

## Bioforsk Rapport

Vol. 3 Nr. 167, 2008

# Undersøkelser av utlekking av herbicideet glufosinat-ammonium på Gardermobanen

Marit Almvik, Randi Iren Bolli, Jan Netland, Olav Lode, Ole Martin Eklo

Bioforsk Plantehelse

[www.bioforsk.no](http://www.bioforsk.no)







Hovedkontor  
Frederik A. Dahls vei 20,  
1432 Ås  
Tlf: 03 246  
Fax: 63 00 92 10  
post@bioforsk.no

Bioforsk Plantehelse  
Høgskoleveien 7  
1432 Ås  
Tlf: 03 246  
Faks: 64 94 61 10  
plantehelse@bioforsk.no

<i>Tittel/Title:</i> Undersøkelser av utlekking av herbicidet glufosinat-ammonium på Gardermobanen
<i>Forfatter(e)/Autor(s):</i> Marit Almvik ( <a href="mailto:marit.almvik@bioforsk.no">marit.almvik@bioforsk.no</a> ), Randi Iren Bolli, Jan Netland, Olav Lode og Ole Martin Eklo

<i>Dato::</i> 20.12.2008	<i>Tilgjengelighet:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr.:</i> 1110332	<i>Arkiv nr.:</i> 2007/571
<i>Rapport nr.</i> 3 (167)/2008	<i>ISBN-nr.:</i> 978-82-17-00446-2	<i>Antall sider:</i> 42	<i>Antall vedlegg:</i> 7

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i> Jernbaneverket	<i>Kontaktperson/Contact person:</i> Tore Brynslund
--	--

<i>Stikkord/Keywords:</i> Glufosinat-ammonium, Finale, transport, utlekking, plantevernmiddel, pesticid, jernbane, Gardermobanen, lysimeter, grunnvann, miljørisiko, modellering Glufosinate-ammonium, Finale, transport, leaching, pesticide, railway, lysimeter, groundwater, water, risk assessment, MACRO	<i>Fagområde/Field of work:</i> Økotoksikologi, risikovurdering Ecotoxicology, risk assessment
---	--

<i>Sammendrag</i> Konklusjonen fra både feltforsøk og modellsimuleringer er at det er svært liten risiko for at glufosinat-ammonium (heretter omtalt som glufosinat) skal kunne forurense grunnvannet i en konsentrasjon over miljøfarlighetsgrensen på 9 µg/l eller drikkevannsgrensen på 0.1 µg/l ved sprøyting langs jernbaneskiner i dette området.  Jordprofilet ved forsøksfeltet på Gardermobanen utgjør et høyrisikoområde for utlekking av mobile plantevernmidler. Men det ble ikke påvist utlekking av glufosinat (> 0.1 µg/l) til en dybde på 2-6 meter i den umetta sonen i profilet eller til grunnvannet ved prøvetakingstidspunkt i en periode på 138 dager etter sprøyting (august-november). Metabolitten 3-MPPA ble heller ikke påvist. Simulering av glufosinat-transporten med modellen MACRO_GV viste at kun svært små mengder glufosinat kunne vaskes ned til 2 meters dyp i jordprofilet, og at årsmiddelkonsentrasjonen ville være godt under analysemetodens deteksjonsgrense (0.1 µg/l).
--

<i>Summary:</i> Both field examinations and model simulation of the leaching of the herbicide glufosinate-ammonium showed that the risk of leaching of glufosinate-ammonium to the groundwater at levels exceeding the drinking water limit (0.1 µg/l) was very low after spraying of the railway embankments at the Gardermobanen in Norway.
--

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader

Seksjonssjef Børge Holen

Marit Almvik

## Forord

---

Denne rapporten presenterer resultater fra en utlekkingsstudie med glufosinat utført ved en feltstasjon på Gardermobanen ved Olaløkka bro i 2007. Det er en risiko for at plantevernmidler som sprøytes langs jernbanelinjene for å kontrollere vegetasjonen, kan renne av til nærliggende overflatevann eller vaskes ned til grunnvann og være til skade for helse og miljø. Dette prosjektet satte fokus på ugressmiddelet glufosinat-ammonium (heretter omtalt som glufosinat), som blir brukt til å kontrollere uønsket vekst av bartrær langs sporene. Det er en viss risiko forbundet med bruk av glufosinat, da preparatet er svært vannløselig og mobilt og er dessuten både helseskadelig og miljøskadelig.

Jernbaneverket tok i 2007 initiativ til denne undersøkelse av utlekking av glufosinat. Jernbaneverket og Bioforsk foretok en befaring ved feltstasjonen på Gardermobanen ved Olaløkka bro, og etter avtale med Jernbaneverket ble anlegget rustet opp for å kunne utføre utlekkingsstudie med glufosinat. Dette anlegget ble opprinnelig etablert i 1996 i et samarbeid mellom Universitetet for miljø- og biovitenskap og Bioforsk og finansiert av Jernbaneverket. Feltstasjonen ble brukt til å studere utlekking av plantevernmidlene imazapyr og oksadiargyl i 1997-99.

Glufosinat-prosjektet har hovedsakelig vært et samarbeid mellom Bioforsk og Jernbaneverket, men med delfinansiering fra Harald Cederlund ved Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) og det svenske Banverket.

Jens Andersen fra Instrumenttjenesten AS (ITAS) har sørget for strømforsyningen i anlegget med oppsetting og tilkobling av solcellepanel og batteri, samt oppgradering av dataloggeren med GPRS-modem og antenne. Kjell Wærnhus ved Bioforsk Planteværing har utført sprøytingen med både glufosinat og kaliumbromid på forsøksfeltet. Randi Bolli og Ole Martin Eklo ved Bioforsk har utført modellering av glufosinat-transport med modellen MACRO\_GV. Randi Bolli har dessuten deltatt i oppriggingen av anlegget. Marit Almvik har hatt prosjektledelsen ved Bioforsk og utført all prøvetaking ved forsøksfeltet. Olav Lode og Jan Netland ved Bioforsk har bistått med faglig veiledning.

# Innhold

---

1.	Sammendrag/Konklusjon .....	4
2.	Innledning.....	5
2.1	Prøvefeltet .....	5
2.2	Feltinstallasjoner .....	7
2.3	Om glufosinat (Finale) .....	11
3.	Forsøksopplegg.....	12
3.1	Tidsplan .....	12
3.2	Opprusting av anlegget .....	13
3.3	Vannprøvetaking fra lysimeteranlegget .....	13
3.4	Grunnvannprøvetaking .....	14
3.5	Sprøyting av prøvefeltet .....	14
3.6	Logging av data.....	16
3.7	Analyse av vannprøver .....	16
3.8	Modellering av glufosinat-transport med MACRO-GV.....	16
4.	Resultater.....	18
4.1	Klimadata .....	18
4.2	Utlekking av bromid .....	21
4.3	Utlekking av glufosinat.....	23
4.4	Modellering av glufosinat-transport med MACRO-GV.....	24
5.	Diskusjon.....	25
6.	Referanser .....	28
7.	Vedlegg.....	29
	VEDLEGG 1 Fysiske data for jordprofilet ved forsøksfeltet .....	30
	VEDLEGG 2 Prosedyre for grunnvannstandpeiling og prøvetaking .....	31
	VEDLEGG 3 Sprøyteplan.....	32
	VEDLEGG 4 Utført sprøyting på Gardermobanen natt til 27/7 2007 .....	36
	VEDLEGG 5 Etikett for handelspreparatet Finale.....	37
	VEDLEGG 6 Manual for dataloggeren (fra Jens Andersen ved ITAS) .....	38
	VEDLEGG 7 Oversikt over vannvolum og vannprøvetakinger i forsøksperioden.....	42

# 1. Sammendrag/Konklusjon

---

Etter en opprusting av forsøksanlegget ved Olaløkkabro på Gardermobanen med nytt solcelleanlegg, ny vakuumregulator, ny datalogger med GPRS-modem og antenne, samt en funksjonstest av sondene i jordprofilet, ble utlekkingen av herbicidet glufosinat-ammonium (heretter omtalt som glufosinat) og kaliumbromid (brukt som tracer for vanntransporten) til metta og umetta soner i profilet undersøkt. Jernbanesporene ved anlegget ble sprøytet med glufosinat og bromid 27. juli 2007 og siste vannprøvetaking ble utført 30. november samme år.

Jordprofilet ved forsøksfeltet på Gardermobanen utgjør et høyrisikoområde for utlekking av mobile plantevernmidler. Det ble likevel ikke påvist utlekking av glufosinat ( $> 0.1 \mu\text{g/l}$ ) til en dybde på 2-6 meter i profilet eller til grunnvannet ved 5 prøvetakingstidspunkt i en periode på 138 dager etter sprøyting (august-november). Metabolitten 3-MPPA ble heller ikke påvist.

Årsakene til dette er sannsynligvis (1) Langsom drenering av overflatevann gjennom jordprofilet og (2) Rask nedbryting av glufosinat og metabolitt i jordprofilet og (3) Binding av glufosinat i sjikt med høyere leir- og/eller jerninnhold.

Da siste prøvetaking ble foretatt 30. november er det ikke kjent om utlekking kan ha skjedd på et senere tidspunkt, for eksempel i sammenheng med vårmeltingen. Men en slik utlekking av glufosinat ville trolig ikke medført kritiske verdier av glufosinat i grunnvannet på grunn av fortykning i grunnvannsmagasinet.

Simulering av glufosinat-transporten med modellen MACRO\_GV viste at kun svært små mengder glufosinat kunne vaskes ned til 2 meters dyp i jordprofilet, og at årsmiddelkonsentrasjonen ville være godt under analysemetodens deteksjonsgrense ( $0.1 \mu\text{g/l}$ ).

Konklusjonen fra både feltforsøk og modellsimuleringer er at det er svært liten risiko for at glufosinat skal kunne forurense grunnvannet i en konsentrasjon over miljøfarlighetsgrensen på  $9 \mu\text{g/l}$  eller drikkevannsgrensen på  $0.1 \mu\text{g/l}$  ved sprøyting langs jernbaneskiner i dette området.

## 2. Innledning

Kravet til god sporkvalitet av jernbanen omfatter, ved siden av å kunne kontrollere og holde unna uønsket vegetasjon, også å kunne dokumentere eventuell risiko for utvasking og for negative miljøeffekter av de tiltak som blir iverksatt. Glufosinat-ammonium (heretter omtalt som glufosinat) er et ugressmiddel som siden 2005 har vært brukt av Jernbaneverket for å kontrollere uønsket vekst av bartrær langs sporene. Det er en viss risiko forbundet med bruk av glufosinat, da preparatet er både helseskadelig og miljøskadelig. Glufosinat er giftig for vannlevende organismer og kan forårsake uønskede langtidsvirkninger i vannmiljøet. Stoffet brytes raskt ned på jordoverflater og i vann med halveringstider på 7-20 dager. Dette er halveringstider som er målt i jordbruksjord med god mikrobiell aktivitet. Glufosinat som sprøytes langs jernbaneskinnene kan ha større mobilitet og persistens (lengre halveringstid) på grunn av det grove ballastlaget av pukk og stein som har lav mikrobiell aktivitet samt lav mikrobiell aktivitet i undergrunnsjorda under ballastlaget. Det er derfor ønskelig å undersøke risikoen for utlekking av glufosinat til grunnvann ved sprøyting av jernbanespor.

### 2.1 Prøvefeltet

Det ble i 1997 opprettet et prøvefelt med lysimeteranlegg på Gardermobanen som i 1997-98 ble benyttet til å undersøke utlekking av plantevernmiddelet imazapyr (Arsenal 250). Prøvefeltet ble videre benyttet i 1998-99 til undersøkelser av utlekking av plantevernmiddelet oksadiargyl. Lysimeteranlegget stod siden ubenyttet frem til våren 2007, da Jernbaneverket vedtok å ruste opp anlegget for å utføre undersøkelser med plantevernmiddelet glufosinat.

Prøvefeltet er etablert på en del av Gardermobanen som ligger i Sand i Ullensaker kommune (60°N, 11°Ø), ca. 600 meter sydøst for Olaløkka bro og strekker seg over 100 m av banestrekningen rett øst for Skåntjern.

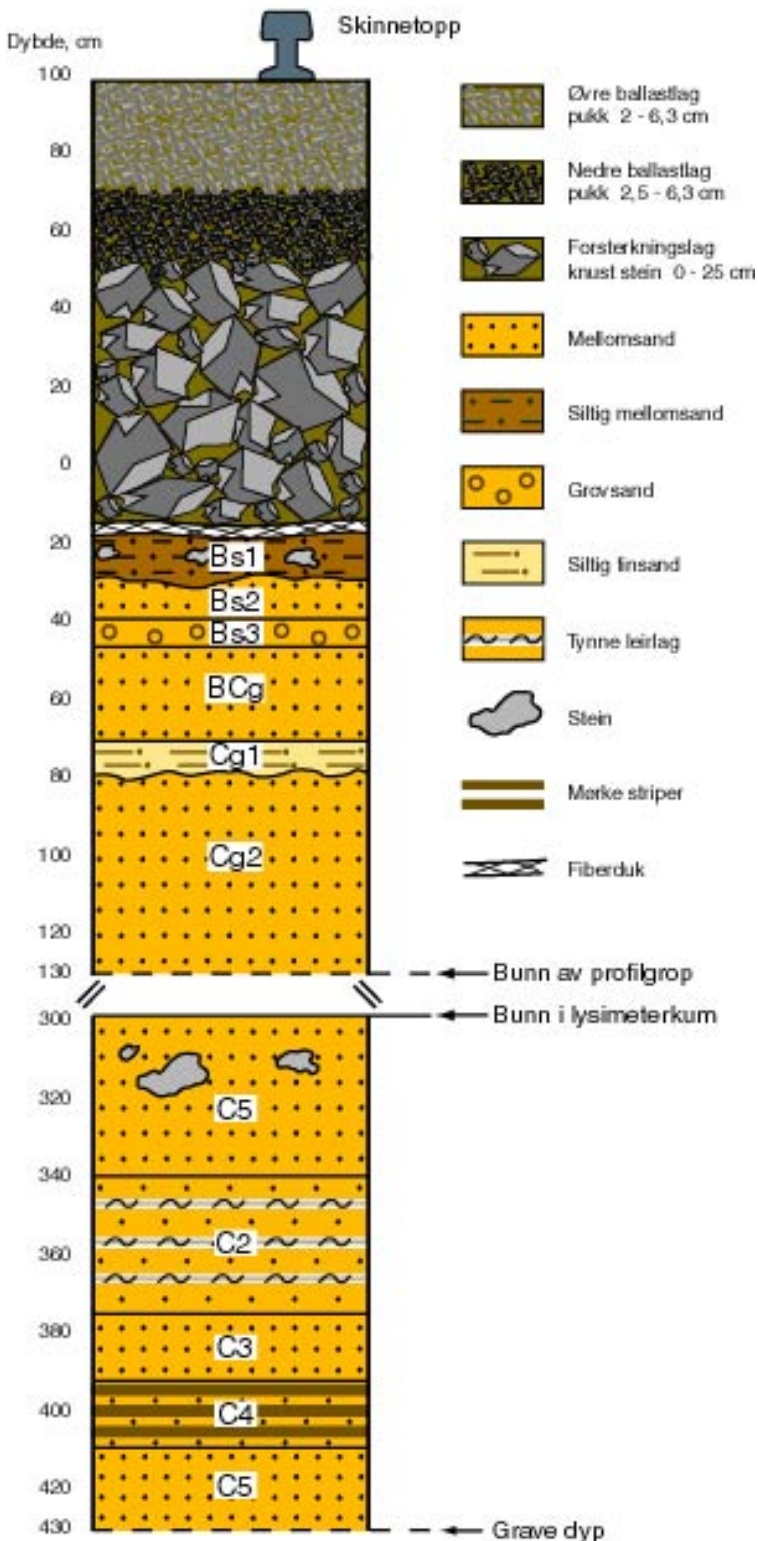


Figur 1. Oversikt over prøvefeltet med lysimeteranlegget som en hvit flekk helt til høyre i bildet (venstre). Prøvefeltet ligger i Sand, mellom Oslo Lufthavn Gardermoen og Jessheim (høyre). Foto fra [www.norgebilder.no](http://www.norgebilder.no).

## Jordsmonn

Prøvefeltet ligger i et område dominert av breelvmateriale og forsenkningen som Skåntjern ligger i, representerer en dødisgrop. Traseen til Gardermobanen går i kanten av denne forsenkningen, ca. 200 m.o.h., mens Skåntjern ligger på 190 m.o.h. Jordprofilen på prøvefeltet er godt karakterisert (Lode & Meyer, 1999).

## Jordprofil ved lysimeteranlegg



Profilbeskrivelsen viser at teksturen (kornfordelingen) er forholdsvis grov, dominert av mellomsand med en kornstørrelse på 0.2-0.6 mm. I de øverste 80 cm finnes det likevel enkelte sjikt med høyere finstoffinnhold, for eksempel i Bs1- og Cg1-sjiktet. Disse sjiktene er dominert av siltig mellomsand eller finsand og har lav vannledningsevne i forhold til de andre sjiktene med høyere vannledningsevne.

Vannledningsevnen øker nedover i profilet som et resultat av økende sandinnhold.

Se vedlegg 1 for mer detaljer over jordprofilen.

Figur 2. Jordprofilbeskrivelse for prøvefeltet på Gardermobanen. Fra Lode & Meyer (1999).

