

1943

 **RAPPORT 17|86**
O-86191

**Evaluering av
ABW-filter**

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor

Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen

Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen

Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:

0-86191

Undernummer:

Løpenummer:

1943

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: EVALUERING AV ABW-FILTER VA-17/86	Dato: Desember 1986
Forfatter (e): Jens Arne Ohren	Prosjektnummer: 0-86191
	Faggruppe: VA-teknikk
	Geografisk område: USA
	Antall sider (inkl. bilag):

Oppdragsgiver: Environmental Elements Norge a/s	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

<p>Ekstrakt:</p> <p>Det er foretatt en evaluering av ABW-filteret basert på forskningsresultater og driftserfaringer fra USA.</p> <p>ABW-filteret er godt egnet med sand eller sand-antrasitt i konvensjonelle fullrenseanlegg med flokkulering, sedimentering og filtrering. Etter disse prosessene er filteret også godt egnet med aktivt kull.</p> <p>ABW-filteret er også interessant for etterbehandling i kommunale- og industrielle avløpsrenseanlegg.</p>

4 emneord, norske:

1. Vannbehandling
2. ABW-filteranlegg
3. Evaluering
4. VA-17/86

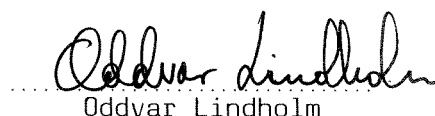
4 emneord, engelske:

1. Water treatment
2. ABW-filters
3. Evaluation
- 4.

Prosjektleder:


Jens Arne Ohren

For administrasjonen:


Oddvar Lindholm

ISBN 82-577-1171-3


Lasse Vråle

O-86191

EVALUERING AV ABW-FILTER

Oslo, desember 1986

Jens Arne Ohren

INNHOLDSFORTEGNELSE		Side
FORORD		5
1. SAMMENDRAG		6
2. INNLEDNING		8
3. BESKRIVELSE AV ABW-FILTERET		9
3.1. Innløpet		9
3.2. Filtersengen		10
3.3. Drift av filtret		12
4. ABW-ANLEGG		16
4.1. Manchester Water Works, New Hampshire		17
4.1.1. Vannverkets oppbygging		17
4.1.2. Driftsresultater - vannkvalitet		20
4.1.3. Konklusjon vannkvalitet		27
4.1.4. Driftserfaringer		27
4.2. Haverhill Water Treatment Plant - Massachusetts		28
4.2.1. Råvannspumping		28
4.2.2. Statiske miksere		29
4.2.3. Flokkulering		29
4.2.4. Sedimentering		29
4.2.5. ABW-sand-antrasittfiltrering		29
4.2.6. ABW-aktiv-kullfiltrering		30
4.2.7. Øvrig vannbehandling		30
4.2.8. Vannkvalitet		30
4.2.9. Drift av ABW-filtrene		31
4.2.10. Vurdering av ABW-filtrene		31
4.3. Danvers Water Treatment Plant, Massachusetts		32
4.3.1. Råvannspumping		33
4.3.2. Flokkulering		33
4.3.3. Sedimentering		33
4.3.4. ABW-sandfiltrering		33
4.3.5. ABW-aktiv-kullfiltrering		34
4.2.6. Øvrig vannbehandling		34
4.2.7. Vannkvalitet		34
4.3.8. Vurdering av filtrene		35
4.4. Moyer Packing avløpsanlegg - Philadelphia		35
4.4.1. ABW-sandfilter		36
4.4.2. Vannkvalitet		36
4.4.3. Vurdering av ABW-filteret		37
4.5. Hannover avløpsrenseanlegg - Maryland		37

5.	FORSKNINGSRESULTATER	39
5.1.	Reduksjon av farge og turbiditet	39
5.2.	Reduksjon av Giardia cyster, Coliforme bakterier og turbiditet	41
6.	SPESIELLE EGENSKAPER VED ABW-FILTERET	45
7.	KONKLUSJON	47
8.	REFERANSER	48

TABELLFORTEGNELSE	Side
1. Vannkvalitet etter de ulike prosesser	30
2. Renseeffekter ved ulike fellingskjemikalier og doseringer	40

FIGURFORTEGNELSE	Side
1. ABW-filterets oppbygging	9
2. Posisjon av tilbakespylingsdekslet	13
3. Forløp av tilbakespyling	13
4. Vannverkets oppbygging	17
5. Runde 1. Fargetall i mg Pt/l fra råvann, og vann etter sedimentering, sandfiltrering og aktiv-kullfiltrering	20
6. Runde 1. Turbiditet (NTU) i råvann og vann, etter sedimentering, sandfiltrering og aktiv-kullfiltrering	21
7. Runde 2. Farge i mg Pt/l fra råvann og vann etter sedimentering, sandfiltrering og aktiv-kullfiltrering	21
8. Runde 2. Turbiditet i NTU fra råvann og vann etter sedimentering, sandfiltrering og aktiv-kullfiltrering	22
9. Runde 2. TOC i mg C/l i råvann og vann etter sedimentering, sandfiltrering og aktiv-kullfiltrering	22
10. Runde 3. Farge i mg Pt/l i råvann og vann etter sedimentering, sandfiltrering og aktiv-kullfiltrering	23
11. Runde 3. Turbiditet i NTU i råvann og vann etter sedimentering, sandfiltrering og aktiv-kullfiltrering	23
12. Runde 3. TOC i mg C/l i råvann og vann etter sedimentering, sandfiltrering og aktiv-kullfiltrering	24
13. Renseeffekter av Giardia cyster, coliforme bakterier og turbiditet for en- og to-media filtre med og uten fellingskjemikalietilsetting	42
14. Turbiditet i råvann og filtrat	43
15. Coliforme bakterier i råvann og filtrat	43

FORORD

Materialet som evalueringen bygger på er innsamlet fra vannbehandlingsanlegg og forskning utført i USA.

Carl Petter Halvorsen og Richard I. Coniglio ved Environmental Elements, har ydet verdifull innsats til opplegget av evalueringen. Videre har driftsledelsen ved de besøkte anlegg bidratt verdifullt til gjennomføringen av prosjektet.

Oslo, desember 1986

Jens Arne Ohren

1. SAMMENDRAG

Environmental Elements Norge a/s har engasjert NIVA til å foreta en evaluering av ABW-filteeret til bruk hovedsakelig i vannbehandlingsanlegg.

I evalueringen er hovedvekten lagt på driftserfaringer fra ABW-filteer-anlegg installert i USA. En del forskningsmateriale fra filteeret er i tillegg gjennomgått.

ABW-filteeret har en del spesielle egenskaper. Noen av disse er:

- Liten vannhøyde over filteermediet
- Liten filteerdybde og lite trykktap gjennom filteeret
- Seksjonering av filteeret og seksjonsvis tilbakespyling av filteermediet
- Automatisk tilbakespyling av filteeret
- Tilbakespyling av filteeret over lang tid med uttak av tilbakespylingsvann direkte fra renvannskanalen fra filteeret.

ABW-filteeret er godt egnet for bruk i konvensjonelle fullrenseanlegg med flokkulering, sedimentering og sand- og/eller antrasittfiltrering. En effektiv og sikker reduksjon av humus (farge) og turbiditet oppnås selv ved relativt høyt humusinnhold.

Noe mer usikkert er det om ABW-filteeret fungerer tilfredsstillende som direktefiltreringsanlegg med høye verdier av turbiditet og/eller farge som igjen gir relativt store slammengder. For å avklare dette må ytterligere undersøkelser gjennomføres.

For fargetall på 15-20 mg Pt/l og turbiditetsverdier på 1-2 NTU oppnås en effektiv reduksjon av turbiditet og en betydelig farge-reduksjon i ABW-pilotanlegg. Resultatene oppnås med fellingskjemikaliet Flocc 300, etter ABW-filtrering og uten forutgående sedimentering. Humusinnholdet i råvannet er imidlertid såvidt lavt at det, etter norsk generell praksis, neppe anses nødvendig å redusere.

Pilotstudier med koagulert vann i ABW-filtelet viser svært liten gjennomgang av Giardia cyster og Coliforme bakterier, både umiddelbart etter tilbakespyling og etter lengre tids drift. Videre viser studiene at effektiv slamfjerning oppnås etter 80 sekunders tilbakespyling og at ingen langtidsakkumulering av slam skjer i filtermediet.

ABW-filtelet er også godt egnet for aktiv-kullfiltrering etter konvensjonell fullrensing av forsyningsvann.

Videre oppnås gode resultater med ABW-filtelet installert som "poleringsenhet" etter omfattende kommunale eller industrielle avløpsrensprosesser.

Ved de besøkte anlegg erfares små driftsproblemer med filtelet. I de fleste tilfeller fungerte filtelet tilfredsstillende uten særlig tilsyn. En kvarters daglig til ukentlig ettersyn ble ansett tilstrekkelig.

2. INNLEDNING

NIVA er blitt engasjert av firmaet Environmental Elements Norge a/s til å gjøre en evaluering av ABW-filteet. Det var ønskelig at hovedvekten i evalueringen ble lagt på bruk av ABW-filteet i vannbehandlingsanlegg, men også annen bruk av filteet ønskes også i noen grad vurdert.

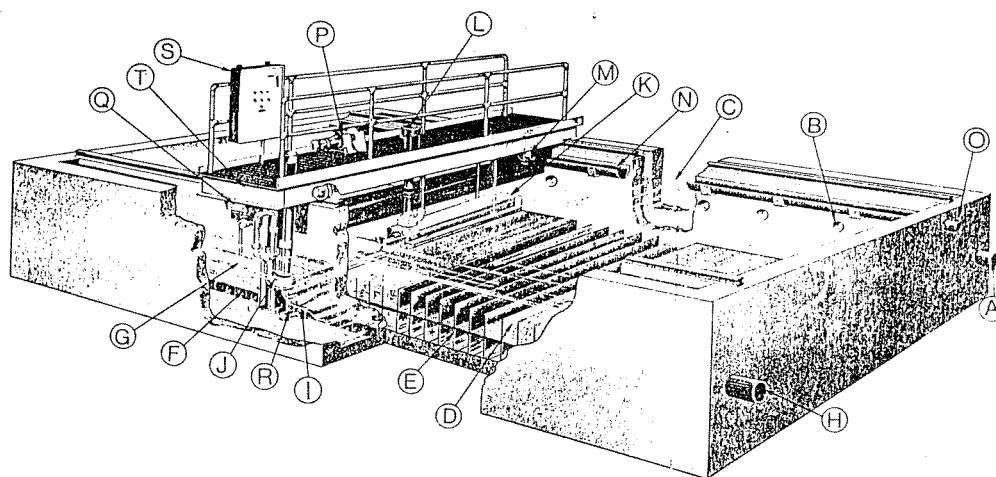
I USA ble det første ABW-filteet bygget like etter annen verdenskrig og nå er flere hundre ABW-filtre installert til ulike formål. Det finnes et rikt erfaringsmateriale fra disse installasjonene. Sentralt i evalueringen sto derfor en gjennomgang av et utvalg av disse anleggene.

I vurderingen inngikk også en gjennomgang av en del forskningsresultater fra ABW-filteet benyttet til vannbehandling.

Alle vurderingene baseres på vannkvalitetsdata og andre opplysninger innhentet fra driftspersonalet på de besøkte anleggene og en gjennomgang av en del forskningsmateriale. Egne vannprøver er ikke uttatt fra de besøkte anlegg.

3. BESKRIVELSE AV ABW-FILTERET

De minste ABW-filtrene blir vanligvis prefabrikert i rustbeskyttet stål, mens de større anleggene plassbygges med vegger, gulv og ut- og innløpskanaler i armert betong. I prinsippet er det liten forskjell mellom de to utgavene. Filterene er av nedstrøms type og er på mange måter ulike konvensjonelle filtre.



Figur 1. ABW-filterets oppbygging.

Siden filteret er såvidt spesielt medtas en relativt detaljert beskrivelse av oppbygging og drift.

3.1. Innløpet

Innløpet til filteret skjer fra en kanal (C), langs filterets langvegg. Vannet føres gjennom en rad med hull (B) i denne veggen og inn på selve filteret, over filtermediet (D).

3.2. Filtersengen

Filteret er inndelt i mange tverrgående seksjoner (D), med lengder fra ca. 1,85 til ca. 5 meter og bredder på 20 eller 30 cm. Veggene mellom seksjonene er tynne, prefabrikerte glassfiberplater.

Perforerte plater benyttes til drencsystem (E). Disse fordeler vannstrømmen svært jevnt over filterarealet og reduserer behovet for støttelag under filtermediet.

3.2.1. Underdrenasje

Underdrenasjesystemet er seksjonert på tilsvarende måte som filtersengen med tverrgående vegger av tynne glassfiberplater. Bunnen i underdrencsystemet har helning mot hull F i filterveggen. Denne helningen i bunnen sikrer jevnere vannhastighet i seksjonens lengderetning og reduserer mulighetene for skjevbelastninger på filteret. Videre fører helningen til redusert sedimentering av partikulært materiale i underdrenasjesystemet.

3.2.2. Utløpet

Fra hullet (F) i underdrenasjeseksjonen føres filtratet ut til en felles utløpskanal G, fra alle underdrenasjeseksjonene og ledes videre gjennom et utløpsrør (H) og ut av anlegget.

3.2.3. Filtermediet

Avhengig av formålet med filteret kan ulike filtermedier benyttes. Det mest vanlige er ensgradert og relativt finkornet sand. Filterdybden er da fra ca. 28 cm og oppover. 2-media filtre med f.eks. sand-antrasitt gir imidlertid bedre slamakkumulering og økt renseeffekt og er i de senere år i større grad benyttet. I 2-media filtre økes filterdybden.

Filtermediet kan også være granulert aktivt-kull. For å sikre en tilfredsstillende oppholdstid benyttes da en filterdybde på 122 cm.

3.2.4. Tilbakespylingssystemet

Tilbakespylingssystemet for filtrene har en meget spesiell utforming.

