

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern
Oslo 3

Rapportnummer: 0-83027
Undernummer:
Løpenummer: 1579
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Luftet lagune for rensing av sigevann Delrapport 1: Driftserfaringer VA-rapport 2/84	Dato: 31. januar 1984
	Prosjektnummer: 0-83027
Forfatter(e): Ragnar Storhaug	Faggruppe: Miljøteknikk
	Geografisk område: Oslo & Akershus
	Antall sider (inkl. bilag): 35

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:

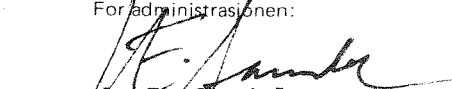
Rapporten inneholder rensresultater og driftserfaringer fra rensing av sigevann i luftet lagune ved Dal-skog fyllplass. Fjerningen av organisk stoff har variert betydelig fordi fosfor er en begrensende faktor for den biologiske aktiviteten i lagunen. Dette vil vanligvis også være tilfelle for andre laguner som behandler sigevann fra nye søppelfyllinger. For å oppnå en tilfredstillende fjerning av suspendert stoff bør luftede laguner være etterfulgt av et sedimenteringsbasseng. Oppfølgingen vil bli avsluttet i juli 1984.

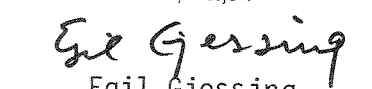
4 emneord, norske:
1. Sigevann
2. Søppelfyllplass
3. Luftet lagune
4. Driftserfaringer
Delrapport 1. Va-rapport 2/84

4 emneord, engelske:
1. Leachate
2. Sanitary land fill
3. Aerated lagoon
4.

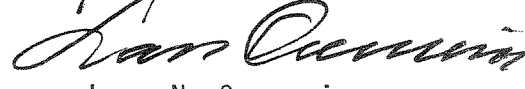
Prosjektleder:

Ragnar Storhaug

For administrasjonen:

J. E. Samdal

Divisjonssjef:

Egil Gjessing

ISBN 82-577-0730-9


Lars N. Overrein

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
OSLO

0-83027

LUFTET LAGUNE FOR RENSING AV SIGEVANN

Delrapport 1: Driftserfaringer

Oslo, desember 1983

Saksbehandler:
Ragnar Storhaug

Medarbeidere:
Harry Efraimsen
Erik Stensrud (ØRAS)

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

	Side:
SAMMENDRAG - KONKLUSJON	4
1. BAKGRUNN	6
2. KORT BESKRIVELSE AV FYLLPLOSS OG LUFTET LAGUNE	7
2.1 Fyllplass	7
2.2 Oppsamling av sigevann	7
2.3 Utforming av luftet lagune	8
2.4 Infiltrasjonsanlegg	10
3. OPPFØLGINGSPROGRAM	11
4. KARAKTERISERING AV SIGEVANNET	13
4.1 Vannmengder	13
4.2 Sammensetning av sigevann	13
5. RENSERESULTATER	16
5.1 Fjerning av organisk stoff	16
5.2 Fosfor som begrensende faktor	18
5.3 Forløpet av oksygenkonsentrasjonen, pH og temperatur i lagunen	20
5.4 Utvikling av organismekultur i lagunen	22
5.5 Hydraulisk oppholdstid	23
6. PRAKTISKE ERFARINGER	26
6.1 Gjentetting av infiltrasjonsgrøfter	26
6.2 Uttak av slam	26
6.3 Utforming av lagunen	27
7. LITTERATUR	28

B I L A G

Bilag 1. Analyseresultater	29
Bilag 2. Laboratorieundersøkelse av sigevann fra Dal-skog.	31

SAMMENDRAG - KONKLUSJONER

Den luftede lagunen på Dal-skog fyllplass har i perioden fra januar til utgangen av oktober 1983, fungert med svært variable renseresultater. I juli og august ble det oppnådd over 95 % reduksjon av organisk stoff (KOF). Midlere innløpskonsentrasjon av organisk stoff (KOF) var 17 433 mgO/l. Fra januar til juli var midlere renseeffekt under 40 %. Hovedårsaken til de variable renseresultatene er fosformangel i sigevannet. Fosfor må derfor tilsettes direkte til lagunen for å oppnå et tilfredsstillende forhold mellom organisk stoff, nitrogen og fosfor. Det tok ca. en måned fra doseringen av fosfor startet og til det ble oppnådd tilfredsstillende renseresultater.

Fra august måned ble resultatene gradvis dårligere. Årsaken til dette kan være for kort hydraulisk oppholdstid, for lav temperatur eller for liten fosfordosering.

Fra januar til utgangen av august var midlere hydraulisk oppholdstid ca. 40 døgn, i september og oktober var midlere oppholdstid ca. 13 døgn. Det er umulig ut fra den gjennomførte oppfølgingsperiode å trekke konklusjoner vedrørende nødvendig hydraulisk oppholdstid for å oppnå en tilfredsstillende fjerning av organisk stoff.

I annen halvdel av oppfølgingsperioden (november 1983 - juli 1984) vil det bli lagt vekt på å eliminere fosfor som begrensende faktor. Dette vil gjøre det mulig å se sammenhengen mellom hydraulisk oppholdstid, temperatur og oppnådd fjerning av organisk stoff.

På bakgrunn av driftserfaringene til nå kan det trekkes følgende konklusjon.

- Ved biologisk rensing av sigevann fra nye fyllplasser kan man gå ut fra at fosfor vil være en begrensende faktor. Dosering av fosfor vil derfor normalt være nødvendig. Tilsvarende erfaringer er gjort bl.a. i Tyskland (4).

- En luftet lagune bør ha et etterfølgende sedimenteringsbasseng for å holde tilbake slampartikler. Sedimenteringsbassenget må være utformet slik at uttak av slam blir enkelt å gjennomføre. Uttatt slam kan deponeres på fyllingen.
- Infiltrasjon av sigevann etter biologisk rensing, forutsetter at hoveddelen av lett nedbrytbart organisk stoff er fjernet. I motsatt fall vil det lett oppstå gjentettingsproblemer. Som alternativ til konvensjonelle infiltrasjonsgrøfter, bør infiltrasjon fra åpne laguner vurderes.

1. BAKGRUNN

Biologisk rensing av sivevann i luftet lagune har vist seg å være et aktuelt behandlingsalternativ. En hovedårsak til dette er at anleggene krever lite tilsyn, og består av få mekaniske komponenter. Tidligere er det i Norge gjort omfattende forsøk i halvteknisk skala (1) (2). I Sverige, Tyskland og USA er det i drift fullskala laguneanlegg for rensing av sivevann.

Lagunen på Dal-skog er det første fullskala anlegget i Norge. For å innhente driftserfaringer, samt registrere rensresultater, bevilget Statens forurensningstilsyn (SFT) kr. 90 000 i 1983 for oppfølging av anlegget. Oppfølgingsperioden vil fortsette fram til juni - juli 1984.

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har hatt ansvaret for oppfølgingen, men de ansatte i Øvre Romerike Avfallsselskap (ØRAS) har deltatt aktivt i arbeidet ved å foreta observasjoner, målinger og prøvetaking. Utslippskontrollprøvene som ØRAS er pålagt å ta, inngår i oppfølgingsprogrammet.

Denne rapporten er en delrapport fra første halvdel av oppfølgingsperioden. Det er her lagt vekt på å få fram praktiske erfaringer som kan være nyttige ved bygging og oppstarting av nye laguneanlegg. En samlet framstilling av driftserfaringer og rensresultater vil bli gjort i sluttrapporten fra prosjektet som vil foreligge høsten 1984.

