdering af, hvad blødgøringsanlæg kan koste for at være udgiftsneutrale for forbrugeren. Husholdningsmaskiner er produceret til at holde til minimum 3000 vaske (Höjer, 1998). Danskerne vasker gennemsnitligt 78 gange/person/år (NESA, 1995). I løbet af en maskines minimumslevetid spares således ca. 1500 og 3500 kr. på udgifter til vaskemidler ved blødgøring af hhv. middelhårdt og hårdt vand. Om besparelsen i forbruget af vaskemidler modsvarer en evt. prisstigning for vaskemaskinen, afhænger bl.a. af prisstigningen og antal personer i husholdningen, samt disse personers vaskevaner. Der er desuden bl.a. variationer i vaskemidlernes pris at tage hensyn til. Derfor er besparelserne på hhv. 1500 og 3500 kr. kun grove skøn.

Procentvis reduktion i udgifter og belastning af spildevandet ved forudgående blødgøring

Det ligger ikke indenfor projektets rammer at analysere indholdet af tensider i vaskemidlerne. Derfor kan der kun opgives procentvise mål for reduktionen af vaskemidler i afløbet fra vaskemaskiner, hvis middelhårdt eller hårdt vand blødgøres før vask. Da værdierne er relative, gælder de også for relativ reduktion af pris, fosfor- og COD-belastning. Værdierne er beregnet som % reduktion af dosering ved den givne hårdhed i forhold til dosering for 0-10 °dH. Således reduceres pris og belastning af afløbsvandet med hhv. 23 og 43%

som gennemsnit for middelhårdt og hårdt vand, hvis vandet forudgående blødgøres.

I områder med middelhårdt, og i særdeleshed i områder med hårdt vand, kan en reduktion på op til 43% af tensiderne fra vaskemidler nedsætte mængden af miljøfremmede forbindelser i spildevandet væsentligt. Dette har især betydning i områder, hvor spildevand ledes urensset til recipient, og i renseanlæg, hvor der kun sker en anaerob omsætning af slam.

Denne reduktion af husholdningsspildevandets indhold af tensider vil bl.a. afspejles i indholdet af LAS i slammet fra rensningsanlæggene. Det vurderes at "den altdominerende kilde til LAS i spildevand vurderes at være vaskemidler til fx husholdninger, industrien og institutioner. ... Tøjvask i private husholdninger og institutioner m.m. vurderes at repræsentere baggrunds niveauet af LAS i spildevand", mens forskellige former for store rengøringsbehov lokalt kan hæve spildevandets indhold af LAS væsentligt (Miljøstyrelsen, 1998).

Beregningerne af besparelserne i forbruget af vaskemidler stemmer overens med et prischeck af kalkbindere, som Forbrugerstyrelsen har foretaget (Kraybørre, 1998). I testen undersøges, hvor meget der spares på vaskemidlet, hvis brugsvandet blødgøres vha. separat, kemisk kalkbinder. Resultatet er, at forbruget af vaskemidler nedsættes afhængigt af brugsvandets hårdhed, og at op mod halvdelen af vaskemidlet kan spares i områder med hårdt vand.

2.2 Samlede besparelser i Danmark

Ud fra oplysninger fra Danske Vandværkers forening, GEUS, samt Frederiksberg og Herlev Kommuner er det blevet muligt at beregne antallet af indbyggere, der bruger hhv. blødt, middelhårdt og hårdt vand (*Tabel 2.2*).

Disse data sammenholdes med det i *Tabel 2.1* beregnede gennemsnitlige forbrug af vaskemidler ved hhv. blødt, middelhårdt og hårdt vand. Det er igen antaget, at dosering af vaskemiddel sker iht. brugsanvisningen for 0-10 °dH. Heraf fås et omtrentligt mål for det totale forbrug af vaskemidler i Danmark. Deraf beregnes den procentvise besparelse i forbruget af vaskemidler, hvis alle indbyggere med middelhårdt og hårdt vand blødgjorde deres vand før vask.

Kommuner med et samlet indbyggertal på 0,5% af Danmarks indbyggere har ikke indmeldt hårdheden af deres vand. Disse deltager ikke i undersøgelsen, men har selvfølgelig også et vist forbrug af vaskemidler.

	Antal indbyggere	Privat-forbrug kg/person	Privatforbrug tons totalt	Tons sparet ved forudgående blødgøring	% sparet af totalt forbrug i Danmark
<10 °dH	729.159	4,4	3.200	0	0
10-20 °dH	3.315.784	5,8	19.000	4.600	15
>20 °dH	1.210.759	7,8	9.400	4.100	13
Totalt i DK	5.255.702		32.000	8.800	27

Label 2.2

Beregninger af privatforbruget af vaskemidler, samt mulige besparelser i forbruget, fordelt på blødt, middelhårdt og hårdt vand.

Beregningerne viser, at besparelserne i privatforbruget af vaskemidler ville være omtrent lige så store, hvis alle indbyggere med middelhårdt vand blødgjorde deres vaskevand, som hvis alle indbyggere med hårdt vand blødgjorde deres vaskevand. Årsagen er, at befolkningsgruppen med middelhårdt vand er relativt stor.

Beregningerne viser desuden, at den totale besparelse i privatforbruget af vaskemidler bliver ca. 9,2 (1998-tal) tusind tons, svarende til ca. 27% af det nuværende privatforbrug af vaskemidler.

Der kan yderligere opnås en betydelig reduktion i forbruget af og belastningen fra vaskemidler, hvis der samtidig med forudgående blødgøring af vaskevandet doseres specifikt til vandets hårdhedsgrad, fx op til 2,5 °dH: Der er indhentet få oplysninger om doseringsvejledninger på emballagen af vaskemidler, der forhandles i både Danmark og Norge og/eller Finland, hvor vandet generelt er op til 2,5 °dH. På produkterne er anvist dosering i Danmark og i Norge. Forskellen i doseringsvejledning for Norge og Danmark skyldes ikke ændring i receptur for produktet, men skyldes derimod forskel i hårdhed. Som eksempel reduceres forbruget af Neutral Compact Color med 12%, hvis middelhårdt vand forudgående blødgøres, hvorefter der doseres efter dansk blødt vand, mens reduktionen er på 52%, hvis der efter blødgøring doseres efter norske forhold.

Det bør bemærkes, at disse besparelser kun gælder, hvis alt vaskevandet, inkl. skyllevand, blødgøres. Hvis der derimod skylles med hårdt vand, vil der udfældes kalk i tøjet, hvilket øger behovet for vaskemiddel i den efterfølgende vask af tøjet.

Det bør desuden bemærkes, at de flydende vaskemidler i stigende grad fungerer uafhængigt af vandets hårdhed, således at den nødvendige doseringsmængde ikke - eller kun i ringe grad - påvirkes af en eventuel blødgøring af vaskevandet før vask.

3 Behovet for kompleksbindere til blødgøring af vaskevand

Indledning

I kapitel 2 blev reduktionen i forbruget af vaskemidler beregnet ud fra doseringsvejledninger for 3 grupper af vands hårdhed. I dette kapitel undersøges, via analysearbejde, behovet for vaskemiddel for at blødgøre vand af en kendt hårdhed. Det målte behov sammenlignes derefter med de vejledende doseringsmængder. Forsøgene afspejler ikke situationen under en vask, hvor tensider binder smuds, hvorved der er mindre tensid til rådighed for kompleksbinding af calcium.

3.1 Forsøg

Der findes en dansk standard for måling af vandets hårdhed (DS nr. 250). Denne standard er ikke anvendelig i forsøget, fordi den baseres på titrering med EDTA, der vil bryde ind i forholdet mellem kompleksbundne og frie calcium-ioner i en blanding af vaskemiddel og vand af en given hårdhed. Derfor er der i forsøget anvendt en Radiometer calcium selektiv elektrode, der registrerer frie hårdhedsioner i en væske.

Metode og resultater er beskrevet i bilag 2.

Det bør bemærkes, at SPT vurderer, at anvendelsen af Radiometer calcium selektiv elektroden giver misvisende resultater, og at anvendelsen af elektroden ikke umiddelbart kan danne baggrund for de betragtninger, der er anført i dette kapitel.

3.2 Resultater og diskussion

I *Tabel 3.1* er resultaterne samlet og sammenlignet med doseringsvejledningerne på emballagen:

	Bluecare	Ariel	Mini risk	Green Clean
Anbefalet ekstra dosering for at sænke hårdheden fra mellem 10 og 20 dH til under 10 dH, angivet på pakken, værdier er i ml	25	22	30	50
Anbefalet ekstra dosering for at sænke hårdheden fra over 20 dH til under 10 dH, angivet på pakken, værdier er i ml	75	44	80	100
Målt behov for at sænke hårdheden 10 dH, værdier er i ml	24,4	5,6	22,5	31,2
% afvigelse hvis 10-20 dH vand skal blødgøres	2	75	25	38
% afvigelse hvis 20-30 dH vand skal blødgøres	67	87	72	69
% afvigelse hvis 30-40 dH vand skal blødgøres	35	75	44	38
% afvigelse hvis 40-50 dH vand skal blødgøres	2	62	16	6

Tabel 3.1

Forholdet mellem målt og anbefalet doseringsbehov for blødgøring af rent vand med en given hårdhed.

Forsøgene viser, at 2 ud af de 4 undersøgte vaskemiddelmærkers vejledende dosering betydeligt overstiger behovet for kompleksbinding af vaskevandet ved 10-20 °dH, mens alle mærkernes vejledende dosering betydeligt overstiger behovet for kompleksbinding for vand mellem 20 og 40 °dH. I Danmark er det kun Vallensbæk og Rødovre kommune, der har opgivet en gennemsnitlig hårdhed på over 30 °dH (Danske Vandværkers Forening, 1998).

Mange vaskemiddelmærker anbefaler højere ekstra-dosering for at sænke hårdheden fra en høj værdi til en middel end fra en middel til en lav. Forsøgene indikerer derimod, at der skal bruges relativt mindre mængder vaskemiddel til at binde hårdheden fra hårdt til middel hårdt end fra middel hårdt til blødt. En forklaring kan være, at producenten har anbefalet ekstra dosering i hårdt vand, fordi vejledningen gælder alle hårdhedsgrader over 20 dH, dvs. også de meget høje hårdhedsgrader. Denne meget brede doseringsvejledning medfører overdosering ved brug af de 4 vaskemidler, hvis vandet er af en hårdhed mellem 20 og 50 dH.

Der er dog også et vist behov for kompleksbindere til at virke vaskeforstærkende og tage den hårdhed, smudset i tøjet medfører. En vaskemiddelproducent har udtalt, at der ikke findes præcis viden eller litteratur, der beskriver behovet for kompleksbinder for at øge vaskevirkningen og for at blødgøre smudsets hårdhed, (Ramsing, 1998). Da doseringsvejledningen gælder for normalt tilsmudset tøj i en maskine med ca. 14 liter vaskevand, kræver det, at smudset i tøjet forøger hårdheden i de 14 liter vaskevand med de 35 – 85%, der er tilovers efter blødgøring af vaskevandets egen hårdhed.

Det er også fremført (Ramsing), at kalken ved de 43 °C, hvor forsøget foregår, er adsorberet til div. stoffer, og derfor ikke måles med calcium elektroden. Omkring 60 °C udfældes kalken derimod, hvis den ikke er bundet til en kompleksbinder. Derfor kræves et betydeligt overskud af kompleksbinder ved 43 °C.

Forbrugerinstitutioner i Norge, Sverige og Finland, samt Forbrugerstyrelsen i Danmark, har alle jævnlige testet et udsnit af de på markedet eksisterende vaskemiddelmærker mht. vasketekniske egenskaber. Nogle vaskemidler vasker ikke tilfredsstillende. Dette kan have mange andre årsager end underskud af kompleksbindere, men det medfører, at det afhænger af vaskemiddelmærket, hvorvidt der kan opnås et tilfredsstillende vaskeresultat ved lavere dosering end angivet på vaskemidlets emballage.