Et deksel (I) av kunstfibermateriale med et elipseformet hull beveger seg langs med raden av utløpshull fra underdrenasjeseksjonene. Dekselet er tilkoblet en nedsenket tilbakespylingspumpe (J) som tar tilbakespylingsvann direkte fra utløpskanalen (G) og pumper det inn i underdrenasjeseksjonen (E). Tilbakespylingsdekselet og tilbakespylingspumpen er montert på en fjærbelastet vertikal stålstativ som igjen er opphengt til tilbakespylingsbroen (T).

Et glassfiberdeksel (K) plassert over de seksjonerte filtersengene tjener som oppsamlingsenhet for tilbakespylingsvann. Glassfiberdekselet har trappeformet tverrsnitt som dekker fullt ut en filterseng og deler av filtersengene på begge sider.

Under glassfiberdekket er en langsgående stålarm fritt opphengt i skuer nær glassfiberdekselets endepunkter. Ved tilbakespyling slepes stålarmen etter glassfiberdekselet og noen få cm ned i sanden. Stålarmen forårsaker en økt opphvirvling i den øverste del av filtermediet, hvor hoveddelen av slammet akkumuleres.

En nedsenket pumpe (L) festet til stålbroen suger tilbakespylingsvann fra undersiden av glassfiberdekselet. Tilbakespylingsvannet pumpes via et utløpsrør (M) like under stålbroen og over i tilbakespylingskanalen (N) fastmontert på filterets langvegg. Tilbakespylingsvannet ledes så videre gjennom utløpsrøret (O).

Tilbakespylingsbroen (T) beveger seg med fire hjul på to skinner på filterets langvegger. Motoren (P) med tannhjuloverføring til to av hjulene driver tilbakespylingsbroen jevnt fremover under tilbakespylingen. Et instrumentpanel (S) for styring av pumpene og fremdrift av broen er montert på selve broen. På den mindre prefabrikkerte stålutgaven kan instrumentpanelet monteres på den ene filterkortveggen.

Tilbakespylingsdekslet (I) og tilbakespylingspumpen (J) er festet til en stålbjelke fritt opphengt på enden av tilbakespylingsbroen. Stålbjelkene holdes inn til filterveggen ved hjelp av to justerbare fjærer (Q). Tilbakespylingsdekslet (I) er også festet til stålbjelken med to justerbare fjærer. Disse justerbare fjærene sikrer at tilbakespylingsdekslet slutter tett omkring utløpshullene (F) selv ved visse ujevnheter på filtrenes langvegg.

3.3. Drift av filteret

Under normal drift fungerer filteret i hovedsak som et vanlig filter. Vanntilførselen skjer via innløpskanalen og fordelingshullene i langveggen og inn på oversiden av filtersengen. Vannet passerer så seksjonene i filtermediet og føres ned i underdrenasjeseksjonene. Herfra ledes filtratet gjennom utløpshullene i underdrenasjeseksjonen og til utløpskanalen og videre ut av anlegget.

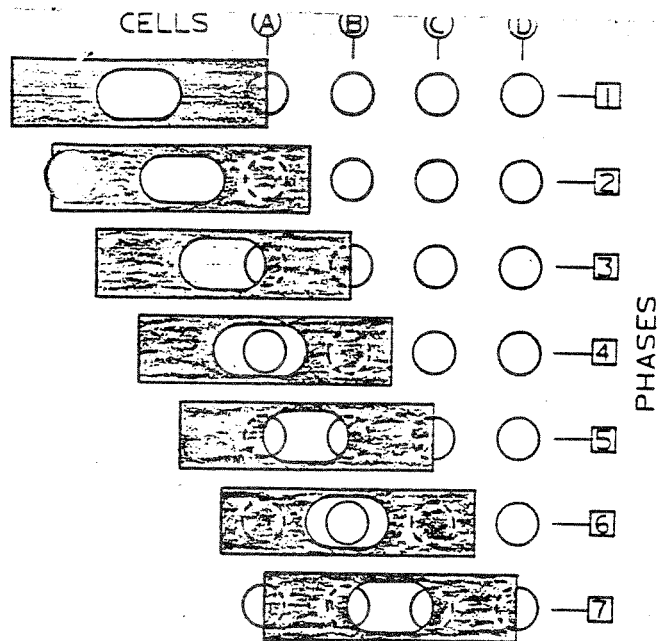
Vannstanden over filteret og trykktapet gjennom filtermediet varierer noe, men er generelt betydelig mindre enn ved vanlige filteranlegg.

Overflatehastigheten varierer noe, men ligger ofte omkring 4 m/h, med akseptable spissbelastninger opp mot 10 m/h.

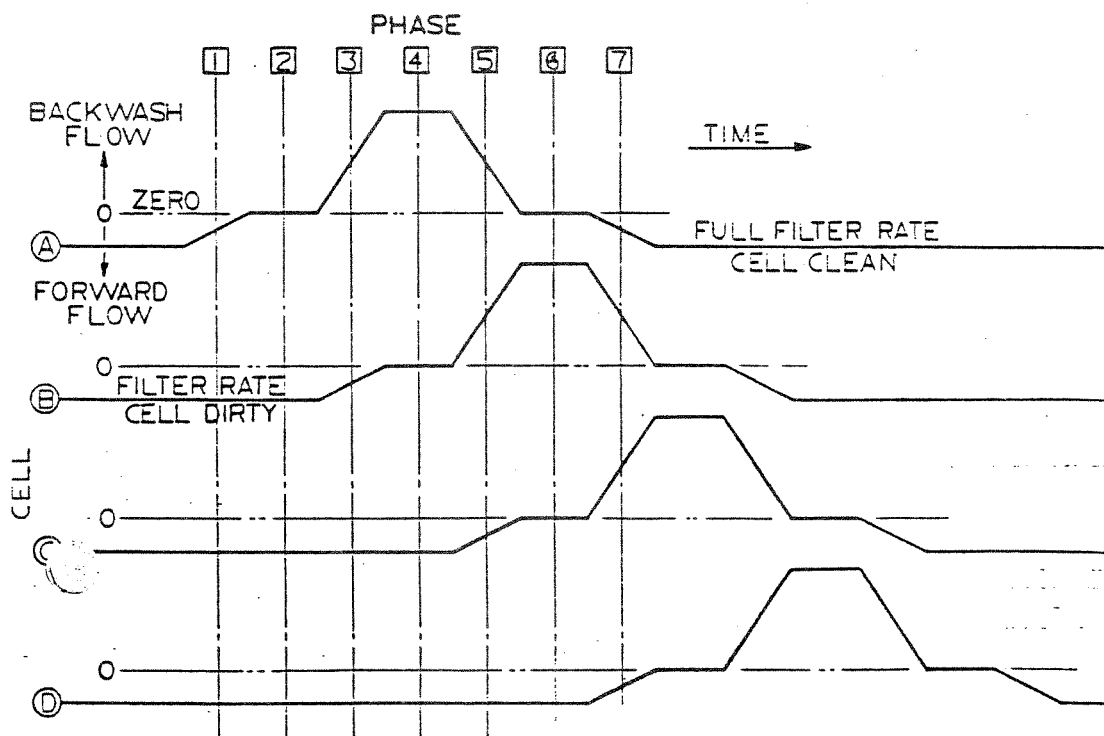
Tilbakespylingen av filteret foregår noe uvanlig. Inndelingen av filteret i et stort antall uavhengige seksjoner muliggjør en tilnærmet kontinuerlig drift under tilbakespyling.

Start av tilbakespylingen styres automatisk av trykktapet over filteret, m.a.o. når vannstanden over filteret har nådd et visst nivå. Tilbakespylingsbroen med utstyr beveger seg da jevnt fra den ene filterkortveggen til den andre.

Et mer detaljert tilbakespylingsforløp er angitt i figurene 2 og 3.



Figur 2. Posisjon av tilbakspylingsdekslet.



Figur 3. Forløp av tilbakespyling.

Figur 2 viser utløpshullene A, B, C og D fra tilsvarende filterseksjoner og tilbakespylingsdekslet som beveger seg over disse.

Figur 3 viser vannstrømmen gjennom de fire hullene som funksjon av tiden. Under tilbakespylingen av en seksjon regnes vannstrømmen som positiv, mens den er negativ ved normal filterdrift.

Noe før fase 1 har filterseksjon A normal drift. Tilbakespylingsdekslet beveger seg over utløpshullet for denne seksjonen og gradvis stenger vannstrømmen. I fase 1 er åpningen halvt lukket, mens den midtveis mellom fase 1 og 2 er fullt lukket. Midtveis mellom fase 2 og 3 har åpningen i filterdekslet beveget seg til kanten av åpningen i filterseksjon A. Tilbakespylingen startes deretter forsiktig og øker gradvis til åpning i dekslet har nådd over filterseksjonen A. Midtveis mellom fase 3 og 4 er dette skjedd og full tilbakespyling av seksjon A foregår mens dekslet nå fullt ut har dekket filterseksjon Bs utløp og stengt vanngjennomstrømmen her. På grunn av den ovale hullformen i filterdekslet foregår tilbakespylingen av seksjon A for fullt helt til midtveis mellom fase 4 og 5. I dette tidspunkt starter tilbakespylingen gradvis for filterseksjon B, mens den tilsvarende gradvis reduseres for seksjon A. Midtveis mellom fase 5 og 6 er tilbakespylingen av seksjon A avsluttet, mens seksjon B nå har oppnådd full tilbakespyling samtidig som normal drift av seksjon C har opphørt. Midtveis mellom fase 6 og 7 starter vannstrømmen gjennom seksjon A og øker gradvis til full filterhastighet er oppnådd noe forbi fase 7.

Denne gradvise økningen og reduksjonen av både tilbakespyling og normal drift er viktig. Særlig er den gradvise økningen i tilbakespylingen vesentlig for å unngå forstyrrelser av filtermediet. Den forsiktige økningen i hydraulisk belastning etter tilbakespylingen kan også ha en viss betydning for å redusere gjennomgangen av urenheter i filterets modningsfase.

Dekselet over filtersengen fanger opp tilbakespylingsvannet fra filtermediet som blir pumpet ut ved hjelp av transportpumpen (L). Denne pumpen har ca. 10 % større kapasitet enn tilbakespylingspumpen og innebærer at noe urensset vann fra oversiden av filtersengen også pumpes ut.

Tilbakespylingsvann unngås derved å bli pumpet ut på oversiden av filtersengene i vanlig drift. Samtidig oppnås en forsterket reduksjon og økning i vannstrømmen gjennom filtrene for de to filterseksjonene som henholdsvis først vil og nettopp er tilbakespylt.

4. ABW-ANLEGG

Det første ABW-filteret ble bygget i USA i 1946 og siden er over 1000 filtre installert rundt omkring i verden. Filteret er installert for en rekke formål. Noen av disse er:

- Filtrering av sedimentert vann for vannforsyning
- Aktiv-kullfiltrering for vannforsyning
- Etterfiltrering (polering) av rensed kommunalt- eller industriavløp
- Filtrering av vann for jordbruksvanning
- Grunnvannsbehandling
- Industrivannbehandling.

En av flere interessante anvendelser for ABW-filteret i Norge kan være som enhetsprosess i vannbehandlingsanlegg for vannforsyning. Andre mulige anvendelser er for etterbehandling av kommunalt eller industrielt avløp og innen akvakultur.

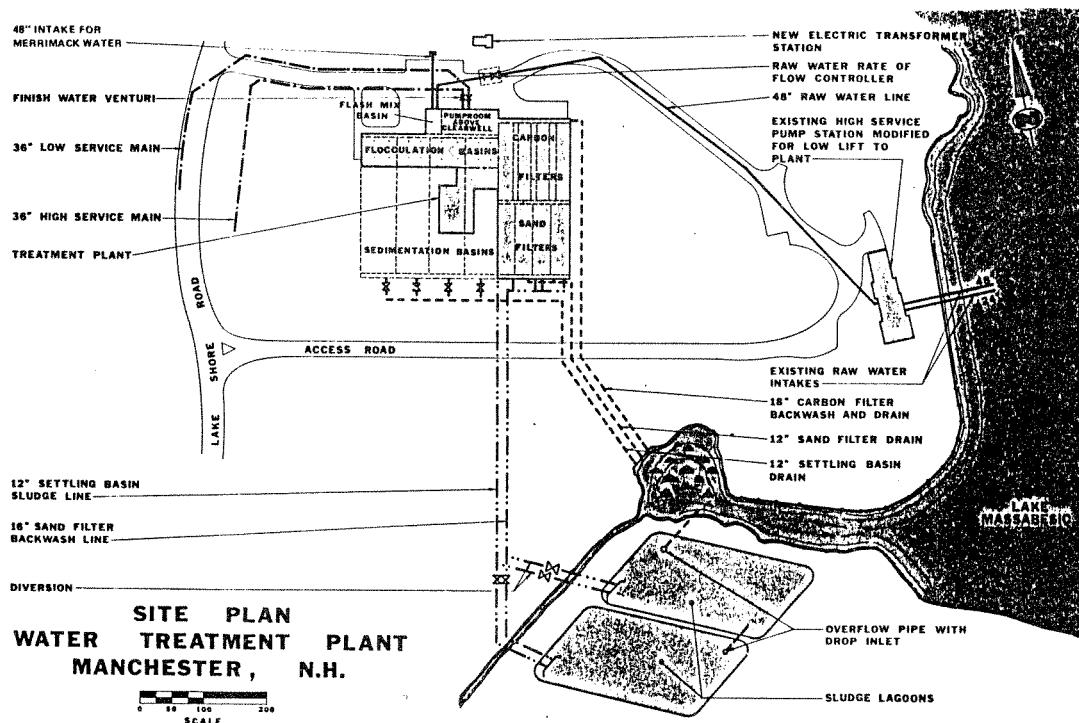
En del av de amerikanske ABW-installasjoner gir interessante muligheter for evaluering. Fra nord-østkysten av USA er de klimatiske forhold ikke helt ulikt de norske, med noe kalde vintre og varme somre. 3 vannverk ble her utvalgt med råvannskvalitet relativt like mange norske kilder, med andre ord bløte, humusbelastede, noe forurenset av kommunalt kloakk og med lav turbiditet og lav vanntemperatur på vinteren.

