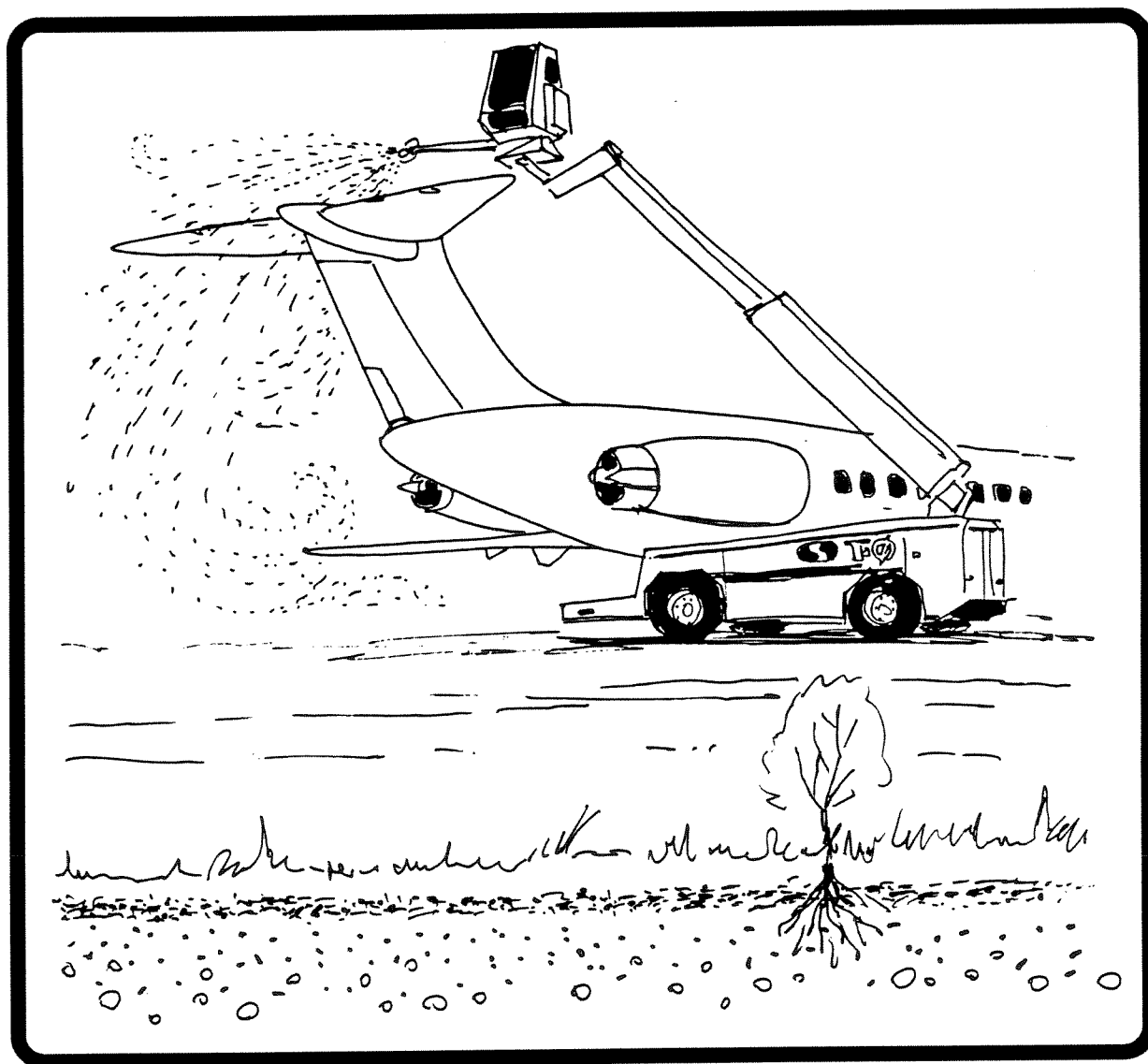


HOVEDFLYPLASS GARDERMOEN

# Nedbryting av avisingsvæsken Kilfrost i aktiv-slam system

(laboratorie-skala forsøk)

O-91114 B



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: 91114	Undernr.: B
Løpenr.: 2687	Begr. distrib.:

<b>Hovedkontor</b> Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47 2) 23 52 80 Telefax (47 2) 39 41 89	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 78 402	<b>Vestlandsavdelingen</b> Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (47 5) 95 17 00 Telefax (47 5) 25 78 90	<b>Akvaplan-NIVA AVS</b> Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
--	---	--	--	--

<b>Rapportens tittel:</b> Nedbrytning av avisingsvæsken Kilfrost i aktiv-slam system (laboratorie-skala forsøk)	<b>Dato:</b> 20.01.92	<b>Trykket:</b> NIVA 1992
<b>Forfatter(e):</b> Harry Efraimsen Torsten Källqvist Morten Laake	<b>Faggruppe:</b> Miljøtoksikologi	<b>Geografisk område:</b> Akershus
	<b>Antall sider:</b> 6	<b>Opplag:</b> 50

<b>Oppdragsgiver:</b> Luftfartsverket. Hovedflyplass prosjektet.	<b>Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):</b> Nr.43208.284.1
---	---

**Ekstrakt:**

En innledende undersøkelse er utført av avisingsvæsken Kilfrost i biologisk aktivslam-anlegg i lab. skala. Kilfrost (mono-propylenglykol) som eneste karbonkilde synes å nedbrytes langsomt og ufullstendig ved lav temperatur (2-4 °C). Ved høyere temperatur (12-14 °C) ble det oppnådd 70-75 % DOC-reduksjon ved en oppholdstid på 2 døgn. Tilskudd av syntetisk kloakkvann førte til en markert forbedret renseeffekt. Optimal tilsetning av organisk stoff (blandingssubstrat) og næringsalter ved aktuelle temperaturer bør undersøkes nærmere.

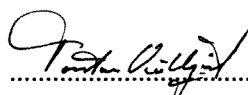
4 emneord, norske

1. Avisingsvæske
2. Biologisk nedbrytning
3. Aktivt slam
4. Laboratorieforsøk

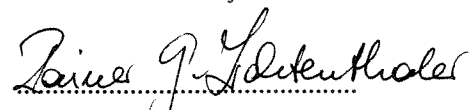
4 emneord, engelske

1. Deicing chemical
2. Biodegradation
3. Active sludge
4. Laboratory eksperiment

Prosjektleder

  
.....  
Torsten Källqvist

For administrasjonen

  
.....  
Rainer G. Lichtenthaler

ISBN 82-577-2039-9



Notat

O-91114

**Nedbrytning av avisingsvæsken**

**Kilfrost**

**i aktivt slam - system**

**Laboratorieforsøk**

Oslo 20.01.1992

Harry Efraimsen  
Torsten Källqvist  
Morten Laake  
Liv Bente Skancke

## FORORD

Prosjektet ble initiert ved en henvendelse fra Aviaplan A/S i mai 1991 og inngår som ledd i Luftfartsverkets forprosjektering av ny hovedflyplass på Gardermoen. NIVA leverte sitt forslag til undersøkelsesprogram datert 3. juni og startet adaptasjon av slamkulturer i august 1991. Kontrakt ble utformet av Luftfartsverket (kontrakt nr. 43208.284.1) og undertegnet 26. august, gjeldende til 15. oktober 1991.

Prosjektet omfatter nedbrytbarhetsforsøk i jordlysimeter og biologisk aktiv-slam av avisingmidler som skal brukes på fly (Kilfrost) og bane (Clearway 1). I møte den 8.10.1991 mellom AVIAPLAN AS, Luftfartsverket og NIVA ble de foreliggende resultater fra forsøkene diskutert. Det var enighet om at resultatene som er oppnådd er meget interessante, men at forsøkets varighet hadde vært for kort til å gi svar på eventuelle langtidseffekter og effekter av variasjoner i balastningsnivåer.

På møtet den 8.10. 1991 ble det besluttet at testingen av Kilfrost i aktiv-slam skulle utsettes inntil videre, og at de resultater som forelå skulle rapporteres. Vi besluttet allikevel å forlenge testingen noe for å utnytte det oppbygde "adapterte" aktivt slam i utprøving med "blandingssubstrat". Disse resultatene er også tatt med i rapporten.

På bakgrunn av utviklingen i lysimeterforsøkene har vi funnet det hensiktsmessig å rapportere denne innledende undersøkelsen om nedbrytning av Kilfrost i aktivt slam i en egen rapport.