3.3 Indholdet af kompleksbindere i vaskemidler til lande med blødt vand

Indholdet af kompleksbindere i vaskemidler til det finske detailmarked er undersøgt i 1997 (Teknokemiska Föreningen, 1997). Indholdet er med få undtagelser på 15-30%, ligesom i de vaskemidler til det danske detailmarked, der indgår i dette projekt. Men vandets hårdhed ligger i Finland generelt på ca. 2 °dH.

I Norge har fabrikken Lilleborg over 75% af markedsandelen af vaskemidler til detailhandelen. Lilleborgs vaskemidler i pulverform indeholder 30-35%

kompleksbindere (Baklund, 1998), selvom 99% af de norske husstandes vand er af en hårdhed på under 2,5 dH (Hongve m. fl., 1994).

Brugsvandet til over 80% af de svenske husholdninger har en hårdhed på under 6 °dH (Farm, 1998). Langt den overvejende del af detailmarkedet for vaskemidler udfyldes af de samme mærker og produkter som i Norge og Danmark. Det er derfor meget sandsynligt, at indholdet af kompleksbindere og tensider i de svenske vaskemidler er lige så højt som i vaskemidlerne i Norge og Danmark.

Er der brug for et indhold på 15 – 30% kompleksbinder i vaskemidler til blødt vand? I Danmark doseres der mere vaskemiddel (med et generelt tilsvarende indhold af kompleksbindere og tensider) for at få blødgjort det forholdsvis hårdere vand. Således doseres også forholdsvis flere tensider, selvom at danskernes tøj ikke kan forventes at være mere smudset end vore naboers. Hvis doseringerne er korrekte mht. behovet for kompleksbindere i både Danmark, Norge og Sverige, ser det ud til, at der i Danmark sker en betydelig overdosering af tensider fra de 86% af Danmarks indbyggere, der vasker deres tøj med middelhårdt eller hårdt vand.

Behov for standarder på markedet for tekstilvaskemidler til husholdninger

Både de betydelige variationer i vaskemidlernes egenskaber, og resultaterne af undersøgelserne af behovet for kompleksbindere indikerer, at der ville være en stor miljømæssig gevinst ved at udarbejde generelt gældende krav til producenterne af vaskemidler om vaskemidlernes egenskaber, svarende til benzins oktantal eller EU's krav om energimærkning af vaskemaskiner (beskrives i kapitel 5). Derved sikres muligheden for korrekt dosering samt muligheden for optimal tilpasning af vaskemaskiner til vaskemidlernes egenskaber, hvorved energi-, vaskemiddel- og vandforbrug kunne bringes til et minimum.

Det vurderes, at der er behov for yderligere undersøgelser for at finde frem til det optimale forhold mellem vandets hårdhed og vaskemidlers indhold af diverse kompleksbindere.

4 Tekniske aspekter af blødgøring af vand til husholdninger

Indledning

Da det i de 2 forudgående kapitler har vist sig, at forudgående blødgøring af middelhårdt og hårdt vand vil medføre en betydelig reduktion i forbruget af vaskemidler, er det relevant at undersøge, om det er teknisk og økonomisk muligt at implementere blødgøring i vaskemaskiner. I dette kapitel gennemgås de tekniske aspekter af blødgøringsanlæg i/ved vaskemaskiner, og i næste kapitel gennemgås de økonomiske aspekter.

Oplysningerne i dette kapitel er tilvejebragt via litteraturstudier, samtaler med producenter af vaskemaskiner og blødgøringsanlæg, forhandlere af reservedele til hårde hvidevarer og reparatører.

Forskellige forbehandlingsteknikker for almindeligt hårdt ledningsvand kan tages i anvendelse med det formål at blødgøre vandet til vaskeprocessen. Traditionelt er der blevet anvendt følgende teknikker til blødgøring i forbindelse med forskellige industrielle anvendelser af vand:

- Kemisk behandling
- Termisk behandling
- Ionbytning
- Membranfiltrering

4.1 Kemisk behandling

Kompleksbindere i vaskemidlerne

Den form for blødgøring af vaskevandet, der i øjeblikket anvendes til husholdninger, er kemisk behandling, idet vaskemidlet indeholder kompleksbindere. Metoden indebærer, som beskrevet i afsnit 1, væsentlig overdosering af tensider i områder med middelhårdt og hårdt vand.

Separat dosering af kompleksbindere

Vandets indhold af calcium og magnesium kan bindes ved separat tilførsel af kompleksbindere i mængder, som modsvarer vandets hårdhed. Derved kan de overfladeaktive stoffer doseres mere præcist. Denne løsning er prøvet i en manuel udgave, som en komponent i det såkaldte byggeklodssystem, opbygget af 2 til flere "byggeklodser", fx blegemiddel, vaskemiddel og kompleksbindere. Hver "klods" doseres manuelt i et forsøg på at dosere efter hver vasks specifikke behov. Forbrugerstyrelsen har udført en undersøgelse af separat dosering af kompleksbindere, som viste, at metoden er effektiv, men generelt dyrere end hvis der kun anvendes vaskemiddel. (Kraybørre, 1998). Metoden er tidskrævende for brugeren og kræver desuden indsigt i hver "klods'" egenskaber. Derfor har metoden ikke vundet betydelig udbredelse i noget land (Stamminger, 1998; Klonteig, 1998; Ramsing, 1998, Mc Grail, 1998).

Høj pH

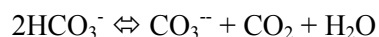
Vandets indhold af calcium og magnesium kan også kemisk udfældes som hhv. kalk og magnesiumhydroxid ved at hæve pH. Den efterfølgende separeringsproces kræver en bundfældnings eller filtreringsenhed, samt evt. en

justering af pH. Metoden er derfor ikke anvendelig som forbehandling i private husholdninger.

4.2 Termisk behandling

Metoden

Vandets hårdhed kan fjernes delvist ved opvarmning til min. 70 °C. Ved opvarmning vil vandets indhold af CO₂ forsvinde ved afgang og ligevægten mellem bikarbonat og CO₂ forskydes mod højre:



Efterhånden vil indholdet af CO₃²⁻ være så højt, at koncentrationen af calciumkarbonat overskrider opløseligheden, og kalk bliver udfældet. Denne udfældning svarer til det, der kaldes forbigående hårdhed eller bikarbonathårdhed.

Vurdering af metoden

Metoden kræver et væsentligt energiforbrug samt omfattende rutiner for fjernelse af kalkbelægninger i opvarmningsenheden ved hjælp af kemikalier. Metoden er derfor ikke relevant i dette projekt, der tilsigter nedsat miljøbelastning.

4.3 Ionbytning

Metoden

Som navnet indikerer, er ionbytning en proces, hvor ioner, der er fastholdt på overfladen af et fast stof (ionbytter-materialet), skifter plads med ioner med tilsvarende ladningsfortegn i en væske, som er i kontakt med ionbytter-materialet.

Den basale reaktion ved en ionbytningsproces kan sammenlignes med en kemisk reaktion. En ionbytter indeholder fra starten den positive ion A⁺, som bliver fastholdt af den negative gruppe R⁻ i ionbytteren. Når væsken, som indholder den positive ion B⁺, passerer ionbytteren, vil der opstå en ligevægt mellem de to positive ioner og ionbytteren:



Ligevægten vil forskydes til den ene side afhængigt af ionernes koncentration og elektrostatiske affinitet til ionbytteren. I praksis vil divalente ioner hurtigt overtage pladsen i ionbytteren fra monovalente ioner.

Den mest udbredte anvendelse af ionbytning er fjernelse af hårdhed (Ca²⁺ og Mg²⁺-ioner) fra vand anvendt i industrien og husholdninger. Blødgøringen resulterer i udskiftning af calcium- og magnesiumioner med natrium-ioner (Na⁺).

Langt de fleste ionbyttere er opbygget med en syntetisk ionbyttermasse (resin).

Regenerering af ionbyttere kan foregå på forskellige vis (dette benyttes også til at opdele kommercielle ionbyttere i typer):

Typerne opdeles efter grad af automatisering

Manuel type: Ionbyttere af denne type kræver, at brugere starter nogle eller alle funktionerne under normal drift. Dette kan omfatte skift til og start af returskyllning, regenerering, rensning og normal drift.

Semi-automatisk type: De mere komplicerede systemer kræver, at brugeren alene starter proceduren for regenerering. Systemet gennemfører herefter selv en cyklus med skift til og start af returskyllning, regenerering, rensning og normal drift.

Automatisk type: Den fuldautomatiske type er udstyret med en timer, flowmåler, ledningsevne måler eller en hårdhedsmåler, der igangsætter og gennemfører proceduren for regenerering.

Ionbyttere i opvaskemaskiner har givet erfaringer med ionbyttere i husholdninger

Uanset hvilken type, der kan komme på tale til husholdningsmaskiner, indebærer alle typer, at der som minimum tilsættes salt. Service- og salgsfolk indenfor branchen har i forbindelse med ionbytning en væsentlig erfaring: Jo mere en maskine skal kunne, des større servicefrekvens. Især når der stilles krav om drift, bl.a. i form af tilsætning af salt (Herskov m.fl., 1998).

En anden negativ erfaring med ionbytning i opvaskemaskiner er, at opvaskemidlerne indeholder så meget kompleksbinder, at den samlede koncentration af salte bliver så høj, at det tærer glas og bestik. Hårdheden beskytter mod denne type tæring. Det er vigtigt at forebygge dette problem i vaskemaskiner, enten ved forøget kommunikation mellem vaskemaskine- og vaskemiddel-producenter, kravsspecifikation som nævnt i kapitel 6, eller andet.

Det teknologiske stade for ionbyttere til opvaskemaskiner kan overføres direkte til vaskemaskiner

Bortset fra ovennævnte negative erfaringer med ionbyttere i opvaskemaskiner vil den opnåede teknologiske viden kunne overføres direkte til vaskemaskiner, idet ionbyttere til opvaskemaskiner umiddelbart vil kunne bruges til vaskemaskiner (Carlsson, 1998). Opvaskemaskiner fungerer i Danmark generelt uden større problemer. Metoden bruges på de danske industrivaskerier i fællesvaskerier. Ionbytning af brugsvand er desuden udbredt i USA, (Scherfig, 1998).

I opvaskemaskiner ledes regenereringsvand ind gennem maskinen. Dette er ikke ønskeligt for vaskemaskiner, fordi saltet vil lægge sig i tøjjet, men vandet kan let ledes udenom (Carlsson, 1998).

Der må tages hensyn til stålets kvalitet, hvis blødgøring sker vha. ionbytter. I øjeblikket laves husholdningsmaskiner af 17/7 stål, mens industrimaskiner, der modtager ionbyttet vand, laves af 18/8 stål (Höjer, 1998).

Miljømæssige aspekter

Ved ionbytning stiger vandforbruget med ca. 20%. Dette skyldes, at ionbytteren jævnligt må gennemskyllles med saltholdigt vand for at blive regenereret.

Hvis en person vasker 78 gange om året, har et vandforbrug på 170 liter/dag og har en vaskemaskine, der bruger 70 liter/vask, stiger det årlige vandforbrug med ca. 1 m³ ved ionbytning, svarende til en stigning i det personlige vandforbrug på ca. 1,8%.

Der har ikke været gjort en særlig indsats for at nedsætte vandforbruget til ionbytning (Scherfig, 1998). Derfor kan vandforbruget til regenerering sandsynligvis nedsættes.

Der er en vis miljøbelastning forbundet med saltudvindingen, men den er ikke forsøgt vurderet i dette projekt.