I tillegg ble to ABW-filtre under bygging gjennomgått og ett filter for etterbehandling av industrielt avløp.

I det etterfølgende beskrives disse anlegg med hovedvekt på de tre vannbehandlingsanleggene. Siden råvannskvaliteten og øvrig vannbehandling har stor betydning for rensesultatene av ABW-filteret er disse forhold også relativt inngående beskrevet.

4.1. Manchester Water Works, New Hampshire

Nåværende vannverk ble oppstartet i 1974 og forsyner ca. 115.000 personer (se figur 4).



Figur 4. Vannverkets oppbygging

4.1.1. Vannverkets oppbygging

a) Vannkilder

Vannkilden er Lake Massabesic som har følgende generelle karakteristikk:

- Gjennomsnittsdyp 3 meter
- Siktedyp ca. 3 meter
- Turbiditet 0,3-0,5 FTU
- Farge 10-50 mg Pt/l
- Surhetsgrad pH 5,8-6,6

- Total fosforinnhold	15-25 $\mu\text{g P/l}$
- Total nitrogeninnhold	0,1-0,5 mg N/l
- Oksygenmetning	100 %

Periodevis forekommer lukt-, smaksproblemer og oppvekst av blågrønnalger, særlig Anabena- og i noen grad Microcystis-arter.

Råvannet tas fra ca. 2,5 m dyp i innsjøen og ledes gjennom to inntaksledninger av 20" og 48" diameter (se figur 4) og pumpes opp til vannbehandlingsanlegget.

b) Hovedprosesser

Vannbehandlingsanlegget består av disse hovedprosesser:

- Flokkulering
- Sedimentering
- ABW-sandfiltrering
- ABW-aktiv-kullfiltrering
- Desinfeksjon.

Vannbehandlingsanlegget har følgende hydrauliske data:

- Dimensjonerende kapasitet	4750 m^3/h
- Maksimal kapasitet	6300 m^3/h
- Gjennomsnittlig belastning	2350 m^3/h .

c) Hurtigmikser

Vannet ledes først gjennom to hurtigmiksere, hver med to tanker og samlet volum på 57 m^3 . Her tilsettes aluminiumsulfat og natronlut. Kjemikaliene lagres og doseres i henholdsvis 50 % og 25 % konsentrasjon.

d) Flokkulering

Vannet ledes videre gjennom fire flokkuleringslinjer. Hver linje har 4 tanker med samlet volum på 780 m^3 . Ved gjennomsnittlige hydraulisk belastning oppnås en kontakttid på ca. 20 minutter.

e) Sedimentering

Sedimenteringen består av 4 konvensjonelle basseng, hver med volum og overflateareal på henholdsvis 2.600 m^3 og 800 m^2 . Ved gjennomsnittlige oppholdstid oppnås en overflatebelastning og teoretisk oppholdstid på henholdsvis $0,70 \text{ m/h}$ og $4,5$ time.

f) ABW-sandfiltrering

Etter sedimentering tilsettes vannet ca. $1,5 \text{ mg/l}$ klor og føres over til 4 parallelle ABW-sandfiltre med lengde og bredde på henholdsvis $33,9$ og $4,9$ meter. Ved den gjennomsnittlige og maksimale hydrauliske belastninger tilsvarende dette overflatehastigheter på henholdsvis $4,7$ og $9,5 \text{ m/h}$.

Filtermediet er sand med kornstørrelser mellom $0,55$ og $0,65 \text{ mm}$ og uniformitetskoeffisient mindre enn $1,5$. Dybden er 28 cm .

Filtrene tilbakespyles 1-2 ganger daglig. Start styres automatisk etter differansetrykk over filtermediet. Tilbakespylingsvannet fra filtrene tilsettes polymér og ledes til to laguner.

g) ABW-aktivt-kullfiltrering

Filtratet fra sandfiltrene samles og ledes over til 4 parallelle ABW-aktivt-kullfiltre. Filtrene har tilsvarende størrelser som sandfiltrene, med andre ord lengder og bredder på henholdsvis $33,9$ og $4,9 \text{ m}$. Ved de gjennomsnittlige og maksimale hydraulisk belastninger gir disse arealene overflatehastigheter på henholdsvis $4,7$ og $9,5 \text{ m/h}$.

Filtermediet er aktivt-kull med størrelse 8×30 og filterdybde 122 cm . Tilbakespyling skjer en gang daglig og startes automatisk etter trykkdifferansen over filtrene. Tilbakespylingsvannet føres til innløpet for flashmikserene.

Levetiden for aktivt-kull er ca. $2,6$ år og vannverket har eget anlegg for regenerering av kullet. Tapet ved regenerering er ca. 15% og kostnadene ved regenereringen i underkant av 4 kr/kg .

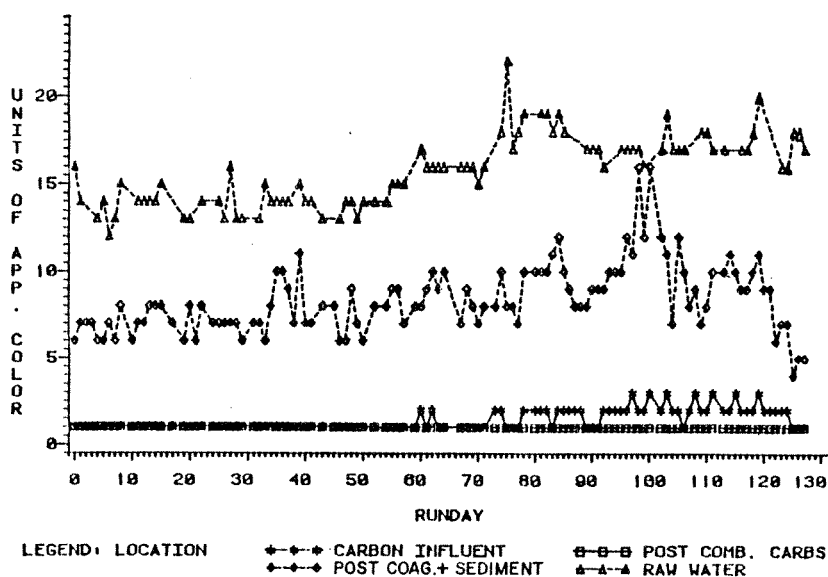
h) Renvannstank og øvrig dosering

Vannet redesinfiseres etter aktiv-kullfiltrering med klorgass og tilsettes videre sinkfosfat og natronlut for korrosjonsbeskyttelse av ledningsnett.

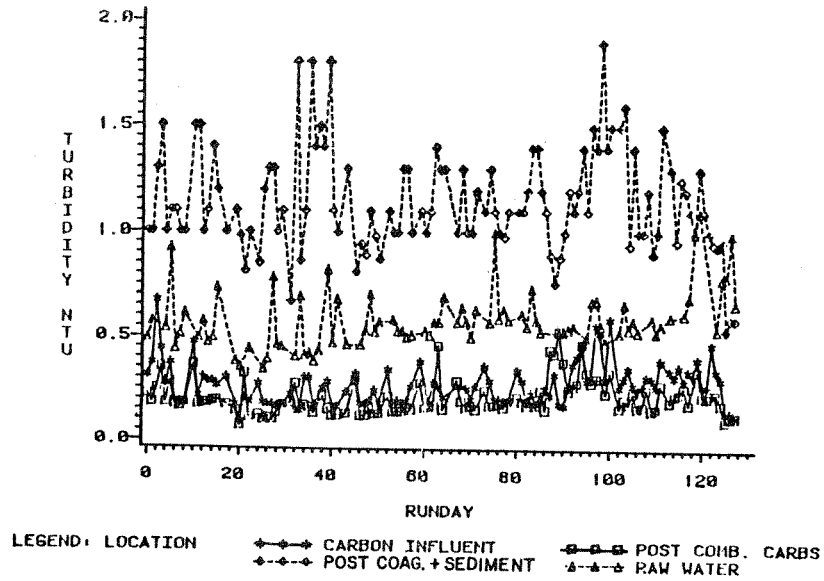
4.1.2. Drittresultater - vannkvalitet

Et anerkjent forskningsarbeide er utført ved vannverket om filtrering og regenerering av aktivt-kull. Resultatene er gjengitt i rapporten "Granular Activated Carbon Adsorption and Reactivation at Manchester, New Hampshire". Her foreligger et meget omfattende datamateriale om vannkvaliteten etter de ulike prosesser. Datamaterialet gir meget godt grunnlag for evaluering av renseseffekter av ABW-filtrene.

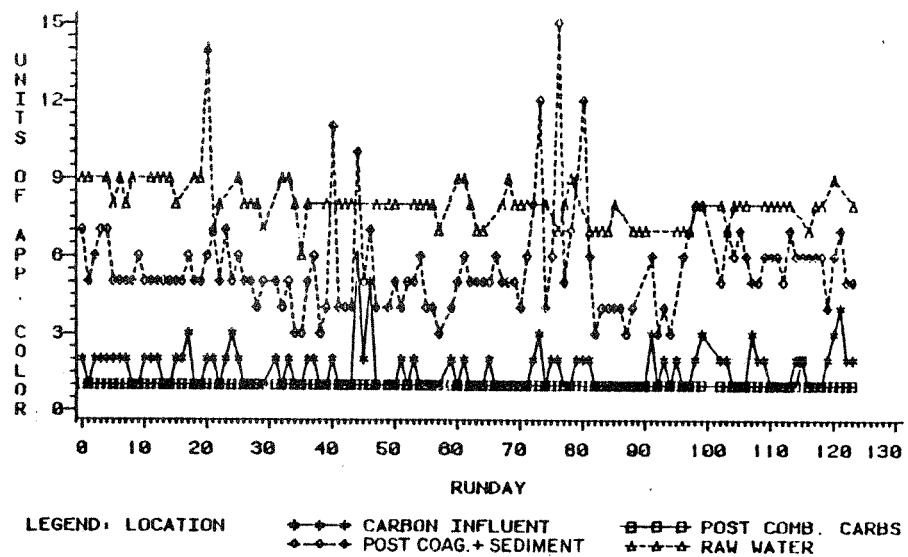
Tre forsøksrunder er gjennomført under noe ulike temperaturer og hydrauliske belastninger.



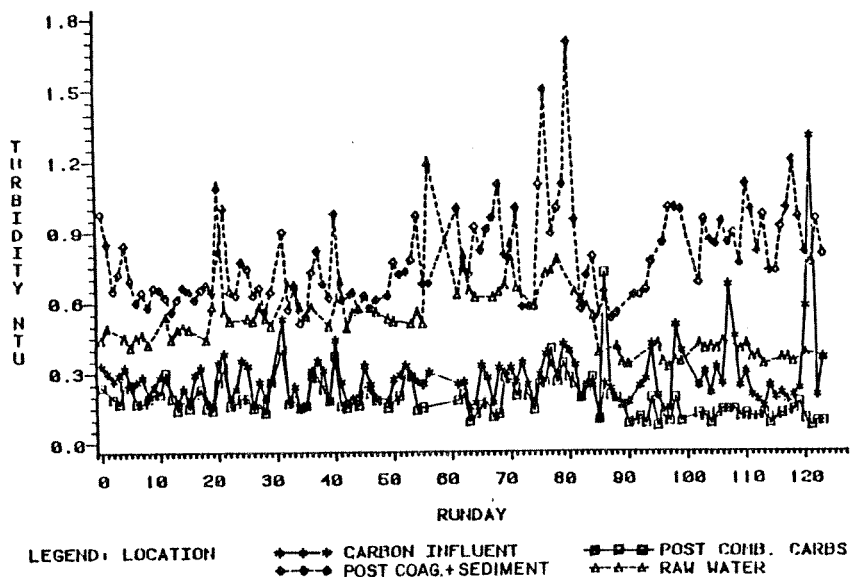
Figur 5. Runde 1. Fargetall i mg Pt/l i fra råvann og vann etter sedimentering, sandfiltering og aktiv-kullfiltrering.



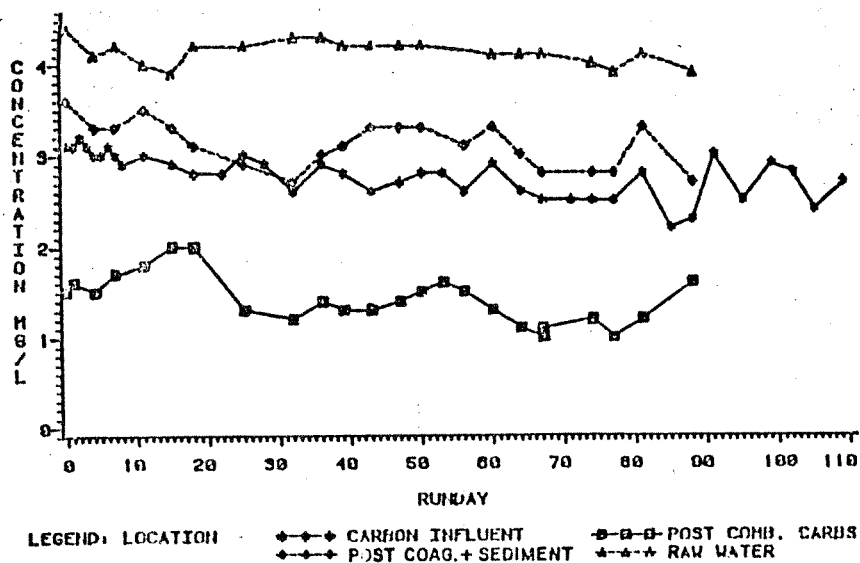
Figur 6. Runde 1. Turbiditet (NTU) i råvann og vann etter sedimentering, sandfiltrering og aktiv-kullfiltrering.