Testingen er blitt utført og resultatene bearbeidet av lab.leder Harry Efraimsen med bistand av forskningsass. Liv Bente Skancke. Under planlegging og vurdering av resultatene har forskningslederne S. Torsten Källqvist og Morten Laake medvirket. Prosjektleder og NIVAs kontaktperson overfor Luftfartsverket er seniorforsker Hans Holtan.

**Harry Efraimsen**

## 1. INNLEDNING

Nedbrytningen av avisingsvæsken Kilfrost i biologisk aktivt slam system er utført for å belyse i hvilken grad mikroorganismer er istand til å tilpasse (adaptere) seg til å nedbryte relativt høye konsentrasjoner av avisingsvæsken ved lav temperatur, og med karbon i produktet som eneste karbon- og energikilde. I disse innledende forsøk ble det benyttet en standardisert testmetoder utført i laboratorieskala.

B.E. Jank et.al. (1973) utførte forsøk i lab.skala og i pilot forsøk med blandinger av avisingsvæsker og kommunalt avløpsvann (også innblanding av industriavløpsvann). Disse viste at glykol i avisingsvæsker nedbrytes tilnærmet fullstendig også ved lav temperatur (2°C), når organisk belastning og oppholdstid er optimal. Ved relativ høy belastning av glykolholdig vann ble det registrert fremvekst av filamentøse mikroorganismer som lett kan føre til slamflukt (bulking slugde).

## 2. TESTBETINGELSER

### 2.1 Tilsetning av salter i testløsningen (fortynningsvann)

Destillert vann tilsatt salter som vist i tabell 1 ble benyttet som fortynningsvann. Innholdet av salter var det samme som i BOD-vann som ble benyttet i lysimeter-forsøket, men tilsetningen av nitrogen og fosfor ble økt 10 ganger etter at konsentrasjonen av Kilfrost ble økt til 100 mg DOC/L og høyere.

Element	mg/L	Salt
Mg	0.5	MgSO <sub>4</sub>
Ca	4	CaCl <sub>2</sub>
K	0.3	KCl
Na	1.0	NaHCO <sub>3</sub>
P	0,5	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
N	5	NH <sub>4</sub> Cl

**Tabell 1.** Fortynningsvannets saltinnhold

Økt tilsetning av næringssalter var nødvendig for å unngå underskudd, spesielt begrensning av nitrogen. Ammoniumklorid ble tilsatt tilsvarende 5 mg N/L. Den anvendte testløsning var bufret med fosfatbuffer, men bufferkapasiteten var for lav ved de høyeste belastninger av Kilfrost, slik at det ble nødvendig å justere pH til nøytralt område med 1 N NaOH. For å sikre en stabil pH-verdi i aktiv-slammet ble dette gjort daglig. Ferdigblandet testløsning ble tilsatt NaOH-løsning til pH 9,5-10 for å hindre vekst av bakterier i denne.

Mikroskopering av slam ble utført løpende etter hvert som det visuelt ble observert forandringer i slammet.

### 2.2 Aktiv slam system

Adaptasjon av bakterier i semikontinuerlig testsystem (SCAS, ISO/DIS-9887), ble utført i skilletraktlignende glassrør med et volum på 250-300 ml. Kontinuerlig lufting sørget for aerobe forhold og god omrøring i apparaturen. Aktivt slam dyrket/anrikt på OECD syntetisk kloakkvann ble blandet med kommunalt avløpsvann og benyttet som inokulum ved start. Forsøkene ble utført ved romtemperatur inntil tilstrekkelig mengde adaptert aktivt slam ble var etablert.

Konsentrasjon av Kilfrost var innledningsvis ca. 20 mg/l som DOC. Etter en gradvis økning av DOC-konsentrasjonen i tilførselsvannet (til 100 mg DOC/l) ble enhetene plassert ved aktuell testtemperatur.

Ved 12-14 °C ble det forholdsvis raskt dannet tiltrekkelig mengde med slam slik at kontinuerlig dosering i egnet testsystem kunne settes igang. Det ble benyttet en "Husman unit" laget av pleksiglass. Enheten består av en aktiv-slam beholder og en sedimenteringsenhet, som tilsammen har et volum på 1,48 l, hvorav sedimenteringsenheten utgjør 0,6 l. Denne apparaturen er betegnet som "OECD activated slugde simulation test unit" av ISO/OECD.