Der er også en vis saltbelastning af spildevandet forbundet med implementering af ionbyttere på vaskemaskiner. Hvis alle indbyggere i Danmark blødgjorde deres vand til vaskemaskiner til 2 °dH, og hvis deres gennemsnitlige vandforbrug var 170 liter/person/dag, ville spildevandets indhold af salt stige med ca. 0,036 g/l svarende til 0,036 promille. Beregninger og datagrundlag er beskrevet i bilag 3. Denne stigning vil ikke i danske overfladerecipienter have en betydelig effekt, da ikke forurenede ferskvand generelt har et saltindhold på ca. 0,1 promille (Limnologisk metodik 1977).

Måske er ionbytning et problem i andre europæiske lande, fordi saltbelastningen der menes at være for høj for recipienten.

4.4 Membranfiltrering

<i>Generelt om membrantechnik</i>	Membrantechnik anvendes i forbindelse med forbehandling af forsyningsvand og procesvand til demineralisering og reduktion af tørstofindhold. Membranfiltrering af brugsvand er kendt og udbredt teknik i USA (Scherfig, 1998). Som forbehandling til drikkevandsforsyning har teknikken ikke været anvendt i Danmark, der generelt har tilfredsstillende vandkvalitet via de nuværende drikkevandsressourcer.
<i>Ultrafiltrering</i>	Ultrafiltrering er en proces, hvor vandets urenheder (partikler og meget store molekyler) filtreres fra ved en sining gennem porerne i membranen,
<i>Omvendt osmose</i>	Omvendt osmose er en diffusionsproces, hvor vandets molekyler passerer membranen vha. diffusion gennem membranmaterialet. Ved omvendt osmose-processen kan derfor teoretisk tilbageholdes alle molekyler og ioner, der er større end vandmolekylet. Processen kræver et højt tryk og er derfor energikrævende.
<i>Nanofiltrering</i>	Nanofiltrering ligger mellem disse to processer og kan betragtes som en mellemting mellem diffusion og ultrafiltrering. Processen er interessant, da den kan være effektiv ved lavere tryk og derved lavere energiforbrug end omvendt osmose.
<i>Nanofiltrering er relevant til fjernelse af hårdhed</i>	Hårdhedsionerne i brugsvandet er hydrolyserede i vandet, hvorved molvægten ligger i det område, hvor nanofiltrering med de rigtige membraner er brugbar til fjernelse af hårdheden.
<i>Udfældninger</i>	Under drift af et nano-anlæg vil der på tryksiden af membranen blive en forhøjet koncentration af de opløste stoffer (primært calcium og bikarbonat), og koncentrationen heraf kan let overstige mætningskoncentrationen for disse stoffer, så de udfælder. For at reducere dannelse af belægninger på membranen drives membran anlæg altid med et recirkulationsflow, der sikrer en vandhastighed hen over membranen.
<i>Forurening</i>	Der er ingen spildevandsproblematik, fordi der ikke skabes nye, kemiske forbindelser som produkt af blødgøringen. Koncentratet er op til 3-4 gange så koncentreret som udgangsvandet.
<i>Størrelse</i>	Der findes mange forskellige størrelser af nano-membraner på markedet. Visse enheder er små nok til at kunne indbygges i en vaskemaskine.
<i>Et eksempel på en lille nano-membran</i>	I Italien er der en lille nano-membran på detailmarkedet til blødgøring af drikkevandet i husholdninger. Størrelsen er Ø 46 mm * 3035 mm. Kostprisen

for et anlæg er ca. 160 kr. Anlægget fjerner 85-90% af hårdhedsionerne ved normalt vandtryk (Scherfig, 1998). Det er en fordel, at ikke alle hårdhedsionerne fjernes, fordi det modvirker tæring af vaskemaskinerne.

Vandudnyttelsen er dog kun 15-30%. Membranen er således ikke umiddelbart relevant til vaskemaskiner. Men udviklingen indenfor membranteknik går meget hurtigt, således at nano-membraner kan blive relevante alternativer til ionbyttere indenfor nær fremtid.

4.5 Overvejelser i forbindelse med blødgøringsanlæg til vaskemaskiner

Krav om tilbageløbsventil

For at hindre tilbageløb til ledningsnettet, kræves i Danmark et afbrydersystem til ledningsnettet, før vandbehandling af husholdningsvand fra vandværker tillades.

Problemer med vandtryksfald

Vandindtaget til en tekstilvaskemaskine er relativt stort pr. minut og større end for opvaskemaskiner. Det er nødvendigt med et vist tryk på vandet til for- og hovedvask, så vaskemidlet kan skylles fra sæbeskålen. Indtaget kan komme til at styre blødgørers kapacitet. Men der skal være balance mellem kapacitet og pris. Alternativet til balancen er, at der laves en akkumuleringstank. Fx kan den pumpe, der bruges til at fjerne vandet i maskinen, bruges til at skabe tryk ved indtag. Pumperne i opvaskemaskiner har begge funktioner. Problemet med akkumuleringstanken er risikoen for vækst af mikroorganismer, når vaskemaskinen ikke bruges over en længere periode.

En løsningsmulighed mht. trykfald kunne være at springe forvasken over og dosere med vaskebold direkte i maskinen. Vaskebolden kunne evt. dimensioneres således, at overdosering undgås.

Risiko for overdosering

Et væsentligt problem i forbindelse med miljøbelastningen fra vask af tøj er, at en stor del af befolkningen doserer på slump (40%, Kraybørre 1998).

Ved implementeringen af forudgående blødgøring stiger risikoen for overdosering, fordi folk er vant til at dosere en vis mængde vaskemiddel. Omvendt vil der kun være brug for en dosering af hensyn til hårdhed.

Selv dem, der doserer iflg. vaskemiddelemballagens doseringsvejledning, risikerer at overdosere, fordi hårdhedsintervallerne er så store, at kun de forbrugere, hvis vand har en hårdhedsgrad svarende til de højeste værdier i hvert interval, kan dosere korrekt.

Desuden er hvert vaskemiddel kun tilpasset én bestemt hårdhedsgrad og én bestemt tilsmudsningsgrad. For ikke at underdosere, hverken overfladeaktive stoffer eller kompleksbindere, vil der derfor oftest ske overdosering af mindst én af stofgrupperne.

Automatisk dosering af vaskemiddel

På grund af de ovennævnte risici for overdosering, er automatisk dosering blevet diskuteret med vaskemaskineproducenter. Ved automatisk dosering kunne mængden tilpasses specifikt til hårdheden i brugerens vand (incl. blødgjort vand). Muligheden var overvejet blandt vaskemaskineproducenterne. Men én af deres væsentligste problemer er, at kvaliteten af vaskemidler varierer, både fra mærke til mærke, men måske også over tid. Derfor er det i øjeblikket umuligt at indstille vaskemaskinen til en given dosering, fx ved installering af vaskemaskinen.

Én producent af vaskemaskiner har derfor foreslået, at der indføres et system svarende til benzins oktantal: Hvert vaskemiddel har et oktantal svarende til effektivitet. Således kunne producenter af vaskemaskiner tilbyde anlæg til automatisk dosering, der efter brugerens ønske blev indstillet efter hårdheden i brugerens vand. Således kunne brugeren selv vælge, hvilken gruppe af vaskemidler på markedet vedkommende ville bruge. Producenterne kunne nemt indbygge et rigt antal valgmuligheder for dosering, afhængig af tøjets smudsighed. Doseringen kunne desuden tilpasses tøjmengden, ligesom vandtilførsel allerede nu tilpasses tøjmengden.

Skum i blødt vand

Anvendelsen af blødgøringsanlæg kan resultere i problemer, som ikke kendes fra vask i hårdt vand: Skumdannelsen kan forøges i meget blødt vand (0-2 °dH), hvilket kan beskadige elektriske installationer i maskinen, vanskeliggøre udpumpning, nedsætte vaskevirkning pga. hæmning af tøjets fald i tromlen, hæmme kontrol af væskniveau m.m. En løsning kunne være at blødgøre vandet til et vist niveau over 2,0 °dH, således at der ikke opstår problemer med skum. Derved undgås også risiko for korrosion af vaskemaskinens staldele, fordi den begrænsede mængde hårdhedsioner virker som buffer på eventuelle syrer i vaskevandet. Skumdannelse kan også hindres ved tilsætning af skumdæmpere til vaskemidlet, f.eks. natriumsæbe eller silikone.

Forskelle i hudens reaktioner på rester af vaskemidler i tøjet efter vask i blødt, hhv. hårdt vand

Det skal dog pointeres, at selv om man i Danmark ikke ser skum i sidste skyl, kan der stadig være rester af vaskemidler i tøjet, som senere generer brugeren. De såkaldte "sæbelus" i tøjet er udfældninger af komplicerede forbindelser, som følger af hårdt vand. De indeholder bl.a. vaskeaktive stoffer.

Sammenhængen mellem hårdt vand og hudlidelser er beskrevet (McNally et al., 1998). Der er dog ikke dokumentation for brugerens reaktion på tøj, der er vasket i blødt vand eller hårdt vand.

På institut for fiber- og polymerteknologi i Sverige gennemføres p.t. (sep. 1999) en undersøgelse af menneskers dermatologiske reaktion på tøj, der er vasket i hhv. 0,1 og 14 °dH, efter at forundersøgelser har vist, at tøjet efter vask og skyl i 0,1 °dH indeholder relativt få partikler og relativt meget alkalinitet, mens det omvendte er gældende for vask i 14 °dH. Det er således sandsynligt, at den nærmeste fremtid vil give svar på, hvilken hårdhed, der er optimal ud fra et dermatologisk synspunkt.

Det er i den forbindelse interessant at se, at vandkvaliteten ved sidste skyl undersøges på forskellig vis i Sverige og Danmark: I Danmark undersøges kvaliteten af vandet fra sidste skyl ved analyse for alkalinitet, mens man i Sverige analyserer for partikelindholdet.

5 Betydningsfulde parametre for udbredelse og salg af blødgøringsanlæg

Indledning

Forskellige faktorer er betydningsfulde for salg af blødgøringsanlæg. Faktorerne varierer mellem landene og mellem befolkningsgrupper i hvert land. I USA er der fx krav om en hurtig vask, på bekostning af stort vand- og vaskemiddelforbrug. Tidsforbruget er ikke så vigtigt for den europæiske bruger. Her er der krav om lavt forbrug af vaskemidler og vand. Indenfor hvert land er der desuden befolkningsgrupper, for hvem vaskemaskinens eller vaskemidlets pris er afgørende for valget, mens andre grupper går efter opfyldelse af de kvalitetsparametre, der indenfor landet er defineret som væsentlige.

Ved implementering af vaskemaskiner med blødgøringsanlæg og vaskemidler til blødt vand, kan salget baseres på en markedsføring af de nye vaskemaskiner og -midler som indeholdende en ny kvalitetsparameter. Der kan desuden lægges vægt på et totaløkonomisk fordelagtigt valg. Salget kan også baseres på ny lovgivning, der fx pålægger blødgøringsanlæg i nye maskiner på det danske marked, med deraf følgende basis for salg af vaskemidler til blødt vand.

I dette kapitel gøres dels rede for mulighederne for salg baseret på markedsføring og ændret lovgivning.

5.1 Miljømærker

De gældende miljømærker giver en mulighed for dokumentation af vaskemidlers og -maskiners kvalitet.

5.1.1 Svanen

Svanens krav til vaskemidler

Svanen stiller for vaskemidler krav om et defineret, begrænset indhold af stoffer, der er kendt som sundheds- eller miljøskadelige. Enzymer skal være indkapslede eller i væske. Vaskemidlerne må ikke indeholde anaerobt ikkenedbrydelige vaskeaktive stoffer som LAS, alkylfenoletoxylater, reaktive klorforbindelser, EDTA, optisk hvidt og farvestoffer. Emballagen må ikke indeholde klorerede plastforbindelser. Svanens øvrige krav er ikke egentlige kriterier. Der er udarbejdet et pointsystem, hvor der gives point svarende til graden af miljøbelastning fra en lang række parametre:

- Total doseringsvægt v. 5,5 °dH +/- 0,5 °dH
- Giftighed pr. dosering
- Aerob nedbrydelighed
- Anaerob nedbrydelighed
- Fosfor pr. dosering
- Zeolit pr. dosering
- Andre uorganiske forbindelser pr. dosering
- Total Organic Carbon

- Emballagens genanvendelighed og vægt pr. dosering (alle emballager, helt ned til palle-type).