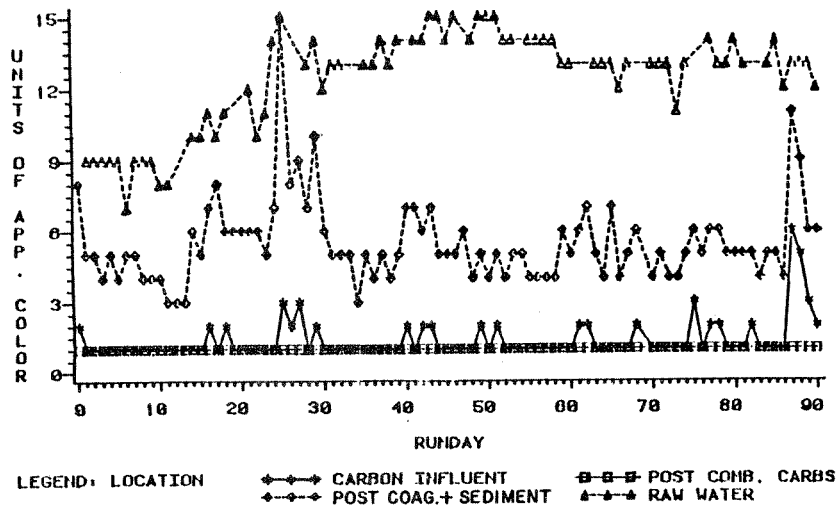
Figur 7. Runde 2. Farge i mg Pt/l fra råvann og vann etter sedimentering, sandfiltrering og aktiv-kullfiltrering.



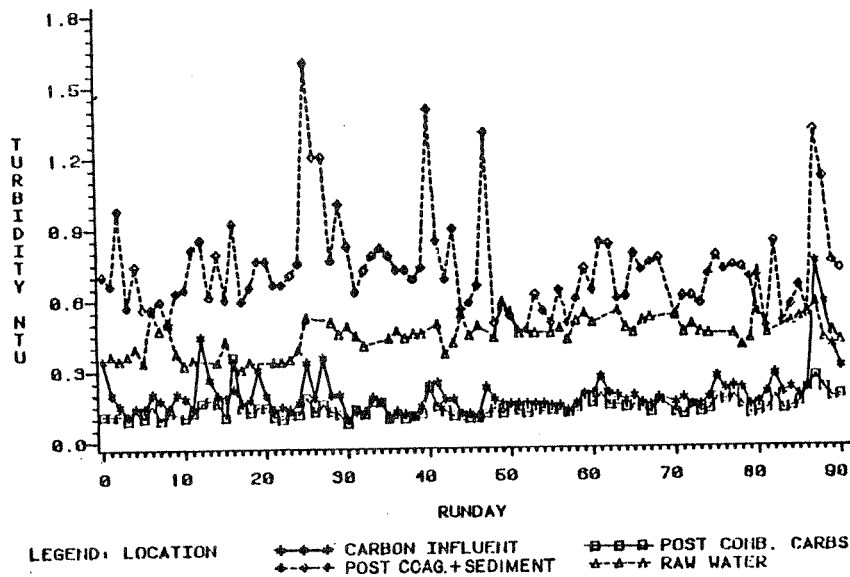
Figur 8. Runde 2. Turbiditet i NTU fra råvann og vann etter sedimentering, sandfiltrering og aktiv kullfiltrering.



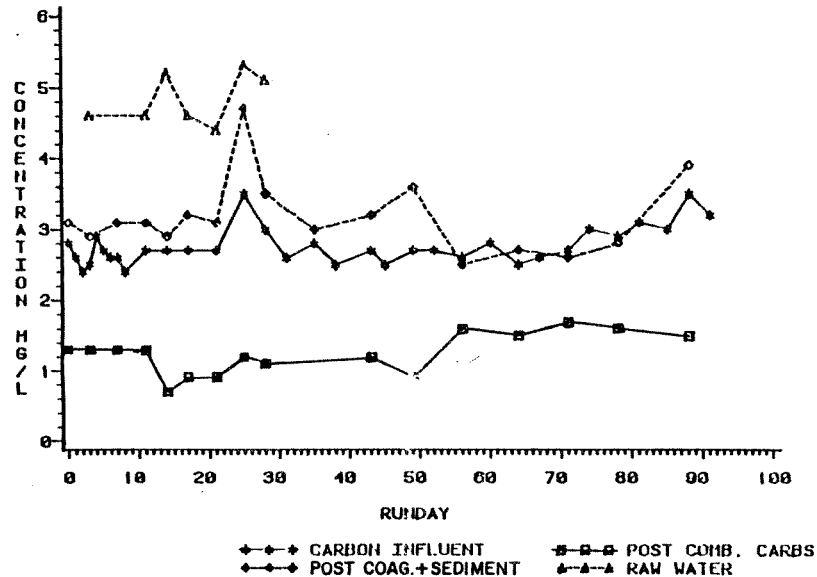
Figur 9. Runde 2. TOC i mg C/l i råvann og vann etter sedimentering, sandfiltrering og aktiv-kullfiltrering.



Figur 10. Runde 3. Farge i mg Pt/l i råvann og vann etter sedimentering, sandfiltrering og aktiv-kullfiltrering.



Figur 11. Runde 3. Turbiditet i NTU i råvann og vann etter sedimentering, sandfiltrering og aktiv-kullfiltrering.



Figur 12. Runde 3. TOC i mg C/l i råvann og vann etter sedimentering, sandfiltrering og aktiv-kullfiltrering.

a) Forsøksrunde nr. 1

Forsøksrunde nr. 1 ble oppstartet 31. januar 1980 og avsluttet 30. mai 1980. Vanntemperaturen var lav i begynnelsen og høy mot slutten av forsøksperioden.

Farge

I runde nr. 1 ligger fargetall i råvannet mellom 14 og 23 mg Pt/l med en økende trend utover i runden. Etter sedimentering reduseres fargetallet til 6-15 mg Pt/l med også en økende tendens utover i runden. Reduksjonen tilsvarer renseeffekter i området 40-50 %.

Etter ABW-sandfiltrering reduseres fargetallet til 1-3 mg Pt/l med også antydning til økende verdier utover i runden. Reduksjonen tilsvarer renseeffekter i området 30-85 %.

I filtrat fra ABW-aktiv-kullfiltrering ligger fargetallet jevnt på 1 mg Pt/l.

Fargetallet og humusbelastningen er relativt lave gjennom alle renses-trinn. De nominelle renseseffektene er derfor begrensende. Derimot er de prosentvise renseseffektene for ABW-sandfiltrene relativt høye. Det er i praksis vanskelig å komme lavere fargetall enn i filtratet fra ABW aktiv-kullfiltrene.

Turbiditet

Råvannets turbiditet varierer mellom 0,35 og 1,2 NTU. Etter koagulering og sedimentering øker turbiditet til verdier mellom 0,65 og 1,9 NTU, med en gjennomsnittsverdi på ca. 1,2 NTU.

I filtratet fra sandfiltrene reduseres turbiditet til 0,2-0,65 NTU med gjennomsnittsverdier på ca. 0,3 NTU. Den gjennomsnittlige renseseffekt ligger på ca. 75 %.

En ytterligere reduksjon i turbiditet finner sted gjennom aktiv-kullfiltrene til 0,1-0,55 NTU. Gjennomsnittsverdiene er ca. 0,2-0,25 NTU som tilsvarende renseseffekter i området 15-30 %.

b) Forsøksrunde nr. 2

Runde nr. 2 ble startet 28.8.80 og avsluttet 19.12.80. Forsøkene representerer derfor en oppstarting med høye vanntemperaturer og en avslutning med en meget lave temperaturer.

Farge

I råvannet ligger farge i området 6-15, med en gjennomsnittsverdi på ca. 8 mg Pt/l.

Etter koagulering og sedimentering reduseres fargetallet til 3-12 mg Pt/l, med en gjennomsnittsverdi på ca. 5,5 mg Pt/l.

I filtrat fra ABW-sandfiltrene reduseres fargetallet ytterligere til 1-3 mg Pt/l med en gjennomsnittsverdi på ca. 1,5 mg Pt/l. Den nominelle renseseffekten er relativt liten, mens den prosentvise er vel 70 %.

Etter aktiv-kullfiltrene reduseres fargetallet til jevnt 1 mg Pt/l . Særlig lavere er det vanskelig å komme.

Turbiditet

Råvannets turbiditet ligger i området 0,4-0,8 NTU. Etter koaguleringen og sedimentering øker turbiditet til 0,5-1,1 NTU på grunn av tilsetning av aluminiumsulfat. Etter ABW-sandfiltreringer reduseres verdiene til 0,2-0,4 NTU med en gjennomsnittsverdi nær 0,3 NTU. Reduksjonene tilsvarer renseeffekter i området 50-70 %.

I filtrat fra ABW-aktivt-kullfiltrene reduseres turbiditet ytterligere til 0,1 NTU, med gjennomsnittsverdier på ca. 0,2 NTU. Reduksjonene tilsvarer renseeffekter i området 30-40 %.

TOC

TOC-innholdet i råvannet ligger i området 3,9-4,5 mg C/l og gjennomsnittsverdier rundt 4,2 mg C/l. Gjennom sedimenteringsenhetene reduseres TOC-innholdet til 2,7-3,5 mg C/l med en gjennomsnittsverdi på ca. 3,1 mg C/l. Reduksjonen tilsvarer en renseeffekt på 27 %.

I filtrat fra ABW-sandfilter ligger TOC-innholdet på 2,2-3,2 mg C/l med en gjennomsnittsverdi på ca. 2,7 mg C/l. Dette tilsvarer en gjennomsnittlig renseeffekt på 15 %.

Etter aktiv-kullfiltrering reduseres TOC-innholdet ytterligere til 1-2 mg C/l, med en gjennomsnittsverdi på ca. 1,5 mg C/l. Reduksjonen tilsvarer en gjennomsnittlig renseeffekt på ca. 45 %.

c) Forsøksrunde nr. 3

Runde nr. 3 startet 16.2.81 og avsluttet 17.5.81. Begynnertemperaturen i vannet er lav og øker betydelig mot slutten av undersøkelsen.

Farge

Fargetallet i råvannet ligger i området 7-15 mg Pt/l, med et gjennomsnitt på ca. 12,5 mg Pt/l.

Etter koaguleringen reduseres fargetallet til mellom 3 og 15 mg Pt/l, med en gjennomsnittsverdi på ca. 5 mg Pt/l.

I filtrat fra sandfiltrene reduseres fargetallet ytterligere til mellom 1 og 3 mg Pt/l med en gjennomsnittsverdi på ca. 1,5 mg Pt/l. Rensetrinnet gir en renseeffekt på ca. 70 %.

Etter aktiv-kullfiltreringen ligger fargetallet på ca. 1 mg Pt/l.

Turbiditet

Turbiditet i råvannet varierer mellom 0,3 og 0,5 NTU med gjennomsnitt på ca. 0,45 NTU.

I filtrat fra ABW-sandfiltrene reduseres turbiditet til mellom 0,1 og 0,4 NTU med gjennomsnitt på ca. 0,2 NTU. Renseeffekter gjennom sandfiltrene er ca. 75 %.

TOC

TOC-innholdet i råvannet ligger mellom 4,4 og 5,2 mg C/l med et gjennomsnitt på 4,9 mg C/l.

4.1.3. Konklusjon vannkvalitet

Hverken verdiene for farge, TOC-innhold eller turbiditet i råvannet er særlig høye. Fargetall og TOC-innhold reduseres videre gjennom sedimenteringen, slik at belastningen både på ABW-sandfiltrene og ABW-aktiv-kullfiltrene er relativt beskjeden. De nominelle konsentrasjonene av overnevnte stoffer i filtratet er lave og de prosentvise renseeffektene meget tilfredsstillende.

4.1.4. Driftserfaringer

Tilbakespylingene av ABW-filtrene styres automatisk av differansetrykket over filtrene. Sandfiltrene tilbakespyles 1-2 ganger daglig, mens aktiv-kullfiltrene tilbakespyles en gang pr. dag.

Både ABW-filtrene generelt og tilbakespylingene spesielt fungerer tilfredsstillende. Ettersyn (smøring) av filtrene skjer ukentlig og tar ca. 15 minutter. Hovedettersyn og hovedrengjøring skjer årlig. Forøvrig overlates filtrene til seg selv. Vannverket var meget tilfreds med begge ABW-filtertyperne.

4.2. Haverhill Water Treatment Plant - Massachusetts

Vannbehandlingsanlegget ble oppstartet i 1980 og tar råvann fra 8-10 meters dyp i Kenoza lake. En del vannkvalitetsdata foreligger fra kilden fra august og september 1986:

- Farge	10-35 mg Pt/l
- Turbiditet	0,5-2,4 NTU
- Surhetsgrad	pH 6,0-6,5
- Jern	0,05-0,15 mg Fe/l
- Mangan	0,05-0,4 mg Mn/l

Over året varierer trolig vannkvaliteten mer enn overnevnte tall tilsier. Av mer spesielle problemer i kilden kan nevnes noe høyt manganinnhold og periodevis oppvekst av alger (særlig Anabena-arter). For algebekjempelse benyttes kobbersulfat 1-2 ganger pr. år. Kobbersulfatet spres i kilden med konsentrasjoner på ca. 1 mg/l.

Vannbehandlingsanlegget omfatter følgende hovedprosesser:

- Råvannspumping
- Flokkulering
- Sedimentering
- ABW-sandfiltrering
- ABW-aktiv fullfiltrering.

Dimensjonerende og maksimal kapasitet på anlegget er henholdsvis 1.900 og 2.500 m³/h.

4.2.1. Råvannspumping

Vannet ledes med selvføll inn på råvannspumpe-stasjonen hvor klor, natronlut og kaliumpermanganat tilsettes. Deretter pumpes vannet opp til vannbehandlingsanlegget.

4.2.2. Statiske miksere

Vannet tilsettes kaustisk soda og aluminiumsulfat og ledes gjennom to statiske miksere og inn på flokkuleringsenhetene.

4.2.3. Flokkuleringstankene

Flokkuleringen består av to linjer hver med 4 tanker. I hver av tankene er det montert flokkulatorer med hengende padleverk og regulerbar motorhastighet.