2. KORT BESKRIVELSE AV FYLLPLOSS OG LUFTET LAGUNE

2.1 Fyllplass

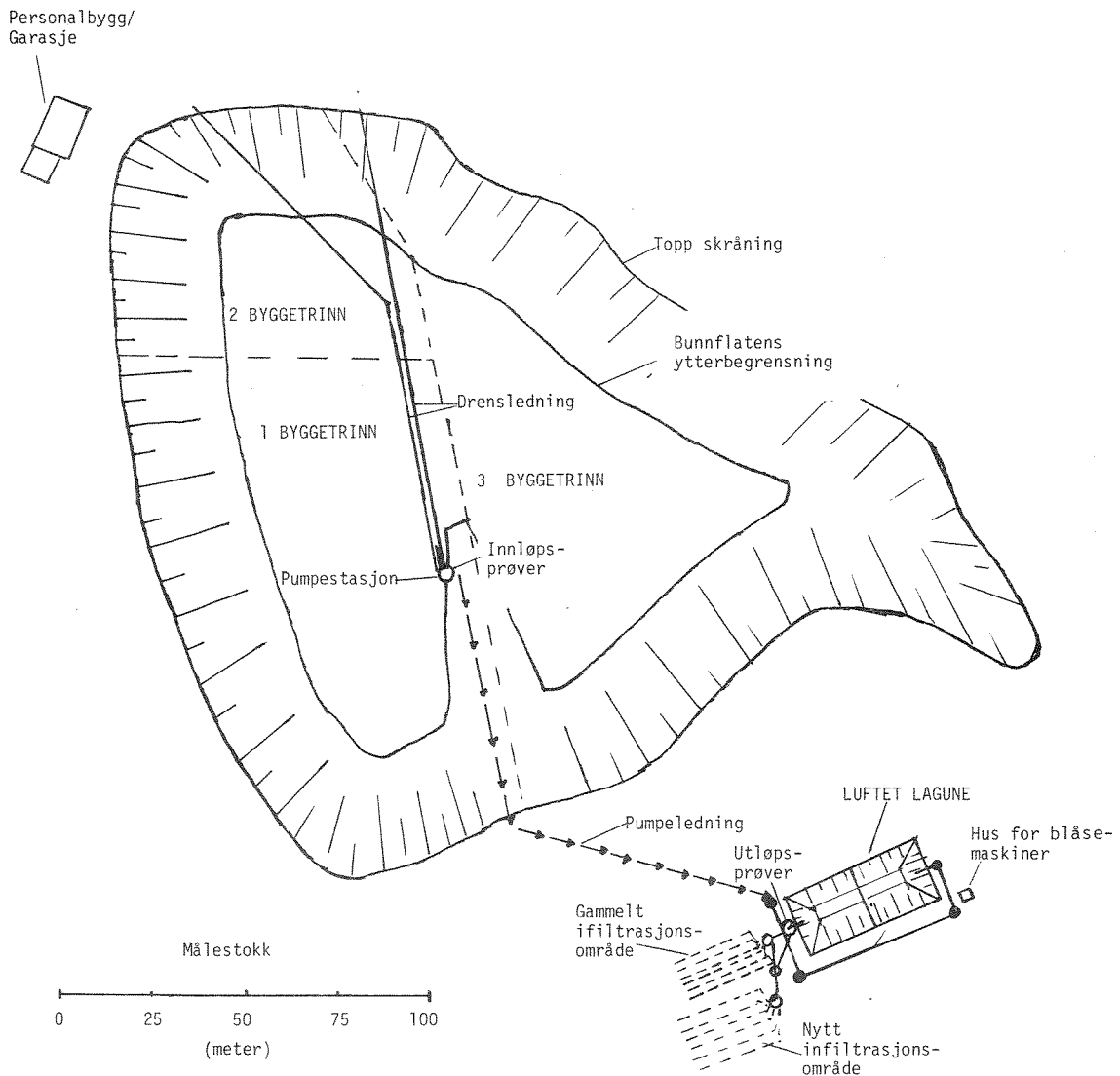
Dal-skog søppelfyllplass eies og drives av det interkommunale selskapet Øvre Romerike Avfallsselskap. I selskapet deltar kommunene Ullensaker, Hurdal, Eidsvoll og Nannestad. Avfallsplassen er lokalisert til Dal-skog, ca. 2,5 km sør for Dal sentrum. Fyllplassen ble tatt i bruk i oktober 1981, og mottar årlig ca. 50 000 m³ avfall fra de tre nevnte kommunene. Avfallsfyllingen har ingen vektregistrering av mottatt avfall. Det foran nevnte avfallsvolumet er framkommet ved driftspersonellets registrering av antall lass med avfall som blir levert pr dag. Vanlig husholdningsavfall utgjør ca. 60 % av totalvolumet. Vel 30 % er avfall fra kontor og handelsbedrifter, mens ca. 10 % er bygningsavfall og større gjenstander fra husholdninger.

Avfallet blir komprimert med 23 tonns komprimator. Hver dag blir fyllingsfronten dekket med stedlige løsmasser. I 1982 medgikk ca 3 800 m³ dekkmasse.

2.2 Oppsamling av sigevann

Området består av en rekke dødisgroper. Fyllplassen er planlagt utbygd i flere etapper. Ved første etappe ble et område på 12 da. dekket med plastmembran (Monarflex 500, 0,5 mm). I september 1983 ble ytterligere 6 da dekket med plastmembran. Fra laveste nivå i området blir sigevannet ledet i to 110 mm PVC dreneringsrør (RAUDRIL) fram til en pumpestasjon. Fra pumpestasjonen blir sigevannet så pumpet fram til den luftede lagunen.

Figur 1 viser fyllplassen, plassering av pumpestasjon samt luftet lagune. På figuren er prøvetakingspunkter for h.h.v. innløps- og utløpsprøver angitt.



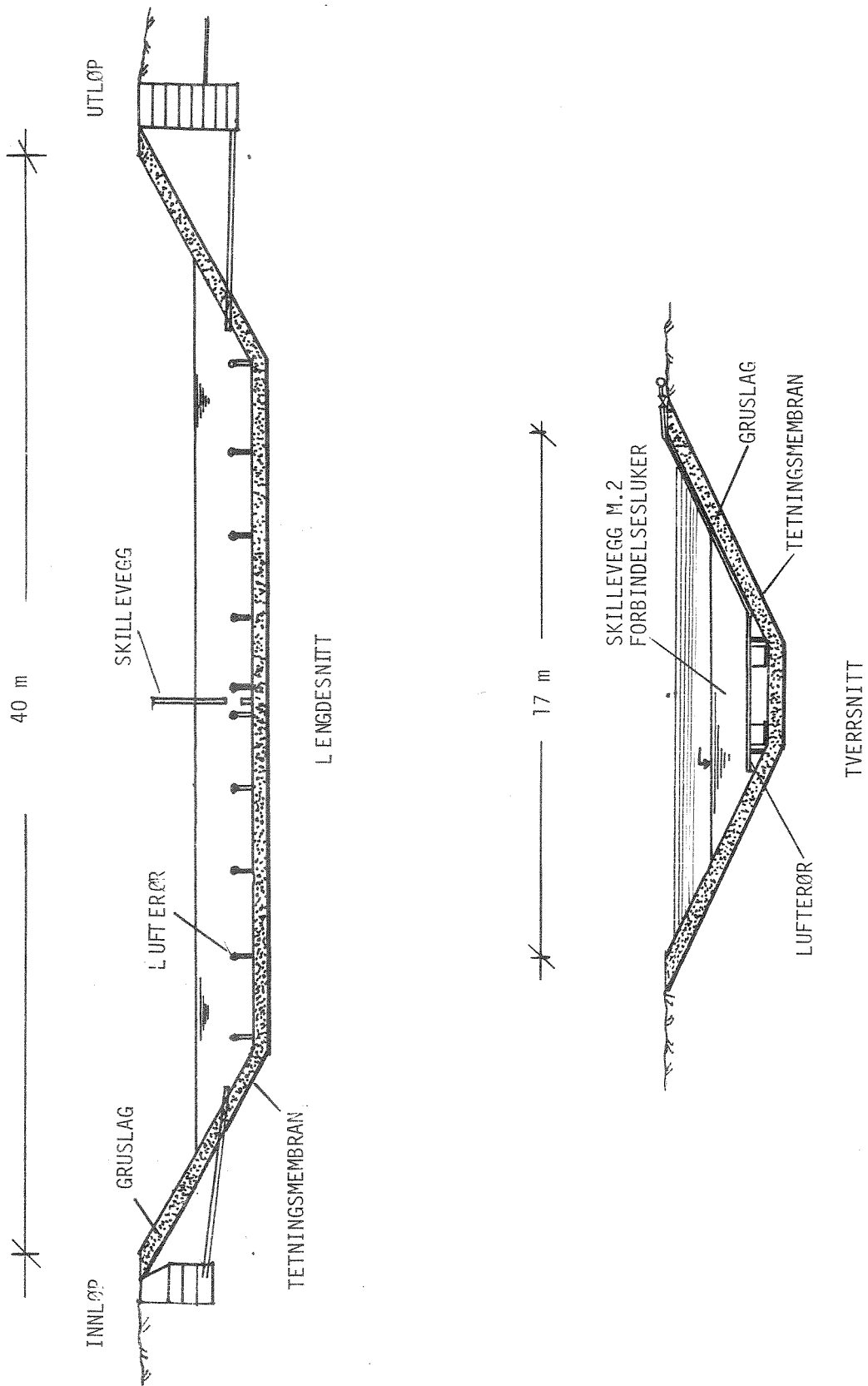
Figur 1. Oversiktstegning av fyllplass Dal-skog.

2.3 Utforming av luftet lagune

Lagunen er gravd ut i løsmassene. Figur 2 viser h.h.v. lengdesnitt og tverrsnitt av lagunen.

Lagunebunnen er tett med plastmembran. Over plastmembranen er det lagt et 0,5 m gruslag. Lagunen er delt i to ved en skillevegg med to forbindelsesluker. I hver lagunehalvdel er det plassert fem lufferør (Ø 90 mm rustfritt stål). På hvert lufferør er det boret 72 Ø 10 mm hull (36 hull på hver side).

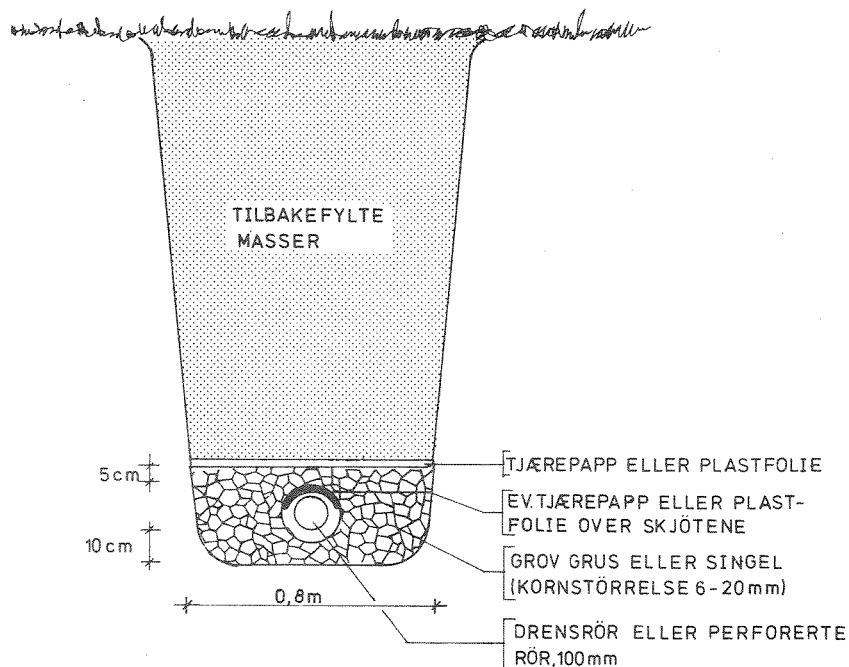
2 stk. blåsemaskiner hver med en kapasitet på $17,5 \text{ m}^3/\text{min}$ sørger for lufttilførselen.



Figur 2. Lengde og tverrsnitt av luftet lagune på Dal-skog.