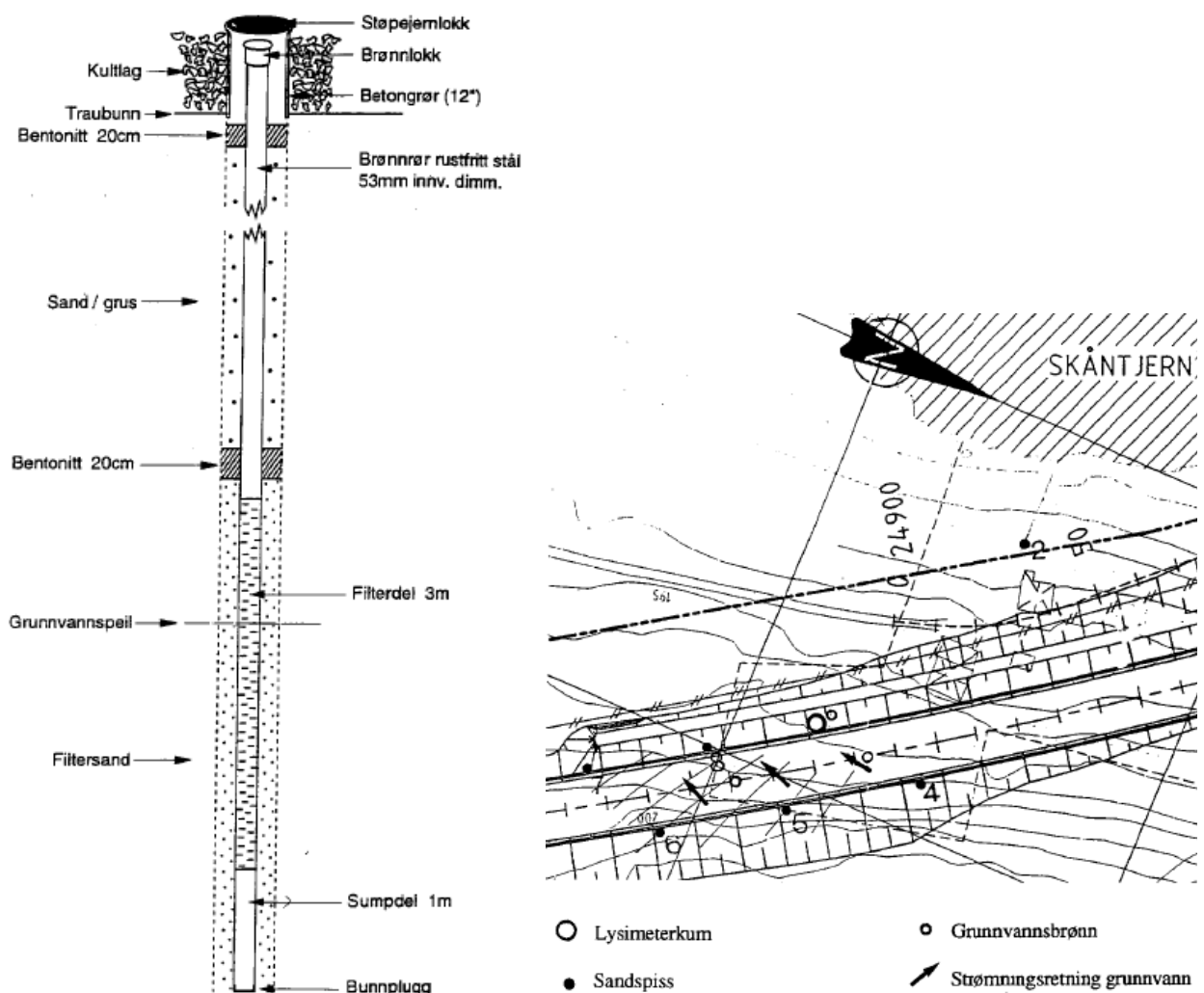


## 2.2 Feltinstallasjoner

Feltinstallasjonene består av et lysimeteranlegg, grunnvannsbrønner, sandspisser, temperatur- og jordfuktighetsmålere og en datalogger.

### Grunnvannsbrønner

Det er satt ned 3 grunnvannsbrønner (9 m lengde, 53 mm i.d.) i rustfritt stål til innsamling av vann fra øverste del av grunnvannssonen. Filterdelen av brønnene er plassert 1 m over grunnvannspeilet og 2 m under grunnvannspeilet (Figur 3). To av brønnene er plassert midt mellom dobbeltsporene, mens en brønn er plassert på oversiden av lysimeteranlegget.



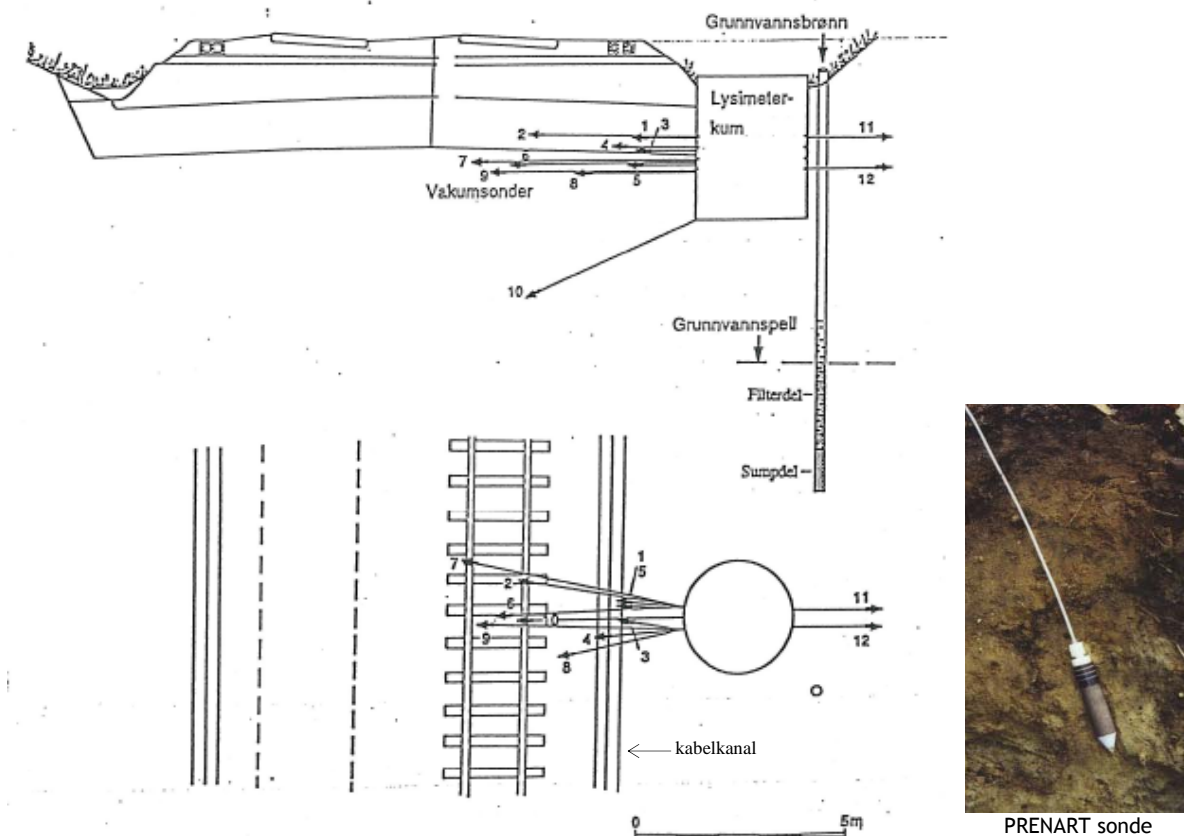
Figur 3. Snitt av grunnvannsbrønn (total lengde ca. 9 m) og oversikt over feltinstallasjonene; 1 lysimeterkum, 3 grunnvannsbrønner og 6 sandspisser, fra Lode & Meyer (1996).

### Sandspisser

6 peilerør (50 mm i.d.) i jern med påmontert sandspiss (1 m lengde og en filterdel på 0.7 m) er satt på hver side av traseen for å kunne bestemme grunnvannsstand og strømningsretning. Filterdelen av sandspissen er plassert like under grunnvannspeilet. I ett av rørene er det montert en trykkføler for kontinuerlig registrering av vannstanden.

### Lysimeteranlegget

På bakgrunn av den registrerte strømningsretningen til grunnvannet ble lysimeteranlegget i 1996 bygd opp på sydsiden av traseen, der denne passerer øst for Skåntjern. Selve lysimeterkummen er 2.5 m i diameter og 3 m dyp. Bunnen av kummen ligger 1.5 m til høyre for og ca. 4 m under overkant av kabelkanalen. Kabelkanaler i betong er plassert ytterst langs hvert spor. Fra lysimeterkummen er det ført inn 12 vakuumsonder inn i jorda i ulike retninger og på 5 ulike dyp under jernbanetraseen (Figur 4 og Tabell 1). Sondene er av typen PRENART, hvor filterdelen består av en teflon/kvarts-blanding med slangefittings i rustfritt stål. Ti av sondene er plassert mot jernbanetraseen, mens to av sondene (nr. 11 og 12) er ledet inn mot støyvollen og skal fungere som referansesonder (skal ikke fange opp plantevernmidler).

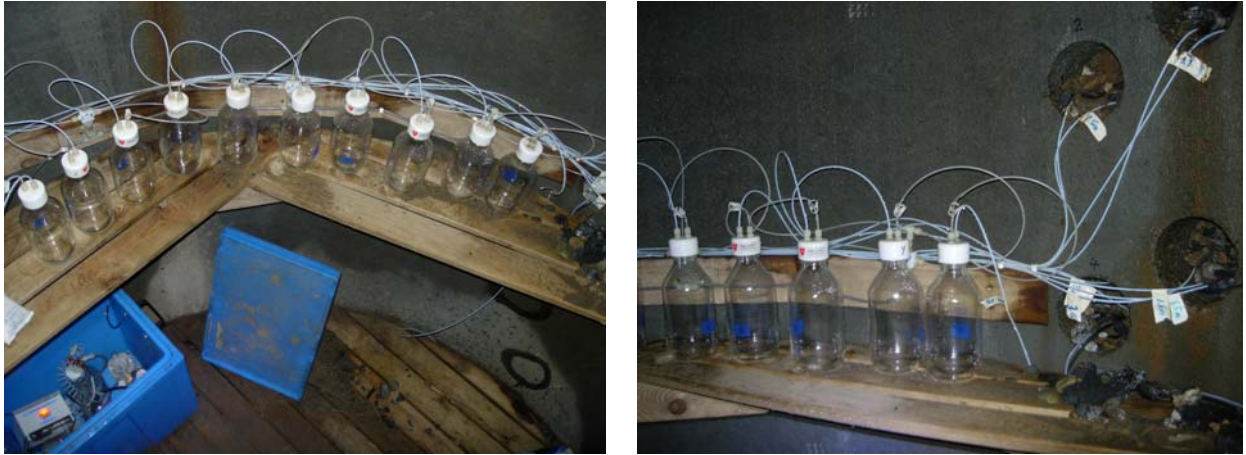


Figur 4. Oversikt over plassering av lysimeterkum og nummererte sonder i snitt og plan. Fra Lode & Meyer(1999).

Tabell 1. Sondenes plassering; dybde (m) målt fra toppen av kabelkanalen/overflaten og slangelengde (m) fra lysimeterkummen.

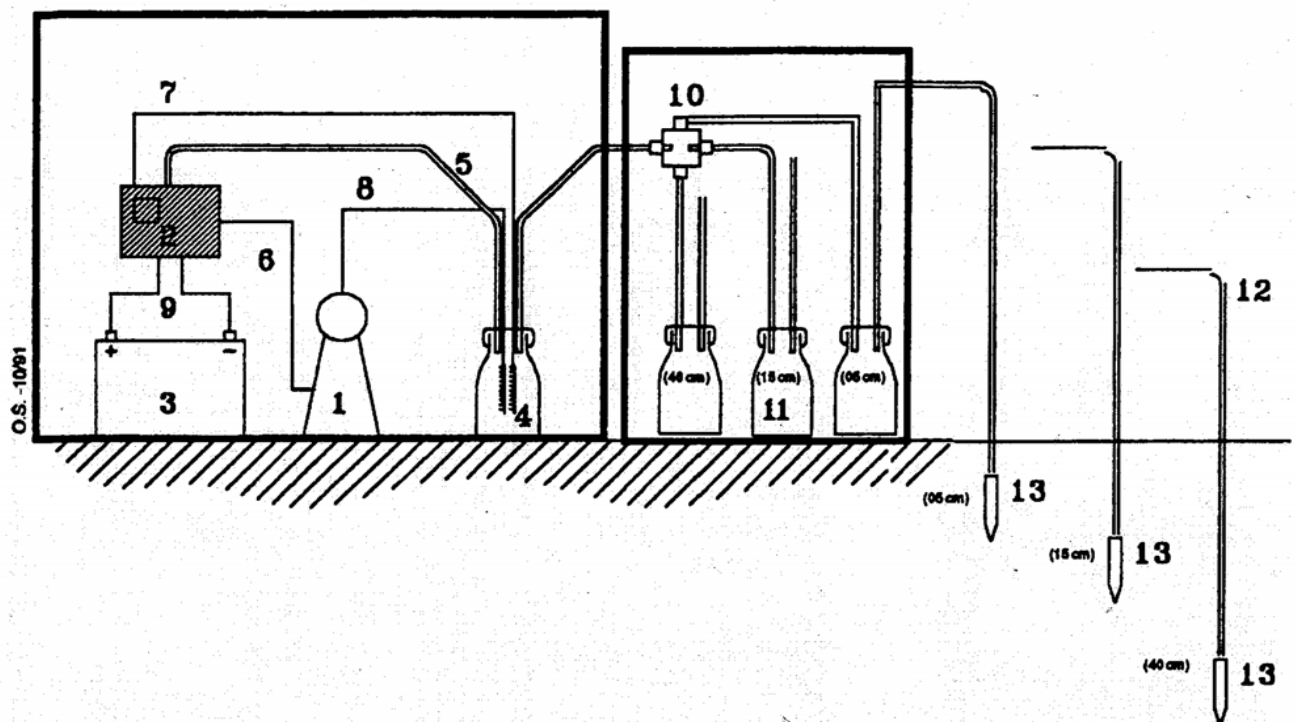
Sonde:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dybde (m)	2	2	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	3	3	5.8	2	2.8
Slangelengde(m)	1.1	4	1.5	2	1.6	3.6	5.5	3	5	10.1	2	2

Sondene er forbundet med prøveflasker (1 L) via teflonslanger. Sondene samler kontinuerlig opp vann fra den umetta sonen i jorda (= jordvann) ved at vakuumsondene står med et konstant sug ved hjelp av en vakuumpumpe og en vakuumregulator (Figur 5). Dersom prøveflaskene skulle bli overfylt med vann, ledes det overskytende over i en 2 liters overflow-flaske eller sikkerhetsflaske. Dersom sikkerhetsflaske blir halvfull, kobles anlegget automatisk ut for å forhindre at pumpe blir ødelagt av vann. Anlegget har i dag ikke mulighet for online logging eller fotografering av vannvolumet i prøveflaskene.



Figur 5. Sondene i jorda og vannprøveflaskene i lysimeterkummen er forbundet med teflonslanger. Glassflaskene er koblet i serie og står under konstant sug ved hjelp av en 12 V vakuumpumpe med vakuumregulator (i blå boks). Foto: Marit Almvik.

Se også en prinsippskisse for lysimeteranlegget i Figur 6.



Figur 6. Prinsippskisse av lysimeteranlegget

1. Pumpe 2. Vakuumregulator 3. Batteri 4. Sikkerhetsflaske (overflow) 5. Slange som forbinder sikkerhetsflaske med vakuumregulator 6. Elektrisk ledning som forbinder vakuumregulator med pumpe 7. Elektrisk ledning som forbinder sikkerhetsflaske med vakuumregulator 8. Slange som forbinder sikkerhetsflaske med pumpe 9. Elektrisk ledning som forbinder vakuumregulator med batteri 10. Fireveis-kobling 11. Oppsamlingsflasker for jordvann 12. Slange fra sonde til oppsamlingsflaske 13. Sonde (filter)

### Måling av jordtemperatur og jordfuktighet

Vannledningsevnen og transporten av plantevernmidler i jorda er sterkt avhengig av temperaturen og jordfuktigheten. Disse parametrene har i tillegg betydning for nedbrytingen av plantevernmidlene i jorda. I tilknytning til lysimeteranlegget er det derfor lagt ut 5 jordtemperaturfølere og to jordfuktighetsmålere i ulike dyp (Tabell 2). En temperaturføler (nr. 5) er plassert inn i bakken på motsatt side av jernbanesporet, sydvest for lysimeterkummen, mens 4 følere er fordelt i 2.4 - 4.5 meters dyp under jernbanesporene. Jordfuktighetsmålerne er plassert i to dyp under traseen.