Mulighed for udvikling Valget af pointsystem "belønner" udvikling ud over eventuelle grænseværdier eller specifikke krav. Når et vist antal point kan opnås, kan det pågældende vaskemiddel mærkes med svanemærket, hvis det i en vasketest har vist, at det vasker tilfredsstillende.

Svanemærkede vaskemidlers andel af markedet Andelen af svanemærkede vaskemidler til husholdninger er betydelig i Norge og Sverige. I Danmark har kun 2 producenter fået licens (september 1998). Det skyldes, at svanemærket blev udarbejdet, før Danmark kom med i ordningen, således at svanemærket er udarbejdet til lande, hvor vandet overvejende er meget blødt. Der gives point for lavt indhold af zeolit og fosfor. Producenterne af vaskemidler til det danske marked har meget svært ved at leve op til disse krav, fordi vandet i Danmark generelt er for hårdt til det påkrævede lave indhold af kompleksbindere. Derfor arbejdes der i øjeblikket på muligheden for svanemærkning af midler til enten blødt eller hårdt vand.

Der findes danske producenter af vaskemidler til blødt vand Konsekvensen af kriterierne og de opnåede licenser er for dette projekt, at der i Danmark findes producenter, der i skrivende stund producerer relativt miljøvenlige vaskemidler, som er egnede til anvendelse i vaskemaskiner tilkoblet én eller anden form for blødgøring, men som i øjeblikket kun sælges til lande med blødt vand. Hvis disse midler skal sælges i Danmark, er det væsentligt, ud fra et miljøperspektiv, at der på sådanne vaskemiddelpakninger står, at de er fremstillet til blødt vand. Hvis de anvendes til hårdt vand, kræves så stor dosering for at få tilstrækkeligt med kompleksbindere, at der overdoseres med tensider.

Prisen for licens Prisen for licens i ét land vil variere, alt afhængig af hvor mange af de krævede oplysninger producenten har - eller kan skaffe uden omkostninger. Når en producent har fået licens til ét land, kræves kun en afgift på 3.500,- kr. for at få licens til et andet nordisk land, f.eks. Danmark. Dertil kommer en afgift på 0,4% af årsomsætningen af fabrik, dog max. 250.000 kr.

Svanens krav til vaskemaskiner Der er også udarbejdet krav til svanemærkning af vaskemaskiner. For at få licens til svanemærkede vaskemaskiner stilles der krav om:

- Vaskeevne
- Skylleevne m.h.t. alkalinitet og zeolitpartikler i skyllevandet
- El- og vandforbrug/kg tøj
- Fjernelse af fugt ved centrifugering
- Larm ved vask og skyl, samt et andet maksimum ved centrifugering
- Specificerede metal- og brandhæmmende forbindelser udelades i alle plastdele
- Alle plastdele over 50 g mærkes med plasttype for at muliggøre genbrug
- Maskinen males med maling uden opløsningsmidler, samt uden pigmenter indeholdende specificerede metaller
- Metallet må ikke være belagt med kadmium, visse dele må heller ikke beklædes med krom og nikkel
- Der skal udarbejdes en plan, incl. prisvurdering, for opsplitting, deponering og genanvendelse af maskinens dele
- Indpakningen må ikke indeholde klorbaseret plast
- Anvisningerne for installation og brug af maskinerne skal indeholde specificeret miljøinformation

- Producent eller sælger skal sikre, at rutiner og instruktioner i alle led medfører, at kriterierne opfyldes.

Der er således ikke regler om blødgøring, men hvis nogle producenter begynder at tilbyde muligheden for blødgøring, vil dette måske blive et krav ved næste revision af svanemærkekriterierne (Kristensen, 1998). Kriteriernes livsform er således, at de udformes ud fra de på markedet eksisterende produkter på en sådan måde, at 30% af producenterne skal kunne opnå licens. Således kommer der ikke krav om blødgøring, før én producent tilbyder blødgøring. En umiddelbar fordel ved at foreslå blødgøring inde i maskinen er således, at blødgøring kan indgå i miljømærkekriterierne for vaskemaskiner.

I Sverige har 2 producenter pr. november 1998 søgt om licens til vaskemaskiner. Der er ingen ansøgninger eller licenser i de øvrige lande. Begrundelsen kan være følgende:

- At der allerede findes obligatorisk energimærkning af maskinerne
- At branchen har valgt at ignorere mærket, fordi 2/3 af producenterne i sagens natur ikke kan opnå licens
- At branchen ikke kender til muligheden for at mærke deres maskiner.

5.1.2 EU-blomsten

Der er også udarbejdet kriteriedokumenter for EU-blomst-mærkning af vaskemidler og -maskiner.

På det danske marked er der dog hverken vaskemidler eller -maskiner med dette mærke. Forklaringen er måske som for svanemærket.

5.1.3 EU-Energimærkning

Der findes en EN Standard, nr. 60456, udarbejdet på basis af EU's Direktiv nr. 95/12/EG om mærkning af vaskemaskiner. Der stilles krav om mærkning af maskinernes energiforbrug, vaskeeffekt, centrifugerings-effekt, mængde tøj, der kan vaskes/vask, vandforbrug og støjniveau. Energimærket er således ikke frivilligt, det følger med alle vaskemaskiner og indeholder desuden mange oplysninger.

5.2 Information

Da blødgøring er både miljømæssigt fordelagtigt og totaløkonomisk interessant for forbrugerne, er det i høj grad mængden af information, der bestemmer blødgørernes udbredelse. Det er derfor vigtigt at informere om muligheden for teknikkernes anvendelse i husholdningsvaskemaskiner, i både forbrugerblade, pressen og faglige rapporter og artikler.

5.3 Lovgivning

I Norge findes en forskrift med krav om nedbrydelighed af de tensider, der er i norske vaskemidler, samt krav om maksimalt 2 g fosfor/kg vaskemiddel. Fosforkravet er således strengere end Svanemærkets pointsystem. Den norske forskrift er et eksempel på de muligheder, der i Danmark findes for at regulere vaskemidlernes sammensætning.

Det ville have stor betydning for reduktionen i danskernes forbrug af vaskemidler, hvis der blev stillet krav om enten

- én doseringsvejledning på pakkerne ud over de 3, som EU har henstillet til. Den tilføjede dosering skal angive behovet for vaskemidler ved vask i blødgjort vand, eller
- generelt gældende krav til vaskemidlernes egenskaber, svarende til benzins oktantal eller EU's krav om energimærkning af vaskemaskiner.

Produktion af vaskemidler med forskelligt indhold af kompleksbindere og detailhandelens salg af disse vaskemidler i.f.t. oplandets hårdhedsgrader i brugsvandet (uddybes i afsnit 7.5).

6 Økonomi

6.1 Økonomi for vaskemaskineproducenten

Forventet øgning af produktionsprisen

Vaskemaskineproducenter vurderer, at hvis blødgøring sker med ionbytter, vil produktionsprisen stige 300-400 kr.; beløbet inkluderer forbedret stålqualität, ionbytter, software og ventiler (Höjer, Carlsson, 1998). Der er relativt få omkostninger til udvikling, fordi erfaringerne med ionbyttere i opvaskemaskiner kan overføres til vaskemaskiner.

Det umiddelbart billigste for producenten af vaskemaskiner er måske at anvende ionbyttere til blødgøring af vaskevandet, fordi producenterne af vaskemaskiner allerede har viden og teknologi i virksomheden i form af ionbyttere til opvaskemaskiner.

Hvis blødgøringen skal ske vha. nanofiltrering, kræver det bl.a. en undersøgelse af markedet, forhandlinger med producenterne af nanofiltre, tilpasning af vaskemaskiner til et lavere vandtryk, udvikling af ny software til styring af blødgøring og rensning af membranen, indbygning af tilbageløbsventiler, en pumpe og/eller akkumuleringsbeholder for blødt vand m.m. Den faktiske pris er ikke vurderet, da der ikke er fundet en relevant nanomembran på dagens marked.

Er den potentielle forbrugergruppe stor nok?

Ud over produktionsprisen er størrelsen af markedet af væsentlig betydning for producenten af vaskemaskiner. Den potentielle forbrugergruppe kan opdeles i 2 grupper:

Den ene gruppe køber maskiner med blødgøring, fordi der argumenteres med nedsat miljøbelastning. Den anden gruppe køber, hvis regneeksempler viser, at blødgørere i maskinen giver bedre totaløkonomi: De eventuelle stigninger i købsprisen, som blødgørere giver, modsvares måske af besparelser i udgifter til vaskemidler. Denne forbrugergruppes størrelse vil afhænge af, hvor hurtigt en eventuelt højere pris forrentes, dvs. hvor stor den årlige besparelse i udgifter til vaskemidler derefter er.

Men måske bliver vaskemaskiner med blødgørere ikke dyrere end maskiner uden: En dansk produktchef har udtalt, at det i lige så høj grad er markedets prisstruktur, der bestemmer vaskemaskinernes pris, som det er produktionsprisen for maskinerne (Herskov, 1998). I så fald bliver den anden af de potentielle forbrugergrupper større.

Producenterne af vaskemaskiner i Europa har alle et internationalt marked. Det er mere interessant for producenterne af vaskemaskiner at starte en produktion af maskiner med blødgørere, hvis der er potentielle forbrugergrupper i flere af de lande, hvor producenten har en markedsandel. DHI har derfor undersøgt hårdheden af brugsvandet i en række europæiske lande. Det viser sig, at flere europæiske lande har et spektrum af hårdheder, der ligner det danske. Det drejer sig om Frankrig (Belleville, 1998), Tyskland (Mc Grail, 1998), Italien (Scherfig, 1998).

Resultaterne i kapitel 2 viser, at der er en miljømæssig gevinst ved implementering af blødgørere på husholdningsvaskemaskiner. Derfor vil der givetvis være en miljøbevidst forbrugergruppe som potentielle købere. Om vaskemaskiner med blødgørere kan sælges til den forbrugergruppe, der interesserer sig for totaløkonomien, vil afhænge af de enkelte landes prisstruktur, stigningen i produktionsprisen og besparelserne i udgifter til vaskemidler.

6.2 Økonomi for forbrugeren

Hvorvidt det kan betale sig for forbrugeren at købe en vaskemaskine med blødgører, vil afhænge af:

- Størrelsen af en eventuel prisforskel til vaskemaskiner uden blødgørere
- Eventuelle driftsudgifter i forbindelse med blødgøring
- Besparelsen på udgifter til vaskemidler.
- Etablering af en eventuel statslig tilskudsordning, begrundet i den reducerede miljøbelastning ved blødgøring af vaskevandet før vask.

Besparelsen på udgifter til vaskemidler afhænger primært af, hvor hårdt forbrugers vand er, hvor blødt det bliver, samt om der doseres specifikt til den opnåede hårdhed, i stedet for dosering til et stort interval, fx dosering til mellem 0 og 10 °dH, selvom vandet kun er 2 °dH.