2.4 Infiltrasjonsanlegg

Utløpsvannet fra lagunen ble opprinnelig etter først å ha passert en kum, infiltrert i grunnen ved hjelp av 6 infiltrasjonsgrøfter. Samlet grøftelengde var 125 m. Infiltrasjonsarealet var ca. 375 m^2 . Med en gjennomsnittlig sigevannsmengde på $9,5 \text{ m}^3/\text{d}$, blir belastningen på infiltrasjonsarealet ca. $25 \text{ l/m}^2 \cdot \text{d}$. Figur 3 viser skjematisk et snitt av en infiltrasjonsgrøft.



Figur 3. Skjematisk snitt av infiltrasjonsgrøft.

Sommeren 1983 ble det anlagt 6 nye infiltrasjonsgrøfter. I tillegg ble det anlagt en kum med diameter 2,4 m for å bedre slamavskillingen før infiltrasjonsgrøftene. Ved hjelp av to ventiler er det mulig å drive de to infiltrasjonsområdene vekselvis.

3. OPPFØLGINGSPROGRAM

Oppfølgingen startet ca. 1. februar. I hele perioden er det tatt prøver fra innløpet og utløpet fra den luftede lagunen hver 14 dag. Prøven er tatt som stikkprøver i pumpe-stasjonen (innløp) og i kummen etter lagunen (utløp). Prøvetakingspunktene er nærmere angitt på figur 1. Alle prøver er analysert hos Avløpssambandet Nordre Øyeren (ANØ). Tabell 1 og 2 gir en oversikt over analyser, målinger og observasjoner som har inngått i oppfølgingsprogrammet.

Tabell 1. Oversikt over analyseparametre som har inngått i oppfølgingsprogrammet.

Parameter	Prøvetakingspunkt	Intervall	Merknad
pH	inn, ut	Hver 14 dag	Målt på lab.
KOF ufiltrert	"	"	
KOF filtrert	"	"	F.o.m. 21.04.83
BOF ₇ ufiltrert	"	"	
BOF ₇ filtrert	"	"	F.o.m. 21.04.83
Orto-fosfat	"	"	F.o.m. 06.07.83
Total-fosfor	"	"	
Spes. ledningsevne	"	"	
Tot-N	"	"	
Ammonium	"	"	
Jern	"	"	
Klorid	"	"	

Tabell 2. Oversikt over målinger og observasjoner som har inngått i oppfølgingsprogrammet.

Måling/observasjon	Sted	Intervall
Temperatur luft	Servicebygg.	daglig
Nedbør	"	"
Pumpe-tid	Pumpe-stasjon	"
Antall pumpe-starter	"	"
Oksygenkonsentrasjon	Lagune 1 og 2	14 dag
pH	Lagune 1 og 2	14 dag

Pumpekapasitet

Tilførselspumpenes kapasitet er kontrollert ved utpumping av et kjent volum. Ved beregning av vannføring er følgende pumpekapasiteter benyttet:

Pumpe I : 8,42 l/s
Pumpe II : 7,55 l/s

Volum av luftet lagune

Lagunen er loddet opp og volumet beregnet til 350 m³. Ved beregning av oppholdstid er dette volumet benyttet.

Laboratorieundersøkelse for å fastslå evt. fosforbegrensning

Det er gjennomført en lab-undersøkelse for å fastslå om fosfor evt. nitrogen er begrensende for den biologiske aktiviteten i lagunen. Dette vil bli nærmere omtalt under pkt. 5.2.

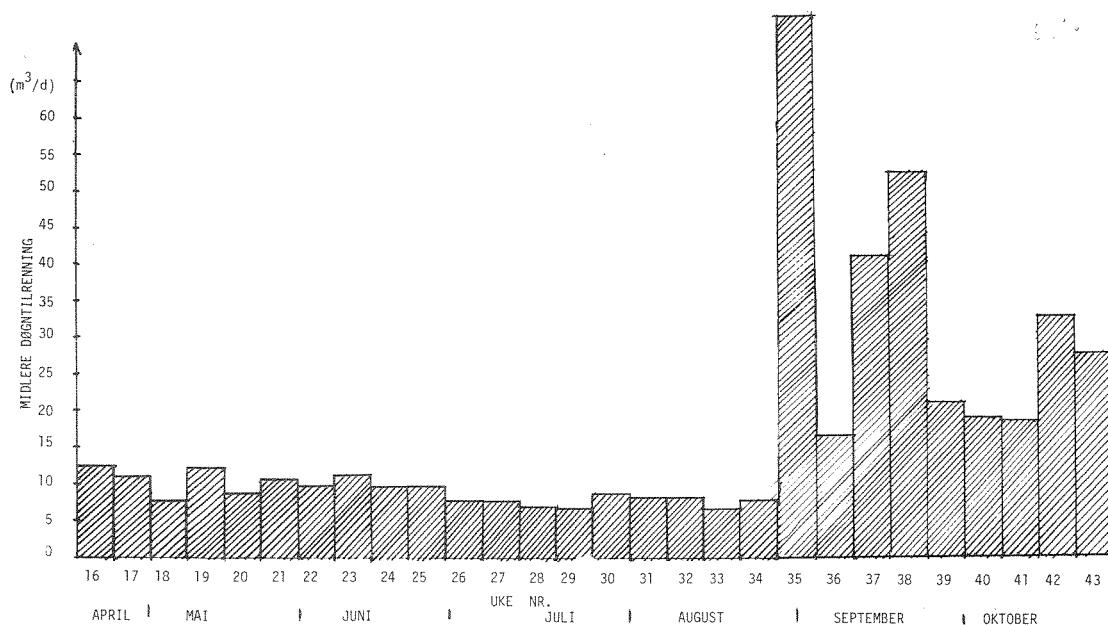
Mikroskopiering

For å karakterisere organismsammensetningen i lagunen ble det gjennomført 5 mikroskopi-undersøkelser av slam fra lagunen. Dette vil bli nærmere omtalt under pkt. 5.4.

4. KARAKTERISERING AV SIGEVANNET

4.1 Vannmengde

Mengden sigevann fra fyllingen er registrert ved å benytte pumpetiden til pumpene i pumpestasjonen. En feil med tilbakeslagsventilene gjorde at vannmengden ikke kunne registreres før i uke 16. Som det fremgår av figur 3 er døgntilrenningen forholdsvis jevn fra uke 16 t.o.m. uke 34. Laveste midlere døgnavnføring er registrert i uke 29 og uke 33. Vannføringen var da i underkant av $7 \text{ m}^3/\text{d}$.



Figur 4. Midlere døgnavnføring beregnet for perioden uke 16 til uke 43.

I uke 35 ble et nytt område i fyllingen tilknyttet pumpestasjonen. Kombinasjonen av stor nedbør, samt at dreneringsystemet ligger delvis åpent har gjort at sigevannsmengden har øket betydelig fra og med uke 35.

4.2 Sammensetning av sigevann

Sigevannets sammensetning vil bl.a. være sterkt avhengig av fyllingens alder. Fyllingen på Dal-skog ble startet opp i oktober 1981, og den befinner seg derfor i det som kalles gjæringsfasen. Sigevannet er i

denne fasen karakterisert ved et høyt innhold av lett nedbrytbare organiske syrer. I tabell 3 er midlere forurensningskonsentrasjoner beregnet for perioden uke 16 til 34, og uke 35 til 43. Fullstendig oversikt over samtlige analyseverdier er gitt i bilag 1.

Tabell 3. Sammensetning av sigevannet fra Dal-skog søppelfyllplass (middelverdier).

		Uke 16-34	Uke 35-43	Typiske kons. i sigevann fra en ung fylling (5)
Kjemisk oksygenforbruk,uf	mgO/l	17433	8090	22000
Biokjemisk oksygenforbruk,uf	mgO/l	13108	4546	13000 ¹⁾
Kjemisk oksygenforbruk,fi	mgO/l	16493	7838	
Biokjemisk oksygenforbruk,fi	mgO/l	11475	-	
Total fosfor	mgP/l	1,53	0,6	-
Ortofosfat	mgP/l	0,01	0,05	-
Total nitrogen	mgN/l	276	-	-
Ammonium	mgN/l	138	101	725
Jern	mgFe/l	614	354	925
Klorid	mgCl/l	1888	884	2050
Spesifikke ledningsevne	mS/m	1057	561	-

1) BOF₅.

Vannføringsøkningen f.o.m uke 35 førte til en halvering av konsentrasjonen for de fleste parametere.

Forholdet mellom biokjemisk oksygenforbruk og kjemisk oksygenforbruk (BOF₇/KOF) gir en god indikasjon på hvor lett sigevannet lar seg rense biologisk. Et lavt forhold mellom BOF₇ og KOF angir at sigevannet er tungt nedbrytbart. Tabell 4 (3) viser forholdet mellom BOF og KOF i sigevannet fra 20 tyske fyllplasser av ulik alder.

Tabell 4. Forholdet mellom biokjemisk og kjemisk oksygenforbruk avhengig av fyllingens alder for 20 tyske fyllplasser (3).