Tabell 2. Plassering av temperatur- og jordfuktighetsfølere i dybde (m) fra overflaten (topp kabelkanal) og avstand fra lysimeterkumveggen (cm)

Føler	Dybde fra topp kabelkanal (m)	Avstand fra kumvegg (cm)
Temperaturføler 1	2.4	90
Temperaturføler 2	3.1	90
Temperaturføler 3	3.4	80
Temperaturføler 4	4.5	70
Temperaturføler 5	2.4	100
Jordfuktighetsmåler 1	3.3	100
Jordfuktighetsmåler 2	4.5	70

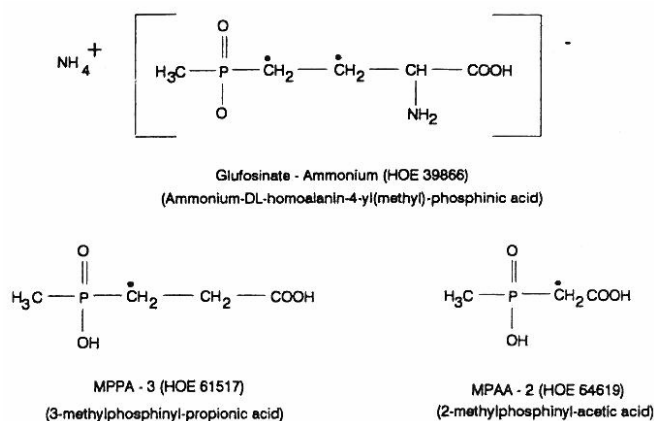
Målingene fra disse følerne logges hver time med en datalogger/kontrollenhet (CRX10, Campbell Scientific Ltd) som er installert i lysimeteranlegget. Dataloggeren får driftsspenning (12V DC) fra en blyakkumulator som lades av et solcellepanel på 90 W via en laderegulator. Solcellepanelet lader også blyakkumulatoren som driver vakuumpumpen i anlegget.



Figur 7. Foto fra prøvelfeltet ved etablering i 1996, i retning Olaløkka bro. Solcellepanelet til venstre i bildet, nedgangen til lysimeterkummen nederst til høyre i bildet. Foto: Knut Fredrik Meyer.

## 2.3 Om glufosinat (Finale)

Glufosinat-ammonium (ammoniums salt av homoalanin-4-yl(metyl)phosphinic acid) er et ikke-selektivt kontaktherbicide som tas opp gjennom bladene. Translokasjon foregår kun i bladene. Glufosinat inhiberer enzymet glutamin syntetase i planter og blokkerer dermed syntesen av glutamin fra glutamat og ammoniakk. Opphopning av toksiske nivåer av ammoniakk fører til nekrose og celledød i planteskuddet og nedvisning av planten (Gallina & Stephenson 1992).



Glufosinat brytes hovedsakelig ned ved mikrobiell nedbryting i jord og danner to kjente metabolitter: 3-metylphosphinyl-propionic acid (3-MPPA) og 2-metylphosphinyl-acetic acid (2-MPAA), se Figur 8.

Glufosinat er både miljøskadelig og helseskadelig. Stoffet er giftig for vannlevende organismer og kan forårsake uønskede langtidsvirkninger i vannmiljøet. Glufosinat er også giftig for pattedyr. Metabolitten 3-MPPA er lite giftig for vannlevende organismer.

Figur 8. Glufosinat-ammonium og to metabolitter i jord (Gallina & Stephenson 1992).

Tabell 3. Noen egenskaper ved glufosinat-ammonium og metabolitten 3-MPPA. PNEC = predicted no-effect concentration, DT<sub>50</sub> = halveringstid i dager, K<sub>d</sub> = uttrykk for stoffets fordeling mellom jord og vann. (e-Pesticide Manual 2006, Gallina & Stephenson 1992, [www.efsa.eu.int](http://www.efsa.eu.int) og Miljøfarlighetsgrensedatabasen 2008).

Løselighet	Glufosinat: 1370 g/l i vann (22°C) 0.65 g/l i etanol 0.16 g/l i aceton	3-MPPA: 794 g/l i vann
Stabilitet	Stabil mot fotolyse og hydrolyse	
pKa	pKa <sub>1</sub> <2, pKa <sub>2</sub> 2.9, pKa <sub>3</sub> 9.8 (glufosinat). pKa = 4.6 (3-MPPA)	
PNEC	9 µg/l (glufosinat) 210 µg/l (3-MPPA)	
Miljøfarlighetsgrense	9 µg/l (gjelder i Norge)	
DT <sub>50</sub> glufosinat	3-10 d (jord, lab), 7-20 dager (jord, felt), 2-30 dager (vann)	
DT <sub>50</sub> 3-MPPA	7-19 dager i jord i lab 150 dager i vann-sediment	
Adsorpsjon i jord	Lav. K <sub>d</sub> i siltig sandjord: 0.21. Adsorpsjon er mer korrelert med leirinnhold enn med organisk materiale.	
Mobilitet i jord	Moderat til høy for glufosinat Høy mobilitet for 3-MPPA	

I Norge brukes glufosinat i form av handelspreparatet Finale. Finale ble våren 2008 trukket fra markedet av Mattilsynet på grunn av uheldige helseegenskaper og er kun tillatt i bruk frem til 31.12.2010.

## 3. Forsøksopplegg

---

### 3.1 Tidsplan

I henhold til kontrakt var tidsplanen som følgende:

1. Opprusting av lysimeteranlegg i juni 2007
2. Oppfølgingsbesøk for å kontrollere sondene og evt. vannprøvesamling
3. Modellering med MACRO-GV
4. Sprøyting i juni 2007, vannprøveuttak før sprøyting
5. Videre prøveuttak: september, oktober, november 2007, samt mars, april, mai, juni 2008
6. Sluttrapport innen 1. september 2008

Feltforsøket var altså planlagt å gå i ett år, fra juni 2007 t.o.m. juni 2008, men på nyåret 2008 ble det kjent at Mattilsynet ville trekke godkjenningen av glufosinat i det norske markedet, så etter avtale med Jernbaneverket ble studien stanset i januar 2008, med siste prøvetaking utført 30. november. Det ble satt av midler til sluttrapport. Etter avtale finansierte det svenske Banverket glufosinat-analysene av vannprøvene fra feltforsøket, gjennom midler som var disponible fra et lignende prosjekt som pågikk i regi av Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU).

Den reelle aktivitetsoversikten ble da slik:

*Tabell 4. Oversikt over aktiviteter i perioden mars 2007 - desember 2008.*

Dato	Aktivitet
7. mars 2007	Befaring ved lysimeteranlegget
14. juni	Opprigging av anlegget
22. juni	Opprigging av anlegget
6. juli	Installering av lånt vakuumpump
20. juli	Vannprøveuttak fra lysimeteranlegget.
27. juli	Grunnvannprøvetaking. Sprøyting med Finale og kaliumbromid.
August	Modellering av glufosinat-transport med MACRO-GV
23. august	Vannprøveuttak fra lysimeter og grunnvann. Defekt datalogger tatt ut.
12. september	Vannprøveuttak fra lysimeter og grunnvann. Installering av ny vakuumpump og ny datalogger.
12. oktober	Vannprøveuttak fra lysimeter og grunnvann.
30. november	Vannprøveuttak fra lysimeter og grunnvann. 5 cm snø. Vakuumpumpen ble slått av for vinteren.
11. april 2008	Demontering: pumpe, vakuumpump, batteri og datalogger ble tatt inn, solcellepanel rigget ned.
Juni 2008	Vannprøver analysert for glufosinat og 3-MPPA ved Eurofins lab. i Tyskland
Desember 2008	Sluttrapport levert

Alle utferder til feltet/lysimeteranlegget foregikk om natten i tidsrommet 01.00-03.45. Alle utferder ble avklart på forhånd med Jernbaneverket slik at de kunne stille med sikkerhetsvakt under arbeidet.

## 3.2 Opprusting av anlegget

Ved befaring i mars 2007 ble det funnet nødvendig å ruste opp anlegget med:

- a. Nytt solcellepanel, 90W, med laderegulator og batteri
- b. GPRS-modem og antenne til loggeren
- c. Ny grunnvannsprøvepumpe
- d. Kameraovervåking av prøveflaskene

Det gamle solcellepanelet var fjernet/stjålet og ble erstattet. Instrumenttjenesten AS (ITAS) sørget for oppkobling av solcellepanel med laderegulator og batteri, som sørget for strøm til både vakuumpumpen og dataloggeren. Den gamle dataloggeren var intakt, men ble utstyrt med GPRS-modem for trådløs dataoverføring over GSM mobiltelefonnettet. Etter to uker sluttet loggeren å sende data, og den gamle loggeren ble erstattet med en ny.

En online kameraløsning var tiltenkt for å kunne følge med på vannvolumet i prøveflaskene i lysimeteranlegget, for å unngå evt. "bom"turer ved for lite volum i flaskene eller driftsstans ved overfylt sikkerhetsflaske. Imidlertid kunne ITAS ikke finne en kameraløsning som egnet seg i mørket i lysimeterkummen. En valgte da å gå bort fra kameraløsning og satset på å ta ut vannprøver i henhold til planen (månedlig etter sprøyting).

Vakuumpumpen og vakuumregulatoren ble tatt med til laboratoriet for kontroll og viste seg å være i orden. Etter en ukes drift i lysimeteranlegget sluttet imidlertid vakuumregulatoren å fungere. Den har nok ikke hatt godt av 10 års lagring i den fuktige lysimeterkummen. En reserve-regulator ble lånt fra Norsk institutt for skog og landskap (v/Nicholas Clarke) og installert 6. juli, mens en ny digital vakuumregulator ble satt i bestilling fra Prenart Equipment i Danmark. Den nye digitale vakuumregulatoren ble installert 12. september og holdt et svært stabilt sug på -150 mbar i lysimetersystemet frem til avstenging i slutten av november.

Sondene ble ved oppriggingen forsøkt rensed ved å pumpe vann inn med en 50 ml sprøyte. Det var stor motstand i sonde nr. 1, 4 og 6, mens de øvrige virket å være i orden. Etter to ukers drift (under sug), stod det vann i alle flaskene unntatt nr. 4 og 10. I henhold til Lode & Meyer (2000) har flaske 4 aldri samlet vann, og sannsynligvis har det oppstått en svikt i forbindelsen mellom sonde og teflonslange kanskje allerede ved installering. Sonde 10 står svært dypt (5.8 m) med en 10 m lang slange, så det ble antatt at denne ville suge opp jordvann utover høsten etter en høyere infiltrasjonsgrad i jorda.

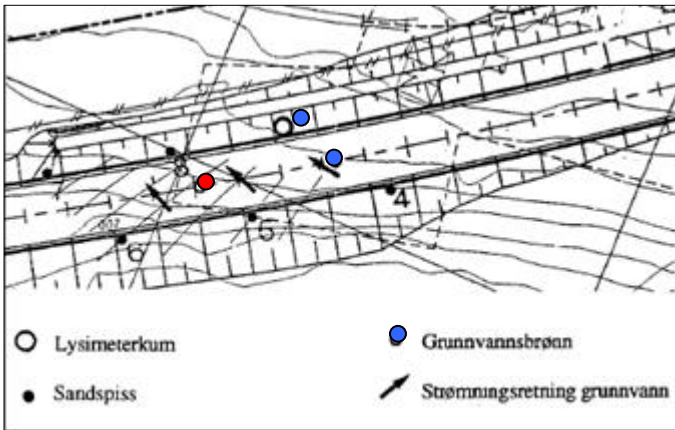
Opprinnelig ble grunnvann prøvetatt ved bruk av en dykkpumpe (type MP1) drevet av en frekvensomformer tilsluttet 220 V spenning (Lode & Meyer, 1999). Dette systemet var imidlertid tungt og uhandterbart for én feltarbeider. En bensindrevet pumpe med slange utlånt fra ITAS ble testet, men enheten klarte ikke å hente opp vann fra 7 meters dyp. Den endelige løsningen ble å bruke enkle dykkpumper (type Gigant fra Geonor) koblet til et 12 V batteri. Dykkpumpen er i stand til å hente opp vann inntil 10 m dyp. Pumpen fungerte raskt og effektivt og pumpet ut 30 liter i løpet av få minutter.

## 3.3 Vannprøvetaking fra lysimeteranlegget

Sondene i lysimeteranlegget stod under et konstant sug på -150 mbar. Suget var satt så lavt for minst mulig å forstyrre den naturlige vanntransporten i jorda. Sondene samlet opp vann fra den umetta sonen i jorda (jordvann). For analyse av restinnhold av glufosinat og metabolitt ble det kun tatt ut prøve når vannvolumet i flaskene var  $\geq 250$  ml. Til bromidanalyse var det tilstrekkelig med et vannprøvevolum på ca. 30 ml. Vannprøveuttak ble foretatt 20. juli (= før sprøyting), 23. august (første uttak etter sprøyting), 12. september, 12. oktober og 30. november. Vannprøver til bromidanalyse ble i tillegg tatt ut 27. juli (før sprøyting). Vannvolumet i flaskene ble alltid registrert før uttak. Vannrester i flaskene etter uttak ble alltid tømt ut, slik at vannprøven alltid var oppsamlet i perioden mellom forrige prøvetaking og den neste. Totalt ble 31 vannprøver tatt ut til glufosinatanalyse og 48 vannprøver til bromidanalyse (se vedlegg 7). Vannprøvene ble fraktet til laboratoriet og fryst (-20 °C) inntil analyse.

### 3.4 Grunnvannprøvetaking

Den ene av de tre grunnvannsbrønnene gav bare grumsete vann og gikk fort tom. Denne brønnen er sannsynligvis tett. De to andre grunnvannsbrønnene gav rent og rikelig grunnvann.



Figur 9. Oversikt over grunnvannsbrønnene. De blåmerkede brønnene ble prøvetatt i forsøksperioden. Brønnen merket med rødt er gått tett.

Renpumping av brønnene ble alltid foretatt før prøvetaking. Dette foregikk ved at 30 liter vann ble pumpet ut av brønnene. Dette volumet tilsvarer omtrent 3 x det stående vannvolumet i brønnene (det stående vannvolumet i brønnene ble på forhånd målt ved hjelp av et rent målebånd med klukkelodd, se vedlegg 2). Deretter ble prøveflaskene skylt med vann et par ganger før de ble fylt med vannprøve. Grunnvannsprøver ble tatt ut 5 ganger: 27. juli (før sprøyting), 23. august (1. uttak etter sprøyting), 12. september, 12. oktober og 30. november. Totalt ble 9 grunnvannsprøver samlet inn i perioden. Grunnvannsprøvene ble fraktet til laboratoriet og fryst (-20°C) inntil analyse.

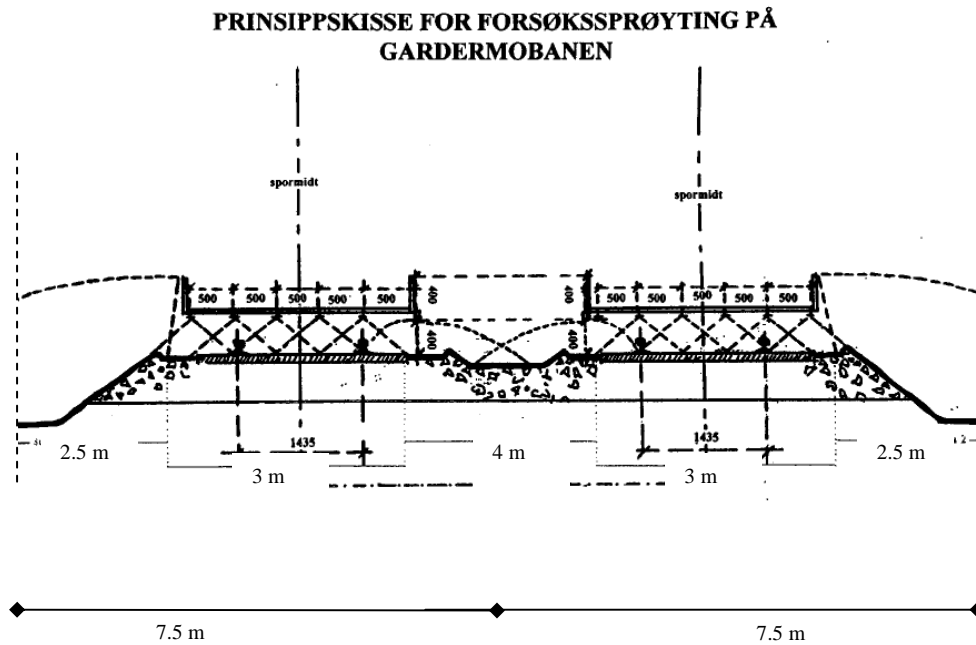
### 3.5 Sprøyting av prøvelfeltet

Den 27. juli 2007 ble Finale (137 g glufosinat/daa eller 1.37 kg/ha) og kaliumbromid (KBr; 5.6 kg bromid/daa) sprøytet over sporene med en sprøytekorridor på totalt 15 meter (4 meter ut fra midten av hvert spor) og i 100 meters lengde (Figur 10). Sprøytingen ble utført av Kjell Wærnhus fra Bioforsk Plantehelsetilstand ved bruk av ryggspøyte. Totalt ble 210 g glufosinat og 8.4 kg bromid sprøytet ut over et område på 1.5 dekar. Se vedlegg 3, 4 og 5 for detaljer.

Ved bruk av sprøytetraktor sprøytes det normalt i en korridor på 16 meter, slik at grøfta sprøytes på begge sider, mens det her ble sprøytet i en 15 meters korridor fordi det var vanskelig å gå og sprøyte jevnt i grøfteskråningen med håndholdt sprøyte. Det ble derfor ikke sprøytet i grøftene nedstrøms for kabelkanalene.