6.3 Sammenligning af økonomien ved eksterne og interne blødgøringsanlæg

DHI har sammenlignet muligheden for installering af blødgøringsanlæg til allerede eksisterende maskiner med muligheden for lancering af maskiner med indbyggede blødgøringsanlæg: På sigt er et anlæg inde i maskinerne sandsynligvis mest økonomisk, fordi installering af anlæg til allerede eksisterende maskiner bliver dyrt, da der dels er reservedele at købe (blødgøringsanlæg, rør og slanger, ventiler, evt. software), dels arbejds løn til folk, der skal helt ud til husstanden. Men hvis der, på den anden side, skal skabes et marked for vaskemidler, der decideret er fremstillet til blødt vand, er det nødvendigt, at der er en forbrugergruppe af en vis størrelse. Denne forbrugergruppe vokser sandsynligvis hurtigere, hvis der både er eksterne og indbyggede blødgøringsanlæg til vaskemaskiner på markedet.

På trods af de nævnte udgifter er det (alligevel) sandsynligt, at eksterne blødgøringsanlæg er rentable for brugere med hårdt vand, idet deres besparelser i forbruget af vaskemidler bliver betydelige.

7 Scenarier: Potentialer og konsekvenser

I dette kapitel summeres de oplysninger, der er fremkommet i de forudgående kapitler. Oplysningerne fordeles specifikt på blødgøringsteknikkerne og opstilles i følgende rækkefølge:

- Miljømæssige fordele og ulemper
- Økonomi (krav til udvikling, salgsmuligheder, forbrugerøkonomi)
- Driftskrav/brugervenlighed

Det antages, at alle teknikker blødgør vandet til ca. 2 °dH.

7.1 Ionbyttere

7.1.1 Miljømæssige ulemper og fordele

Miljømæssige ulemper

Vandforbruget til tøjvask øges op til 20%, afhængigt af hvor meget skyllevand, der skal blødgøres.

Saltforbruget og saltudledningen bliver gennemsnitligt 2,2 kg/person/år, svarende til en gennemsnitlig øgning af spildevandets indhold af salte på 0,036 promille.

Miljømæssige fordele

Hvis der efter ionbytning af vaskevandet doseres efter doseringsvejledning for dansk blødt vand, nedsættes forbruget af vaskemidler og udledningen af vaskemidler med ca. 23% fra brugere med middelhårdt vand, og ca. 43% fra brugere med hårdt vand. Hvis der efter ionbytning doseres efter vejledninger for 0 - 2,5 °dH, reduceres forbruget og udledningen af vaskemiddelkomponenter yderligere betydeligt, op til 15-30% mere end de 23 og 43% for hhv. middelhårdt og hårdt vand.

Hvis der derudover på det danske marked findes vaskemidler med et indhold af kompleksbindere, tensider m.m., der er beregnet til 2 °dH vand, sker der yderligere en nedsættelse af miljøbelastningen fra transport af vaskemidler, fra emballage til vaskemidler og fra mere eller mindre problematiske komponenter i spildevandet. En lavere dosering vil også mindske risikoen for allergifremkaldende vaskemiddelrester i tøjet

7.1.2 Økonomi

Husholdningens besparelser i udgifter til vaskemidler

I løbet af en maskines minimumslevetid sparer hver person i husholdningen gennemsnitligt 1500 og 3500 kr. på udgifter til vaskemidler ved hhv. middelhårdt og hårdt vand, hvis der efter blødgøring af vaskevandet doseres efter vejledning for dansk blødt vand. Hvis der efter blødgøring doseres efter vejledninger for 0 - 2,5 °dH, er besparelsen betydeligt større.

Husholdningens udgifter til salt og vand

I løbet af en maskines minimumslevetid forbruges ca. 86 kg salt til ionbytning (se beregninger i bilag 3, sammenholdt med 3000 vaske/maskine). Prisen på

saltet er 300-600 kr. (1999-priser). Desuden skal der afholdes udgifter til øget vandforbrug, svarende til ca. 1 m³/person/år.

Sammenligning af besparelser med eventuelle prisstigninger for vaskemaskinerne

Om besparelsen i forbruget af vaskemidler modsvarer en evt. prisstigning for vaskemaskinen, samt udgifter til salt og vand, afhænger bl.a. af hvor hurtigt en evt. prisstigning skal afskrives, dvs. det afhænger af antal personer i husholdningen, fordi udgifter til dyrere maskine skal afholdes på købstidspunktet, mens udgifter til vaskemidler afholdes løbende.

Økonomi for producenten af vaskemaskiner

Indbygningen af en ionbytter og de ændringer, dette medfører for konstruktionen af vaskemaskiner, vurderes at medføre en stigning i produktionsprisen på 300-400 kr. De økonomiske og miljømæssige fordele for forbrugeren ved forudgående blødgøring gør det sandsynligt, at der er et marked for vaskemaskiner med ionbyttere, ikke bare i Danmark, men også i de europæiske lande syd for Danmark.

7.1.3 Driftskrav/brugervenlighed

Ulempen ved ionbytning, sammenlignet med nanofiltrering og opvarmning, er behovet for tilsætning af salt, og dermed et behov for brugerens indsigt, opmærksomhed og handlekraft. Servicefolk og forbrugerorganisationer har erfaring for, at ejere af opvaskemaskiner i enkelte tilfælde ikke har været opmærksomme på behovet for tilsætning af salt, hvorved ionbytterens resin ødelægges.

7.2 Nanofiltrering

7.2.1 Miljømæssige fordele og ulemper

Miljømæssige ulemper

Vandforbruget til tøjvask forøges, afhængigt af hvor meget skyllevand, der skal blødgøres, hvor stort tryk der kræves over membranen, og hvor langt udviklingen af membraner er.

Miljømæssige fordele

Der anvendes intet kemikalie til nanofiltrering, og der er således ingen belastning af spildevandet i driftsfasen. Der kan dog måske blive behov for en pumpe til at skabe tryk over membranen. Derved bliver der et vist energiforbrug forbundet med nanofiltrering.

Forbruget af vaskemidler reduceres som beskrevet i afsnit 7.1.1 om miljømæssige fordele ved ionbytning.

7.2.2 Økonomi

Husholdningens økonomi

Husholdningens besparelser i udgifter til vaskemidler er den samme som beskrevet i afsnit 7.1.1 om husholdningens besparelser i udgifter til vaskemidler ved ionbytning. Der er ingen udgifter til kemikalier i driftsfasen, men stadig en eventuel prisstigning ved køb af vaskemaskinen, afhængig af markedets prisstruktur.

Producentens økonomi

Producentens udgifter i forbindelse med indbygning af nanofiltre er ikke opgjort i dette projekt, fordi der ikke er fundet et egnet filter på markedet. Udviklingen af filtrene går dog så hurtigt, at denne form for blødgøring sandsynligvis bliver et relevant alternativ til ionbytning i nærmeste fremtid. De økonomiske og miljømæssige fordele for forbrugeren ved forudgående blødgøring gør det sandsynligt, at der er et marked for vaskemaskiner med

nanofiltre, ikke bare i Danmark, men også i de europæiske lande syd for Danmark.

7.2.3 Driftskrav/brugervenlighed

Der er principielt ingen driftskrav for nanofiltre, hvilket gør denne form for blødgøring meget interessant ud fra et brugervenligheds synspunkt. Membranen skal dog udskiftes efter en driftsperiode, hvilket kan registreres som nedgang i produceret nanofiltreret vand.

7.3 Opvarmning

7.3.1 Miljømæssige fordele og ulemper

Miljømæssige ulemper

Der er en række væsentlige ulemper ved opvarmning som blødgøringsmetode: Energiforbruget til opvarmning af op til 70 l vand til min. 70 °C er på ca. 5 kWh (beregninger findes i bilag 4). Dertil kommer kemikalier til afsyring af opvarmningsenheden, hvor magnesium og kalk er udfældet, samt øget vandforbrug til skylning.

Miljømæssige fordele

Fordelen ved opvarmning er, som for de 2 forudgående blødgøringsmetoder, en væsentlig reduktion i forbruget af vaskemidler.

7.3.2 Økonomi

Hvis hver kWh koster forbrugeren 1,2 kr., fordyres hver vask med ca. 6 kr., med mindre vandet efter vask og skyl varmeveksles og bruges til opvarmning af boligen. Der er i projektet ikke regnet på denne mulighed. På grund af de nævnte ulemper ved opvarmning er de økonomiske aspekter af opvarmning for producenten heller ikke undersøgt.

7.4 Separat kompleksbinder

7.4.1 Miljømæssige fordele og ulemper

Miljømæssige ulemper

Ulempen ved anvendelse af separat kompleksbinder til blødgøring af vaskevandet er, at spildevandet og renseanlægget stadig tilføres belastende stoffer.

Miljømæssige fordele

Selvom spildevandet tilføres belastende stoffer, er renseanlæggene tunet til at rense spildevandet for den overvejende del af kompleksbinderne, nemlig fosfor og zeolit. Desuden reduceres risikoen for overdosering af tensid. Anvendelse af separat kompleksbinder medfører således en væsentlig reduktion i belastningen af spildevandet, sammenlignet med dosering efter hårdhed af et vaskemiddel, der er tilpasset et marked med varierende hårdheder.

7.4.2 Økonomi

Husholdningens økonomi

Forbrugerstyrelsen har undersøgt de økonomiske aspekter af anvendelse af separat kompleksbinder (Kraybørre, 1998). Anvendelsen kan betale sig for forbrugeren, hvis en af de 2 billigste af 8 undersøgte separate kompleksbindere udvælges. Ved valg af én af de øvrige mærker er løsningen

dyrere end dosering efter hårdhed af et vaskemiddel, der er tilpasset et marked med varierende hårdheder.

7.4.3 Driftskrav/brugervenlighed

Driftskravet er relativt stort ved anvendelse af separat kompleksbinder, fordi brugeren selv tilsætter blødgøringsmidlet ved hver vask, og fordi dette kræver indsigt i både dosering af kompleksbinder og vaskemiddel. Dette er sandsynligvis forklaringen på, at denne form for blødgøring ikke har vundet særlig udbredelse, selvom separate kompleksbindere har været på markedet i bl.a. Danmark, Tyskland og Norge i en årrække.

7.5 Vaskemidler tilpasset et givent interval af hårdhed

I Norge findes, som beskrevet, en forskrift om sammensætning af vaskemidler og mærkning af vaskemiddelemballage. I denne forskrift fastsættes bl.a. kravet om maksimalt 0,2 vægtprocent fosfor i tekstilvaskemidler.

I Danmark kunne der tilsvarende laves retningslinier for - eller frivillige aftaler om - hvor meget kompleksbinder, der kunne være i de vaskemidler, der blev solgt i detailhandelen i hvert amt eller hver kommune. Dette scenarium indebærer

- produktion af vaskemidler med varierende indhold af kompleksbindere (fx til 0-3, 3<10, 10-20 og >20 °dH)
- mærkning af vaskemidlerne mht. hvilket hårdhedsinterval, de er egnet til
- at butikkerne indkøber de vaskemidler, der svarer til hårdheden i lokalområdets brugsvand.

Scenariets væsentlige fordel ligger i, at brugerne ikke behøver at få taget sig sammen til at ringe til det lokale vandværk, for derefter at tyde vaskeanvisningens inddeling af hårdheder på vaskemidlets emballage. I dette scenarium er det kun detailhandelen, der behøver kende hårdheden i lokalområdets brugsvand.

7.5.1 Miljømæssige ulemper og fordele

Vaskemidlernes tilpasning til brugsvandets hårdhed i lokalområderne medfører et nedsat forbrug og transport af, samt forurening med, alle vaskemidlernes indholdsstoffer, undtagen kompleksbindere. Dette medfører selvsagt en betydelig miljømæssig fordel.

Modellen kan derudover komplementere både modellen med ionbytnings og modellen med nanofiltrering, idet denne model åbner mulighed for køb af vaskemidler til helt blødt vand.

Modellen understøtter også den stigende anvendelse af regnvand til tøjvask, fordi der ved vask i regnvand også behøves relativt små mængder kompleksbinder. Derved stimuleres til nedsat forbrug af grundvand.