Avløpsvann ble samlet opp over natt for uttak til kjemisk analyse. Prøvene ble umiddelbart filtrert (0,45 µ membranfilter) og konserveret.

Ved 2-4 °C viste analysene innledningsvis minimal reduksjon av DOC, selv etter en oppholdstid på flere døgn. Det ble derfor besluttet ikke å gjennomføre forsøk i kontinuerlig enhet som ville ha medført utvasking av aktiv-slammet, men fortsette med semi-kontinuerlig system.

Ved hver prøvetaking ble luftingen stoppet, og etter sedimentering ble 150 ml sifonert av og erstattet med samme volum testløsning ("draw and fill")

### 3. RESULTATER OG DISKUSJON

Analyseresultatene ved de to temperaturregimene og oppnådd DOC- reduksjon er vist i tabell 2.

2-4 °C					12-14 °C			
Dato	"Batch"	DOC mg/L	DOC mg/L	DOC- red.%	"Flow "	DOC mg/L	DOC mg/L	DOC- red.%
	ml/døgn	Inn	Ut		ml/døgn	Inn	Ut	
9.8	200	105			400	105		
12.8	"	105			"	105	28	73
19.8	"	105	87	17	"	105		
20.8	"	105			"	210		
22.8	"	105	99	6	"		67	68
26.8	"	105	96	8	"	210	52	75
29.8	"	105	72	31	"			
3.9	"	105	104	1	630	210	213	-
6.9	"	105	95	9		210	212	-
13.9	"	105	109	-		210	198	6
17.9	"	105	109	-		210	178	15
20.9						210	168	20
23.9	"	105			800	210	148	39
25.8	"	105	90	14	"	320	263	18
7.10					"	320	264	18
22.10					480	350	39	89
8.11					480	350	21	94
19.11					460	350	23	93

*Tabell 2. DOC-reduksjon Ved "batch"-vis (2-4°C) og kontinuerlig (12-14 °C) dosering i aktivt slam-system. Etter 7.10. ble det tilsatt syntetisk kloakkvann i tillegg.*

### 3.1. Lav temperatur (2-4 ° C)

"Batch and file" dosering og prøveuttak er utført under hele testperioden. Det ble ikke funnet hensiktsmessig å starte opp med kontinuerlig tilførsel av testvann fordi dannelsen av biologisk slam var svært lavt.

Analyse-verdiene av eksponert testvann viste signifikant reduksjon i DOC i de intervaller hvor eksponeringstiden var over 3-4 døgn. Selv om verdiene som er vist i tabellen indikerer en DOC-reduksjon på 10-15 % er det allikevel alt for lav omsetning til at stabilt aktivt slam kunne beholdes i reaktoren, og ikke bli vasket ut under kontinuerlig belastning. Mikroskopering av slammet viste imidlertid at det var tilstede bakterievekst i kompakt fnokkstruktur som er forholdsvis typisk for aktiv slam. En del typiske beiteorganismer ble funnet og ganske stor utbredelse av en flagellat.

Nedbrytning av Kilfrost (propylenglykol) som eneste karbonkilde, og med så lav temperatur som 2-4 ° C, synes å foregå meget langsomt. Aktiv slam som renseprinsipp synes ikke å være egnet under slike forhold, men man skal ikke utelukke at tilsetning av et allsidig substrat i tillegg til Kilfrost kan gi en vesentlig høyere nedbrytning, selv ved så lav temperatur som 4-5 ° C.

### 3.2. Høy temperatur (12-14 ° C)

Etter den innledende adaptasjonsperioden ble det oppnådd en betydelig nedbrytningsgrad på over 70 % som DOC-reduksjon. Den teoretiske oppholdtid var på hele 2 døgn. Lang oppholdtid ble valgt under første del av testperioden for å unngå eventuell utvasking av aktivslam.

Etter 10 døgn med stabil drift av testenheten ble testkonsentrasjonen økt til ca. 200 mg/L DOC, men med uforandret gjennomstrømning. I en etterfølgende 10 døgns periode var driften stabil og med en uforandret reduksjon i DOC på ca. 70-75 %. Det ble besluttet å øke både DOC-belastningen til ca. 300 mg/L (tilsvarende 1360 mg/L Kilfrost), og gjennomstrømningen til å gi teoretisk oppholdtid på 24 timer. Dette førte til en markert reduksjon i rensegrad. DOC-reduksjonen avtok kraftig, sannsynlig som følge av at slammet ble vasket ut av enheten, fortrinnsvis p.g.a. for høy vann-gjennomstrømning.