Det ble lagt ut petriskåler med filterpapir over hele sprøytearealet før sprøyting for å kunne måle sprøytejevnheten. Litt sprøyteløsning ble også samlet opp fra sprøytetankene, for å kunne måle den reelle konsentrasjonen av sprøyteløsningene.





Figur 10. Prinsippskisse for sprøyting med glufosinat på forsøksfeltet på Gardermobanen. Sprøytekorridoren var på totalt 15 meter.



Figur 11. Sprøyting ble utført over hele traseen og ut til bunn av grøftene. Foto: Marit Almvik.

### 3.6 Logging av data

Dataloggeren målte og lagret følgende størrelser en gang i timen:

- Vannstand i grunnvannsbrønn med trykkføler (Jensen psl 0.35b)
- Jordtemperatur på fem steder med termistorføler (Campbell 107)
- Vanninnhold i jord på to steder med jordfuktighetsføler (ThetaProbe)

Se vedlegg 6 for detaljer.

Loggeren måler grunnvannstanden, som i dette tilfellet er avstanden fra toppen av målerøret og ned til vannspeilet. Trykkføleren ble innjustert ved å legge inn en manuelt målt vannstandverdi i loggeren. Grunnvannstanden ble målt manuelt i brønnen med et målebånd med klukkelodd.

Det ble inngått avtale med Instrumenttjenesten AS (ITAS) om nedlasting av data fra dataloggeren én gang hver måned i forsøksperioden.

Dataloggeren logget og overførte data i to uker før den sluttet å sende data i juli. Det kom mye nedbør i denne perioden, og det ble registrert en kraftig økning i batterispenningen før loggeren gikk ned. ITAS påviste spenningsforskjeller i loggeren i august og fikk først byttet loggeren med en ny den 12. september. I en periode på 6 uker; fra sprøyting 27. juli til 12. september, er det derfor ikke registrert jordtemperatur, -fuktighet og grunnvannstand direkte fra prøvemarket.

### 3.7 Analyse av vannprøver

*Glufosinat og 3-MPPA*

Vannprøvene fra lysimetersystemet (vann fra umettet sone i jorda) og grunnvannsprøvene ble sendt til Eurofins laboratorium i Tyskland (SOFIA GmbH) og analysert for glufosinat og metabolitten 3-MPPA. Vannprøvene ble derivatisert og analysert på GC/MS/NCI. Deteksjonsgrensen for glufosinat var 0.1 µg/l, mens den var 0.5 µg/l for metabolitten.

Prøvene ble samtidig analysert for glyfosat, ethephon, fosethyl-Al og AMPA, da disse automatisk inngikk i multimetoden. Deteksjonsgrensen for samtlige var på 0.1 µg/l.

*Bromid*

Bromid ble målt i vannprøvene ved bruk av en bromidspesifikk elektrode (Orion Research, Boston, MA). Kalibrering av elektroden ble utført med standardløsninger i området 0.15 - 17 mg Br/l. Kvantifiseringsgrensen for bromid i vannprøvene var 0.15 mg Br/l.

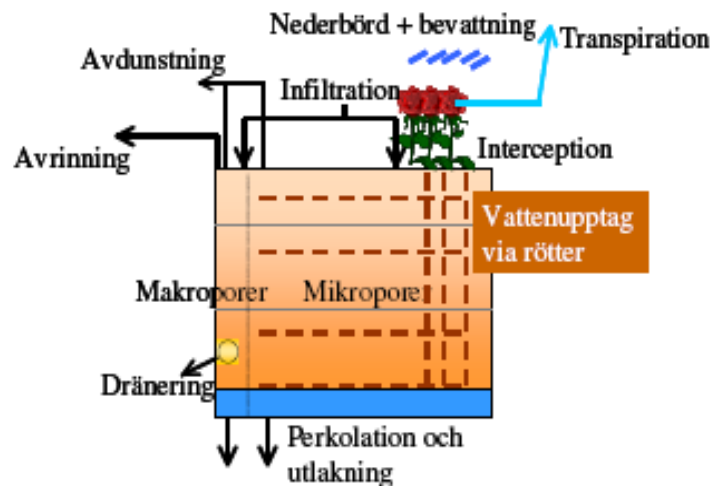
Filtrene som ble lagt ut før sprøyting for å måle sprøytejevnheten er ikke analysert. Likeledes er heller ikke prøvene av sprøyteløsningen av Finale som ble samlet inn, analysert. Årsaken er at prosjektet ble stanset i januar 2008, og kun midler til ferdigstilling av sluttrapport ble videreført.

### 3.8 Modellering av glufosinat-transport med MACRO-GV

Modellering/prognostisering er et nyttig verktøy for å beskrive et plantevernmiddeles oppførsel i jord. I dette prosjektet har simuleringsverktøyet MACRO\_GV (Stenemo et. al., 2005) blitt brukt for å gjøre en plass spesifikk risikovurdering av pesticidtransporten ned til 1 m dyp. Resultater fra slike simuleringer kan brukes som en del av et større beslutningsgrunnlag. Simuleringslengden er 20 år og følger samme rutine som beskrevet for FOCUS - scenariene (FOCUS, 2000) som brukes innen EU for godkjenning.

### Modellbeskrivelse og parametrisering

MACRO\_GV baserer seg på simuleringsmodellen MACRO 5.0 (Larsbo og Jarvis, 2003). MACRO er en modell som beskriver vann-, partikkel- og varmetransport i en vertikal jordprofil. Jordens poresystem deles inn i mikro- og makroporer for å beskrive den raske transporten av vann og partikler som oppholder seg i makroporene dvs. sprekker og meitemarkganger (Beven og Germann, 1982). En komplett vannbalanse simuleres og vekstegenskaper kan defineres. Pesticidets nedbryting avhenger av jordtemperatur og vanninnhold. Figur 12 sammenfatter de ulike prosessene som beskrives av modellen. For en mer detaljert beskrivelse av modellen henvises det til Larsbo og Jarvis (2003).



Figur 12. Modellstruktur for simuleringsmodellen MACRO.

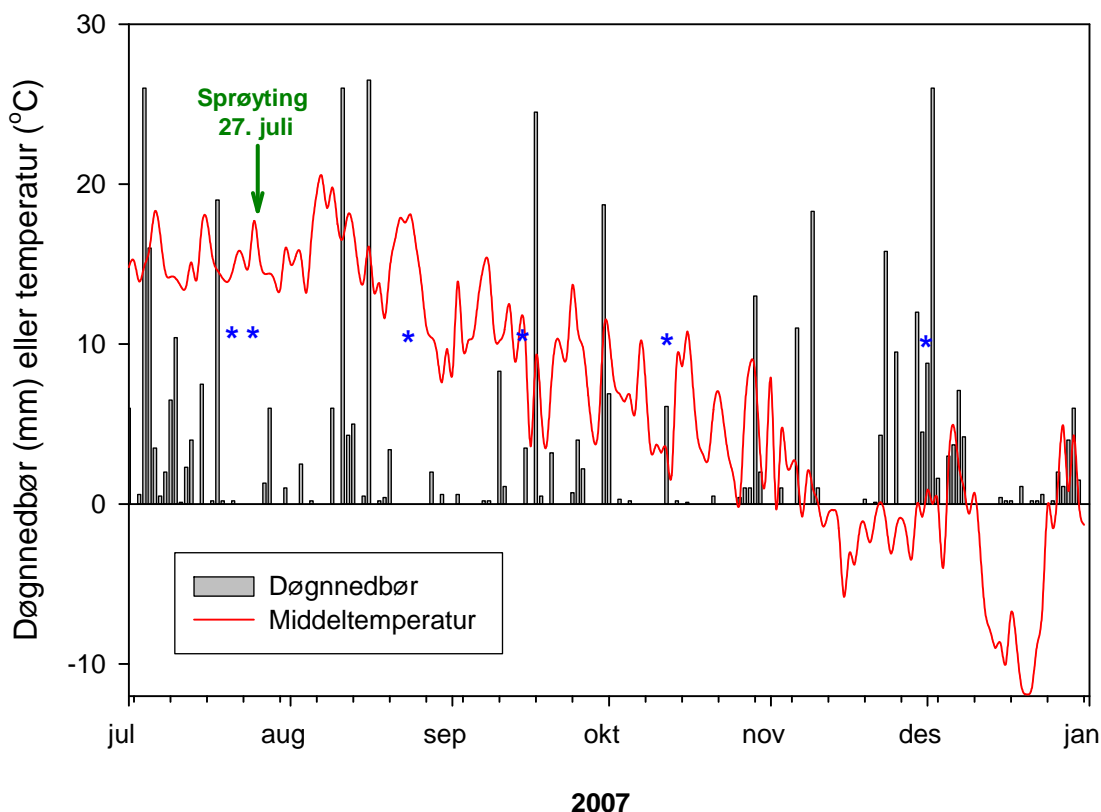
Parametere som legges inn i modellen er klimadata, vekst, jorddata, pesticid, dose, antall behandlinger og tidspunkt for behandlinger. For å kjøre modellen brukes det en klimafil med data for 26 år. De seks første årene brukes som "oppvarming" av modellen. Parametere som blir brukt er blant annet temperatur, nedbør, stråling og damptrykk. Klimadata brukt i denne simuleringen stammer fra Kongsvinger med en årsmiddelnedbør på 700 mm og gjennomsnittstemperatur på 4.4°C. I modellen må man legge inn en vekst og i dette tilfellet ble det valgt høstkorn med en behandlingstid i god tid før spiring, siden det viktigste i dette tilfellet var å simulere at det ble sprøytet på "svart jord". Jordprofildata fra forsøksfeltet på Gardermobanen ble brukt (hentet fra Lode & Meyer 1999). Jordtypen består av 81 - 95 % sand og 1 - 6 % leire fra 0 - 100 cm (se vedlegg 1). Denne jordtypen representerer et "worst case" scenario med forholdsvis høy risiko for utlekking av plantevernmidler. Det overliggende ballastlaget (1.2 m) ble ikke inkludert i modelleringene. I praksis vil dette si at den simulerte dybden tilsvarer 2.2 meter på forsøksfeltet. Data for halveringstid og  $K_{oc}$  lå allerede inne i modellen og for glufosinat var halveringstiden satt til 6.6 dager og  $K_{oc}$ -verdien til 155 ml/g.  $K_{oc}$  angir glufosinats evne til å binde seg til organisk karbon i jorda. En  $K_{oc}$ -verdi mellom 100 og 1000 tilsier at pesticidet er moderat mobilt i jorda. Dosen ble satt til 1,37 kg/ha glufosinat, noe som tilsvarte dosen som ble sprøytet på jernbanen. Det ble valgt å anta at det blir sprøytet en gang per år i 20 år, noe som også bidrar til at det blir et "worst case" scenario.

## 4. Resultater

### 4.1 Klimadata

Data for døggnedbør og middeltemperatur er hentet fra stasjon 478 på Gardermoen i Ullensaker (Figur 13). Tidspunkt for vannprøveuttak er markert med blå stjerner i figuren.

Karakteristisk for perioden 27. juli - 30. november er at de store nedbørsepisodene er rimelig jevnt spredt utover, med topper både i august, september, oktober og november. De mest nedbørrike månedene er juli (113 mm), august (78 mm), september (68 mm) og november (78 mm), med oktober på bunn (32 mm).



Figur 13. Døggnedbør (mm) og døgnmiddeltemperatur (°C) på Gardermoen, klimastasjon 478, i perioden juli-desember 2007. Tidspunkt for vannprøveuttak er markert med blå stjerner.

Nedbørsmengdene mellom uttakene varierte, blant annet pga. ulik varighet mellom uttakene:

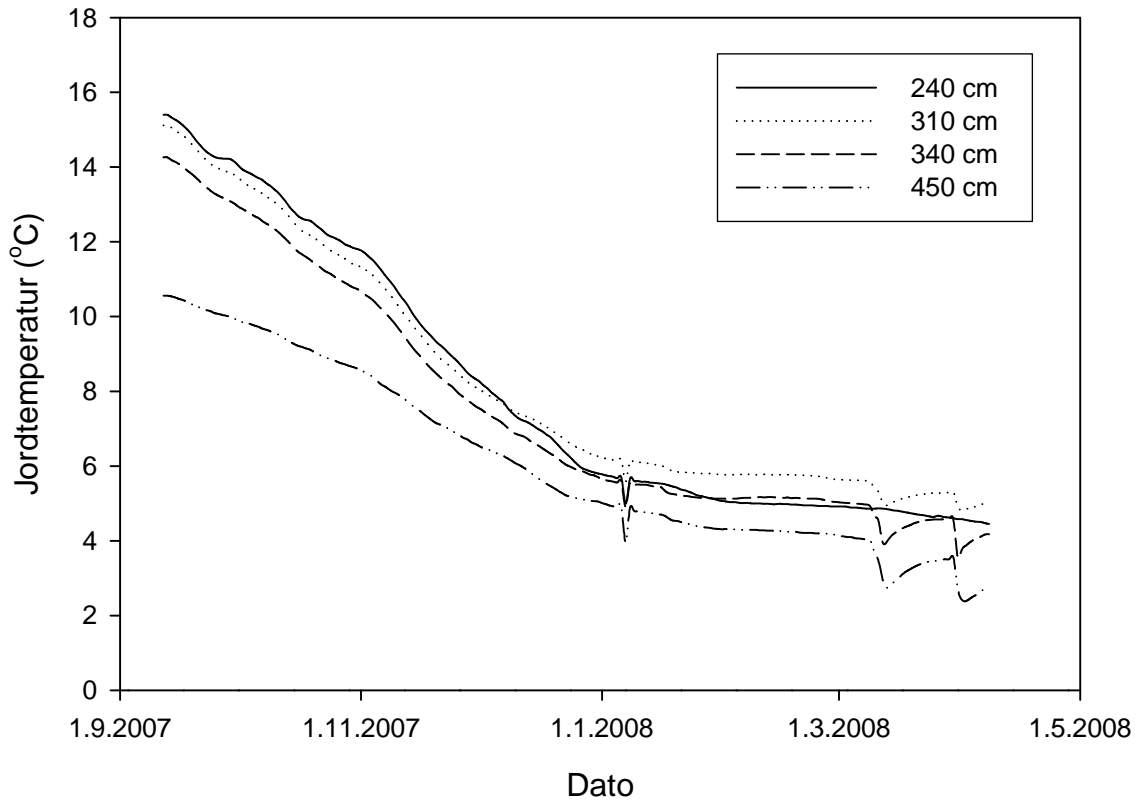
Mellom 27. juli og 23. august (28 dagers periode) falt det totalt 83 mm nedbør

Mellom 23. august til 12. september (21 dagers periode) falt det totalt 13 mm nedbør

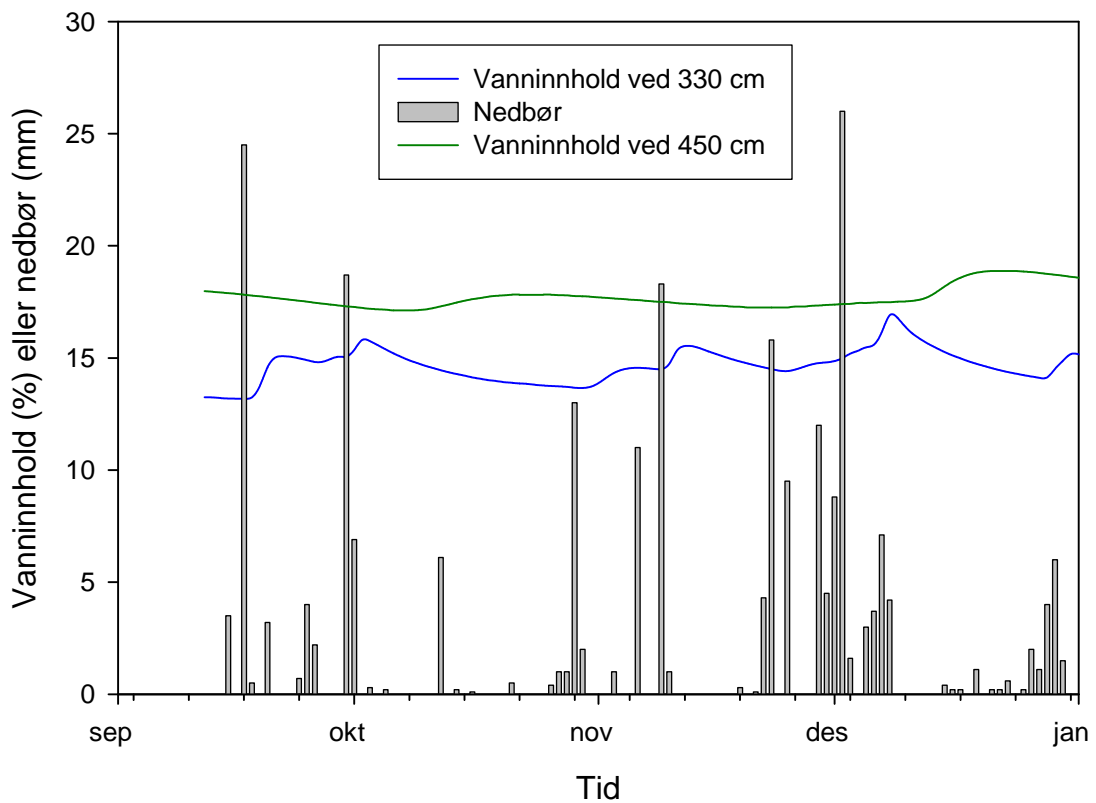
Mellom 12. september og 11. oktober (31 dagers periode) falt det totalt 71 mm nedbør

Mellom 11. oktober og 30. november (50 dagers periode) falt det totalt 102 mm nedbør.