4.2.4. Sedimentering

Fra flokkuleringen ledes vannet inn på 2 sedimenteringsbasseng hver med overflateareal på ca. 1875 m². Ved maksimal hydraulisk belastning oppnås en overflatehastighet og en oppholdstid på henholdsvis 1,33 m/h og 2,3 timer. De tilsvarende verdier ved dimensjonerende kapasitet er henholdsvis 1 m/h og 3 timer.

Kjedeskaper er montert i bassengene. Disse opereres periodevis og fører slammet til slamlommer hvorfra det blir pumpet direkte til kloakk.

4.2.5. ABW-sand antrasitt-filtrering

To ABW-filtre er installert etter sedimentering med filtermedium av sand og antrasitt. Medienes dybde er hver 14 cm og kornstørrelse henholdsvis 0,60-0,65 mm og 0,85 og 0,95 mm. De tilsvarende uniformitetskoeffisientene er henholdsvis 1,5 og 1,7.

Filtrenes overflatehastighet ved dimensjonerende og maksimal hydraulisk belastning er henholdsvis 7,35 og 10 m/h.

En tilbakespylingssyklus av filtrene tar ca. 2 timer. Ved maksimal hydraulisk belastning tilbakespyles filtrene kontinuerlig, mens de tilbakespyles anslagsvis hver 8. time ved en hydraulisk belastning på ca. 1.200 m³/h.

Tilbakespylingsvannet føres inn før de statiske mikserne.

4.2.6. ABW-aktiv-kullfiltrering

Fra sand antrasittfiltrene føres vannet inn på to ABW-aktiv-kullfiltre. Filtermediet har en dybde på 1,22 cm.

Kullfiltrene tilbakespyles hver 8. time. Tilbakespylingsvannet føres tilbake til innløpet til de statiske mikserene eller til innløpet til ABW-sandfiltrene.

Kullet regenereres ca. hvert 4. år. I regneringsprosessen tapes ca. 10 % av kullet.

4.2.7. Øvrig vannbehandling

Før sand-antrasittfiltrering tilsettes klor for å hindre begroing i filtrene. Etter aktiv-kullfiltrering tilsettes klor nok en gang slik at klorkonsentrasjonen i vannet som forlater anlegget er minimum 1 mg/l.

I tillegg tilsettes natriumfluorsilikat og natronlut til renvannet.

4.2.8. Vannkvalitet

Fra august-september foreligger en del driftsdata fra de forskjellige prosesser i vannbehandlingsanlegget. Tabell 1 viser resultatene.

Tabell 1. Vannkvalitet etter de ulike prosesser.

Råvannet har ikke unormal høy farge eller turbiditet.

Fra råvannet til etter sedimentering reduseres gjennomsnittsverdiene for turbiditet og farge til henholdsvis 0,84 NTU og 7,8 mg Pt/l. Reduksjonene tilsvarer gjennomsnittlige renseeffekter på henholdsvis 20 og 70 %.

Etter ABW-sandfiltrering reduseres turbiditet og farge ytterligere til gjennomsnittlige verdier på 0,22 NTU og 4,0 mg Pt/l. Verdiene tilsvarer prosentvise renseeffekter på henholdsvis ca. 75 og 50 %.

Etter ABW-aktiv-kullfiltrering reduseres gjennomsnittsverdier for turbiditet og farge til henholdsvis 0,19 NTU og 3,9 mg Pt/l. Verdiene tilsvarer renseeffekter på henholdsvis 15 og 2,5 %. Disse lave absolutte og prosentvise verdier har trolig sammenheng med at verdiene både for turbiditet og farge allerede var lave før kullfiltrene.

4.2.9. Drift av ABW-filtrene

Den automatiske tilbakespyling av ABW-filtrene fungerer tilfredsstillende uten daglig tilsyn. Ettersyn og smøring skjer mer sjeldent enn hver uke og regnes å ta mindre enn ett kvarter.

En gang pr. år settes sand-antrasitt-filtrene ut av drift. De fylles med 1 % kaustisk soda-oppløsning som står i filtrene 10-15 timer for fjerning av mangan på filtermediet.

4.2.10. Vurdering av ABW-filtrene

Turbiditet og fargetall i råvann er ikke ekstremt høyt. Den teoretisk mulige avskillingen av turbiditet og farge er derfor begrenset i de enkelte enhetsprosesser.

Når overnevnte forhold tas i betraktning er både de prosentvise og de absolutte avskillingene av turbiditet og farge svært tilfredsstillende i både ABW-sand og antrasittfiltrene.

Renseeffektene i ABW-aktiv-kullfiltrene er imidlertid betydelig mindre. Dette er selvsagt forårsaket av at avskillingen i all hovedsak har skjedd i de foregående prosessenheter og at det derfor er mindre å avskille gjennom aktiv-kullfiltrene. Forøvrig er aktiv-kullfiltrene installert for fjerning av lukt og smak på vannet.

Driftsteknisk er vannverkspersonalet tilfreds med ABW-filtrene. I hovedsak fungerer de i dagevis uten tilsyn.

4.3. Danver Water Treatment Plant, Massachusetts

Vannbehandlingsanlegget ble oppstartet i 1977 og tar råvann fra 8 meters dyp i Midderton Pond som igjen får suppleringsvann fra andre kilder.

Vannkvaliteten i Midderton Pond er følgende:

- Farge	90-130 mg Pt/l
- Turbiditet	0,6-1,5 NTU
- Surhetsgrad	pH 6,2-6,5
- Jern	0,-1,5 mg Fe/l
- Mangan	0,-0,6 mg Mn/l

Noe jern- og manganutløsning forekommer fra sedimentene på sommeren. Videre skjer en viss algevekst på sommeren av særlig Anabera-arter og noen Diatomier. Koppersulfat brukes derfor i kilden to ganger årlig.

kapasitetene på anlegget er følgende:

- Dimensjonerende kapasitet	775 m ³ /h
- Maksimal kapasitet	1.550 m ³ /h

Vanlig hydraulisk belastning er i området 500 m³/h, men maksimal forekommende belastning er 930 m³/h.

Vannbehandlingsanlegget har følgende hovedprosesser:

- Flokkulering
- Sedimentering
- Sandfiltrering
- Aktiv-kullfiltrering

4.3.1. Råvannspumping

Råvann pumpes fra Middelton Pond og tilsettes natronlut, aluminiumsulfat og klorgass. I perioder doseres også kaliumpermanganat. Vannet føres så gjennom en flash-mikser.

4.3.2. Flokkulering

Flokkuleringen består av fire flokkuleringsbasseng, hvert med volum på ca. 200 m³. Ved dimensjonerende belastning oppnås en kontaktid på ca. 1 time.

4.3.3. Sedimentering

Etter flokkuleringen føres vannet over til fire sedimenteringsbasseng, hvert med volum ca. 750 m³ og overflateareal på 280 m². Ved dimensjonerende hydrauliske belastning tilsvarende ovennevnte verdier oppholdstid og overflatehastighet på henholdsvis ca. 4 timer og ca. 0,7 m/h.

4.3.4. ABW-sandfiltrering

2-ABW-filtre er installert etter sedimenteringsbassengene, hvert med et overflateareal på ca. 80 m² og en filterdybde på 28 cm. Det ene filteret har filtermedium av sand med kornstørrelse mellom 0,55 og 0,65 mm, mens det andre har sand og antrasitt med kornstørrelser på henholdsvis 0,55-0,65 mm og 0,85-0,95 mm.

Ved dimensjonerende og maksimale hydraulisk belastninger oppnås overflatehastigheter på henholdsvis 4,8 og 9,6 m/h.

Filterene tilbakespyles 2-3 ganger pr. dag og tilbakespylingsvannet føres tilbake til innløpet til flokkuleringsenhetene.

4.3.5. ABW-aktiv-kullfiltrering

Fra sandfiltrene føres vannet over til to ABW-aktiv-kullfiltre, hvert med overflateareal på 80 m². Arealene gir overflatehastigheter på 4,8 og 9,6 m/h ved henholdsvis dimensjonerende maksimale hydrauliske belastninger.

Filterdybden er 120 cm som gir en kontaktid på 15 minutter ved dimensjonerende hydraulisk belastning og 7,5 minutt ved maksimale hydrauliske belastning.

Kullfiltrene tilbakespyles 1 gang pr. dag og tilbakespylingen tar 3,5 time. Tilbakespylingsvannet føres til innløpet av flokkuleringsbasengene.

Hvert år rengjøres kullfiltrene ved manuell spyling. Levetiden for kullfiltrene regnes å være ca. 2 år.

4.2.6. Øvrig vannbehandling

Før sandfiltrene doseres 3,5 mg klor pr. liter for å hindre begroing. Til renvannet doseres ytterligere 1 mg klor pr. liter.

For å hindre korrosjon på ledningsnettet doseres 0,6 mg sinkortofofat og 1 mg sinkmetafofat pr. liter. I tillegg doseres natriumlut for heving av pH-verdiene.

4.2.7. Vannkvalitet

Vanntemperaturen på vinteren kommer ned i 3,5-4°C. Ved lave vanntemperaturer oppnås noe dårligere renses effekter enn ved høyere temperaturer.

Etter sedimentering ligger turbiditetsverdiene i området 1,5-1,6 NTU på vinteren, men de på sommeren er redusert til området 1,1-1,2 NTU.

Etter ABW-sand/antrasittfiltrene reduseres turbiditetsverdiene til 0,12-0,5 NTU. Disse verdiene tilsvarer renses effekter i området 40-90 %. Fargetallene reduseres til 10-12 mg Pt/l.

Turbiditetsverdiene i filtratet fra kullfiltrene reduseres ytterligere til 0,04-0,2 NTU som tilsvarer renseeffekter i området 60-70 %. Fargetallene reduseres til 5-8 mg Pt/l som tilsvarer prosentvise reduksjoner i området 35-60 %.

Stikkprøver av jern og manganinnhold viser verdier på 1,05 og 0,04 mg/l i henholdsvis rå- og renvann. Verdiene tilsvarer en reduksjon på hele 96 % gjennom anlegget.

Aluminiumsinnholdet i renvannet viser verdier i området 100-150 µg/l.

4.3.8. Vurdering av filtrene

Anslagsvis 15 minutter medgår daglig til ettersyn av filtrene. Utenom skifte av noen lagre er det ikke erfart særlige driftsproblemer ved filtrene. Operatørene er derfor godt fornøyd med installasjonene.

Råvannet er betydelig farget og har relativt høye turbiditetsverdier etter norske forhold. Videre forekommer periodevise problemer med jern og mangan.

Betydelige reduksjoner i turbiditet, farge og TOC skjer gjennom sandfiltrene og ytterligere reduksjoner oppnås gjennom kullfiltrene. Renvannet har tilfredsstillende kvalitet.

4.4. Moyer Packing avløpsanlegg - Philadelphia

Anlegget renser avløpsvann fra parterings- og pakkeri for storfekjøtt med gjennomsnittlig belastning på 1.500 dyr pr. dag. Avløpsvannet er svært rikt på organisk og suspendert stoff.

Gjennomsnittlig hydraulisk belastning er ca. 80 m³/h med topper opp mot 100 m³/h. Avløpsanlegget består av følgende hovedprosesser.

- Flotasjon
- 2 luftebasseng
- 2 sedimenteringsbasseng

- ABW-sandfilter
- Klordesinfeksjon

4.4.1. ABW-sandfilter

Et prefabrikkert ABW-sandfilter er installert for etterpolering av avløpsvannet. Filteret er av standard type med 28 cm dyp filterseng og filtermedium med effektiv kornstørrelse på 0,6 mm. Filteret har vært i drift i 1,5 år.

Tilbakespylingen styres automatisk av differansetrykket over filtermediet. Normalt tilbakespyles filteret 4-6 ganger daglig. Anslagsvis et kvarter medgår til ettersyn av filtrene ukentlig.

4.4.2. Vannkvalitet

Urenset avløpsvann inneholder 700 mg SS/l. Kravene til de enkelte parametre er:

- | | |
|--------------------|--------------|
| - Suspendert stoff | < 20 mg SS/l |
| - Fosfor | < 0,5 mg P/l |
| - Ammonium | < 0,5 mg N/l |
| - BOD | < 20 mg/l |

Innløpsvann til ABW-filteret varierer noe, men ligger i hovedsak i følgende områder:

- | | |
|--------------------|---------------|
| - Suspendert stoff | 15-30 mg SS/l |
| - COD | 160 mg/l |
| - Fosfor | 3,3 mg P/l |
| - Ammonium | 1,8 mg N/l |
| - Fett | 2-3 mg/l |

Ut av ABW-filteret er vannkvaliteten:

- | | |
|--------------------|-------------|
| - Suspendert stoff | 2-7 mg SS/l |
| - COD | 100 mg/l |
| - Fosfor | 0,8 mg P/l |
| - Ammonium | 1,0 mg N/l |
| - Fett | < 1 mg/l |

Maksimum- og minimumsverdiene for avskillingen over filteret tilsvarende følgende renseeffekter:

- Suspendert stoff	74-85 %
- COD	40 %
- Fosfor	75 %
- Ammonium	80 %
- Fett	30-50 %

4.4.3. Vurdering av ABW-filteret

Selv om avløpsvannet er særlig vanskelig, tilfredsstilles de oppgitte utslippskravene utenom fosfor med meget god margin. Både de absolute og de prosentvise renseeffektene over filteret er meget tilfredsstillende. Innløpsvannet til filteret inneholder en del fett, men særlig problemer for filtermediet innebærer dette ikke.

Fabrikken har visse planer om utvidelser. Avløpsanlegget må da også utvide. Driftslederen ved anlegget er da innstilt på å anskaffe et nytt ABW-filter.

4.5. Hannover avløpsrenseanlegg - Maryland

Avløpsanlegget skal rense kommunalt avløpsvann fra byen Hannover. Anlegget var så og si ferdig bygget, men var ikke satt i drift ennå. Driftsresultater foreligger derfor ikke, men anlegget ble medtatt fordi det hadde en interessant prosessteknisk oppbygging. Videre ga det godt innblikk i de enheter som vanligvis er under vann i anlegg i drift.