Før denne delen av forsøket ble avsluttet ble det tilsatt et "hjelpesubstrat" bestående av "OECD synthetic sewage". Dette er en blanding av pepton og kløttekstrakt, tilsatt essensielle salter, og som ga et tilskudd på ca. 30 mg karbon/l. På samme tidspunkt ble vannføringen redusert til 480 ml/døgn (nesten 2 døgn oppholdtid). Det ble raskt (4-5 døgn) etablert en kraftig bakterievekst som opptrådte i små fnokker og frittsvevende bakterier som ga høy turbiditet på avløpsvannet.

DOC-analysene viser at tilsetning av ekstra substrat, etter 12 døgn hadde ført til en markert forbedring i rensegrad. Med den forholdsvis lange oppholdstiden ble det oppnådd en DOC reduksjon på over 90 %.

#### 3.2.1. Mikroskopering av slammet

Ved de høyeste belastninger oppstod det en kraftig oppblomstring av en liten flagellat som syntes å ha sammenheng med at vannet i testenheten fikk et "rust-brunt" utseende. Denne kan også ha påvirket nedbrytningen ved at frittlevende bakterier ble "beitet" bort, og dermed ble den aktive biomassen desimert.

Mikroskoperingen viste dominerende forekomst av dispergerte fnokker som var relativt voluminøse i grunnstruktur. De var dominert av stavbakterier og en del trådbakterier som er vanlig i aktiv-slam. Forøvrig viste mikroskopering av slammet at det inneholdt et overraskende stort artsmangfold av beiteorganismer, som normalt er tilstede i vanlig biologisk aktivt slam. Relativt stor diversitet indikerer at det ikke har skjedd en seleksjon forårsaket av giftvirkning fra inhibitorer som var tilsatt avisingsvæsken.

Etter tilsetning av hjelpesubstrat ble det raskt observert en økning i mengden frittsvømmende bakterier. Det ble observert stor utbredelse av bakterieansamlinger i fnokker som førte til et ganske voluminøst slam. Etter hvert økte også artsmangfoldet av beiteorganismer, spesielt av ciliater. Dette tyder på at slammet var aktivt og i god kondisjon.

#### 4. KONKLUSJON OG ANBEFALINGER

Selv om det ble oppnådd akseptabel nedbrytning under testperioden med 2 døgn teoretisk oppholdstid ved 12-14 °C synes stabiliteten i det biologiske systemet å være lav. Det forventes en vesentlig bedre nedbrytningsgrad av propylenglykol ved innblanding av et allsidig "hjelpesubstrat", som f.eks. OECD syntetisk kloakkvann eller kommunalt avløpsvann. Et enkelt forsøk med en slik tilsetning viste at den ga gunstig effekt. Det anbefales at realistiske forsøk med relevant hjelpesubstrat gjennomføres ved temperatur-nivåer som er realistiske i praktisk sammenheng. Det anbefales å gjennomføre et slikt testopplegg ved ca. 7-8 °C og ved 12-14 °C.

Skal konvensjonell biologisk rensing være av interesse i denne sammenheng, er det nødvendig med en vesentlig kortere oppholdstid enn det som ble forsøkt i denne undersøkelsen. De belastningsnivåer som er testet er på langt nær tilstrekkelig til å gi en faglig forsvarlig vurdering av om Kilfrost kan nedbrytes tilfredsstillende i en metode som aktivt slam. Kilfrost (mono-propylenglykol) som eneste karbonkilde ble brutt ned forholdsvis langsomt i et biologisk aktiv-slam anlegg i lab.-skala. Et enkelt forsøk med tilsetning av hjelpesubstrat viste en markert forbedring i rensgraden. Bruk av hjelpesubstrat, f.eks. kommunalt avløpsvann, vil være gunstig for å oppnå forbedret renseseffekt. Hvordan et slikt blandingssubstrat vil nedbrytes ved aktuelle temperaturer bør undersøkes nærmere.

#### Litteratur:

B.E. Jank, H.M. Guo and V.W. Cairns

Activated slugge treatment of airport wastewater containing aircraft de-icing fluids.

*Water Research* Vol. 8. pp. 875 to 880. Pergamon press 1974.



---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo  
ISBN 82-577-2039-9