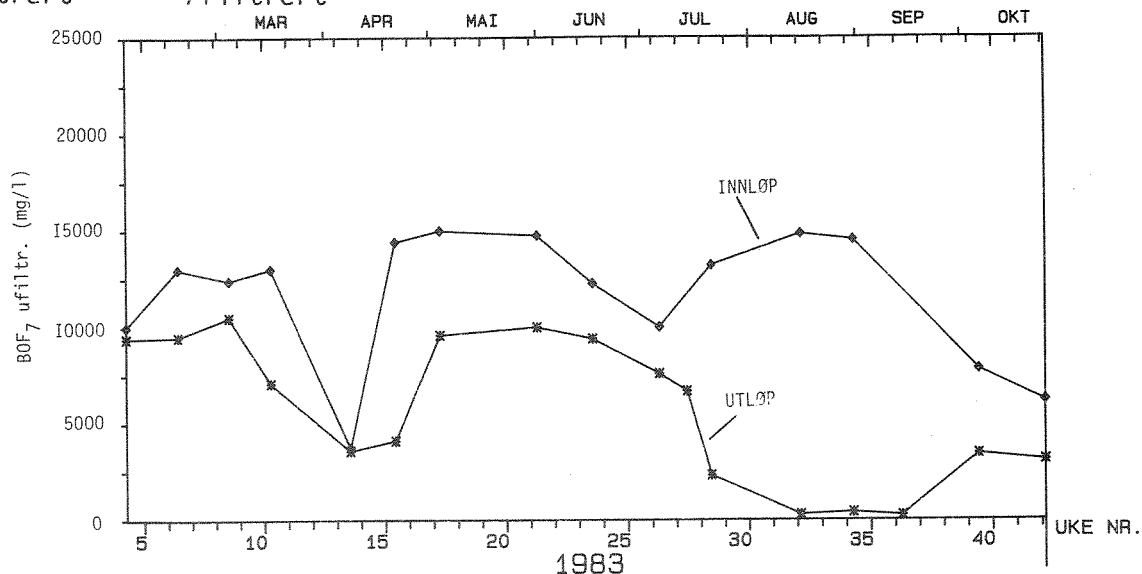
Fyllingens alder (år)	BOF (mg/l)	KOF (mg/l)	BOF:KOF
1 - 5	1000 - 7000	1000 - 15000	0,4 - 0,8
5 - 7	200 - 1000	1000 - 2000	0,1 - 0,5
> 7	200	500 - 2000	0,05 - 0,1

Sigevannet fra Dal-skog har et BOF/KOF forhold på 0,75 i uke 16-34 og 0,56 i uke 35-43. Disse forholdstallene samsvarer godt med verdiene som er angitt i tabell 4. Sigevannet fra Dal-Skog skulle derfor være godt egnet for biologisk rensing.

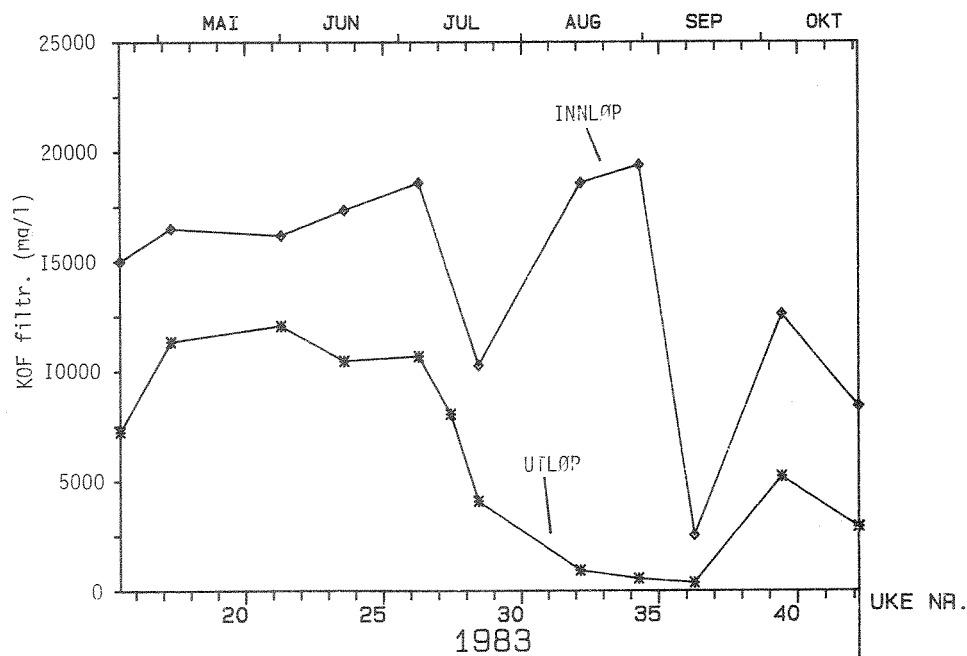
5. RENSERESULTATER

5.1 Fjerning av organisk stoff

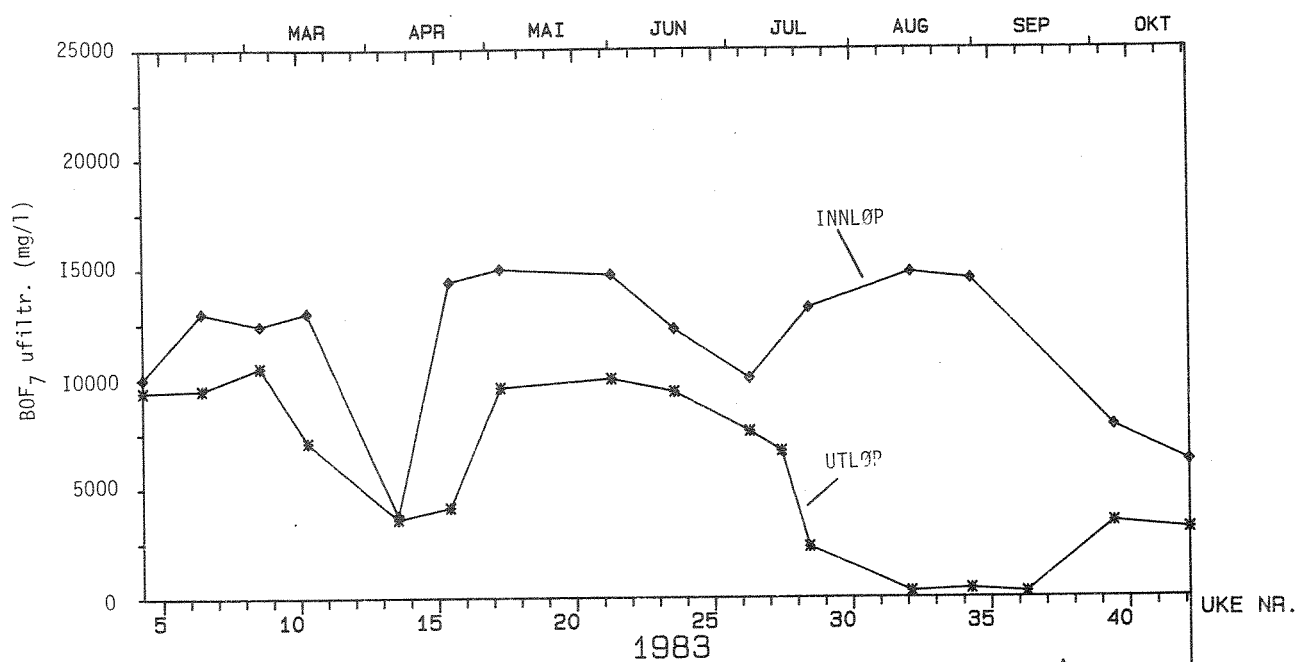
Hovedhensikten med rensing av sigevann i luftet lagune er å redusere innholdet av organisk stoff. I figur 5, 6, 7 og 8 er innløps- og utløpskonsentrasjoner vist for h.h.v. $KOF_{\text{ufiltrert}}$, KOF_{filtrert} , $BOF_{7\text{ufiltrert}}$ og $BOF_{7\text{filtrert}}$.



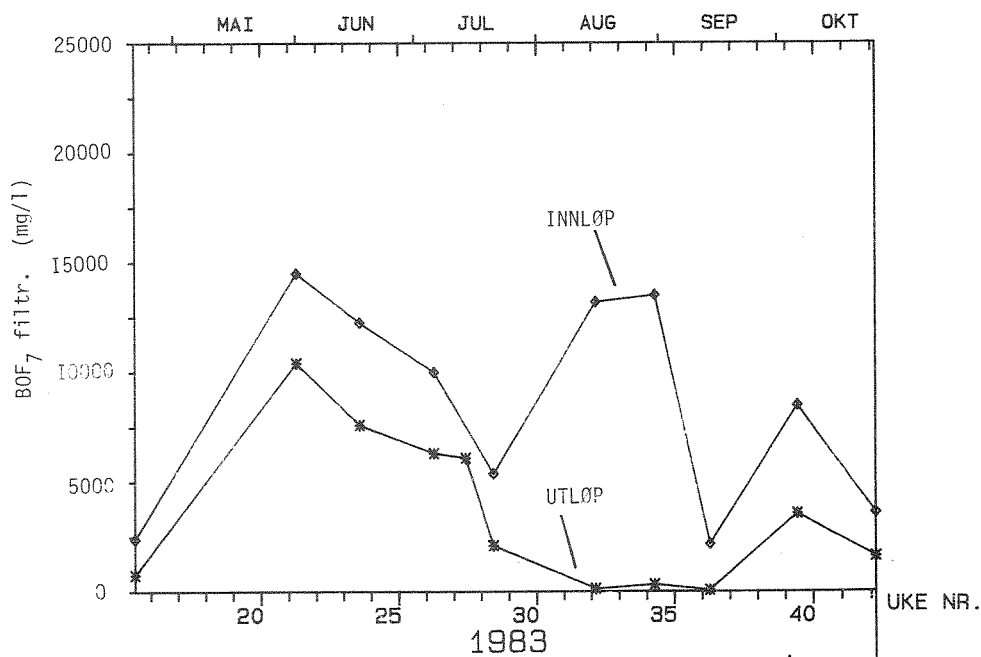
Figur 5. Innløps- og utløpskonsentrasjoner for $KOF_{\text{ufiltrert}}$ i oppfølgingsperioden.



Figur 6. Innløps- og utløpskonsentrasjoner for KOF_{filtrert} i perioden 21.04. - 25.10.83.



Figur 7. Innløps- og utløpskonsentrasjoner av BOF₇ufiltrert i oppfølgingsperioden.



Figur 8. Innløps- og utløpskonsentrasjoner av BOF₇filtrert i perioden 21.04. - 25.10.83.

Det mest korrekte bildet av lagunens effektivitet får man ved å betrakte analyseverdiene for filtrerte prøver (figur 6 og figur 8). Dette fordi avskillingen av suspendert stoff etter lagunen er for dårlig.

Av figurene 6 og 8 framgår at fjerningen av organisk stoff var lav helt fram til juli og august måned. Midlere renseeffekt var da 38 %. Først i august måned ble det oppnådd resultater som kan betraktes som tilfredsstillende ved biologisk rensing av denne type sigevann.

Følgende faktorer vil ha innvirkning på den biologiske aktiviteten i lagunen:

- Hydraulisk oppholdstid
- Temperatur
- Oksygenkonsentrasjon
- Forekomst av evt. toksiske stoffer
- Næringssaltkonsentrasjonen i forhold til organisk stoff.