Beregnete hydraulisk belastning er følgende:

- Gjennomsnittlig avløp	575 m ³ /h
- Maksimum avløp	1.450 m ³ /h

Avløpsanlegget har følgende oppbygging:

- 2 utendørs runde forsedimenteringsbasseng
- 2 utendørs biologiske kanaler med luftere og strømsettere

- Doseringskammer for fellingskjemikalium
- 2 utendørs runde etterfellingsbasseng
- 3 innendørs ABW-filtre
- Gassklorering
- Slambehandling.

ABW-filtrene er plassbygd i betong. Hvert filter har overflateareal på ca. 95 m². Ved gjennomsnitts- og maksimum hydraulisk belastning er overflatehastighetene henholdsvis 2 og 5,1 m/h.

Utslippskravene for suspendert stoff er mindre enn 10 mg SS/l. Beregnet konsentrasjon av suspendert stoff inn på filtrene er 30 mg SS/l. Beregnet renseeffekt gjennom filtrene er m.a.o. ca. 65-70 %.

5. FORSKNINGSRISULTATER

5.1. Reduksjon av farge og turbiditet

Det er utført flere interessante forskningsarbeider med ABW-filteret. Ett som tidligere er nevnt, omhandler aktiv-kullfiltrering og reaktivering. Forsøkene er utført ved Manchester Water Works, New Hampshire og gir et meget godt bilde av de mer langsiktige renses-effekter både for ABW-sandfiltrene og for ABW-aktiv-kullfiltrene. Resultatene er beskrevet i kapittel 4.1. og vil ikke bli gjentatt her. Det henvises derfor til kapittel 4.1. eller til rapporten "Granular activated carbon adsorption and fluid-bed reactivation" av D. Kittridge, R. Beurwage og David Paris utgitt av Municipal Research Laboratory, Connecticut, Ohio.

5.2. Reduksjon av farge og turbiditet

Ved Pleasant Valley Water Treatment Plant i Brattleboro, USA er forsøk med et ABW-pilotanlegg for reduksjon av turbiditet og farge. Forsøkene er rapportert av H.K. Koleini ved Environmental Elements.

Pilotfilteret har to medier. Det øverste er antrasitt med effektiv kornstørrelse på 0,95 mm, mens det underste er sand med effektiv kornstørrelse på 0,6 mm. Dybdene på de to lagene er begge 20 cm.

Filterhastigheten er ca. 7,3 m/h, mens tilbakespylingshastigheten er 27,5 m/h. Den gjennomsnittlige filtersyklusen var 4 timer. Forsøkene ble gjort som direktefiltrering.

Polymér av typene Flocc 300, Flocc 507, Flocc 509 og Flocc 517 er benyttet som fellingskjemikalium alene eller i sammen med aluminiumsulfat. Resultatene er angitt i tabell 2.

Tabell 2. Renseeffekter ved ulike fellingskjemikalier og doseringer.

TEST SERIES	ALUM		POLYMER		pH		FREE CHLORINE		COLOR		TURBIDITY			
	% sol.	DOSE ppm	TYPE	% sol.	DOSE ppm	(AVG.)		ppm (AVG.)		(AVG.)		(AVG.)		PERCENT REDUCTION %
						IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	
1	0		Floc 300	.5	7	*	*	*	*	*	*	1.49	0.137	91
2	0		Floc 300	.6	6	6.8	6.8	2.04	2.01	20	5	1.51	0.22	85
3	0		Floc 300	.5	5	6.8	6.8	1.8	1.7	15	5	1.29	0.204	84
4	0		Floc 300	.4	4	*	*	1.76	1.56	15	6.6	0.87	0.226	74
5	0		Floc 507	.7	7	6.20	6.26	1.34	0.76	16	5	1.35	0.378	72
6	.3	3	Floc 300	.15	1.5	6.75	6.75	1.1	1.3	20	12.5	1.42	0.675	52
7	1	10			0	6.16	6.37	1.67	1.52	20.5	16	1.48	1.45	2
8	0		Floc 517	.5	5	6.75	6.80	1.7	1.4	17	9	1.30	0.938	27
9	0		Floc 505	.5	7	*	*	1.8	1.23	15+	7	1.32	0.65	51
10	.3	3	Floc 509	.2	2	6.8	6.8	1.6	0.93	18.75	12.5	1.35	0.66	51
11	.5	5			0	6.7	6.75	1.3	1.3	20	13.75	1.45	1.35	7

Med dosering av Floc 300 alene oppnås fargereduksjoner fra 15-20 mg Pt/l til 5-6,6 mg Pt/l som tilsvarer prosentvise reduksjoner på 55-75 %. Turbiditet reduseres fra 1,3-1,5 NTU til 0,14-0,22 NTU som tilsvarer prosentvise reduksjoner på 85-90 %. Med aluminiumsulfat og/eller andre polyméer er renseseffektene dårligere.

De beste prosentvise reduksjonene av turbiditet er tilfredsstillende. De viste prosentvise reduksjonene av farge er også brukbare. Råvannets humusinnhold er imidlertid relativt beskjedent i forhold til mange norske kilder som er nødvendig å fullrense.

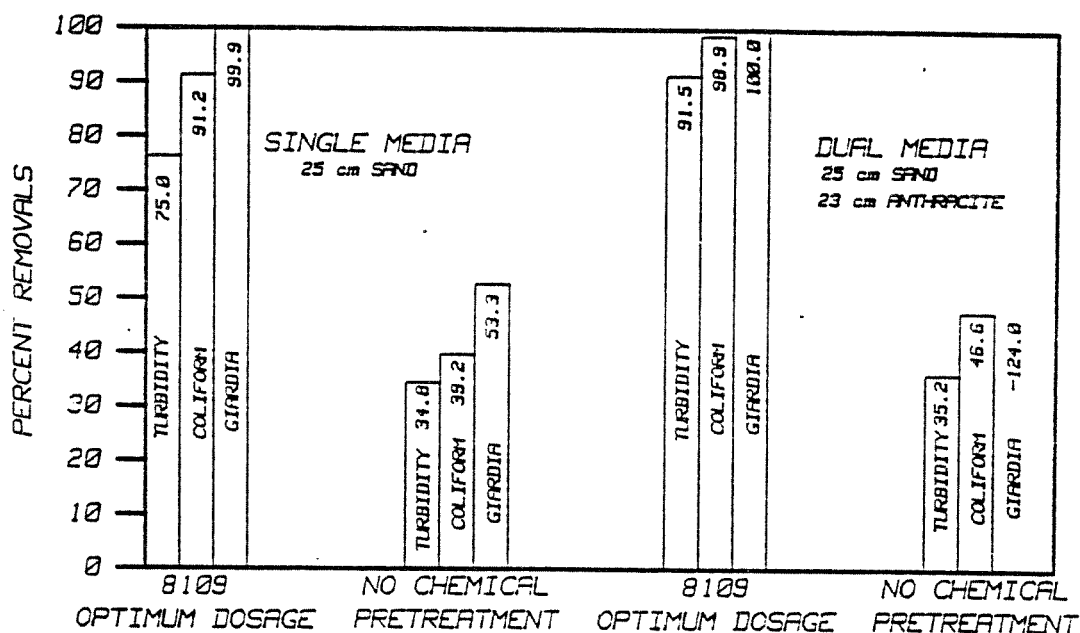
Resultatene sier ikke noe om renseseffektene for vann med betydelig høyere fargetall som forekommer mange steder i Norge. Det er derfor noe usikkert om ABW-filteret kan brukes som direktefiltreringsanlegg for råvann med høy farge. For å få avklart dette nærmere bør spesielle undersøkelser gjennomføres.

5.2. Reduksjon av Giardia cyster, Coliforme bakterier og turbiditet

En spesiell egenskap ved ABW-filtrene er liten filterdybde. Filterets slamakkumuleringskapasitet er mindre enn for konvensjonelle filtre og mulighetene for slamgjennombrudd kan fryktes å være større. P. Rivers og D. Henrics ved Colorado State University har undersøkt avskillingen av Giardia cyster, coliforme bakterier og turbiditet gjennom et pilot-ABW-filter.

Undersøkelsen er foretatt med et pilot-ABW-sandfilter med sanddybde 25 cm og effektiv kornstørrelse 0,45 mm. I tillegg er et ABW-sand/antrasittfilter benyttet med mediadybder på henholdsvis 25 og 23 cm og effektive kornstørrelser på henholdsvis 0,45 og 0,80 mm. Uniformitetskoeffisientene for sand og antrasitt er henholdsvis 1,5 og 1,7.

Råvannets turbiditet varierte fra 0,33 til 2,8 NTU med et gjennomsnitt på 0,55 NTU. Vanntemperaturen varierte fra 1°C til 15°C. Den generelle hydrauliske belastningen var 8,5 m/h. Figur 13 angir resultatene.

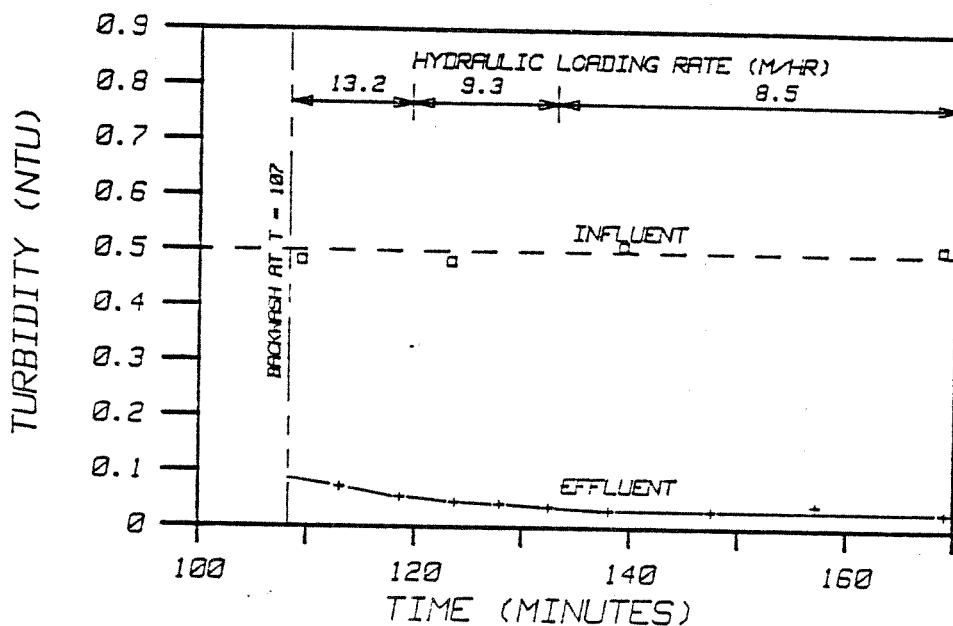


Figur 13. Renseeffekter av Giardi cyster, coliforme bakterier og turbiditet for en- og to-media filtre med og uten fellingskjemikalietilsetting.

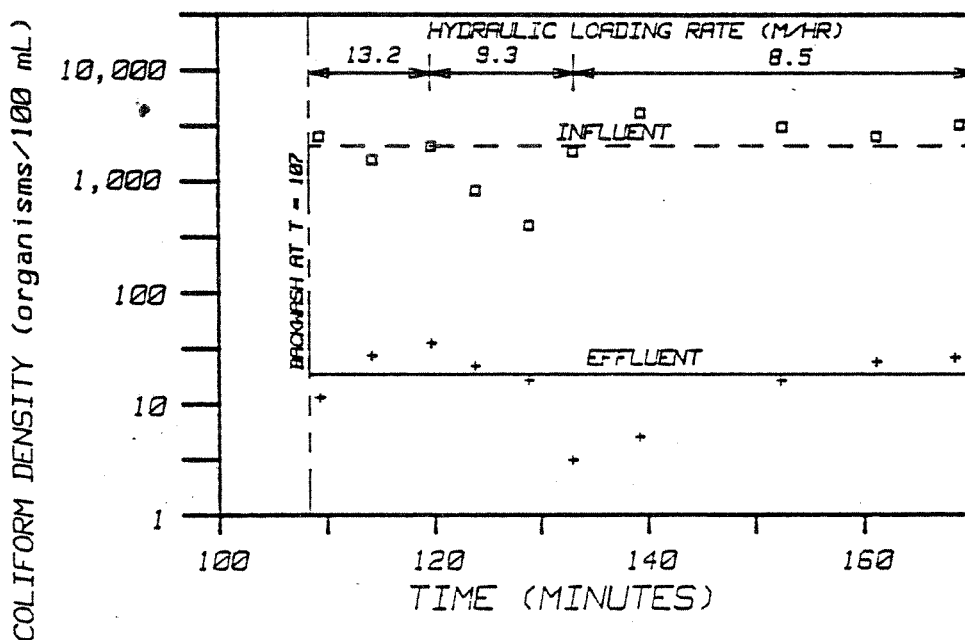
Som det fremgår av resultatene er renseeffektene noe bedre for to-media filteret enn for en-media filtret. Videre er renseeffektene selvsagt betydelig bedre med kjemikalietilsetting enn uten. Med kjemikalietilsetting er fjerning av Giardia cyster 99,9 og 100 % og noe dårligere for coliforme bakterier. Giardia cyster og coliforme bakterier trenger i svært liten grad igjennom filtermediet når fellingsmiddel tilsettes.

På grunn av den spesielle tilbakespylingsløsningen føres ikke første-filtratet i et ABW-filte til avløp. Like etter tilbakespylingen er ferdig, settes filtret i normal drift

En viss frykt for gjennomgang av forurensninger i ABW-filtrenes modningsfase var bakgrunnen for en simulering av at modningsfasen ble gjennomført. Figur 14 og 15 viser resultatene.



Figur 14. Turbiditet i råvann og filtrat.



Figur 15. Coliforme bakterier i råvann og filtrat.

Like etter tilbakespyling av filtrat var filterhastigheten 13,2 m/h og trinnvis redusert til 9,3 og videre til 8,5 m/h. Umiddelbart etter tilbakespylingen reduseres turbiditet fra 0,5 til 0,1 NTU og en ytterligere reduksjon til 0,03 NTU finner sted utover i filtersyklusen.