7.5.2 Økonomi

Dette scenarium indebærer flere recepturer og mere administration i produktions- og grossistledene, hvilket fordyrer varen. Til gengæld ville en tilpasning af vaskemidlernes indhold til lokalområdernes behov nedsætte det

totale forbrug af vaskemiddel. Således burde de øgede omkostninger mere eller mindre modvejes af nedsatte udgifter for forbrugerne. Producenterne har også både besparelser (færre råvarer) og udgifter (større arbejdsindsats) i dette scenarium.

7.5.3 Driftskrav/brugervenlighed

Modellen kan implementeres uden ændringer i - eller ved - vaskemaskinen i husholdningen.

Brugervenligheden er relativt stor for denne model, fordi forbrugeren ikke længere behøver bekymre sig om hårdheden i vandet ved dosering. Derudover er der ingen ændringer i driftskravene til forbrugeren i forhold til den eksisterende anvendelse af vaskemidler.

Der er til gengæld et krav til detailhandelens indsigt i hårdheden af lokalområdets brugsvand.

8 Konklusion: Vurdering af potentialer

Ca. 3,3 millioner danskere vasker deres tøj i middelhårdt vand (10-20 °dH), og ca. 1,2 millioner danskere vasker deres tøj i hårdt vand (>20 °dH).

Potentielle besparelser ved nuværende doseringsanvisninger

Hvis det middelhårde og det hårde vand blødgøres før tøjvask, kan der på nationalt plan spares ca. 27% af husholdningernes nuværende forbrug af vaskemidler. Det svarer til ca. 9,2 (1998-tal) tusind tons vaskemidler. Besparelsen i den enkelte husholdning afhænger af, hvor hårdt vandet er før blødgøring: Husholdninger med middelhårdt vand sparer ca. 23%, mens husholdninger med hårdt vand sparer ca. 43%. De her nævnte besparelser gælder, hvis brugerne nedsætter deres dosering af vaskemidler iht. doseringsvejledningerne på vaskemiddelemballagen, dvs. doseringen nedsættes til den mængde, der skal bruges til vand på 0-10 °dH.

Potentielle besparelser ved anvisning for dosering til mellem 0 og 2,5 °dH

Hvis der i stedet udarbejdes en specifik doseringsvejledning til helt blødt vand (0-2,5 °dH), bliver besparelsen naturligvis betydeligt større, fordi der i doseringsvejledningen for 0-10 °dH er taget hensyn til behovet for vaskemiddel ved 10 °dH. Besparelsen når på nationalt plan op på mellem 30 og 60%.

Spildevandets belastning med tensider og fosfor nedsættes betydeligt

Spildevandet fra husholdningernes tøjvask belastes tilsvarende mindre, når forbruget af vaskemiddel nedsættes. Det er især den nedsatte belastning af fosfor og tensider, der er af betydning, dels for driftsudgifter på renseanlæggene, dels for belastning af slam og miljøet.

Ionbytning

Der eksisterer i dag flere teknikker til blødgøring af hårdt vand. Af disse er ionbytning den umiddelbart mest relevante teknik til blødgøring af vand til husholdningsvaskemaskiner:

- Teknikken er kendt i mange husholdninger, fordi der er ionbytter i opvaskemaskiner. Teknikken er også udbredt i husholdninger i USA
- Teknikken er kendt i den industri, der producerer vaskemaskiner, fordi det er den samme industri, der producerer opvaskemaskiner og industrivaskemaskiner
- Prisen er betydeligt lavere end det beløb, der spares i udgifter til vaskemidler.

Nanofiltrering

I nærmeste fremtid kan membranfiltrering og især nanofiltrering sandsynligvis blive et relevant alternativ til ionbytning, fordi

- Nanofiltrering medfører ikke driftskrav hos forbrugeren.
- Der er ingen udgifter til salt eller andet kemikalie.
- Der er ingen stoffbelastning af spildevandet som følge af blødgøringen.
- Besparelserne i forbruget af vaskemidler er de samme som for ionbyttere.
- Prisen er betydeligt lavere end det beløb, der spares i udgifter til vaskemidler.

Grunden til, at nanofiltrering endnu ikke vurderes som en relevant teknik, er den lave vandudnyttelse på 15-30% ved blødgøring. Udviklingen af filtrene

går dog hurtigt, så producenter af vaskemaskiner og opvaskemaskiner opfordres til at følge udviklingen.

Der er både mulighed for fremstilling af eksterne og indbyggede blødgøringsanlæg

Blødgøringsanlæg kan både indbygges i nye maskiner og monteres i forbindelse med maskiner, der allerede er i brug. Montering af blødgørere i den eksisterende maskinpark bliver forholdsvist dyrt. Det er sandsynligt, at det alligevel kan betale sig, især for brugere med hårdt vand, at få installeret en blødgører til deres vaskemaskine, fordi det kan medføre betydelige besparelser i forbruget af vaskemidler i den enkelte husstand.

Hvis der skal skabes et marked for vaskemidler, der decideret er fremstillet til blødt vand, er det nødvendigt, at der er en forbrugergruppe af en vis størrelse. Denne forbrugergruppe vokser sandsynligvis hurtigere, hvis der både er eksterne og indbyggede blødgøringsanlæg til vaskemaskiner på markedet.

Automatisk dosering kan sikre dosering efter behov

Enkelte producenter af vaskemaskiner foreslår, at der indføres en standardisering af markedets vaskemidler, svarende til kravet om energimærkning af vaskemaskiner eller kravet om oktantal på benzin. Således kan der udvikles automatisk dosering, der indstilles præcist til det nye behov for vaskemidler, idet blødgøringsanlæg implementeres.

9 Litteratur

- Baklund, S. (1998). Lilleborgs Fabrikker. Norge. Personlig kommunikation.
- Belleville, L. (1998). Direction Departementale d'Action Sanitaire et Sociale. Grenoble, Frankrig. Personlig kommunikation.
- Bjørkholt, S. (2000) Brancheforeningen SPT. Personlig kommunikation.
- Carlsson, C. (1998). Ingeniør, Askø Cylinda AB, Vara, Sverige. Personlig kommunikation.
- Danske Vandværkers Forening (1998). *Vandforsyningsstatistik 1997*.
- Farm, C. (1998). *Tvætter inte rent vid 40 °C. Råd&Rön nr. 11 1998*. Stockholm.
- Frederiksberg Kommune (1998). *Drikkevandets hårdhed i Frederiksberg Kommune*. Personlig kommunikation med Christiansen, Erik, dec. 1998.
- Fredrikson, F. (1994). *Fosfor – tilgængelighed og fremtids behov*. Göteborg University, Institute of Physical Resource Theory.
- GEUS (1998). *Drikkevandets hårdhed*. Personlig kommunikation med Tougaard, Lisbeth, dec. 1998.
- Henze, M., Harremoës, P., Jansen, J. la Cour, Arvin, E. (1992). *Spildevandsrensning, Biologisk og kemisk*. Polyteknisk forlag.
- Herskov, A.G. (1998). Askø Cylinda AB, Danmark. Personlig kommunikation.
- Herlev Kommune (1998). *Drikkevandets hårdhed i Herlev Kommune*. Personlig kommunikation med Skårup, Ole. Dec. 1998.
- Hongve, D., Weideborg, M., Andruchow, E., Hansen, R. (1994), *Landsoversigt – drikkevandskvalitet. Spormetaller i vann fra norske vannverk*. Rapport nr. 92. Oslo.
- Höjer, N-E. (1998). Udviklingschef, Askø Cylinda AB, Vara, Sverige. Personlig kommunikation.
- Klonteig, V. (1998). Statens Institut for Forbruksforskning, Norge. Pers. kommunikation.
- Kraybørre, Lissi (1998). *Bind kalken i vandet. I: Råd og Resultater nr. 11 '98*. Forbrugerstyrelsen.
- Kristensen, B.H. (1998). Miljømærkesekretariatet i Danmark. Personlig kommunikation.

Limnologisk metodik (1977). Akademisk forlag. Universitetsforlaget i København.

Mc Grail, R. (1998). Urtekram, DK. Personlig kommunikation.

McNally, N.J. et al (1998). *Atopic eczema and domestic water hardness*. The Lancet, August 15, 1998

Miljøstyrelsen (1995). *Redegørelse nr. 2*.

Miljøstyrelsen (1995). *Spildevandsredegørelse 1995*. Redegørelse fra MST nr. 2 1995.

Miljøstyrelsen, Kontoret for renere teknologi og produkter. (1998). *Vedrørende kilder til miljøfremmede stoffer i slam*. Notat af 23.4.98.

NESA (1995). *NESA's opskriftsbog*. Udgivet af NESA's informationsafdeling. 3. oplag. Hellerup.

Ramsing, A. (1998). *Linds Fabrikker*, DK. Personlig kommunikation.

Scherfig, K. (1998). Teknisk Chef for Silhorko, Stilling i DK. Personlig kommunikation.

Stamminger, R. (1998). Udviklingschef for bl.a. Electrolux's vaskemaskiner, Tyskland. Personlig kommunikation.

Teknokemiska Föreningen (1997). *Kodin pintojen ja tekstilien puhdistus- ja suoja-aineet 1997*. PL 311, 00131 Helsinki. Materialet kan fås via TTS, Helsingfors.

Tørsløv, J., Samsøe-Petersen, L. og Kristensen, P. (1996). *Anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål. Kontamineringsniveau, miljørisikovurdering og forslag til kvalitetskriterier*. DHI, Hørsholm.

Beregnet reduktion i forbruget af vaskemidler ved blødgøring af vaskevandet før vask

VKI har indkøbt 15 produkter, som repræsenterer det store salg, fosfor- og ikke fosforholdige, samt de mere miljøvenlige. Udtrykket "vejledende dosering" anvendes flere gange i tabellerne. Det er de doseringsvejledninger, der er trykt på pakkerne, og som gælder for vask af 3-4 kg normalt snavset tøj u. forvask, i 14 l vand.

Navn	Pris totalt pr. 980903	Indhold, dl	Indhold, kg	Vejl. dosering 0-10 dH	Vejl. dosering 10-20 dH	Vejl. dosering > 20 dH
Ecover	44,75	20	1,3	105	125	145
Bluecare	30,95	17	1	75	100	150
Green Clean	49	24	1,5	48	102	155
Minirisk Compact Color	35,95	17	1	90	120	180
Rent Naturligt	47,7	16,25	1,3	50	50	75
Bio-tex Color	26,95	18	1	110	130	170
Omo Color Konc.	27,95	8,15	0,75	45	60	75
Neutral Compact Color	39,95	19	1,1	110	125	150
Dynamo Color	26,95	10,7	0,75	70	90	120
Ariel Color	59,95	17,65	1,5	44	66	88
Persil	34,95	40	2,5	110	165	220
Dynamo, traditionelt pulver	33,95	33	2	130	150	200
Jelp	36,95	90	4,5	175	250	385
Neutral Flydende Maskinvask Ultra	42,95	10	1	50	60	75
Omo (flydende) Color	29,95	10	1	70	100	120

Tablel 1

Oplysninger på emballagen: Pris, mængder og vejledende dosering.