5.2 Fosfor som begrensende faktor

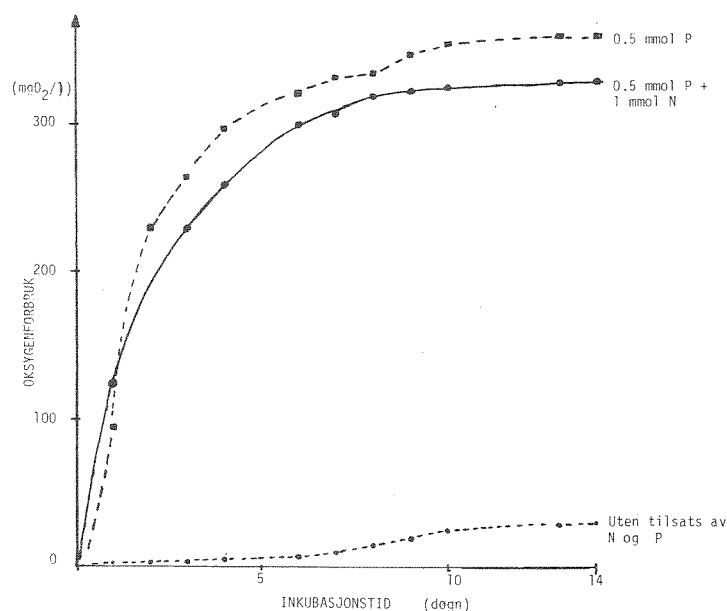
Laboratorieundersøkelse

Ved aerob biologisk rensing av sigevann må forholdet mellom organisk stoff, nitrogen og fosfor ($\text{BOF}_7:\text{N}:\text{P}$) være omkring (100:5:1). For sigevannet fra Dal-skog har dette forholdet i middel vært (8600:185:1). Fosfor vil derfor være en begrensende faktor for den biologiske aktiviteten i lagunen. For å undersøke dette, samt påvise evt. hemmende toksiske stoffer, ble det gjennomført en langtids BOF_7 -test. I detalj er denne undersøkelsen beskrevet i bilag 2.

Både ubehandlet sigevann og utløpsvann fra lagunen ble undersøkt. Innløpsvannet ble undersøkt med følgende tilsatsvarianter:

1. Tilsetning av bare fosfor, 0,5 m mol/l (15,5 mgP/l).
2. Tilsetning av både fosfor og nitrogen (0,5 m mol P + 1 m mol N (15,5 mg P/l + 14,1 mg N/l)).
3. Uten tilsetning av fosfor og nitrogen.

Prøvene ble inkubert ved 20 °C i 14 dager.



Figur 9. Oksygenforbruk for fortynnet sigevann, fortynning 1 : 40.

Figur 9 viser at fosformangel har en sterkt hemmende virkning på den biologiske aktiviteten. Sigevannet inneholder tilstrekkelige mengder nitrogen. Tilsvarende forløp ble også observert ved test av utløpsvann fra lagunen.

Ved starten av forsøket ble pH justert til 7,0 i alle prøver. Etter 14 dager var pH i testprøvene uten næringsalttilsetning steget til 7,8, mens den i prøvene med tilsetning var steget til 8,8 - 9,0.

Tilsetning av fosfor i fullskala

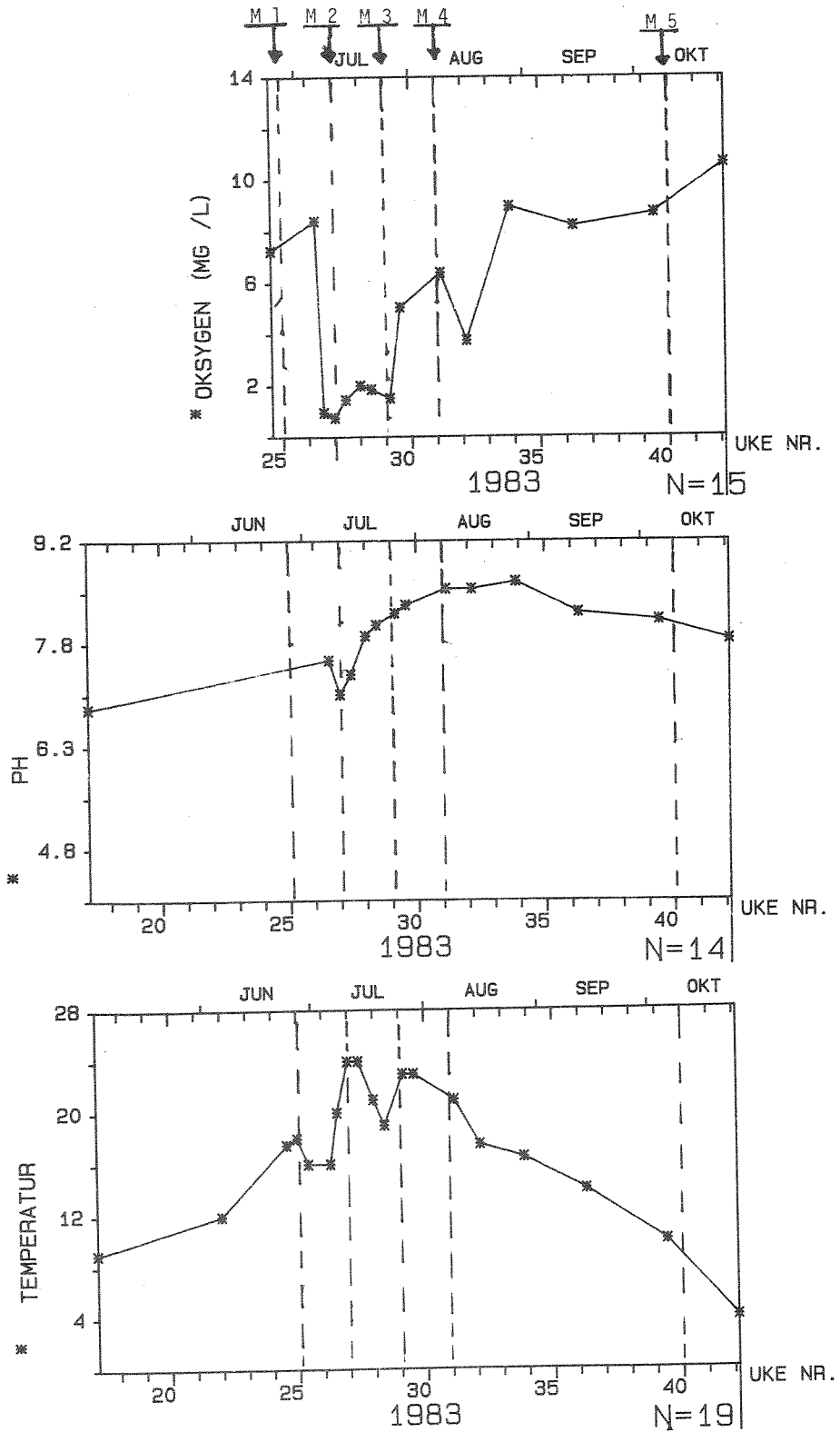
Fra 06.07.83 er fosfor tilsatt direkte i lagunen. Som fosforkilde er det benyttet kalsiummonofosfat. Denne gjødseltypen inneholder 20 % fosfor. 06.07.83 ble det tilsatt 50 kg fosfor, deretter er det tilsatt 2 - 5 kg fosfor hver 14 dag. Tilsetningen har skjedd ved at et tilmålt volum er kastet ut i de to lagunehalvdelene. Denne tilsetningsformen er lite gunstig og umulig å benytte vinterstid da lagunene er dekket med is.

5.3 Forløpet av oksygenkonsentrasjon, pH og temperatur i lagunen

Oksygenkonsentrasjon

Dosering av fosfor førte til en gradvis bedring av den biologiske aktiviteten i lagunen. Mest markert var økningen i oksygenforbruk. Figur 10 viser hvordan oksygenkonsentrasjonen, pH og temperatur har endret seg i løpet av oppfølgingsperioden.

Før tilsetning av fosfor var oksygenkonsentrasjonen i området 6 - 8 mg O₂/l med en blåsemaskin i drift. Fem dager etter første tilsetning av fosfor var oksygenkonsentrasjonen sunket til under 1 mgO₂/l. Omkring dette tidspunktet oppsto det oksygenvikt. Oksygenkonsentrasjonen var da begrensende for den biologiske aktiviteten.



Figur 10. Forløpet av oksygenkonsentrasjon, pH og temperatur i lagunen i oppfølgingsperioden. M₁ - M₅ angir tidspunkter hvor det er foretatt mikroskopering av slam.

Sigevannet ble mørkt av farge samtidig som det ble utviklet meget generende lukt. Begge blåsemaskinene ble så tatt i bruk, og siden har det vært mulig å opprettholde oksygenkonsentrasjon større enn 1 mgO₂/l. Lav biologisk aktivitet førte igjen til at oksygenkonsentrasjonen økte til over 10 mgO₂/l i løpet av september og oktober.

pH

pH-verdien i ubehandlet sigevann har variert i området 5,85 - 6,2. Dette er normalverdier for sigevann fra en "ung"fylling. Det høye innholdet av lett nedbrytbare organiske syrer er hovedårsaken til den lave verdien.

Som det fremgår av figur 10 skjer det en viss økning av pH i lagunen også før tilsetning av fosfor. Også i denne perioden var det biologisk aktivitet. I tillegg vil CO₂ bli "strippet" av, noe som også medfører en økning i pH. Etter tilsetning av fosfor vil nedbrytning av organiske syrer være hovedårsaken til økning i pH. Først ca en måned etter fosfortilsetningen startet ble det registrert pH-verdier omkring 8,5 i lagunen. Normalverdier for rensing av sigevann i luftet lagune ligger i område 8,5 - 9,0.