Coliforme bakterier reduseres fra ca. 2.000 pr. 100 ml i råvannet til 17 i filtratet, umiddelbart etter tilbakespyling. Resultatene viser med andre ord liten gjennomgang av forurensninger like etter tilbakespyling av filtrene.

I den samme undersøkelsen ble tilbakespylingens effektivitet undersøkt, ved måling av turbiditet i ulike tidspunkt etter tilbakespylingen. Resultatene viser at turbiditet i tilbakespylingsvannet øker fra ca. 0,5 til 5-8 NTU etter 40 sekunder og reduseres til 2-4 NTU og videre til 2 NTU etter henholdsvis 60 og 80 sekunder. Tilbakespylingsforsøk over lengre tidsperioder viser ingen vesentlige endringer i utviklingen.

Resultatene indikerer at slammet i filtermediet fjernes effektivt ved tilbakespyling og at langtidsakkumulering av slam i filteret i liten grad skjer.

6. SPESIELLE EGENSKAPER VED ABW-FILTERET

ABW-filtelet har en ukonvensjonell utforming og en rekke spesielle egenskaper. Noen av disse er:

- Liten kornstørrelse i filtermediet medvirker til at slammet lagres høyt oppe i filtermediet.
- Liten kornstørrelse i filtermediet innebærer redusert spylevannshastighet og dermed lite forbruk av tilbakespylingsvann. Samtidig reduseres slamakkumuleringskapasiteten i filtermediet betydelig og resulterer i hyppigere filterspylinger. Totalt sett er imidlertid spylevannsforbruket oftest mindre enn for konvensjonelle filtre og utgjør vanligvis 1-2 % av total vannproduksjon.
- Det enkle inn- og utløpsarrangementet erstatter et komplisert filtergalleri med bl.a. en rekke ventiler. Nødvendige ventiler er i hovedsak få og små og manuelt drevne med svært sjeldent behov for justering. Det lett tilgjengelige inn- og utløpet øker mulighetene for rengjøring m.v.
- Det svært lave vannivået over filteret og lille filterdybden resulterer i et totalt falltap gjennom filteret på mindre enn 30 cm. På de mer konvensjonelle filtre er totalt falltap ofte mellom 1 og 3 meter. Dette innebærer lavere energiforbruk for ABW-filtelet dersom det pumpes gjennom anlegget.
- Inndelingen av filteret i et stort antall seksjoner innebærer at maksimalt 3 seksjoner settes ut av normal drift ved tilbakespyling. Av disse blir en hel seksjon fullt ut tilbakespylt.

3 seksjoner representerer 60-90 cm filterlengde. Ved eksempelvis 10 meters filterlengde utgjør disse 3 seksjonene 6-9 % av totalt filterareale. At bare en svært liten del av filteret er utkoblet under tilbakespyling innebærer en redusert forstyrrelse av nitrene og en betydelig jevnere renvannskvalitet.

- I konvensjonelle filtre skjer vanligvis en forverring av filtratet mot slutten av filtersyklusen (før tilbakespyling) og særlig er filtratet dårlig like før tilbakespyling (i modningsfasen).

Noe av overnevnte effekt kan også forventes ved ABW-filteet, men trolig i mye mindre grad enn ved de mer konvensjonelle filtre.

- Tilbakespyling av konvensjonelle filtre krever ofte store tilbakespylingsbasseng og store tilbakespylingspumper, rør, ventiler m.v. Disse installasjonene er kostbare både anlegg og drift (særlig energi). Den grunne filterdybden i ABW-filteet og det finkornige filtermediet samt den grunne nedtrengningen av slam i filtermediet medfører at tilbakespylingshastigheten og særlig tilbakespylingstiden blir betydelig mindre enn for konvensjonelle filteranlegg. Den seksjonsvise tilbakespylingen innebærer at bare et lite areal blir tilbakespylt av gangen. Totalt sett resulterer dette et noe redusert spylevannsbehov og et mye bedre tidsmessig fordelt spylevannsforbruk. Dette medfører igjen at spylevannet kan tas direkte fra utløpskanalen uten nevneverdig redusert vannproduksjon fra filteret. Behovet for spylevannsbasseng, som ofte er store og kostbare, er derfor eliminert ved ABW-filteet. Videre er nødvendig kapasitet på spylevannspumpene betydelig redusert, ofte ned til effektbehov på 4-6 kW. Røropplegg for tilbakespylingssystemet er også vesentlig forenklet og dimensjonene drastisk redusert.
- Tilbakespyling av de konvensjonelle filteranlegg innebærer et sterkt konsentrert utslipp, både hva angår forurensning og vannmengde. Ofte nødvendiggjør dette anlegg av store utjevningsbasseng og gradvis utslipp til kloakk, slambehandling m.v.

Tilbakespylingen av ABW-filtrene skjer som nevnt over betydelig lengre tid med en vesentlig mindre spylevannsmengde. Dette eliminerer behovet for spylevannsutjevning og forenkler eventuell slambehandling. Ved konvensjonelle fellingsanlegg med flokkulering, sedimentering og ABW-filtrering kan tilbakespylingsvannet i noen tilfeller føres tilbake til innløpet av flokkuleringsbassengene og dermed redusere utslippsmengdene.

7. KONKLUSJONER

Evalueringen av ABW-filtre er i hovedsak basert på driftserfaringer fra vannbehandlingsanlegg på nordøst-kysten av USA, som har vannkvalitet og klimatiske forhold ikke helt ulikt mange steder i Norge.

Noe mer tvilsomt er det om filteret kan benyttes til direktefiltrering uten forutgående slamavskilling ved høye fargetall eller turbiditetsverdier. Før dette kan vurderes kreves mer omfattende undersøkelser.

ABW-filtrene viste gode resultater benyttet både som sand-antrasitt filter og som aktiv-kullfilter i konvensjonelle fullrenseanlegg med flokkulering og sedimentering forut for filtrene.

ABW-filtrene viste også brukbare renseresultater benyttet som "pole-ringsenhet" etter forutgående avløpsrensing.

8. REFERANSER

Koleini, H.K., 1984: ABW-filter pilot application study - Turbidity and colour removal. Pleasant Valley WTP, Brattleboro, VT.

Kittrenge, D., Beaurivage, R., Paris, D., 1983: Granular activated carbon adsorption and fluid bed reactivation.

Rivers, P., Hendricks, D., Coniglio, R. and Evers, D., 1986: Low head filtration removal efficiencies of Giardia cystes, Coliform bacteria and turbidity from low turbidity water.

Tabell ..

Tabell 1. Vannkvalitet etter de ulike prosesser.

	Turbiditet			Farge			Jern			Mangan			Kopper		
	Min.	Maks.	Snitt	Min.	Maks.	Snitt	Min.	Maks.	Snitt	Min.	Maks.	Snitt	Min.	Maks.	Snitt
Råvann	0,58	2,4	1,05	19	32,8	26	0	0,15	0,07	0	0,27	0,06	0,04	0,15	0,09
Etter sedimentering	0,31	2,1	0,85	3	15	7,8									
Etter filtrering	0,12	0,4	0,22	6,1	2	4,10									
Etter kullfilter	0,11	0,3	0,19	6,1	2	3,9	0	0,08	0,01	0,01	0,05	0,03	0,01	0,04	0,01

WA rapporter utgitt av NIVA

- 1/78 Tiltak i eksisterende avløpssystem. Delrapport 1.
C2-31 Kjell Øren. November 1978
- 1/79 Kjemisk felling med kalk og sjøvann. Del 2
C2-34 O-40/71 A Lasse Vråle. Juli 1979
- 2/79 Driftsresultater fra norske simulanfellingsanlegg.
C2-28 Lasse Vråle, Eilen A. Vik. Juli 1979
- 3/79 Slamavvanning med filterpresser. Del 1
O-78102 Bjørn-Erik Haugan. November 1979
- 4/79 Slamavvanning med filterpresser. Del 2
O-78102 Bjørn-Erik Haugan. September 1979
- 5/79 Sigevann fra søppelfyllplass.
C2-26 Torbjørn Damhaug, Arild Eikum,
Ole Jakob Johansen. August 1979
- 6/79 Vannforurensning fra veg.
O-79024 Eivind Lygren, Egil Gjessing,
John Ferguson. Desember 1979
- 9/79 Primærfelling med ulike fellingskjemikalier
ved Sandvika renseanlegg.
O-79001 Lasse Vråle. Desember 1979
- 1/80 Bakteriologiske forhold i norske og utenlandske
råvannskilder
O-78029 Jens J. Nygård. Februar 1981
- 2/80 Treatment of Septic Tank Sludge
Research Proposal
F-80413 Arild Eikum. Januar 1980
- 3/80 Industrifyllplass i Arendal-Grimstadregionen
Vurdering av vannforurensning og rensetekniske
tiltak for alternativene Gloseheia og Lundeheia
O-80016 Torbjørn Damhaug, Hans Holtan. Mars 1980
- 4/80 Utprøving av analysemetoder for PAH og kartlegging
av PAH-tilførsler til norske vannforekomster
A3-25 Lasse Berglind. Mars 1980
- 5/80 Mobil avvanning av septikslam
Utprøving av septikbil »HAMSTERN»
O-80019 Bjørn-Erik Haugan. November 1980
- 6/80 Tilføringsgrad
Kontroll og kalibrering av vannmålestasjon
ved Monserud kloakkrenseanlegg. Del 1
O-78107 Lasse Vråle. Oktober 1980
- 7/80 Tilføringsgrad
Forurensningstilførsler og beregning av
tilføringsgrad for Monserud renseanlegg i 1979. Del 2
O-78107 Lasse Vråle. Oktober 1980
- 8/80 Overløp i avløpsnett
Tilstand i dag og mulige tiltak
C2-32 Eivind Lygren. September 1980
- 9/80 Sikring av vannforsyning i Oslo mot
forurensninger ved uhell eller sabotasje
Vurdering av faremomenter. (Sperrert)
O-79084 Egil Gjessing, Jens J. Nygård. September 1980
- 10/80 Important aspects of water treatment in USA
XT-25 Eilen Arctander Vik. Juli 1980
- 11/80 Myrgrøfting, effekt på vannkvalitet
Noen observasjoner fra grøftet myrområde
i Røyken 1971-79
XK-05 Egil Gjessing. September 1980
- 12/80 Driftsundersøkelse av vannbehandlingsanlegg
F-80417 Torbjørn Damhaug. November 1980
- 13/80 Hvirveloverløp
Avskilling av sedimenterbart materiale og
flytestoffer i overløpsvann
O-79090 Eivind Lygren. Desember 1980
- 14/80 Use of UV and H₂O₂ in water and
wastewater treatment
Research Proposal
F-80415 Arild Schanke Eikum. Desember 1980
- 1/81 Treatment of potable water containing humus by
electrolytic addition of aluminium followed by
direct filtration
Research Proposal
F-80415 Eilen Arctander Vik. Januar 1981
- 2/81 Water research in developing countries
A desk survey about planning and ongoing
research projects
O-80028 Svein Stene Johansen. Januar 1981
- 3/81 VA-teknisk forsøkshall Sentralrenseanlegg Vest SRV
Notat
Arild Schanke Eikum, Arne Lundar. Februar 1981
- 4/81 Alkalization/hardening of drinking water
Research proposal
G-314 Egil Gjessing. Februar 1981
- 5/81 Tiltak mot forurensning fra fiskeoppdrett
Behandling av vann i resirkuleringsanlegg for fiskeoppdrett
Forskningsprogram 1981-1984
FP-80802 Arild Schanke Eikum, Eivind Lygren. Mai 1981
- 6/81 Tiltak i eksisterende avløpssystem. Delrapport 2
O-80018 Svein Stene Johansen. Mai 1981
- 7/81 Kalking av tilløp til lille Asketjern for fjerning av humus
Innledende forsøk. O-81065 Eilen Arctander Vik. August 1981
- 8/81 Tilføringsgrad for oppsamlingsnett
Status for eksisterende målinger
O-80055 Lasse Vråle. August 1981
- 9/81 A Water Pricing Study for Western Province,
Zambia. Draft !
O-81022 Svein Stene Johansen. September 1981
- 10/81 Fjerning av humus ved H₂O₂ tilsetning
og UV - bestråling
F-80415 Lasse Berglind. Oktober 1981
- 11/81 Treatment of Septic Sludge
European practice
O-80040 Arild Schanke Eikum. November 1981