Bilag 1

Navn	Antal vaske ved 0-10 dH, 3-4 kg u. forvask, normalt snavset	Antal vaske ved 10-20 dH	Antal vaske ved >20 dH	Forbrug i kg/år v 0-10 dH	Forbrug i kg/år v 10-20 dH	Forbrug i kg/år v >20 dH
Ecover	19	16	14	5,3	6,3	7,4
Bluecare	23	17	11	3,4	4,6	6,9
Green Clean	50	24	15	2,3	5,0	7,6
Minirisk Compact Color	19	14	9	4,1	5,5	8,3
Rent Naturligt	33	33	22	3,1	3,1	4,7
Biotex Color	16	14	11	4,8	5,6	7,4
Omo Color Conc.	18	14	11	3,2	4,3	5,4
Neutral Compact Color	17	15	13	5,0	5,6	6,8
Dynamo Color	15	12	9	3,8	4,9	6,6
Ariel Color	40	27	20	2,9	4,4	5,8
Persil	36	24	18	5,4	8,0	10,7
Dynamo, traditionelt pulver	25	22	17	6,1	7,1	9,5
Jelp	51	36	23	6,8	9,8	15,0
Neutral Flydende Maskinvask Ultra	20	17	13	3,9	4,7	5,9
Omo (flydende) Color	14	10	8	5,5	7,8	9,4
Gennemsnit				4,4	5,8	7,8

Tabel 2

Beregninger af antal vaske/pakke, ud fra oplysningerne i tabel 1.

Beregninger af kg forbrug/år ud fra oplysningerne i tabel 1 samt det gennemsnitlige antal vaske/indbygger i Danmark på 78 vaske/år (NESA 1995). Der er en vis usikkerhed forbundet med beregningen af det gennemsnitlige forbrug af vaskemidler til husholdninger i Danmark. Dels findes der mærker, der ikke indgår i undersøgelsen, dels er hvert mærke ikke vægtet i forhold til markedsandelen. Mere nøjagtige data har ikke kunnet skaffes.

Navn	Pris/vask ved 0-10 dH, 3-4 kg u. forvask, normalt snavset	Pris/vask ved 10-20 dH	Pris/vask ved >20 Dh	Prisbesparelse/år ved blødgøring af 10-20 dH og vejl. dosering	Prisbesparelse/år ved blødgøring af >20 dH og vejl. dosering
Ecover	2,3	2,8	3,2	35	70
Bluecare	1,4	1,8	2,7	36	107
Green Clean	1,0	2,1	3,2	86	170
Minirisk Compact Color	1,9	2,5	3,8	49	148
Rent Naturligt	1,5	1,5	2,2	0	57
Biotex Color	1,6	1,9	2,5	23	70
Omo Color Konc.	1,5	2,1	2,6	40	80
Neutral Compact Color	2,3	2,6	3,2	25	66
Dynamo Color	1,8	2,3	3,0	39	98
Ariel Color	1,5	2,2	3,0	58	117
Persil	1,0	1,4	1,9	37	75
Dynamo, traditionelt pulver	1,3	1,5	2,1	16	56
Jelp	0,7	1,0	1,6	24	67
Neutral Flydende Maskinvask Ultra	2,1	2,6	3,2	34	84
Omo (flydende) Color	2,1	3,0	3,6	70	117
Gennemsnit	1,6	2,1	2,8	38	92

Tabel 3

Pris pr. vask og årlig prisbesparelse ved forudgående blødgøring af vaskevandet i områder med middelhårdt og hårdt vand. Beregningen af den årlige prisbesparelse er baseret på data om det gennemsnitlige antal vaske/indbygger i Danmark på 78 vaske/år (NESA 1995).

Navn	COD, g/kg	Iltforbrug, g COD/vask ved 0-10 dH, dosering iflg. vejledning	Iltforbrug, g COD/vask ved 10-20 dH, dosering iflg. vejledning	Iltforbrug, g COD/vask ved >20 dH, dosering iflg. vejledning
Ecover	430	29	35	40
Bluecare	460	20	27	41
Green Clean	1400	43	91	139
Minirisk Compact Color	290	15	20	30
Rent Naturligt	270	11	11	16
Biotex Color	370	22	26	35
Omo Color Konc.	560	23	31	39
Neutral Compact Color	410	26	30	36
Dynamo Color	460	22	29	38
Ariel Color	520	19	29	39
Persil	300	20	30	41
Dynamo, traditionelt pulver	280	22	25	34
Jelp	300	27	38	58
Neutral Flydende Maskinvask Ultra	740	37	45	56
Omo (flydende) Color	484	34	48	58
Gennemsnit		25	34	47

Tabel 4

Analyseresultater (VKI) for indhold af COD.

Beregninger af COD/vask ud fra analyseresultater og oplysninger i tabel 1.

Navn	Tot-P, g/kg	P-belastning, g/vask ved 0-10 dH, vejl. dosering	P-belastning, g/vask ved 10-20 dH, vejl. dosering	P-belastning, g/vask ved >20 dH, vejl. dosering
Ecover	<0,01	0,0	0,0	0,0
Bluecare	47	2,1	2,8	4,1
Green Clean	<0,01	0,0	0,0	0,0
Minirisk Compact Color	51	2,7	3,6	5,4
Rent Naturligt	13	0,5	0,5	0,8
Biotex Color	0,60	0,0	0,0	0,1
Omo Color Konc.	0,88	0,0	0,0	0,1
Neutral Compact Color	0,55	0,0	0,0	0,0
Dynamo Color	67	3,3	4,2	5,6
Ariel Color	1,9	0,1	0,1	0,1
Persil	0,52	0,0	0,1	0,1
Dynamo, traditionelt pulver	56	4,4	5,1	6,8
Jelp	40	3,5	5,0	7,7
Neutral Flydende Maskinvask Ultra	<0,1	0,0	0,0	0,0
Omo (flydende) Color	49	3,4	4,9	5,9
Gennemsnit	22	1,3	1,8	2,4

Tabel 5

Analyseresultater (VKI) for indhold af P.

Beregninger af g P/vask ud fra analyseresultater og oplysninger i tabel 1.

Bilag 1

Navn	% reduktion i tensid-, COD- og eventuelt P-belastning, samt pris /vask ved blødgøring af 10-20 dH til 0-10 dH	% reduktion i tensid-, COD- og eventuelt P-belastning, samt pris /vask ved blødgøring af >20 dH til 0-10 dH
Ecover	16	28
Bluecare	25	50
Green Clean	53	69
Minirisk Compact Color	25	50
Rent Naturligt	0	33
Biotex Color	15	35
Omo Color Konc.	25	40
Neutral Compact Color	12	27
Dynamo Color	22	42
Ariel Color	33	50
Persil	33	50
Dynamo, traditionelt pulver	13	35
Jelp	30	55
Neutral Flydende Maskinvask Ultra	17	33
Omo (flydende) Color	30	42
Gennemsnit	23	43

Tabel 6

Reduktion i forbruget af vaskemidler ved forudgående blødgøring, som % af forbruget uden forudgående blødgøring. Reduktionen i forbruget medfører samme reduktion i udgifter til vaskemidler og belastning af afløbsvandet.

Behovet for kompleksbindere til blødgøring af vaskevand.

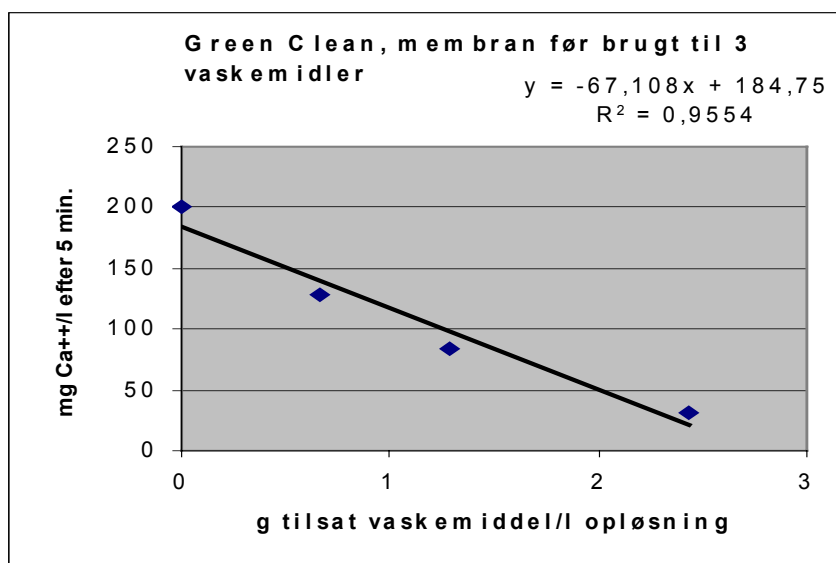
Metoder og resultater

Metode

Standarder laves af tørret CaCl_2 i 0,1 M KCl-opløsning. Elektroden kalibreres med 4,00; 10,02; 40,08; 200,4 og 400,8 mg Ca-ioner pr. liter 0,1 M KCl. Kalibreringen sker ved 40,3 °C +/- 0,1 °C.

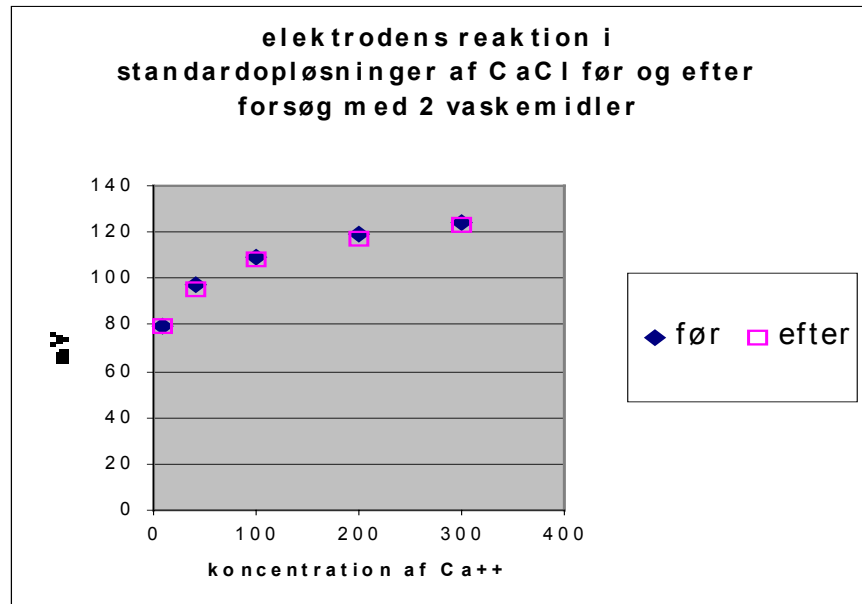
Udgangspunktet for forsøgsopstillingen er en opløsning med 200 mg frit Ca^{++} /l. Der tilføres et kendt antal ml 40,3 °C vand indeholdende en kendt mængde opløst vaskemiddel. Koncentrationen af frit Ca^{++} aflæses efter 5 minutter, hvor blandingens potentiale er rimeligt stabilt. Forsøget gentages med forskellige mængder tilsat vaskemiddel. Deraf dannes en kurve for forholdet mellem tilsat vaskemiddel og koncentration af frit Ca^{++} . Ud fra kurvens hældning kan behovet for vaskemiddel til 10 hårdhedsgraders reduktion af vaskevand beregnes. Tallene sammenlignes med vejledende dosering på vaskemiddelemballagen. Levetiden af den ionselektive elektrodes membran er kort, da vaskemidlet angriber membranen. Når membranen er ødelagt, bliver responstiden pludselig meget lang, og signalet bliver 15-30% lavere end forventet. Hver gang en ny membran anvendes, kontrolleres den sidste måling ved at gentage forsøget med den nye membran.

For yderligere at teste elektrodens stabilitet er forsøget med Green Clean gentaget med en membran, der har været anvendt til 3 andre vaskemidler. Der er 10 dage mellem de 2 forsøg med Green Clean.



Resultatet er det samme med den gamle membran. Elektroden har således her vist sig korttidsstabil.