Temperatur

Vinteren 1982 - 1983 var lagunen tilfrosset. Isen gikk ca. 1. april. Første temperaturmåling ble foretatt 03.05.83. Fra ca. 1. juli og fram til ca. 10. august ble det registrert temperaturer over 20 °C. Ved utgangen av oktober var temperaturen nede i 4 °C. De biologiske nedbrytningsprosessene i lagunen må derfor foregå ved temperaturer lavere eller omkring 5 °C i ca. 6 måneder av året.

5.4 Utvikling av organismekultur i lagunen

Før tilsetning av fosfor (mikroskopering M1, figur 10) var det lite aktiv biomasse i lagunen. Slammet var av typisk dispers natur. Slamvolumet etter 30 min. sedimentering i 1 l målesylinder var minimalt. I hovedsak besto slammet av utfelte jernforbindelser. Det ble observert beskjeden forekomst av bakterier i suspensjon, samt noe flagellater.

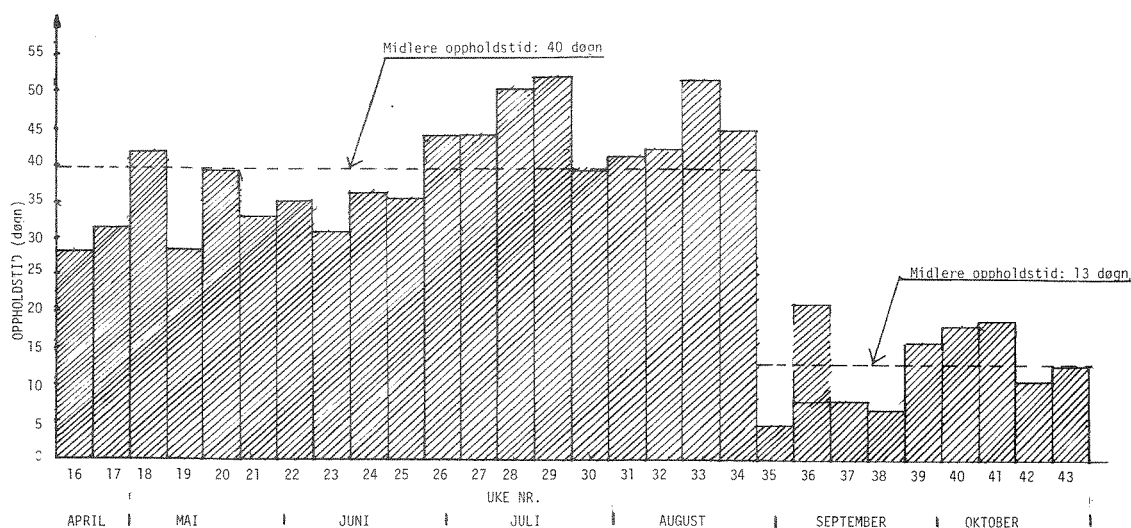
En uke etter tilsetning av fosfor (mikroskopering M2) var det i ferd med å utvikle seg en aktiv biomasse i lagunen. En trådformig mikroorganisme dominerte. Det var liten fnokkdannelse, fnokkene som kunne observeres var små og inneholdt utfelt jern. En ubestemt art av flagelater var til stede i store mengder. Lav oksygenkonsentrasjon er trolig årsaken til utvikling av store mengder trådformige organismer.

Fjorten dager etter fosfortilsetningen startet (mikroskopering M3) var organismsammensetningen omtrent den samme som en uke før (mikroskopering M2). Fire uker etter tilsetningen av fosfor (mikroskopering M4) var det skjedd en tydelig fnokkdannelse. Fnokkene var noe løse og frynsete i sin oppbygging. Den trådformige mikroorganismen som tidligere dominerte, var nå forsvunnet. Slamvolumet var ca. 50 ml/l. Innholdet av disperst materiale var fortsatt stort. Det hadde skjedd en tydelig bedring i løpet av fire uker, men organismekulturen var kjennetegnet ved forekomst av få arter. Siste mikroskopering (mikroskopering M5) som ble gjennomført 6. oktober, viste at organismekulturen var i tilbakegang. Fnokkene inneholdt store mengder utfelt jern, og vannfasen inneholdt store mengder bakterier.

Renseresultatene som er vist i figur 5, 6, 7 og 8 gjenspeiler i store trekk observasjonene som ble gjort ved mikroskopering av slammet.

5.5 Hydraulisk oppholdstid

Det er vanskelig å beregne hydraulisk oppholdstid fordi oppstuvning i infiltrasjonsområdet (se pkt. 6.1) har ført til at lagunevolumet øket. Ved beregning av hydraulisk oppholdstid som vist i figur 11 er volumet som framkom ved opplodding av lagunen benyttet. Fra uke 16 til uke 43 var midlere oppholdstid 40 døgn.

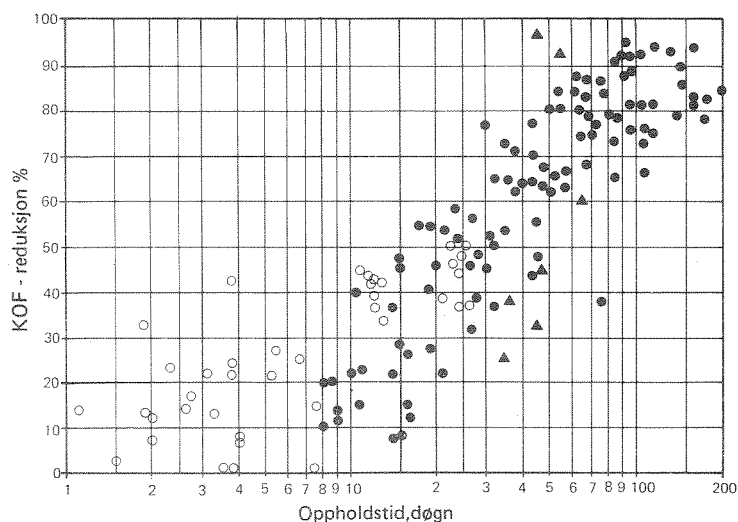


Figur 11. Hydraulisk oppholdstid i oppfølgingsperioden.

Som figur 11 viser varierte oppholdstiden i juli og august mellom 40 og 52 døgn.

I september og oktober har midlere oppholdstid sunket til bare 13 døgn. Oppholdstiden vil derfor være en begrensende faktor i denne perioden.

Bare i løpet av august måned har lagunen fungert uten en dominerende begrensende faktor. Prosentvis fjerning av organisk stoff i forhold til hydraulisk oppholdstid er i figur 11 sammenlignet med tilsvarende data for to andre sigevannstyper. Figuren er hentet fra (1). Tabell 5 angir noen hovedkarakteristika for de tre sigevannstypene.



Figur 12. KOF-reduksjon som funksjon av oppholdstid for tre typer sigevann.

Tabell 5. Karakterisering av de tre sigevannstypene.

Vanntype	Symbol	BOF ₇ /KOF	KOF	NH ₄ -N	Ref.
A	○	0,12 ± 0,04	420 ± 130	160 ± 40	Damhaug (1)
B	●	0,5 ± 0,07	9200 ± 2000	390 ± 40	Stegmann (4)
C	▲	0,69 ¹⁾	16 500	183	Denne rapport

- 1) Beregnet på grunnlag av filtrerte prøver for perioden 21.04.83 til 31.08.83.

Prosentvis reduksjon av KOF som ble oppnådd i august måned er i god overensstemmelse med resultatene som er rapportert i (4).

Som det fremgår av pkt. 5.2, 5.3 og 5.5, så var alle viktige faktorer som har innvirkning på fjerningen av organisk stoff, mest optimale i juli og august måned. Samtidig er det klart at fosfor var en begrensende faktor helt fram til juli måned. Det er derfor vanskelig å trekke konklusjoner m.h.t. nødvendig hydraulisk oppholdstid for å oppnå tilfredsstillende fjerning av organisk stoff. En hovedoppgave i annen halvdel av oppfølgingsperioden blir derfor å tilsette tilstrekkelige mengder fosfor, for å hindre at fosfor blir en begrensende faktor.

6. PRAKTISKE ERFARINGER

6.1 Gjentetting av infiltrasjonsgrøfter

I løpet av vinteren 1983 ble det en betydelig oppstuvning i infiltrasjonsområdet og i lagunen. 16.03 var vannspeilet i infiltrasjonsområdet ca. 50 cm under markoverflaten. Ved oppgraving av infiltrasjonsgrøftene var det septiske forhold i en radius på ca. 1,25 m rundt hvert infiltrasjonsrør. Infiltrasjonsrøret var delvis fylt av slam.

P.g.a. liten biologisk aktivitet i lagunen var grøftene blitt belastet med høye konsentrasjoner av lett nedbrytbart organisk stoff. Utløpsvannet fra lagunen inneholdt også høye konsentrasjoner av suspendert stoff. Disse faktorene antas å være hovedårsaken til gjentetting av infiltrasjonsområdet.

Det er nå anlagt 6 nye infiltrasjonsgrøfter, samt en ny kum for å forbedre slamavskillingen. Følgende konklusjoner kan trekkes på bakgrunn av erfaringene med infiltrasjon av rensset sigevann fra luftet lagune:

- Infiltrasjon av sigevann krever en stabil og god fjerning av organisk stoff i den luftede lagunen.
- Infiltrasjon forutsetter god fjerning av suspendert stoff før sigevannet blir fordelt på infiltrasjonsgrøftene. Bruk av separat avskillingsenhet, f.eks. sedimenteringsbasseng, mellom luftet lagune og infiltrasjonsområde ansees derfor som nødvendig.
- Infiltrasjon fra åpne laguner kan være et bedre alternativ enn bruk av konvensjonelle infiltrasjonsgrøfter.

6.2 Uttak av slam

Slammet som holdes tilbake i sedimenteringsbassenget må fjernes med jevne intervaller. Sedimenteringsbassenget bør derfor være utformet slik at slam enkelt kan tas ut, f.eks. ved bruk av slamsugebil. I (4)

blir det angitt at slamproduksjonen på volumbasis varierer i området 4 - 5 % av innkommende vannmengde. Forutsetningen er da at lagunen fungerer tilfredsstillende. Uttatt slam kan deponeres på fyllingen.