Fra og med 22. november falt nedbøren som snø.

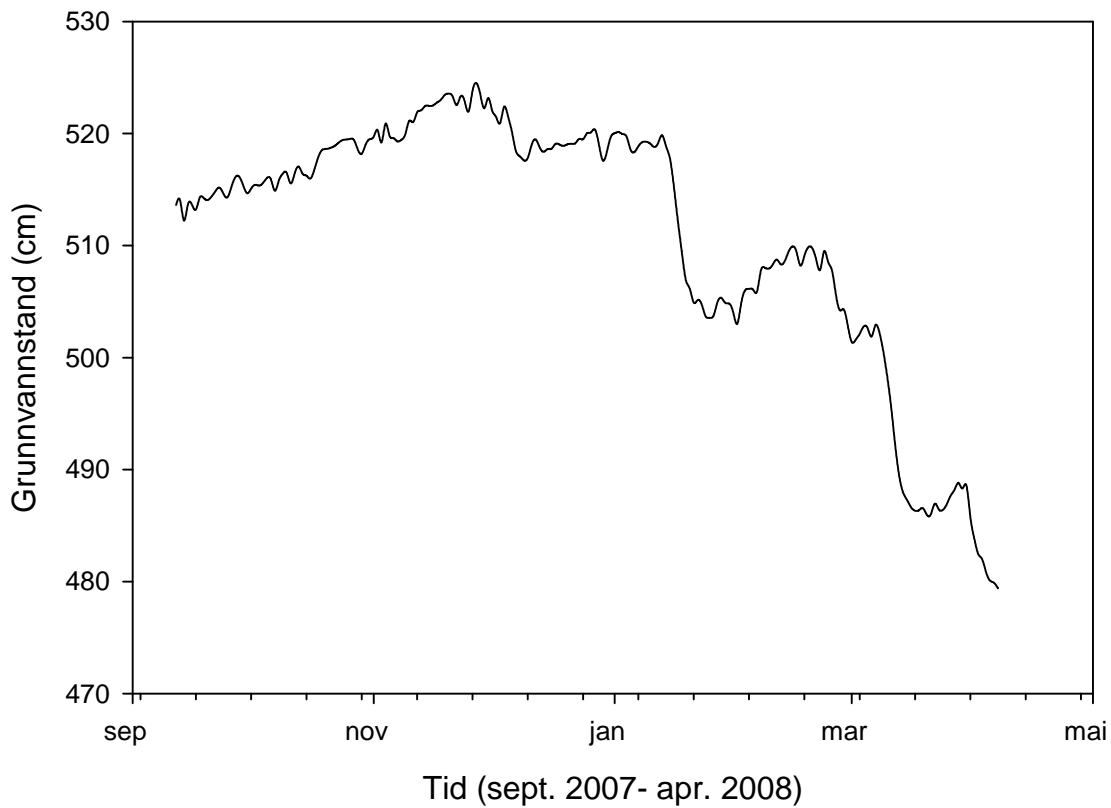


Figur 14. Døgnmiddeltemperatur i fire jorddyb (240, 310, 340 og 450 cm) fra 12. september 2007 til 4. april 2008.



Figur 15. Gjennomsnittlig vanninnhold (%) ved to jorddyb (330 cm og 450 cm) sammenlignet mot døgnedbør (mm) fra 12. september 2007 til 1. januar 2008.

Figur 16 viser grunnvannsstandnivået på forsøksfeltet i perioden september 2007 til april 2008. Grunnvannstanden er logget med trykkføler senket i en sandspissbrønn.



Figur 16. Grunnvannstandnivå (cm) i løpet av september 2007 til april 2008.

## 4.2 Utlekking av bromid

### Jordvann

Kaliumbromid ble sprøytet ut over prøvemarken for å måle vanntransporten under jernbanesporene, da bromid er inert og ikke bindes til jord, men følger vannstrømmen i profilet. Figur 17 og Tabell 5 viser målte bromidkonsentrasjoner i jordvann fra de ulike sondene ved 4 ulike tidspunkt i perioden august-desember. Verdiene er justert for vannvolumet i oppsamlingsflaskene ved prøvetakingstidspunktene (Tabell 6). Vannprøver samlet 27. juli (før sprøyting) ble også analysert, men de inneholdt ikke bromid.

Tabell 5. Bromidkonsentrasjoner (mg) i vann fra sondene 1-12 (jordvann) i forsøksperioden. Bromidsprøyting ble utført 27. juli.

Sonde nr.	Jorddyp (m)	Bromid (mg)			
		23.august Dag 28	12. september Dag 47	11. oktober Dag 78	30. november Dag 138
1	2.0	-	1.50	6.90	16.4
2	2.0	0	7.60	14.2	*
3	2.3	0	0.80	1.60	1.90
5	2.8	0	15.8	18.1	13.7
6	2.8	-	0.00	0.00	0.04
7	2.8	-	0.10	1.10	-
8	3.0	0	-	0.60	1.40
9	3.0	0	0.00	0.01	0.00
10	5.8	0	0.00	0.50	0.40
11	2.0	0	0.03	0.00	0.00
12	2.8	-	0.00	0.00	0.00
<b>Total Br (mg):</b>			<b>25.7</b>	<b>43.1</b>	<b>33.9</b>

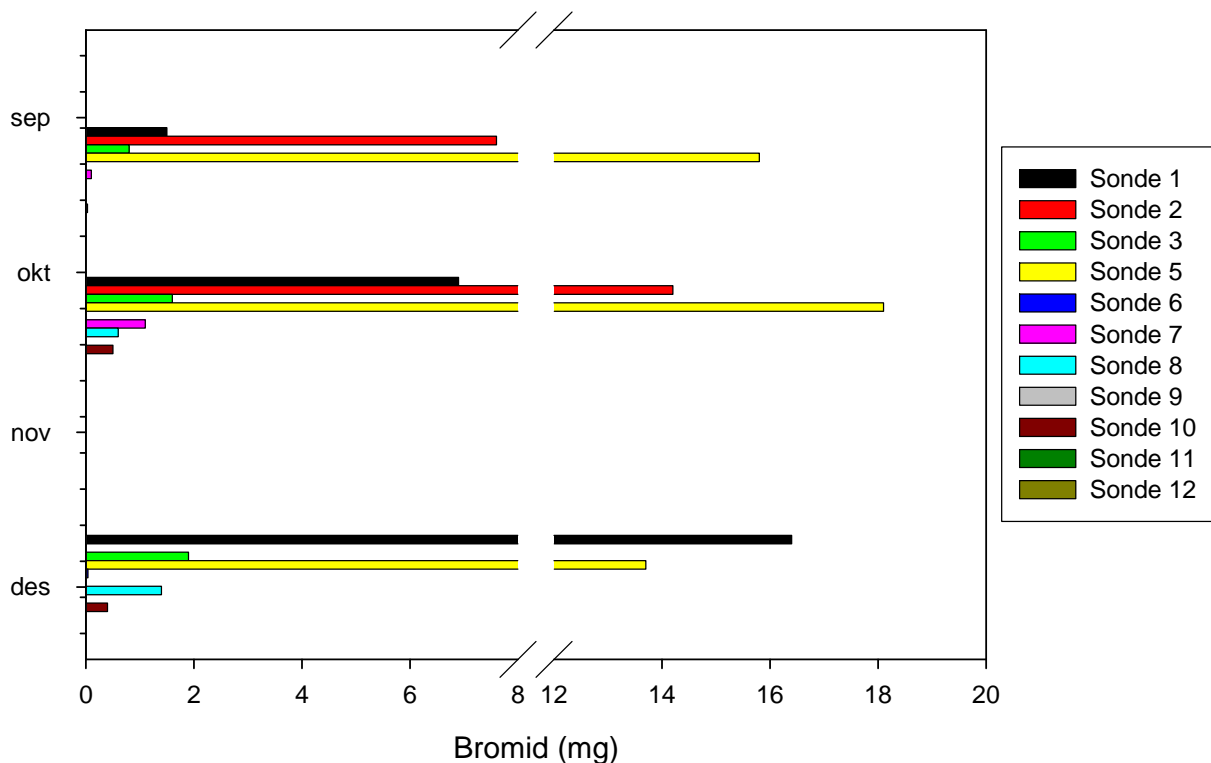
\* : vannprøven er tapt (flasken sprakk under opptining). Konsentrasjonen var trolig >14.2 ihht. trenden i sonde 1.  
- : de tomme rutene angir at det ikke var nok vann tilgjengelig til bromidanalyse ved de respektive tidspunktene.

Sonde nr. 4 samlet aldri vann og er defekt. Dette ble også observert av Lode & Meyer (2000). Sonde 6 gav svært lite vann i perioden og er trolig nokså tett. Sonde 11 og 12 er ledet inn mot støyvollen bak lysimeterkummen; et område som ikke ble sprøytet. Likevel er det målt litt bromid i vann fra sonde 11 i september. Dette viser at det trolig foregår noe lateral vanntransport mot støyvollene i området. Strømningsretningen til grunnvannet kan også indikere dette (se Figur 3).

Til tross for en del regn (83 mm) i perioden etter sprøyting, er det ikke registrert bromid i jordvannet i 2 - 5.8 meters dyp den 23. august, nesten én måned etter sprøyting. Først 47 dager etter sprøyting (12. sept.) viser bromid nedtrekking til de øverste sjiktene; 2 - 2.8 meter. For å nå ned til disse dybdene, må vannet trenge gjennom et 1.2 m dypt puk- og steinlag, en fiberduk og deretter et 0.8 - 1.6 m jordlag dominert av mellomsand med innslag av siltig sand og grovsand (se profilbeskrivelse i Figur 2). Sondene 1, 3 og 5 er plassert under kabelkanalen. Sondene 2, 6, 7, 9 og 10 er lagt under sporene, mens sonde 8 er plassert mellom sporene og kabelkanalen (se Figur 4).

I den neste perioden falt det 71 mm nedbør og 11. oktober (dag 78) stod det rikelig vann i alle oppsamlingsflaskene i lysimeteranlegget og bromid ble påvist i vann fra 5.8 m dyp (sonde 10). Bromidmengdene i de øverste sjiktene hadde også økt siden 12. september. Ytterligere økning i bromidmengdene ble målt i topplagene 30. november (dag 138), så det er tydelig at vanntransporten har gått langsomt gjennom profilet og at hovedmengden av bromidet (bromidtoppen) når ned til 2-3 meters dyp først nesten 5 måneder etter sprøyting. Det ble ikke foretatt flere uttak etter 30. november, men det antas at bromidtoppen har nådd 2 m dyp rundt 30. nov., og at bromidet vil fortsette å trenge ytterligere nedover sjiktene og evt. ut i grunnvann i løpet av våren 2008.

I forhold til den mengden bromid som ble sprøytet ut (8.4 kg), utgjør den påviste totalmengden av bromid (43.1 mg) som sondene fanget opp i perioden 12. sept. til 11. okt. kun 0.5%. Men i forhold til det som ble sprøytet ut på det arealet som overligger sondene (ca. 12 m<sup>2</sup>), utgjør den oppfangede mengden 0.07%.



Figur 17. Bromidkonsentrasjoner (mg) i vann fra de ulike sondene 1-12 i løpet av forsøksperioden; hhv. 23. august (ingen bromidfunn), 12. september, 11. oktober og 30. november.

#### Jordvannvolum samlet opp av sondene

Det kom en hel del nedbør i juli, før sprøyting (106 mm). Dette reflekteres i høye vannvolum i oppsamlingsflaskene i slutten av juli (Tabell 6). Vannet har imidlertid ikke trengt lengre ned enn til ca. 3 meters dyp på dette tidspunktet, da sonde 10 ikke har samlet vann. I løpet av perioden 27. juli og 23. august har vannfronten nådd ned til ca. 6 meters dyp (sonde 10). På senhøsten (okt/nov) ser det ut til å være opptørking i de dypeste sjiktene, men vannvolumene i de øverste jordlagene indikerer at vanntransporten til de dypere sjiktene vil ta seg opp igjen til våren, når telen har gått ut og snøsmeltingen initieres.

Tabell 6. Vannvolum (ml) samlet av sondene i oppsamlingsflaskene i perioden 20. juli - 30. november 2007. Volumene for 20. og 27. juli (før sprøyting) er slått sammen. Etter hvert prøveuttak ble det overskytende vannet i flaskene fjernet. I flasker der vannvolumet var kun 200-250 ml, ble det ikke tatt ut prøve til bromidanalyse, da hele vannvolumet ble sendt til pesticidanalyse.

Sonde nr.	Jorddyp (m)	Vannvolum (ml)					Totalvolum (ml)
		20.+27.juli	23.aug.	12.sept.	11.okt.	30.nov.	
1	2.0	770	240	190	1000	1000	3200
2	2.0	1350	280	350	1000	1000	3980
3	2.3	150	80	100	150	140	720
5	2.3	1480	785	1000	1000	1000	5265
6	2.8	50	20	80	50	50	300
7	2.8	650	250	420	590	690	2600
8	3.0	50	180	210	50	50	590
9	3.0	90	310	520	50	100	1120
10	5.8	0	1000	1000	30	40	2070
11	2.0	750	180	200	320	490	1940
12	2.8	70	250	400	500	570	1840
<b>Totalvolum (ml):</b>		<b>5410</b>	<b>3575</b>	<b>4470</b>	<b>4740</b>	<b>5130</b>	



Sondene 1,2,5,7 og 10 har samlet mest vann i løpet av forsøksperioden (> 2000 ml), mens sonde 3, 6 og 8 har samlet minst (< 620 ml). Man ser også at totalvolumet for alle sondene øker for hver prøvetaking i perioden 23. august til 30. november.

#### *Grunnvann*

Det ble hentet opp grunnvannsprøver fra to grunnvannsbrønner ved de samme tidspunkt som ved uttak av jordvann, totalt 8 grunnvannsprøver etter sprøyting og 1 prøve før sprøyting. Det ble ikke påvist bromid over kvantifiseringsgrensen (0.15 mg/L) i grunnvannsprøvene.

### 4.3 Utlekking av glufosinat

#### *Jordvann*

Det ble perioden juli-august tatt ut maks. 250 ml jordvannprøve til glufosinatanalyse, mens det i september-november ble tatt ut 500 ml, hvis tilgjengelig (Tabell 7). Totalt ble 31 jordvannprøver analysert.

*Tabell 7. Jordvannprøvevolum (ml) innsamlet og innsendt til analyse av glufosinat og metabolitt.*

Sonde nr.	Prøvevolum (ml)				
	20. juli	23. august	12. september	11. oktober	30. november
1	250	240		500	500
2	250	250	250	500	500
3					
5	250	250	500	500	500
6					
7	250	250	250	500	500
8			210		
9		250	250		
10		250	500		
11	250			250	500
12		250	250	500	500

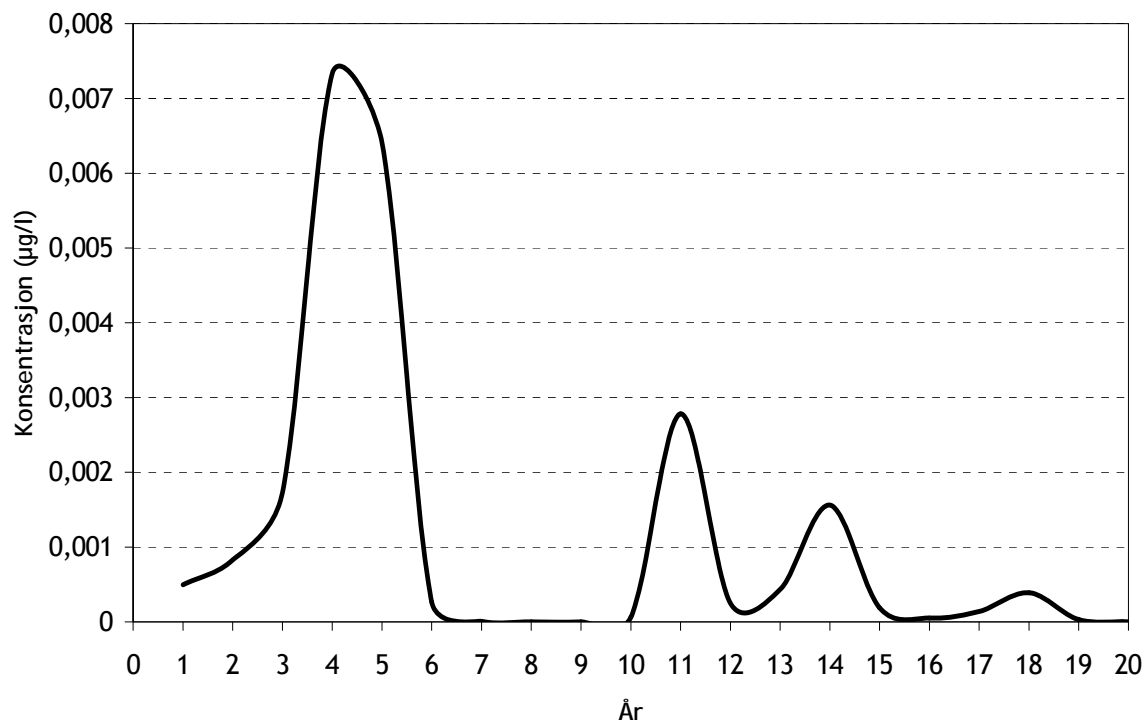
Verken glufosinat eller metabolitten 3-MPPA ble påvist over deteksjonsgrensen (hhv. 0.1 og 0.5 µg/L) i jordvannsprøvene.