For på anden vis at teste, hvorvidt elektrodens signal var sikkert, blev reaktionen i standardopløsninger før og efter forsøg med 2 vaskemidler målt og ført ind i kurven herunder:

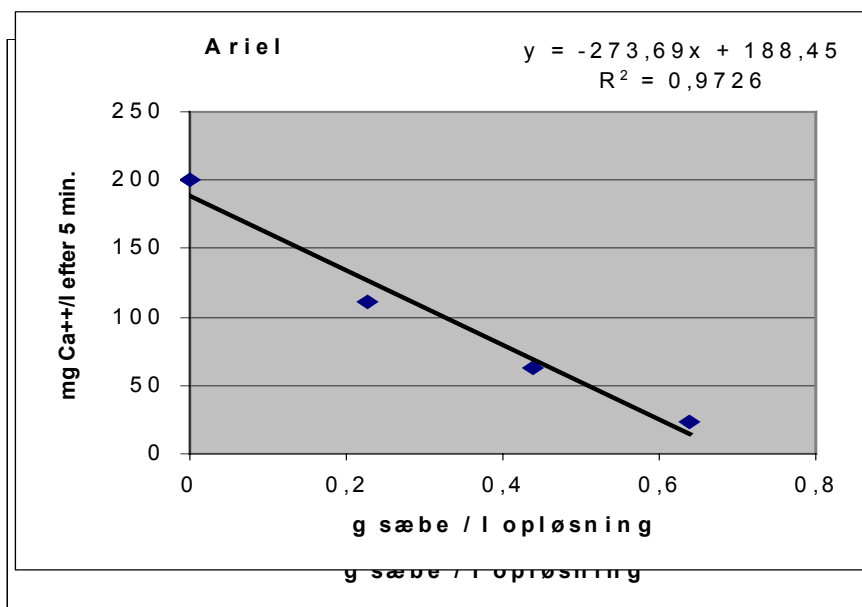
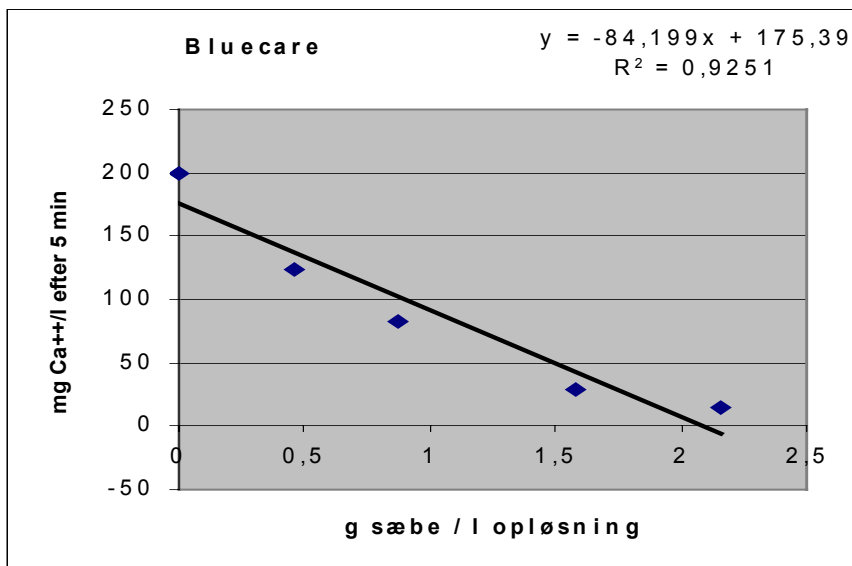


Også her viser elektroden sig at være stabil i sit signal.

Resultater

Herunder findes eksempler på de kurver, der er fremkommet gennem forsøget. Det ses, at jo lavere dH, des mere vaskemiddel skal bruges for at sænke hårdheden 1 grad. Dette skyldes kompleksbindingskonstanten, en konstant hvori vaskemidlets indhold af kompleksbinder og de stoffer, der skal kompleksbindes, indgår som variable. Deraf ses, at jo mindre hårdhed, des mere kompleksbinder skal der til for at nå kompleksbindingskonstantens værdi.

I forsøget er der målt helt ned til 2 dH, selv om de sidste dH kræver relativt meget vaskemiddel og således hæver gennemsnittet for det målte behov for dosering.



Herunder gives et eksempel på, hvordan resultaterne er omregnet, så de kan sammenlignes med doseringsvejledningerne på vaskemiddelembalagen:

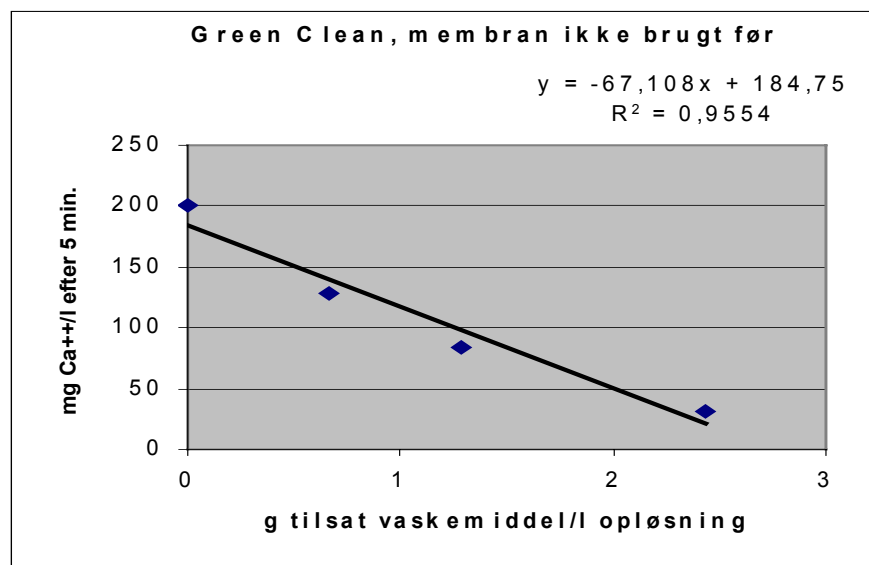
Bluecare:

g sæbe/l opløsning for at komme fra 20 til 2 dH: 1,84g

g sæbe/14 l opløsning for at komme fra 20 til 2 dH: 25,8g

ml sæbe/14 l opløsning for at komme fra 20 til 2 dH: 43,9ml

ml sæbe/14 l opløsning for at sænke hårdheden 10 dH: 24,4ml



Nødvendig mængde for at sænke hårdheden til under 10 dH, angivet på emballagen.....

fra 10 – 20 dH	over 20 dH
25 ml	50 ml

Sammenligningerne er samlet i rapportens tabel 6.1.

Stigningen i spildevandets saltindhold ved blødgøring ved hjælp af ionbytning

Formålet med nedenstående beregninger er at vurdere, hvor meget spildevandets indhold af salte ville stige, hvis alle indbyggere i Danmark gav sig til at blødgøre deres vand til vaskemaskiner vha. ionbytter.

Datagrundlaget er oplysninger fra Danske Vandværkers Forening og GEUS om indbyggerantal og gennemsnitlig vandhårdhed i hver kommune, samt oplysning fra Silhorko om saltforbruget til blødgøring, oplysninger fra NESAs om antallet af vaske/person/år og oplysninger fra producenter af vaskemaskiner om vandforbruget/vask. Det er desuden antaget, at det gennemsnitlige vandforbrug er 170 liter/indbygger.

Der skal ca. 70 g salt til at blødgøre 2,4 m³ vand 1 °dH (Scherfig, 1998).

Når vandforbruget pr. vask er 70 liter (Höjer 1998), og hver person vasker 78 gange om året (NESAs 1995), og det vægtede gennemsnit af hårdheden i de danske husholdninger i brugsvand er 16 °dH, som ionbyttes til 2 °dH, bliver stigningen i spildevandets indhold af salt:

$$\left(\frac{70\text{g}}{2400\text{liter}}\right) * 70\text{liter} * 78\text{vaske} * (16 - 2^\circ\text{dH}) / (170\text{liter/dg} * 365\text{dg}) = 0,036 \text{ g/l.}$$

Der bruges i gennemsnit ca. 29 g salt (NaCl) pr. vask svarende til 2,3 kg salt pr. person pr. år.

Det årlige forbrug af salt vil blive ca.:

$$5,2 \text{ millioner personer} * 29 \text{ g/vask} * 78 \text{ vask/år/person} = 11.762 \text{ tons pr. år.}$$

Varedeklarationernes oplysninger om stofgrupper og mængder

INDHOLD	> 30 %	15-30 %	5-15%	under 5%	Desuden
fosfater		Omo flydende Dynamo Color Minirisk Color Bluecare konc. Dynamo trad. Jelp traditionel			
zeolither		Ariel Color Neutral Compact Omo Color konc. Bio-tex Color Ecover kompakt Persil traditionel			
sæbe	Green Clean		Neutral flydende Rent Naturligt Minirisk Color Bluecare konc. Ecover Kompakt	Neutral Compact Omo Color konc. Bio-tex Color Persil traditionel Jelp traditionel	
"Tensider"			Rent Naturligt		
anioniske tensider			Neutral flydende Omo flydende Ariel Color Neutral Compact Omo Color konc. Bio-tex Color Persil traditionel Dynamo trad.	Ecover kompakt Jelp traditionel	
non-ioniske tensider		Neutral flydende	Ariel Color Dynamo Color Neutral Compact Omo Color konc. Bio-tex Color Minirisk Color Bluecare konc. dynamo trad. Green Clean	Omo flydende Ecover kompakt Persil traditionel Jelp traditionel	
amfotære tensider				Minirisk Color Ecover kompakt	
kationiske tensider				Ariel Color	
enzymmer				Dynamo Color Neutral Compact Rent Naturligt Omo Color konc. Bio-tex Color Minirisk Color Bluecare konc. Ecover kompakt Persil traditionel Dynamo trad. Jelp traditionel	Omo flydende Ariel Color
karbonater = soda = natriumkarbonat + natriumbikarbonat		Rent naturligt	Green clean		Dynamo Color Neutral Compact Bio-tex Color Minirisk Color Bluecare Konc. Ecover kompakt Persil traditionel Dynamo trad. Jelp traditionel
karboxylater			Rent Naturligt	Omo flydende Ariel Color Neutral Compact Omo Color konc. Bio-tex Color Bluecare konc. Persil traditionel	

Bilag 4

INDHOLD	> 30 %	15-30 %	5-15%	under 5%	Desuden
fosfater		Omo flydende Dynamo Color Minirisk Color Bluecare konc. Dynamo trad. Jelp traditionel			
zeolither		Ariel Color Neutral Compact Omo Color konc. Bio-tex Color Ecover kompakt Persil traditionel			
sæbe	Green Clean		Neutral flydende Rent Naturligt Minirisk Color Bluecare konc. Ecover Kompakt	Neutral Compact Omo Color konc. Bio-tex Color Persil traditionel Jelp traditionel	
"Tensider"			Rent Naturligt		
anioniske tensider			Neutral flydende Omo flydende Ariel Color Neutral Compact Omo Color konc. Bio-tex Color Persil traditionel Dynamo trad.	Ecover kompakt Jelp traditionel	
non-ioniske tensider		Neutral flydende	Ariel Color Dynamo Color Neutral Compact Omo Color konc. Bio-tex Color Minirisk Color Bluecare konc. dynamo trad. Green Clean	Omo flydende Ecover kompakt Persil traditionel Jelp traditionel	
amfotære tensider				Minirisk Color Ecover kompakt	
kationiske tensider				Ariel Color	
enzzymer				Dynamo Color Neutral Compact Rent Naturligt Omo Color konc. Bio-tex Color Minirisk Color Bluecare konc. Ecover kompakt Persil traditionel Dynamo trad. Jelp traditionel	Omo flydende Ariel Color
karbonater = soda = natriumkarbonat + natriumbikarbonat		Rent naturligt	Green clean		Dynamo Color Neutral Compact Bio-tex Color Minirisk Color Bluecare Konc. Ecover kompakt Persil traditionel Dynamo trad. Jelp traditionel
karboxylater			Rent Naturligt	Omo flydende Ariel Color Neutral Compact Omo Color konc. Bio-tex Color Bluecare konc. Persil traditionel	