6.3 Utforming av lagunen

Som vist på figur 2 er lagunen dekket med et gruslag på ca. 0,5 m. Ved opploddingen viste det seg at mye av dette gruslaget var glidd ned i lagunen slik at effektivt volum ble redusert. Helningsvinkelen på lagunesidene er ca. 25° . I tilfeller hvor det er nødvendig med et dekklag over tetningsmembranen må dette utformes slik at det blir stabilt.

7. LITTERATUR

- (1) Damhaug, T.: "Rensing av sivevann fra søppelfyllplasser". VA-rapport 2/82, NIVA 1982.
- (2) Johansen, O.J.: "Treatment of Leachates from Sanitary Landfills", NIVA 0-26/74, PRA 2.8.75.
- (3) "Lakvatten, karakter - åtgärder - kontroll", Statens Naturvårdsverk, 1982.
- (4) Stegmann, R.: "Reinigung und Verregnen von Müllsickerwasser unter Betriebsbedingungen - Dargestellt am Beispiel der Deponie Venneberg/Lingen". Technische Universität, Braunschweig, Heft 27, 1979.
- (5) Wigdel, G.: "Vannforurensning fra avfallsfyllinger", Institutt for vassbygging, NTH, 1982.

Tabell 1.1. Analyseverdier for KOF_{filtrert} og KOF_{ufiltrert}, samt BOF_{7fil-}
trert og BOF_{7ufiltrert}.

Dato	INNLOP		UTLOP		INNLOP		UTLOP	
	KOFuf (mg/l)	KOFFi (mg/l)	KOFuf (mg/l)	KOFFi (mg/l)	BOF7uf (mg/l)	BOF7fi (mg/l)	BOF7uf (mg/l)	BOF7fi (mg/l)
830114	14080	*	10260	*	*	*	*	*
830202	15420	*	11320	*	10000	*	9400	*
830217	16518	*	12918	*	13000	*	9500	*
830304	17500	*	13530	*	12400	*	10500	*
830316	18050	*	7180	*	13000	*	7100	*
830408	15850	*	11154	*	3750	*	3600	*
830421	15780	15010	7940	7240	14400	2400	4125	750
830504	16780	16515	11950	11350	15000	*	9600	*
830601	16570	16175	12410	12070	14750	14500	10000	10400
830617	17635	17345	10817	10472	12250	12250	9400	7600
830706	19200	18600	11100	10700	10000	10000	7600	6300
830714	*	*	8730	8050	*	*	6700	6100
830721	20060	10280	7890	4100	13200	5400	2300	2100
830816	20260	18600	958	949	14800	13200	275	125
830831	20360	19420	680	570	14500	13500	400	325
830914	2690	2525	410	360	*	2170	250	50
831006	12880	12590	5440	5230	7800	8500	3450	3550
831025	8700	8400	3500	2910	6200	3600	3100	1600

*:Manglende prøve
uf:Ufiltrert prøve
fi:Filtrert prøve

Tabell 1.2. Analyseverdier for pH, konduktivitet, jern og klorid.

Parameter	pH		Kond		Fe		Cl	
			(mS/m)		(mg/l)		(mg/l)	
Prøvepkt.	INN	UT	INN	UT	INN	UT	INN	UT
Dato								
830114	5.85	7.03	898	677	372	178	1615	1180
830202	6.01	7.01	990	789	484	212	1540	1225
830217	5.99	6.98	995	869	533	250	2152	1828
830304	5.87	6.79	1062	888	540	230	1685	1425
830316	5.91	6.79	987	539	568	110	2170	930
830408	5.92	6.77	1015	770	530	245	1675	1160
830421	5.97	6.46	945	567	593	145	1830	890
830504	6.06	6.69	1080	810	668	483	1960	800
830601	5.92	6.76	1071	819	618	120	1240	840
830617	5.93	7.06	1071	819	668	69	1765	1120
830706	5.87	7.84	1153	804	760	100	2040	1140
830714	*	*	*	*	*	*	*	*
830721	5.98	7.76	1170	590	780	93	1630	1860
830816	6.04	8.53	1160	590	680	58	2200	1585
830831	6.00	8.65	1199	605	805	46	2925	2080
830914	6.20	8.40	230	510	123	8	346	1090
831006	6.13	6.43	848	530	513	212	1700	1105
831025	6.13	7.97	605	408	425	60	1060	875

Tabell 1.3. Analyseverdier for Orto-P, Tot-P, Tot-N og NH₄.

Parameter	Orto-P		Tot-P		Tot-N		NH ₄	
Enhet	(mgP/l)		(mgP/l)		(mgN/l)		(mgN/l)	
Prøvepkt.	INN	UT	INN	UT	INN	UT	INN	UT
Dato								
830114	*	*	1.37	0.82	263	182	50	103
830202	*	*	0.92	0.91	256	210	64	153
830217	*	*	1.40	0.95	330	330	178	185
830304	*	*	1.81	1.16	242	208	120	185
830316	*	*	2.26	0.74	252	117	80	79
830408	*	*	1.75	1.60	262	151	27	104
830421	*	*	1.30	0.80	268	155	123	82
830504	*	*	1.90	1.18	353	265	158	152
830601	*	*	1.64	0.83	312	230	128	202
830617	*	*	0.96	0.71	323	231	217	163
830706	0.08	0.02	1.39	0.45	*	*	*	*
830714	*	0.05	*	1.40	*	*	*	*
830721	0.03	0.02	0.90	5.48	*	*	170	110
830816	0.12	0.67	2.31	5.21	332	104	215	51
830831	0.01	0.07	0.82	2.01	172	18	268	46
830914	0.02	0.08	0.29	1.51	*	*	25	11
831006	0.40	0.02	1.50	0.84	*	*	178	96
831025	0.04	0.04	1.15	0.60	198	139	100	59

*:Manglende verdi

Tabell 1.4. Målinger som er utført direkte i lagunen.

Parameter	Oksygen-kons.		pH		Temp.
	(mgO ₂ /l)				(C)
Enhet	L1	L2	L1	L2	L2
Prøvepkt.					
Dato					
830503	*	*	6.80	6.80	9.0
830606	*	*	*	*	12.0
830624	7.8	6.7	*	*	17.5
830627	*	*	*	*	18.0
830630	*	*	*	*	16.0
830706	8.5	8.3	*	*	16.0
830708	1.2	0.7	7.45	7.56	20.0
830711	0.9	0.6	7.23	6.78	24.0
830714	1.9	1.0	6.94	7.66	24.0
830718	2.6	1.4	7.87	7.86	21.0
830721	2.2	1.5	8.00	8.04	19.0
830726	1.7	1.3	8.18	8.21	23.0
830729	4.6	5.5	8.26	8.37	23.0
830809	5.4	7.4	8.50	8.60	21.0
830816	0.8	6.7	8.50	8.60	17.5
830828	8.7	9.2	8.65	8.65	16.5
830914	8.1	8.3	8.10	8.30	14.0
831006	9.1	8.3	8.07	8.11	10.0
831025	11.0	10.2	7.70	7.90	4.0

*:Manglende måling
L1:Lagunehalvdel 1
L2:Lagunehalvdel 2

Bilag 2.

(BIO)OKSYDASJON AV SIGEVANN FRA SØPPELFYLLPLAS, Dal-Skog

Saksbehandler: Harry Efraimsen

Sigevannet antas å bestå av i hovedsak lett nedbrytbart organisk materiale (organiske syrer, og andre enklere organiske forbindelser). Vannet inneholder store mengder reduserte jernforbindelser som i betydelig grad oksyderes i en luftet lagune.

Forsøkets hensikt var å få belyst:

1. Eventuelt underskudd på makronæringsstoffer.
2. Om nitrifikasjon var en betydelig faktor.
3. Om jernoksydasjon interfererer i BOD-analysen.

Vannprøve fra utløp av lagunen ble undersøkt mere detaljert enn sigevann inn til lagunen. Undersøkelsen må betraktes som en orienterende test.

Forsøksbetingelser

Innløpsprøven som inneholdt store mengder reduserte jernforbindelser ble luft gjennom blåst i ca. 1 time. Prøvene ble så sentrifugert for å fjerne utfelt jernhydroksyd. De sentrifugerte prøvene ble fortynnet 1:40 med BOD-fortynningsvann (NS 4749) eksklusiv P og N-forbindelsene.

Fortynnet utløpsvann (1:40) fra lagune ble tilsatt:

1. 0,1 m mol P ($\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{K}_2\text{HPO}_4$ forhold 2:3 pH 7,0)
2. 0,5 m mol P
3. 0,5 m mol P + 0,36 m mol N ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)
4. 0,5 m mol P + 1 m mol N
5. Kontroll - uten tilsatt av P og N.

Alle de nevnte testprøver ble tilsatt 0,5 mg/l allylthiourea for å hindre nitrifikasjon. Parallelt med kontrollprøven med allylthiourea ble det også kjørt en kontroll uten allylthiourea.

Innløpsvann til lagunen ble undersøkt ved følgende tilsats varianter:

1. 0,5 m mol P
2. 0,5 m mol P + 1 m mol N
3. Kontroll - uten tilsats av P og N.

Hvert testalternativ ble undersøkt med parallellprøver. BOD-fortynningsvannet ble luftet i ca. 2 timer ved 16 - 17 °C og temperaturen justert til ca. 20 °C før bruk. Denne framgangsmåte sikrer god oksygenmetning i fortynningsløsningen.

Alle testvarianter ble podet med bakterier (2⁰/oo) i henhold til NS 4749, BOD-analysemetode. Hydrogenionekonsentrasjonen i testprøvene ble justert til pH 7,0 ved start. Undersøkelsen ble utført i HACH manometriske BOD-apparatur.

Inkubasjonstid: 14 døgn
Temperatur: 20 °C.

Resultater:

Figur 1 viser oksygenopptakskurver for fortynnet utløpsvann fra lagune med de alternative tilsatser av næringssalter.