#### *Grunnvann*

Det ble hentet opp grunnvannsprøver fra to grunnvannsbrønner ved de samme tidspunkt som ved uttak av jordvann, totalt 8 grunnvannsprøver etter sprøyting og 1 prøve før sprøyting. Det ble ikke påvist glufosinat og 3-MPPA over kvantifiseringsgrensen (hhv. 0.1 og 0.5 µg/L) i grunnvannsprøvene.

## 4.4 Modellering av glufosinat-transport med MACRO-GV

MACRO\_GV simulerte et scenario for 20 år, og resultatene beskriver middelkonsentrasjonen av glufosinat for hvert år inklusiv en sikkerhetsfaktor (80 prosentilen) samt middelkonsentrasjonen ved 1 m dyp for 20 år. Figur 18 viser årlig middelkonsentrasjon ved 1 meters dyp for glufosinat (tilsvarende 2.2 meters dyp på forsøksfeltet). Dette scenariet forutsetter at det sprøytes en gang pr. år.



Figur 18. Årsmiddelkonsentrasjon av glufosinat ved 1 meters dyp. Dersom ballastlaget (1.2 m) også inkluderes, tilsvarer dette en dybde på 2.2 meter på forsøksfeltet.

Resultatene fra simuleringen viser at glufosinat oppnår maksimal konsentrasjon ved 1 meters dyp (tilsvarende 2.2 meters dyp i ballast/jordprofilen på forsøksfeltet) det fjerde året på 0.0073 µg/l. Middelkonsentrasjonen for 20 år er 0.0011 µg/l. De ulike glufosinat toppene i figuren er hovedsakelig nedbørsrelatert. Siden glufosinat er et forholdsvis mobilt pesticid, så kan man få utlekking de årene det er mye og intensiv nedbør, spesielt rett etter sprøyting. Selv om glufosinat kan gi utlekking i enkelte år så er det liten sannsynlighet for at det transporteres ned i grunnvannet i konsentrasjoner som kan gi miljøkonsekvenser. Dette er i overensstemmelse med resultatene fra feltforsøket, som ikke viste funn av glufosinat i vannprøvene ved 2-3 meters dyp.

Da Jernbanverket har operert med en lav sprøytehyppighet (sprøyting ved behov; ca. hvert 4.-5. år) vil risikoen for forurensning av vannkilder være mye lavere enn det modellen viser (siden modellscenariet forutsetter at det sprøytes årlig).

## 5. Diskusjon

---

Toppjord (0-20 cm) inneholder mye organisk materiale og har høy mikrobiell aktivitet. Toppjorda har derfor større kapasitet til å bryte ned og immobilisere (binde) plantevernmidlemolekyler enn undergrunnsjorda. Dette betyr at toppjord er viktig for plantevernmidlers skjebne og utlekking. I jernbanetraseen på Gardermobanen er toppjorda (Ap-sjiktet; 0-18 cm) fjernet og erstattet med et 1.2 meter pukk- og steinlag og en fiberduk. Jorda langs traseen har dermed mye mindre evne til å bryte ned og binde tilførte plantevernmidler og risikoen for utlekking til grunnvannet øker. Dertil kommer at undergrunnsjorda er dominert av mellomsand med høy vannledningsevne og dermed høy risiko for utlekking av plantevernmidler. Noen innslag av siltig sand (ved dyp 1.25 og 1.7 m fra topp kabelkanal) med lav vannledningsevne kan imidlertid medføre at overflatevann og vannløselige plantevernmidler som drenerer gjennom jordsmonnet i noe grad hopes opp (stagnerer). I dette jordprofilet ansees utlekkingsrisikoen som spesielt høy for vannløselige og mobile plantevernmidler, slik som glufosinat (vannløselighet (1370 g/l). Glufosinat har dessuten lav binding til sandjord ( $K_d = 0.2$  ml/g). Det antas at transporten av glufosinat hovedsakelig vil følge vannstrømmen, men at noe forsinkelse kan oppstå på grunn av binding til jordpartikler underveis.

Feltforsøket var planlagt å gå i ett år, fra juni 2007 t.o.m. juni 2008, men underveis ble det kjent at Mattilsynet ville trekke glufosinat fra det norske markedet, så forsøket ble stanset i januar 2008, med siste prøvetaking utført 30. november. Det var da utført 5 prøvetakinger etter sprøyting med glufosinat og kaliumbromid 27. juli.

### *Langsom vanntransport*

Nedbørdataene viser at totalnedbøren under forsøksperioden var størst mellom dag 78 og dag 138 etter sprøyting. Dette samsvarer også med totalvolumene målt i oppsamlingsflaskene i anlegget. På basis av bromidmålingene som er utført, kan en se at til tross for mye nedbør i forsøksperioden (totalt 270 mm), så gikk vanntransporten langsomt i jordprofilet. Bromidmålingene viste at vannfronten nådde ned til 2.8 meters dyp 47 dager etter sprøyting, men at *hovedmengden* av bromidet kom ned til 2 meters dyp først 138 dager (eller 4.6 mnd.) etter sprøyting. Det ble ikke tatt ut vannprøver etter dette, så det er ikke kjent hvorvidt det siste prøvetakingstidspunktet (30. nov.) utgjør bromidtoppen i profilet eller om det ble etterfulgt av enda større mengder med utvasket bromid.

### *Ingen funn av glufosinat og metabolitten 3-MPPA*

På grunn av den høye vannløseligheten til glufosinat, kunne en forvente å finne glufosinat i de prøvetakingene som sammenfaller med høye bromidmengder i prøvene, dvs. i vann fra sondene 1, 2 og 5 (2-2.3 meters dyp) dag 47, dag 78 og dag 138). Det ble imidlertid ikke gjort funn av glufosinat i jordvannet fra sondene verken da eller til andre tidspunkter i forsøksperioden. Den lange transporttiden kombinert med en rask mikrobiell nedbryting av glufosinat i jord (halveringstid på 7-20 dager i felt) er sannsynligvis årsaken til at det ikke er gjort funn. Binding til ballast og jord kan også være en medvirkende faktor, som diskutert nedenfor.

### *Binding i jord/ballast senker mobiliteten*

Undersøkelser utført i jordbruksjord viser at glufosinat sjelden påvises i jord under 10-20 cm på grunn av rask mikrobiell nedbryting (Behrendt *et al.* 1990, Faber *et al.* 1997 og Laitinen *et al.* 2006). I tillegg til nedbryting kan binding av glufosinat til jordpartikler være en viktig faktor. Glufosinat bindes sterkere til leirpartikler enn til organisk karbon i jorda. Behrendt *et al.* (1990) viste at glufosinat bindes 13 ganger sterkere til jord med et leirinnhold på 5.3 % ( $K_d = 0.5$  ml/g) i forhold til jord med et leirinnhold på 1.5 % ( $K_d = 0.04$  ml/g). I jorda på forsøksfeltet på Gardermobanen er leirinnholdet i

gjennomsnitt  $1.5 \% \pm 0.8$ , men med ett unntak: toppjordsjiktet under fiberduken (Bs1-sjiktet) har et leirinnhold på 5.8 %. Dette sjiktet har dessuten lav vannledningsevne. Dette kan medføre en opphopning av løst glufosinat i dette sjiktet, både på grunn av binding til leirpartikler men også på grunn av langsom vanngjennomstrømning.

Glufosinat har en del strukturelle likheter med ugressmiddelet glyfosat (td. "Roundup") og stoffene opparbeides og analyseres ofte med samme metode. Glyfosat har en såkalt fosfonic-gruppe  $(P(O)(OH)_2-R)$  som bindes sterkt til jernoksider som man finner mye av i det øverste ballastlaget langs jernbaneskinnene. Glufosinat har en phosphinic-gruppe  $(P(O)(OH)(CH_3)-R)$  i molekylet. Denne gruppen er også i stand til å bindes til jernoksider, men i mindre grad enn glyfosat, fordi den har bare én -OH gruppe. Det er ikke kjent hvor sterkt/stabilt et slikt glufosinat-jernoksidkompleks er. Laitinen *et al.* (2008) viste at glyfosat bindes 4 ganger sterkere enn glufosinat i leirjord og 12 ganger sterkere enn glufosinat i sandjord. En kan forvente at glufosinat bindes til jernoksider i ballastlaget, men at bindingen vil være vesentlig svakere enn for glyfosat.

Forsøk med glufosinat på en jernbanestrekning i Sverige viste at glufosinat kun ble gjenfunnet i 0-20 cm sjiktet i ballasten og at forsvinningen var rask (Cederlund & Börjesson 2006). Jord/steinprøver ble da tatt ut ned til 70 cm i løpet av 68 dager. Ballasten var bygd opp av et ca. 20-30 cm macadamlag over sandjord. Dette kan indikere en immobilisering av glufosinat i ballasten og evt. en rask nedbryting av løst glufosinat som har blitt transportert ned til sandjorda. For å avklare om binding til ballastmaterialet er en viktig faktor for glufosinats mobilitet i jernbanejordprofilen, må en bindingsstudie (sorpsjonsstudie) med glufosinat i ballastmateriale utføres.

#### *Modellsimulering bekrefter resultater fra feltforsøk*

Simulering av transporten av glufosinat på forsøksfeltet på Gardermobanen ved ulike nedbørscenarier over flere år med modellen MACRO\_GV viste også at utlekkingsrisikoen for glufosinat er svært liten. Simulert årsmiddelkonsentrasjon for glufosinat ble maksimalt  $0.0075 \mu\text{g/l}$  i jordvannet ved 2.2 meters dyp (dybden beregnet fra topp kabelkanal). En så lav konsentrasjon er ikke målbar med analysemetoden som er brukt for glufosinat, da metoden har en deteksjonsgrense på  $0.1 \mu\text{g/l}$ . Den simulerte maks-konsentrasjonen ved 2.2 meters dyp er mye lavere enn den europeiske PNEC-verdien (Predicted No-Effect Concentration) og den norske miljøfarlighetsgrensa for glufosinat, som begge er på  $9 \mu\text{g/l}$ . Det er dessuten svært liten risiko for at glufosinat skal kunne lekke ut til grunnvannet, som på feltet lå ved ca. 5.2 meters dyp i perioden september-november. Grunnvannsprøver ble tatt ut fire ganger etter sprøyting av forsøksfeltet, men det ble ikke gjort funn av verken glufosinat eller metabolitten 3-MPPA i prøvene.

#### *Hva skjer med metabolitten 3-MPPA?*

Ved mikrobiell nedbryting brytes glufosinat først ned til 3-MPPA, som deretter brytes ned til 2-MPP. Alle vannprøvene fra feltforsøket ble analysert for både glufosinat og 3-MPPA, siden vi forventet en rask nedbryting av glufosinat i profilen. Men metabolitten 3-MPPA ble ikke påvist i noen av prøvene. 3-MPPA er enda mer mobilt enn morstoffet, og det burde derfor være bedre muligheter for å påvise denne metabolitten enn glufosinat. Men i likhet med morstoffet så brytes også 3-MPPA raskt ned. Analysemetodens deteksjonsgrense for 3-MPPA var dessuten 5 ganger høyere enn for morstoffet. Lignende observasjoner er beskrevet av andre; Laitinen *et al.* (2006) fant at verken glufosinat eller 3-MPPA ble transportert under 8 cm i et sandjordprofil i Finland med analyse av jordprøver.

#### *Mulig effekt av rask vanngjennomstrømning om våren*

Det er imidlertid verdt å merke seg at Siimes *et al.* (2006) påviste både overflateavrenning og utlekking av glufosinat i et siltig sandjordfelt i Finland. De fant ikke utlekking av glufosinat i løpet av 200 dager etter sprøyting, men de observerte en markant utlekking av glufosinat i en 3-ukers periode i april under snøsmeltingen ( $0.03\%$  av sprøytet glufosinat ble påvist). Dette drenevannet ble samlet inn fra en dybde

på 1 meter. Dette viser viktigheten av fryse-tine prosesser og mobilisering av plantevernmidler ved høy vanngjennomstrømming over en kort tidsperiode. En evt. lignende effekt fikk vi ikke målt i feltforsøket på Gardermobanen, da det ikke ble utført prøvetaking etter 30. november 2007. En utlekking på 0.03% tilsvarer 63 µg glufosinat i våre forsøk. Men en slik utlekking av glufosinat ville trolig ikke medført kritiske verdier av glufosinat i grunnvannet på grunn av fortykning i grunnvannsmagasinet.

En utlekkingsstudie med det mobile plantevernmiddelet imazapyr ( $K_d = 0.11$  i sandjord) på det samme forsøksfeltet i 1997/98, viste at stoffet kunne gjenfinnes i den umetta sonen allerede 11 dager etter sprøyting (Lode & Meyer 1999). Høye konsentrasjoner (23-224 µg/l) av imazapyr ble påvist gjennomgående i vann fra sonde 2 f.o.m august 1997 t.o.m. juni 1998, med makskonsentrasjoner tre måneder etter sprøyting. Det ble også gjort funn av imazapyr i en grunnvannsbrønn (25 µg/l) tre mnd. etter sprøyting. I motsetning til glufosinat brytes imazapyr svært langsomt ned med en halveringstid på 160 dager i sandjord. Dette illustrerer at sandjordprofilet ved forsøksfeltet har høy risiko for utlekking av mobile plantevernmidler, mens feltforsøket med glufosinat viser at dersom plantevernmidlene brytes raskt ned, er risikoen likevel liten for grunnvannsforurensning.

## 6. Referanser

---

Behrendt, H., Matthies, M, Gildemeister, H & Gortitz, G. 1990. Leaching and transformation of glufosinate-ammonium and its main metabolite in layered soil column. *Environ. Toxicol. Chem.* 9: 541-549.

Beven, K. & Germann, P., 1982. Macropores and Water Flow in Soils. *Water Resources Research*, 18(5): 1311-1325.

Cederlund, H & Börjesson, E. 2006. Resultat från 2006 års fältforsök från sträckan Forsmo-Hoting (C1). Institutionen för Mikrobiologi, SLU, Sverige.

E-Pesticide Manual. 2006. British Crop Protection Council.

Faber, MJ, Stephenson, GR & Thompson, DG. 1997. Persistence and leachability of glufosinate-ammonium in a Northern Ontario terrestrial environment. *J. Agric. Food Chem.* 45: 3672-3676.

FOCUS, 2000. FOCUS groundwater scenarios in the EU plant protection review process, Report of the FOCUS Groundwater Scenarios Workgroup. EC Document Reference Sanco/321/2000.

Gallina, MA & Stephenson, GR, 1992. Dissipation of (<sup>14</sup>C)glufosinate-ammonium in two Ontario soils. *J. Agric. Food Chem.* 40 (1): 165-168.

Hanke, I, Singer, H & Hollender, J. 2008. Ultratrace-level determination of glyphosate, aminomethylphosphonic acid and glufosinate in natural waters by solid-phase extraction followed by liquid chromatography-tandem mass spectrometry: performance tuning of derivatization, enrichment and detection. *Anal. Bioanal. Chem.* 391: 2265-2276.

Laitinen, P, Siimes, K, Eronen, L, Rämö, A, Welling, L, Oinonen, S, Mattsoff, L & Ruohonen-Lehto, M. 2006. Fate of the herbicides glyphosate, glufosinate-ammonium, phenmedipham, ethofumesate and Metamitron in two Finnish arable soils. *Pest. Manag. Sci.* 62: 473-491.

Laitinen, P, Siimes, K, Rämö, S, Jauhiainen, L, Eronen, L, Oinonen, S & Hartikainen, H. 2008. Effects of soil phosphorous status on environmental risk assessment of glyphosate and glufosinate-ammonium. *J. Environ. Qual.* 37: 830-838.

Larsbo, M. & Jarvis, N.J. 2003. MACRO 5.0. A model of water flow and solute transport in macroporous soil. Technical description. *Emergo* 2003:6, Department of Soil Sciences, Division of Environmental Physics, SLU.

Lode, O & Meyer KF, 1999. Utvasking av plantevernmidler. Prøvefelt ved Olaløkka bru - Gardermobanen.

Lode, O & Meyer, KF, 1996. Fagrapport 1: Etablering av feltstasjon for overvåking av mark- og grunnvann.

Lode, O & Meyer, KF, 2000. Utvasking, nedbryting, sorpsjon: herbicidet oksadiargyl på Gardermobanen. *Planteforsk Rapport* 10/2000. ISBN-82 479-0205-2.

Miljøfarlighetsgrensedatabasen, versjon 2.0, Bioforsk Plantehelse, 14. juli 2008.

Siimes, K, Rämö, S, Welling, L, Nikunen, U og Laitinen, P. 2006. Comparion of the behaviour of three herbicides in a field experiment under bare soil conditions. *Agricultural Water Management* 84: 53-64.

Stenemo, F., Jarvis, N., Jonsson., 2005. MACRO\_GV - ett simuleringsverktøy for platsspecifika bedømmingar av bekämpningsmedelsläckage till grundvatten. *Emergo* 2005:3. Department of Soil Sciences, Division of Environmental Physics, SLU.

[www.efsa.eu.int](http://www.efsa.eu.int) 2005. Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glufosinate.