- 12/81 **Silgrainsyre som fellingsmiddel for avløpsvann**
Buhrestua renseanlegg, Nesodden
O-80093 Lasse Vråle. Desember 1981
- 13/81 **Analyse av vannbehov i husholdninger, næringsvirksomhet institusjoner og til kommunaltekniske formål**
O-78028-01 Svein Stene Johansen, Kim Wedum. Desember 1981
- 1/82 **Fjerning av nitrogen fra kommunalt avløpsvann ved ammoniakkavdrivning**
F-81427 Torbjørn Damhaug. Mars 1982
- 2/82 **Rensing av sigevann fra søppelfyllplasser**
OF-80606 Torbjørn Damhaug. Juni 1982
- 3/82 **Hvirvelkammer og hvirveloverløp**
Regulering av vannføring og rensing av overløpsvann
O-79090 Eivind Lygren, Kim Wedum. Mai 1982
- 4/82 **Avvanning av septikslam i container**
O-81104 Bjarne Paulsrud. August 1982
- 5/82 **Kalibrering og justering av vannføringsmålere**
O-82011 Kim Wedum. Mai 1982
- 6/82 **Vurdering av driftsinstruksur og driftsforhold ved renseanlegg rundt Indre Oslofjord**
O-82004 Arne Lundar, Bjarne Paulsrud. August 1982
- 7/82 **Styring av kjemikaliedosering ved kjemiske renseanlegg**
Erfaringer med bruk av ledningsevne som styringsparameter
O-82025 Torbjørn Damhaug, Bjarne Paulsrud. August 1982
- 8/82 **Strålingskjemisk oksydasjon av organisk stoff i vann**
Programforslag. (Sperrret)
F-80415 Kim Wedum. September 1982
- 9/82 **Slamstabilisering under høy temperatur ved bruk av rent oksygen**
F-81430 Bjørn-Erik Haugan. Oktober 1982
- 10/82 **Tørrværsavsetninger i fellessystemrør**
O-82022 Oddvar Lindholm. November 1982
- 11/82 **Treatment of septage**
European practice
O-80040 Arild Schanke Eikum. Februar 1983
- 1/83 **Alkalisering av drikkevann**
Delrapport 1 NIVA/SIFF
F-82441 Eilen A. Vik. Mars 1983
- 2/83 **Industriavløp på kommunale renseanlegg**
Forbehandling av meieriavløp i luftede utjevningsbasseng
Delrapport 1
O-82017 Torbjørn Damhaug. Februar 1983
- 3/83 **Samlet optimalisering av avløpsrenseanlegg og avløpsledningsnett**
O-82124 Oddvar Lindholm. Februar 1983
- 4/83 **Driftskontrollprogram for galvanoidindustriens renseanlegg**
O-79049 Eigil Iversen. Mars 1983
- 6/83 **Optimalisering av galvanotekniske industrirensanlegg**
O-82119 Eigil Iversen. Mai 1983
- 7/83 **Utslipp av syre, løst organisk materiale og suspendert stoff fra Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard juli-oktober 1982**
O-82067 Øivind Tryland. Mars 1983
- 8/83 **Analyseresultater for avløpsvann fra Mosjøen Aluminiumverk april-oktober 1982**
O-82027 Øivind Tryland. Mars 1983
- 9/83 **Vannforurensning ved bruk av kalksalpeter som støvdempingsmiddel på grusveger**
O-81050 Eivind Lygren, Reidun Schei. Juni 1983 (Sperrret)
- 10/83 **Funksjonsprøving nr 2 av membran kammerfilterpresser VEAS Mars 1983**
O-82130 Lasse Vråle. Mars 1983
- 11/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**
Delrapport 1
Forurensningsproduksjon fra boligfelt med tett oppsamlingsnett i Sydskogen, Røyken kommune
O-81041 Lasse Vråle. April 1983
- 12/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**
Delrapport 2
Automatisk overvåking av vannforbruk og lekkasje som alternativ metode for beregning av tilføringsgrad.
Resultater fra undersøkelser ved Sydskogen, Buhrestua og Siggerud.
O-81041 Lasse Vråle. Desember 1984
- 13/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**
Delrapport 3
Spillvannstapets resipient påvirkning i Siggerudgryta, Ski kommune
O-81041 Lasse Vråle. August 1983
- 14/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**
Delrapport 4
Spillvannstapets innvirkning på grunnvannskvalitet.
Buhrestua rensedistrikt, Nesodden kommune.
O-81041 Lasse Vråle. Oktober 1984
- 15/83 **A feasibility study of fishfarming in Jordan**
O-83026 Eivind Lygren, Torbjørn Damhaug. Juni 1983 (Sperrret)
- 16/83 **Driftsanalyse av Bekkelaget renseanlegg**
O-82005 Bjarne Paulsrud, Kim Wedum. Juni 1983 (Sperrret)
- 17/83 **Water Research in Zambia**
A review of the need for water research
O-83014 Svein Stene Johansen. September 1983
- 18/83 **Water Research in Kenya**
A review of the need for water research
O-83014 Svein Stene Johansen. September 1983
- 19/83 **Water research in Tanzania**
A review of the need for water research
O-83014 Svein Stene Johansen, Torbjørn Damhaug. May 1984
- 20/83 **Mikrobiologisk angrep på gummipakninger til vann- og avløpsrør**
Programforslag
O-83033 Kim Wedum. Juni 1983 (Sperrret)

- 21/83 **Slamdeponering ved norske mangansmelteverk**
Fysisk-kjemisk karakterisering av dremsvann og virkninger av dremsvann på biologiske forhold i resipienten
O-80058 Øivind Tryland, Harry Efraimssen. April 1983
- 22/83 **Sandstangen vannverk**
O-83079 Eilen A. Vik. Juni 1983 (Sperrert)
- 23/83 **Erfaringer med mottak av septikslam på kommunale renseanlegg**
O-82037 Bjarne Paulsrud. Juli 1983
- 24/83 **Miljøgifter i overvann**
O-83063 Oddvar Lindholm. August 1983
- 25/83 **Arealfordeling av korttidsnedbør**
O-83005, F-83450 Oddvar Lindholm. Oktober 1983
- 26/83 **Urbanhydrologi i Sverige**
En litteraturstudie
O-83092 Oddvar Lindholm. November 1983
- 27/83 **Tørrværsavsetninger i fellessystemrør**
Fase II
O-82111 Oddvar Lindholm, November 1983
- 28/83 **Bruk av rent oksygen for luktreduksjon ved renseanlegg R-2, Lillehammer**
O-82083 Bjarne Paulsrud, Bjørn-Erik Haugan. November 1983
- 29/83 **Avsluttende funksjonsprøve for membran-filterpresser ved VEAS, oktober-november 1983**
O-83098 Lasse Vråle, Bjarne Paulsrud. November 1983 (Sperrert)
- 30/83 **Emerging European Wastewater Treatment Technology Preliminary Description**
O-83150 Arild Schanke Eikum. Desember 1983 (Sperrert)
- 31/83 **Treforedlingsindustriens avløpsvann**
Mikrobiell nedbrytning av klorert organisk materiale i blekeriavløpsvann
F-81434 Øivind Tryland, Harry Efraimssen. Desember 1983
- 32/83 **Suspensjoners synkehastighet**
Metode for analyse av finfordelte partiklers synkehastighet i vann
F-81434 Øivind Tryland. Desember 1983
- 33/83 **Silgrainsyre som fellingsmiddel ved SRV, VEAS Slemmestad**
O-82102 Lasse Vråle, P. Sagberg. Desember 1983. (Sperrert)
- 1/84 **Industriavløp på kommunale renseanlegg**
O-82017 Torbjørn Damhaug. Januar 1984
- 2/84 **Luftet lagune for rensing av sigevann**
Delrapport 1. Driftserfaringer
O-83027 Ragnar Storhaug. Februar 1984
- 3/84 **Highway pollution in a Nordic Climate**
O-79024 Eivind Lygren. Mars 1984
- 4/84 **An evaluation of large-scale algal cultivation systems for fish feed production**
O-84002 Torbjørn Damhaug et al. Februar 1984 (Sperrert)
- 5/84 **Matematisk modell av avløpsrenseanlegg**
O-82124/F-83448 Oddvar Lindholm. Februar 1984
- 6/84 **Adsorption in Water Treatment**
Fluoride Removal
FP-83828 Eilen A. Vik. Februar 1984
- 7/84 **Analyse av vannføringsdata**
O-81113 Kim Wedum. Januar 1984
- 8/84 **Renseeffekt i Heistad renseanlegg med og uten tilkopling av industrielt avløpsvann**
O-83093 Øivind Tryland. April 1984
- 9/84 **Hygienisering av slam ved bruk av rent oksygen**
F-81430 Bjarne Paulsrud, Bjørn-Erik Haugan, Gunnar Langeland. Juli 1984
- 10/84 **Slamavvanning med filterpresser ved SRV**
Økonomisk sammenligning av Lasta membran-filterpresser og Rittershaus & Blecher kammerfilterpresser
O-83098 Lasse Vråle, Bjarne Paulsrud. Mai 1984 (Sperrert)
- 11/84 **Separat behandling av slamvann fra avvanning av septikslam**
Biologisk rensing ved bruk av aktivslam
O-83021 Ragnar Storhaug. Juni 1984
- 12/84 **Industriutslipp til vassdrag**
Avveininger for å beskytte resipienten, eksempel fra en tekstilbedrift
OF-81618 Bjørn-Erik Haugan, Kim Wedum. April 1984 (Sperrert)
- 13/84 **Treforedlingsindustriens avløpsvann**
Virkning av peroksyd og UV-bestråling på klororganisk materiale og farge i celluloseblekeriers avløpsvann
F-81434 Øivind Tryland. Mai 1984
- 14/84 **Driftsassistanse**
Vannrenseanlegg, ÅSV A/S Fundo Aluminium
O-83141 Eigel Iversen, Torbjørn Damhaug. Juni 1984
- 15/84 **Ammonium som forurensningsparameter**
O-83035 Kim Wedum. August 1984
- 16/84 **Driftsoppfølging av Biovac renseanlegg for helårsbolig**
O-82101 Bjarne Paulsrud. September 1984
- 17/84 **Kalkfelling på små renseanlegg**
O-83067 Ragnar Storhaug. Oktober 1984
- 18/84 **Hygienisering av slam ved lufttilførsel (Janca-prosessen)**
O-84050 Bjarne Paulsrud, Gunnar Langeland. September 1984
- 19/84 **Utvikling av lukket mærkonstruksjon.**
Prosessløsning og optimalisering
O-84091 Kjell Maroni, Eivind Lygren, Bjørn Braaten. Oktober 1984. (Sperrert)
- 20/84 **Forurensningsproduksjon fra husholdning**
Halvårlig sommerundersøkelse fra Sydsjøen i 1983, Røyken kommune.
F-83451 Lasse Vråle. Oktober 1984
- 21/84 **Luftet lagune for rensing av sigevann**
O-83027 Ragnar Storhaug. April 1985
- 22/84 **Avløpsvannmengder tilført påslippene ved SRV i 1983 og 1984**
O-83090 Lasse Vråle. April 1985

WA rapporter utgitt av NIVA

- 1/85 **Spesifikk forurensningsproduksjon fra husholdning**
Enkel litteraturstudie
O-84131-01 Lasse Vråle. Mars 1985
- 2/85 **Kritisk analyse av spesifikke forurensningsmålinger**
O-84131-02 Lasse Vråle. Mars 1985
- 3/85 **Treatment of leachate in aerated lagoons**
Lab-scale study
O-84022 Ragnar Storhaug. Juli 1985
- 4/85 **Fiskeoppdrett på Granerudstøa, Nesodden**
O-85233 Bjørn Braaten, Torbjørn Damhaug. Juni 1985
- 5/85 **Oppdrett av ferskvannskreps ved Mesna Bruk A/S**
Forprosjekt
O-85126 Sigurd Rognerud, Stellan Karlson
Torbjørn Damhaug, Gösta Kjellberg. August 1985
- 6/85 **Driftsassistanse - Vannrenseanlegg ved Steens Fornikling A/S**
O-84157 Øivind Tryland. August 1985
- 7/85 **Spillvarmebasert akvakulturanlegg i Tyssedal**
Forprosjekt
O-85226 Kjell Maroni, Erlend Waatevik. September 1985 (Sperrert)
- 8/85 **Driftsassistanse - Avløpsledning Høvik Lys A/S**
O-85221 Øivind Tryland, Eigil Iversen, Åse K. Rogne. August 1985
- 9/85 **Teknologi og miljø i oppdrettsnæring**
O-84159/O-84160 Kjell Maroni. Januar 1985
- 10/85 **Rensing av blyholdig avløpsvann. Undersøkelser ved Sønnak Batterier A/S**
O-85222 Eigil Iversen, Øivind Tryland. September 1985
- 11/85 **Spillvarmebasert oppdrettsanlegg i tilknytning til Sauda Smelteverk A/S**
O-84167 Kjell Maroni. April 1985 (Sperrert)
- 12/85 **Overføring av avløpsvann fra Bekkelaget rensedistrikt til Sentralrenseanlegg Vest, SRV.**
Noen vurderinger av VA-tekniske konsekvenser
O-85147 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 13/85 **Arealreduksjonsfaktorer. Fase III Nedbørmålinger i finmasket nett i Oslo**
O-85213 Oddvar Lindholm. Desember 1985
- 14/85 **Vann- og avløpstekniske løsninger for Helleberg hytteområde**
Nordstul, Store-Ble, Notodden kommune
O-85292 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 15/85 **Fremdriftsrapport for Frogn Vannverk**
Perioden juni-oktober 1985
O-85211 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 17/85 **Landbasert fiskeoppdrettsanlegg i Grimstad**
O-85262/Kristoffer Næs, Eivind Lygren, Torbjørn Damhaug, Kjell Maroni, Bjørn Braaten. November 1985 (Sperrert)
- 1/86 **NIVANETT på mikrodatamaskin**
O-85207 Oddvar Lindholm. Januar 1986
- 2/86 **Utvikling av resirkuleringsanlegg for fiskeoppdrettsanlegg**
O-81068 Eivind Lygren, Kjell Maroni. April 1986
- 3/86 **Avfall fra skip på norske strender**
O-85174 Tor Moxnes. Mars 1986
- 4/86 **Driftsundersøkelse av sølvvarefabrikkers renseanlegg**
O-82108 Egil Iversen, Februar 1986
- 6/86 **Minivannverk - forsøk i full skala med prototyp**
O-84114 Tor Moxnes. Mai 1986
- 7/86 **Sanitærbidrag fra yrkesaktive i Ringbygget**
O-85255 Lasse Vråle. Mai 1986
- 8/86 **Virkning av dynamisk regn på hydrogram**
O-86037 Oddvar Lindholm. Juni 1986
- 9/86 **Driftserfaringer fra kalkdoseringsanlegg i vannverk**
O-86092 Jens Arne Ohren. Juni 1986
- 10/86 **Driftsundersøkelse av VIV's direktefiltreringsanlegg ved Akersvann**
O-86068 Jens Arne Ohren. Oktober 1986
- 11/86 **Følsomhetsanalyse for parametre i avløpsnettberegninger. Fase I**
O-86012 Oddvar G. Lindholm. Oktober 1986
- 12/86 **Sanitærbidrag fra yrkesaktive i Bosch bygget Oppegård kommune**
O-86091 Lasse Vråle. Oktober 1986
- 13/86 **Bestemmelse av tilføringsgrad**
O-86195 Lasse Vråle. November 1986
- 15/86 **Driftserfaringer for hvirveloverløp**
O-85209, E-86638 Ole Jacob Johansen. Desember 1986
- 16/86 **Vannkvalitet Vannsjø vannverk**
O-85075 Jens Arne Ohren. Januar 1987