Kurvene viser at fosfor er begrensende næringssalt. En tilsats på 0,1 m mol P (3,1 mg/l) til 1:40 fortynnet utløpsvann gir ingen oksygenopptaksbegrensning. Tilsats på 0,5 m mol P gir ingen opptakseffekt.

Tilsats av nitrogen har ingen virkning. Dvs. at vannet inneholder tilstrekkelig med nitrogen til biooksydasjon av organisk stoff.

Testprøve uten tilsats av P og N viser en svak men jevn oksydasjon under inkubasjon, som etter 14 døgn var ca. 44 % sammenlignet med P-tilsatt testprøve. Mere interessant er forholdet etter 4 døgn, hvor oksydasjon var bare 10 %.

Dette illustrerer hvordan fosformangel begrenser den biologiske omsetningen i lagunen.

Nitrifikasjon synes ikke å spille noen rolle i avløpsvannet på det tidspunkt undersøkelsen ble utført. Nitrifikasjonstesten ble bare utført på utløpsvann fra lagunen uten P-tilsetning. Dette var en feil da P-under-skudd også har betydning for nitrifiserende mikroorganismer.

Figur 2 viser oksygenopptakskurver for fortynnet (1:40) innløpsvann til lagunen. Det samme forhold som ble påvist for utløpsvann ble også påvist for innløpsvann. Fosfor er klart begrensende og hemmer biooksydasjonen. Nitrogen er ikke vekstbegrensende.

Måling av pH ved forsøkets slutt viste at den hadde forandret seg under inkubasjonstiden i samtlige test-prøver. I testprøver uten næringsalt-tilsetning var pH økt til 7,8 mens den i testprøver med tilsetning var økt til 8,8 - 9,0. Dette kan ha hatt en viss innvirkning på biooksydasjonen.

Mikroskopering av den produserte biomasse og dens fnokkstruktur viste at i testprøver med næringssaltbegrensning ble det utviklet filamentøs bakterie-vekst. Fnokkstrukturen var derfor noe "frynset" og voluminøs. I testprøver tilsatt næringssalt viste fnokkstrukturen normalt utseende. Fnokkene var kompakte, og oppbygd av stavformede bakterier. I fnokkstrukturen var det "rustbrun" avleiring av utfelt jern.

Det skal anmerkes at i testprøve fra innløpsvann, som var luftet og sentrifugert for å få fjernet utfelt jern, ble det ikke observert jernutfelling avleiret i fnokkstrukturen ved forsøkets slutt.

BOF₇ og BOF₁₄ for noen av testalternativene er tatt fra figurene og vist i tabell 1. Analyseverdiene er multiplisert med fortynningsfaktor for å gi BOF for ufortynnet prøve.

Det er velkjent at veksthastigheten hos mikroorganismer er substratavhengig, en multiplisering med fortynningsfaktor vil derfor gi for høy BOF-verdi for ufortynnet prøve, men dette er likevel vanlig.

Tabell 1. BOD₇ og BOD₁₄ for de ulike testalternativene.

Testalternativer	mgO ₂ pr.l	
	BOD ₇	BOD ₁₄
Utløpsvann, uten næringssalttilsats	1 800	4 100
" , med 0,1 m mol P	9 160	9 360
" , med 0,5 m mol P + 0,36 m mol N	8 800	9 000
Innløpsvann, med 0,5 m mol P	13 200	14 400
" , med 0,5 m mol P + 1 m mol N	12 300	13 200

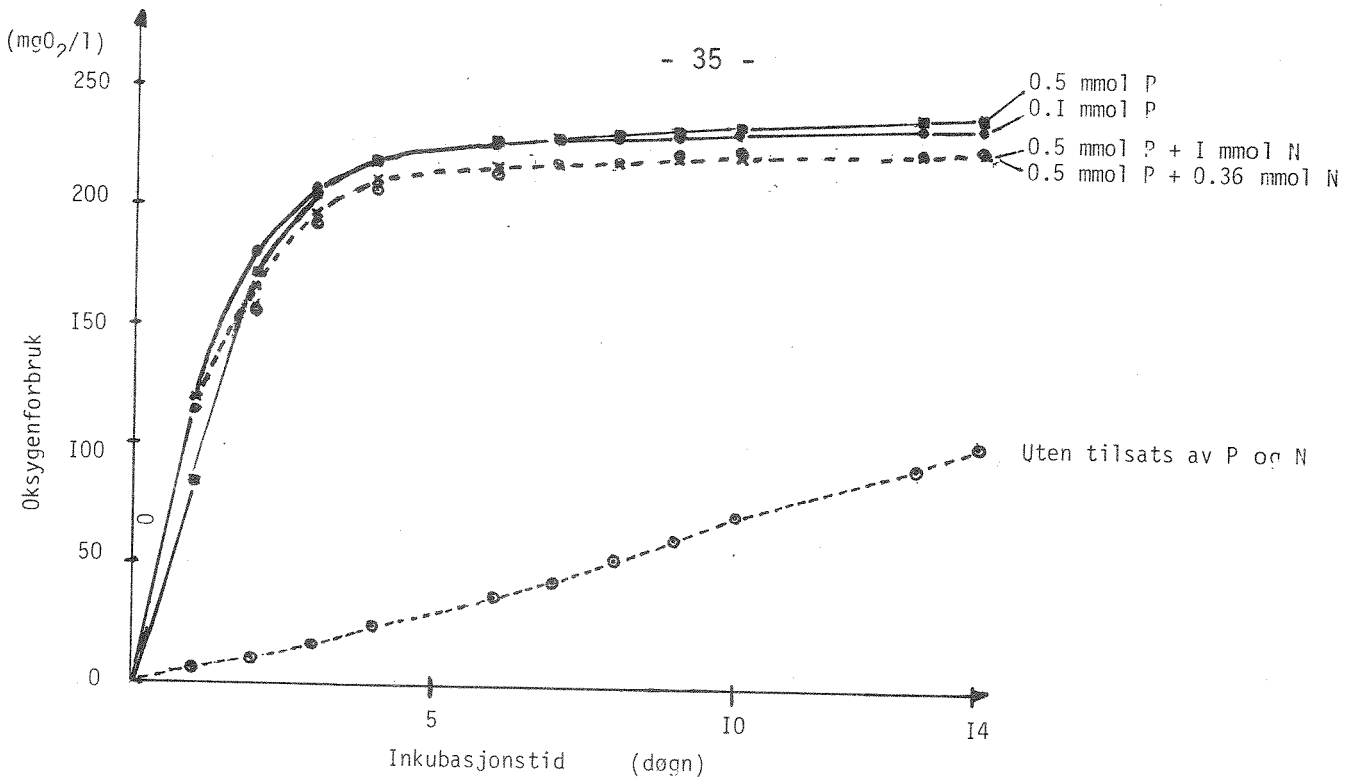
Total organisk karbon (TOC) var:

innløpsvann, 5920 mg pr l og

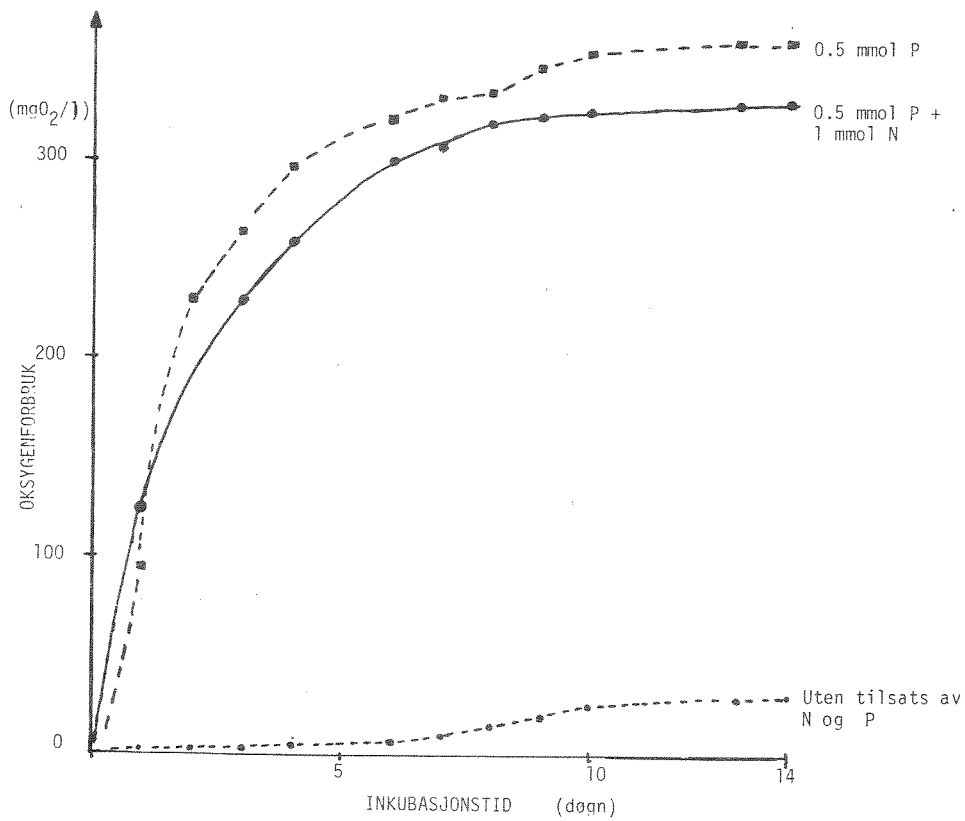
utløpsvann, 3880 mg pr l.

Teoretisk er det beregnet at oksydasjon av organisk karbon til CO₂ krever 2,62 g O₂ pr g org. C. Teoretisk BOD-tall for innløpsvann blir 15 500 mg O₂ og utløpsvann, 10 165 mg O₂.

Tallene indikerer at sigevannsprøvene tilsatt næringssalter viser meget høy oksydasjonsgrad, og betydelig høyere enn hva som er vanlig for kommunalt avløpsvann.



Figur 1. Oksygenforbruk i sigevann utløp lagune. Fortynnet 1: 40. Test for å påvise nærings saltbegrensning.



Figur 2. Oksygenforbruk på sigevann, innløp lagune, fortynnet 1: 40.