## 7. Vedlegg

---

### Oversikt over vedlegg

Nr Emne

---

- 1 Fysiske data for jordprofilen ved forsøksfeltet
  - 2 Prosedyre for grunnvannstandpeiling og prøvetaking
  - 3 Sprøyteplan for sprøyting av glufosinat og bromid på jernbanen ved Olaløkka bru
  - 4 Rapport fra Kjell Wærnhus vedr. utført sprøyting på Gardermobanen natt til 27. juli 2007
  - 5 Etikett for handelspreparatet Finale
  - 6 Manual for dataloggeren fra Jens Andersen ved ITAS
  - 7 Oversikt over vannvolum og vannprøvetakinger i forsøksperioden
-

## VEDLEGG 1 Fysiske data for jordprofilet ved forsøksfeltet

Tabell 8. Fysiske data for jordprofilet ved forsøksfeltet, eksklusive ballastlaget, lokalitet Skåntjern, beskrevet 2,5 m og 380 nygrader fra kanten av lysimeterkum, 14.11.2007. Data hentet fra rapport Lode & Meyer 2000.

Sjikt	Tykkelse (cm)	Frasikt (%)	Kornfordeling (%)			Jordtetthet (g/cm <sup>3</sup> )	Vannledningsevne (cm/h)
			Sand	Silt	Leir		
Ap*	0-18	7	87,5	10,2	2,3	1,55	3,96
Bs1	18-30	7	73,6	20,6	5,8	1,45	12,87
Bs2	30-40	3	92,0	6,1	1,8	1,54	39,73
Bs3	40-48	16	95,5	3,2	1,2	-	-
BCg	48-71	0	95,8	3,4	0,8	1,42	49,29
Cg1	71-80	0	72,0	26,7	1,3	1,41	6,44
Cg2	80-130	0	95,7	3,5	0,8	1,33	59,50
C	130	10	93,3	3,8	3,0	-	-
	130-340						Ikke prøvetatt
C1	300-340	6	93,5	5,3	1,2	1,41	64,37
C2	340-375	3	96,1	2,9	1,0	1,34	78,86
C3	375-392	0	98,7	8,6	2,8	-	-
C4	392-408	1	96,8	2,6	0,6	1,37	174,82
C5	408-430	2	93,0	4,4	2,6	-	-
C6	430+	2	94,3	3,0	2,8	-	-

\* Ap-sjiktet eksisterer ikke i selve jernbaneprofilet, da det er fjernet og erstattet med et 1,2 m ballastlag.



## VEDLEGG 2 Prosedyre for grunnvannstandpeiling og prøvetaking

### Forberedende arbeid

Grunnvannsrørene er 5.3 cm i indre diameter.

Eventuelle trykk- og temperatursondene i rørene må tas opp før vannprøveuttak.

Vannstanden i grunnvannsrøret (avstand fra rørtopp) kan grovt bedømmes fra tidligere målinger. Alternativt:

Dersom en har et rent målebånd med klukkelodd som ikke innebærer fare for forurensning av grunnvannsprøven, kan både avstanden ned til bunnen av grunnvannsrøret og grunnvannstanden måles (i cm under rørtopp). For å måle vannstanden i røret (avstand fra rørtopp): senk målebåndet langsomt ned i røret, når det høres et lite ”klukk” har klukkeloddet nådd grunnvannspeilet. Les av lengden på målebåndet.

Ut fra avstanden fra rørtopp til bunn av grunnvannsrøret, og avstand fra rørtopp ned til grunnvannspeilet beregnes/anslås vannvolumet som står i grunnvannsrøret.

Eksempel på beregning av vannvolum som står i røret:

Grunnvannsrøret har en indre diameter på 5.3 cm og vannhøyden i røret er 3 m (totallengde fra rørtopp til bunn er 7.5 m mens vannstandsdybden er 4.5 m):

Rask tilnærming:  $0.53 \text{ dm} * 0.53 \text{ dm} * 30 \text{ dm} = 8.4 \text{ dm}^3 = \underline{8.4 \text{ liter}}$

Nøyaktig beregning:  $\text{Volum} = A * h$  og  $A = \pi * r^2$  der  $r = 0.265 \text{ dm}$   
 $\text{Vannvolum} = 3.14 * 0.265^2 * 30 = 6.6 \text{ dm} = \underline{6.6 \text{ liter}}$

Det forpumpes ut et volum på minst 3 ganger det stående vannvolumet i søylen; dvs. minst  $6.6 * 3 = \underline{20 \text{ liter}}$ .

### Prøvetaking

- 1 Slipp enden av pumpe slangene ned til 0.5 meter over bunnen i grunnvannsrøret
- 2 Forpump ut et vannvolum = 3 \* volumet av vannvolumet (se over) som står i røret. Dette sikrer at vannet som tas er friskt grunnvann og ikke stagnert rørvann.
- 3 Pump så vann over i prøveflaska / prøveflaskene. Skyll flasken innvendig to ganger med grunnvann før flasken fylles helt.

### Avsluttende arbeid

Trykk- og temperatursonder senkes ned i grunnvannsbrønnen.

NB! Det er viktig at trykksonden i ettertid senkes ned på samme nivå som før prøvetaking.

## VEDLEGG 3 Sprøyteplan

# SPRØYTEPLAN

Sprøyting av glufosinat og bromid på jernbanen ved Olaløkka bru

Plan nr: 03/2007

Prosjektnr.: 1110332 Gardermobanen

1. Tidspunkt for sprøyting:  
Uke 30, natt til 27. juli 2007, kl. 01.00 til 04.30.
2. Personale:  
Forsøksleder: Marit Almvik  
Sprøyteansvarlig: Kjell Wærnhus
3. Området:  
Jernbaneskinnene som passerer ved siden av lysimeteranlegget ved Olaløkka bru, Jessheim.  
Kart over området er vedlagt.
4. Tillaging av sprøyteløsninger:  
Doser:  
  
Finale 750 ml/daa  
Inneholder 183 g glufosinat-ammonium/l og 927 g/l fyllstoff.  
  
Væskemengde: 25 l/daa tankblanding, XR111002 dyser  
Væskeblanding 2 x 20 l  
Sprøyta areal: 100 m x 7,5 m = 750 kvm pr væskeblanding. Totalareal = 1500 kvm.  
Teoretisk forbruk = 18,8 l pr væskeblanding  
Oppveid Finale pr væskeblanding:  $20/25 \times 750 = \underline{600 \text{ ml}}$   
  
Kaliumbromid: 10 kg/daa  
Væskemengde: 50 l/daa, XR111006 dyser  
Væskeblanding: 20 l x 4 (Vi trenger altså 4 dunker á 20 l med Bromidløsning)  
Sprøyta areal pr væskeblanding: 75 m x 2,5 m x 2 = 375 kvm  
Teoretisk forbruk = 18,8 l pr væskeblanding  
Oppveid Kaliumbromid pr væskeblanding: 4 kg per 20 l  
  
Det må testes at bromid er løselig ved denne konsentrasjonen.  
Alternativt lages 8 dunker á 2 kg pr 20 l.
5. Prøvetaking  
Før sprøyting:
  - ✓ Ta ut grunnvannsprøver fra 1-3 grunnvannsprøner. Bare 1 prøve hvis knapp tid.
  - ✓ Legge ut filter i petriskåler: feltet deles i 5 ruter (20 m lange) og det legges ut 4 filtre i hver rute, totalt 20 filtre. Rute A legges nærmest brua. Innad i hver rute merkes filtrene 1-4, med 1 og 2 nærmest brua.
  - ✓ Ta ut vannprøver fra flaskene i lysimeteranlegget
  - ✓ Ta bilder  
Etter sprøyting:
  - ✓ Bruk hansker og legg lokk på petriskålene og forsegl med parafilmstrimler langs skjøten.
  - ✓ Før opp faktisk forbrukt væskemengde av sprøyteløsningene.
  - ✓ Ta ut ca. 50 ml sprøyteløsning fra tanken av sprøyteløsningene i en plastflaske. Flaskene skal være merket med tittel, konsentrasjon, felt og dato.

## 6. Behandling/oppbevaring av prøver etter uttak

### *Emballasje*

Etter prøvetaking overføres prøvene til egnet emballasje:

- ✓ Petriskålene overføres til merkede (felt, sprøytemidler og dato) plastposer.
- ✓ Vannprøvene samles i plastflasker (250 ml)

### *Transport/Lagring*

- ✓ Prøvene bringes til laboratoriet samme dag.
- ✓ Ved ankomst laboratoriet, registreres og lagres prøvene som angitt i prosedyre P0101.
- ✓ Vannprøvene og petriskålene fryses.

## 7. Registrering av data/forhold ved feltet under prøvetaking

Registrering av data gjøres i feltloggboken som inneholder skjemaet "SK34 Registrering av feltdata". I tillegg til de faste parametrene som står på skjemaet skal også alle variable faktorer som kan ha innflytelse på resultatet fra sprøytingen registreres. Dette kan være værforhold, fuktighet, topografi, vannansamlinger på feltet og plantedekke. I tillegg til registrering i feltloggboken, dokumenteres også disse forholdene ved bruk av digitalkamera.

## 8. Utstysliste

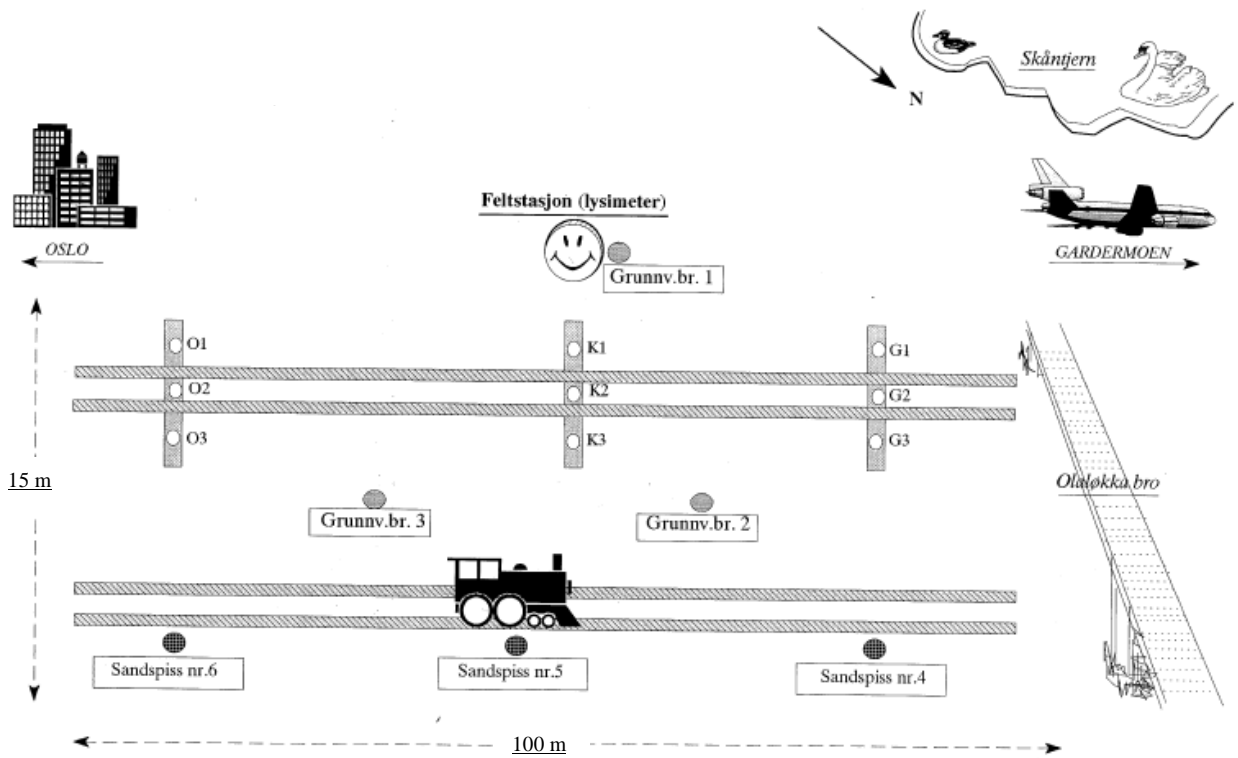
- Plastposer og merkelapper.
- Saks
- Filter (20)
- Petriskåler (20)
- Parafilmstrimler (20)
- Engangshansker
- Plastflaske (6 stk., ca. 60 ml)
- Vannprøveflasker (3+12)
- Vannfast tusj
- Penn
- Feltkart (se vedlegg)
- Digitalkamera
- Merkepinner
- Sprayflaske, rød

## 9. Liste over dokumenter som tas med til feltet:

Feltloggbok med SK34 Registrering av feltdata  
Sprøyteplan  
KH07 Ekstern prøvetaking og prøvebehandling  
SK01 Avviksskjema (2 stk.)

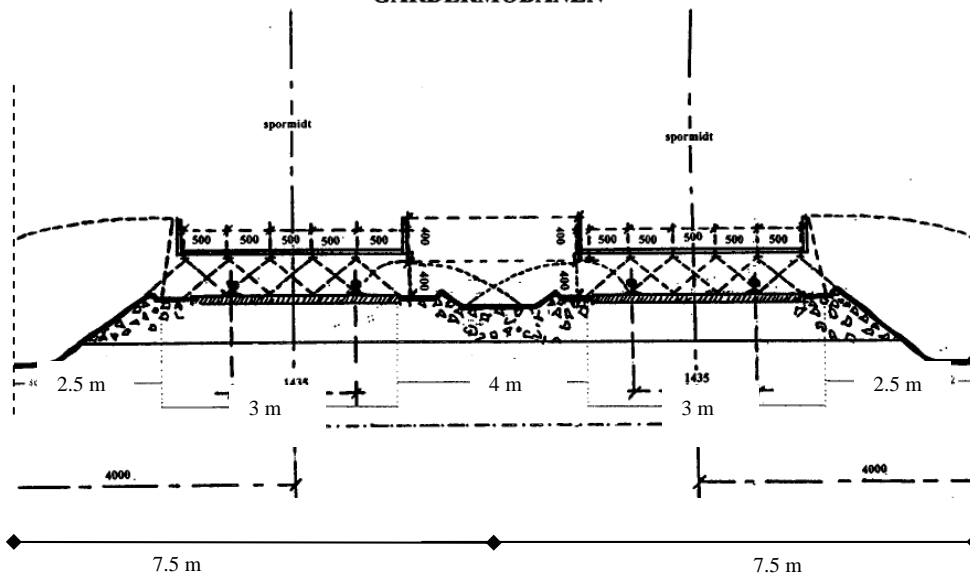
## 10. Vedlegg Feltkart

## Feltkart



Strømningsretningen til grunnvannet tilsier at man sprøyter 60 m av skinnene på høyre side av lysimeteranlegget og 40 m av skinnene til venstre for anlegget, totalt 100 m, i en sprøytekorridor på 2x7.5 m, totalt 15 m.

### PRINSIPPSKISSE FOR FORSØKSSPRØYTING PÅ GARDERMOBANEN



## VEDLEGG 4 Utført sprøyting på Gardermobanen natt til 27/7 2007

Totalt sprøytareal 100 x 15 m= 1500 kvm

4	3	3	2	1	1
4	4	3	2	2	1

Kum

Nord

### Bromidsprøyting

4 tanker med bromidløsning ble sprøyta ut på ballasten.  
Hver tank/sprøyting ble utført på ett areal 150 m x 2,5 m =375 kvm

Væskemengde 50 l/daa

Det ble brukt TeeJett 111004 dyser, ett trykk på 2 Bar og gangfart som teoretisk skulle gi utsprøyta mengde tilsvarende 18,8 l pr tank /sprøyta.

Faktisk utsprøyta mengde:

Tank/sprøyte 1: 17,6 l

Tank/sprøyte 2: 18,1 l

Tank/sprøyte 3: 18,6 l

Tank/sprøyte 4: 18,6 l

1	1	1	2	2	2
1	1	1	2	2	2

Kum

Nord

### Finaleprøyting

2 tanker med Finaleløsning ble sprøyta ut på ballasten.  
Hver tank/sprøyting ble utført på ett areal 300 m x 2,5 m =750 kvm

Væskemengde 25 l/daa

Det ble brukt TeeJett 111002 dyser, ett trykk på 2 Bar og gangfart som teoretisk skulle gi utsprøyta mengde tilsvarende 18,8 l pr tank /sprøyta.

Finale 750 ml/daa

Faktisk utsprøyta mengde:

Tank/sprøyte 1: 18,8 l

Tank/sprøyte 2: 19,5 l

7/8-2007 Kjell Wærnhus

## VEDLEGG 5 Etikett for handelspreparatet Finale

**Finale<sup>®</sup>**  
Glufosinat  
Løselig konsentrat

**5 liter**

Mot ugras under frukttrær, bærbusket, prydbusker og -trær, før oppsprøying av poteter, før oppsprøying av grønnsak- og prydevekster, før etablering og etter avslutning av en kultur og langs jernbanelinjer. Mot utplant og ugras mellom jordbærradene. Til nedsving av grønnsaker før høsting av Kvevtrøng.

Sammensetning:  
Glufosinat ..... 183 g/l Fylstoff ..... 927 g/l

**ADVARSEL**  
Følg ved brukning, helsevern og avvikling  
Inntak av mat  
Følg - alvorlig helsefare ved langvarig påvirkning ved brukning  
Ungt helsevern  
Ungt helsevern av sprøytehode  
Dyreskade i nærliggende og tilgjengelig for barn  
Sikr for verdifulle objekter, kan forårsake uønskede langvarige  
skader i nærområdet  
Bruksanvisningen må følges, slik at man unngår risiko for mennesker og miljø  
Bruk sprøytetankene (se bruksanvisningen)  
Utskuddet skal ikke brukes (se bruksanvisningen)

Reg. nr. 2000.155.02

©-reg. av Bayer Leverkusen

Avgiftsklasse 4

Tilvirker:  
Bayer CropScience GmbH,  
Frankfurt, Tyskland

**Finale<sup>®</sup>**

**Finale<sup>®</sup>**  
Glufosinat  
Løselig konsentrat

Dat er forbudt å bruke Finale<sup>®</sup> i strid med godkjent bruksmåte eller behandlingsforhold, eller å overstige den tilfalte maksimale doseringskonsentrasjon.

**BRUKSOMRÅDE**  
Finale er tillatt brukt mot ugras under frukttrær, bærbusker, prydbusker og -trær, før oppsprøying av poteter, før oppsprøying av grønnsak- og prydevekster, før etablering og etter avslutning av en kultur og langs jernbanelinjer. Mot utplant og ugras mellom jordbærradene. Til nedsving av grønnsaker før høsting av Kvevtrøng.

**VERNEMÅTE**  
Finale er et lite-saltaktig løst systemisk bladherbicid. Preparatet blir tatt opp gjennom bladverket.

**VERNEOMRÅDE**  
Finale virker mot de fleste planter inkludert ukrut, bregner, snabelkakt og små nellikplanter. Preparatet hindrer like av det vokser fram nytt ugras fra frø og andre plantebiter i jorda. Virkningen er forholdsvis rask. Bladene visner 1-3 uker etter oppsprøying, tilslutt ved høy temperatur og god jordfuktighet. Uregulert skitt til nyligplanter.

**BRUKSRETTELSE**  
Finale blandes med vann og sprøytes på ugrasplantene slik at det oppnås god dekning. 20 til 40 liter vann pr dekar er passende. Det er best å sprøyte på ugras med riklig bladmasse i god vækst.

Regn de første timene etter sprøying kan gi avvikling og redusert virkning.

Frukttrær, prydbusker, bærbusker, prydbusker  
Sjømars sprøying  
Bruk 500 ml pr dekar om vinden når ugraset er 10-12 cm høyt og ved ny oppsprøying senere på sommeren. Bruk opp til 750 ml pr dekar hvis det er spesielt mye ugras og mange flestinger ant. Sprøyt slik at kulturplantene glemte eller ikke får opprykkes på seg. Før ca 1. august kan etstidig sprøyt uten at motvært for skade. Bærgbarstid utenfor radene kan sprøytes når de er 15-20 cm høye med 300-500 ml Finale pr dekar.

**Poteter**  
Bruk 250-300 ml pr dekar. Sprøyt like før oppsprøying av potetene. Det kan blandes med Alkon F.  
**Bledda grønnsak- og prydbusker**  
Bruk 250-300 ml pr dekar. Sprøyt på oppsprøytet ugras før oppsprøying av kulturplantene. Sprøyt senere når jorden er kovertet ut av treskallet. Det kan være 2-3 dager før oppsprøying. I gulvet kan det blandes med Alkon F.  
**Kulturlinjer som har spilt ved sprøying**, kan bli drept eller vengt skadet.

Før etablering og etter avslutning av en kultur  
Bruk 250-500 ml pr dekar. Sprøyt når ugraset er tettet.  
**Langs jernbaner**  
Mot utplant under 40-60 cm høyde. Bruk 750 ml pr dekar. Sprøyt på forsommeren når skavingsvekten er god i gang. Annen vegetasjon blir også drept eller skadet.

**Jernbaner**  
Sjømars sprøying  
Mot utplant og ugras mellom radene. Bruk 300-500 ml pr dekar sprøytet. Bruk mindre dose med snitt høysag og større dose mot bregner, hvilevæver og ullspore. Sprøyt før blomstring og/eller rett etter høsting, senere med august. Det kan være fordelaktig å bruke fortrinnsvis mellom ullspore og myrplanter for sprøying.  
Nedsving av grønnsaker før høsting av Kvevtrøng  
Bruk 300-500 ml pr dekar. Sprøyt ca. 12 dager før høsting.  
NEI Bare store frukttrær/plantene drøpes. Forfall:

3 705 623 000 033

**Finale<sup>®</sup>**

**Finale<sup>®</sup>**  
Glufosinat  
Løselig konsentrat

**BLANDING MED ANDRE MIDLER**  
Finale kan blandes med Alkon F.

**LAGRING**  
Finale kan lagres mellom 0°C og 50°C.

**FORBUDTIGHETSREGLER**  
Bruk varselskilt av rødt nærsprøyt god kvalitet, øyvern, støver og helsekledt arbeidstøy ved håndtering og bruk av preparatet. Ved langvarig sprøying og når det er fare for blanding av sprøytehode, skal overvaknings- og forholdsmedie med kombiforsikling AV P2 3 og L brukes. Før man støtter i øyrene, skal strøke grundig med store mengder vann og kontakt lege eller Giftinformasjonssentralen tlf. 22 50 13 00. Set av preparatet på hud med strøke skylles eller vaskes av. Klar kontakt med preparatet må fjernes straks. Vask hendene og ansikt når arbeidstøyet er utbyttet. Vask klærne når arbeidstøyet er fjernet. Ved uløst eller tvilsomt om berøring kontakt lege eller Giftinformasjonssentralen tlf. 22 50 13 00 (pantfinale degnag).

Arbeidstøyet må ryddes dersom man går inn i behandlet område, eller hindrer behandlingen i en periode på minst 24 timer etter sprøying.

**ANFALLSBEHANDLING**  
Grundig rengjøring av kontakter og ledder med husholdningsavvasker eller disponerer på offentlig helsevesen. Konstanthold pledder og klær rengjøringstankene med innløpsvann til motbak for sporestøvet.

**RENGJØRING**  
Tømmerbakkene skylles minst 3 ganger med vann og innholdet tømmes i spøytekarren. Resterne spøytekarren tømmes om lag 5 ganger med vann og sprøytes ut i henhold til bruksanvisningen. Skylt spøytekarren med vann eller bekk på et sted som ikke gir smittetilførsel.

Ved skille av preparatet for sprøying i løvtrilte kulturer må sprøytehode rengjøres med vann, etanol eller annet arbeidstøyet.

**MERK**  
Vegntreer at preparatet holder ned kvaliteten. Dette innebærer ingen garanti for at preparatet under alle forhold har den ønskede virkning. Bruksanvisningen er basert på forsøk og erfaring. Dersom preparatet brukes på annen måte eller under andre forhold enn angitt på etiketten, kan det være alvorlig ved eventuell skade eller mangelfull virkning.

Sammensetning:  
Glufosinat ..... 183 g/l  
Fylstoff ..... 927 g/l

**NETTOINNHOOLD 5 liter**

Reg. nr. 2000.155.02  
Avgiftsklasse 4

Tilvirker:  
Bayer CropScience GmbH,  
Frankfurt, Tyskland

Importer:  
Bayer CropScience  
Postboks 43  
N-3165 Tjeme  
Tlf. 33 30 04 04

Bayer CropScience

På jernbanespor brukes en dose på 750 ml Finale/daa.

Finale har en tetthet på 1110 g/L, slik at en dosering på 750 ml Finale/daa tilsvarer (0.75 L \* 1110 g/L =) 832.5 g Finale/daa.

Finale inneholder 16.49 % glufosinat, slik at en dose på 832.5 g Finale/daa tilsvarer (832.5 \* 16.49% =) 137.3 g glufosinat/daa.

## VEDLEGG 6 Manual for dataloggeren (fra Jens Andersen ved ITAS)

**Stasjonsnummer: 315**

**Oppdragsgiver:**

**1998 - NLH, jord- og vannfag**

**2007 – BIOFORSK, Plantehelse v / Marit Almvik**

### **Campbell CR10X-basert målestasjon**

1 grunnvannstand (trykksensor)

5 jordtemperatur (termistor)

2 jordfuktighet

Program: 315.DLD

---

#### **Innhold:**

#### **Side:**

1.	Generell beskrivelse av målestasjon	3
2.	Funksjonsbeskrivelse	3
3.	Montering av trykkløler	3
4.	Justering av vannstandsmåling	3
5.	Programlokasjoner	4
6.	Datainnsamling / filformat	4
7.	Tilkoblinger	5



## 1. Generell beskrivelse av målestasjon.

Målestasjonen er bygd opp omkring datalogger/kontrollenhet CR10X fra Campbell Scientific Ltd. Loggeren får driftsspenning (12 VDC) fra en vedlikeholdsfri blyakkumulator. Denne lades av et solcellepanel via laderegulator.

Dataloggeren vil skifte til dvalemodus dersom driftsspenninga skulle bli for lav eller helt borte. I dvalemodus opphører alle målinger, men takket være det innebygde reservebatteriet bevarer loggeren både program, dato/klokkeslett og alle lagrede data. Målingene gjenopptas så snart driftsspenninga blir normal igjen

Stasjonen kan knyttes til en bærbar datamaskin utstyrt med RS232-port. Mellom datamaskinen og loggeren må du ha et grensesnitt av typen Campbell SC32A eller SC929.

Stasjonen er 2007 utstyrt med GSM modem, Telefonnr. 40627814 (Netcom)

## 2. Funksjonsbeskrivelse.

En gang hver hele time måler og lagrer målestasjonen følgende størrelser:

Vannstand i grunnvannsbrønn med trykkføler (Jensen psl 0.35b)  
Jordtemperatur på fem steder med termistorføler (Campbell 107)  
Vanninnhold i jord på to steder med jordfuktighetsføler (ThetaProbe)

Ved hjelp av en IBM-kompatibel datamaskin og programvare som følger med målestasjonen kan du se på målinger i sann tid, eller samle inn nye data som er lagret i loggeren (se også kap. 7 om datainnsamling m.m.).

GSM modem er bare tilgjengelig kl. 03.00 – 03.30 samt kl 09.00 – 09.30 Norsk normaltid..

## 3. Montering av trykkføler.

Føleren er levert av danske H. F. Jensen og er av typen psl 0.35b. For å oppnå tilstrekkelig nøyaktighet under alle forhold måles vanntrykket i forhold til lufttrykket. Se også vedlagte datablad.

Trykkføleren festes godt og plasseres slik at den alltid vil være under vann, men aldri dypere enn 3.5 meter. Loggeren måler og lagrer grunnvannstand, som pr. def. i denne sammenheng er avstanden fra toppen av målerøret og ned til vannspeilet. Måleenheten er cm.

## 4. Justering av vannstandsmåling.

Utføres ved først å måle vannstanden i brønnen manuelt. Deretter brukes en pc til å legge inn resultatet av den manuelle målinga i loggerens input-lokasjon nr 10. Kan også gjøres ved fjernoverføring via GSM .

Eksempel: Grunnvannstanden (avstanden fra rørtoppen til vannet) måles manuelt til 335.5 cm. Kjør VIS.BAT (på medfølgende diskett) for å få fram skjermbildet som viser øyeblikksmålinger. Tast inn: **I10:335.5** etterfulgt av Enter. Avslutt med Esc.

Når loggeren utfører neste måling (på hel time), vil den beregne en ny offset-verdi som brukes ved denne og alle kommende vannstandmålinger. Verdien i lokasjon 1 vil nå vise korrekt vannstand.

## 5. Programlokasjoner.

Lok.	1	Grunnvannstand (cm).
	2-6	Jordtemperatur (°C).
	7-8	Vanninnhold i jord (%).
	9	Ikke i bruk.
	10	Lokasjon for innlegging av korrekt grunnvannstand (cm)
	11	Batterispenning (V)

## 6. Datainnsamling / filformat.

Data samles inn via GSM modem. Datafila er ei kommadelt DOS-tekstfil. Dvs. at den kan leses av alle DOS- og Windows-baserte editorer/tekstbehandlere/regneark, og at måleverdiene er adskilt med komma. Fila kan også gjøres kollonnedelt dersom det skulle være å foretrekke. Hver linje i datafila består av følgende parametere:

Parameter	Beskrivelse
1	Stasjonsnummer (315).
2	Årstall.
3	Dagnummer (1-365).
4	Norsk normaltid (tmm).
5	Gunnvannstand, øyeblikksverdi (cm)
6	Jordtemp 1, øyeblikksverdi (°C)
7	" 2 "
8	" 3 "
9	" 4 "
10	" 5 "
11	Vanninnhold 1 (%)
12	" 2 (%)
13	Batterispenning i Volt.

## 7. Tilkoblinger.

Rekkekl.	Funksjon	Farge inn	Int. farge	CR10X-klemme	Kommentar
1	Solpanel +		rød		Til CHG på laderegulator
2	Solpanel -		blå		Til CHG på laderegulator
3	Vannstand	blå	rød	Switched 12 V styrt av C1	Via sikring ved rekkeklemme 1
4	Vannstand	sort	blå	1H	1H - 100 ohm - AG
5	Skjerm	skjerm	grønn	G	
6	Temp 1 Ext	sort	gul	E1	
7	Sign	rød	hvit	1L	
8	AG	hvit	sort	AG	
9	G	klar	brun	G	
10	Temp 2 Ext	sort	lilla	E1	
11	Sign	rød	orange	2H	
12	AG	hvit	rosa	AG	
13	G	klar	lys grønn	G	
14	Temp 3 Ext	sort	grå	E1	
15	Sign	rød	rød sort	2L	
16	AG	hvit	grønn rød	AG	
17	G	klar	gul rød	G	
18	Temp 4 Ext	sort	hvit rød	E1	
19	Sign	rød	rød blå	3H	
20	AG	hvit	rød brun	AG	
21	G	klar	gul blå	G	
22	Temp 5 Ext	sort	hvit blå	E1	
23	Sign	rød	blå sort	3L	
24	AG	hvit	orange blå	AG	
25	G	klar	gul grønn	G	
26	Jordf. 1 +12V	rød	hvit grønn	Switched 12V styrt av C1	Via sikring ved rekkeklemme 1
27	G	blå	orange grønn	G	
28	Sign Hi	gul	grønn blå	4H	
29	Sign Lo	grønn	grå blå	AG	
30	G	skjerm	grønn sort	G	
31	Jordf. 2 +12V	rød	grå grønn	Switched 12V styrt av C1	Via sikring ved rekkeklemme 1
32	G	blå	gul brun	G	
33	Sign Hi	gul	hvit brun	4L	
34	Sign Lo	grønn	brun sort	AG	
35	G	skjerm	grå brun	G	
36					
37	Modem styring		gul	C2	Styrerele for Modem
38			Rød	12V	
39			Blå	G	

## VEDLEGG 7 Oversikt over vannvolum og vannprøvetakinger i forsøksperioden

Dato:			20.jul	sprøyting 27.jul	Uttak 1 23.aug	Uttak 2 12.sep	Uttak 3 12.okt	Uttak 4 30.nov	
Flaske	Slangelengde (m)	Dybde (m)	Vannvolum i flaskene før uttak (ml)						Tot.vol
			Volum	Volum	Volum	Volum	Volum	Volum	
1	1.1	2	570	200	240	190	1000	1000	3200
2	4	2	1000	350	280	350	1000	1000	3980
3	1.5	2.3	100	150	80	100	150	140	720
4	2	2.2							0
5	1.6	2.8	1000	480	785	1000	1000	1000	5265
6	3.6	2.8	50	50	20	80	50	50	300
7	5.5	2.8	450	200	250	420	590	690	2600
8	3	3	50	50	180	210	50	50	590
9	5	3	50	90	310	520	50	100	1120
10	10.1	5.8			1000	1000	30	40	2070
11	2	2	550	200	180	200	320	490	1940
12	2	2.8	50	70	250	400	500	570	1840
			1,2,5,7,11 tømt Flaskene tømt Flaskene tømt Flaskene tømt Flaskene tømt				Vakum ble		
			Ikke vakum		Vakum satt på		stanset (vinter)		
<b>Totalt volum:</b>			3870	1840	3575	4470	4740	5130	

Dato:			20.jul	sprøyting 27.jul	Uttak 1 23.aug	Uttak 2 12.sep	Uttak 3 12.okt	Uttak 4 30.nov	
Flaske	Slangelengde (m)	Dybde (m)	Prøvevolum tatt ut til pesticidanalyse (ml)						Ant. Pr
			Volum	Volum	Volum	Volum	Volum	Volum	
1	1.1	2	250		240		500	500	4
2	4	2	250		250	250	500	500	5
3	1.5	2.3							
4	2	2.2							
5	1.6	2.8	250		250	500	500	500	5
6	3.6	2.8							
7	5.5	2.8	250		250	250	500	500	5
8	3	3				250			1
9	5	3			250	250			2
10	10.1	5.8			250	500			2
11	2	2	250				500	500	3
12	2	2.8			250	250	500	500	4

### Grunnvannprøver:

Dato	Uttak brønn nr.	Volum (ml)	Kommentar	
27. juli	2	500 ml	før sprøyting	1
23. august	2 og 3	250 ml fra hver	1. uttak etter sprøyting	2
12. september	2 og 3	250 ml fra hver	2. uttak	2
12. oktober	2 og 3	500 ml fra hver	3. uttak	2
30. november	2 og 3	500 ml fra hver	4. uttak	2
<b>Sum prøver:</b>				<b>40</b>