



Miljøministeriet  
Miljøstyrelsen

# Anvendelsen af BAM- nedbrydende bakterier til oprensning af BAM/dichlobenil- forurennet jord

Delrapport for fase 1

Miljøprojekt nr. 1424, 2012

**Titel:**

Anvendelsen af BAM-nedbrydende bakterier til oprensning af BAM/dichlobenil-forurenede jord

**Redaktion:**

Jens Aamand, Walter Brusch  
De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), Øster Voldgade 10, 1350 København K.

Philip Grinder Pedersen  
Miljøcenter Nykøbing F, Parkvej 37, 4800 Nykøbing F.

**Udgiver:**

Miljøstyrelsen  
Strandgade 29  
1401 København K  
www.mst.dk

**Foto:****Illustration:****År:**

2012

**Kort:****ISBN nr.**

978-87-92903-14-3

**Ansvarsfraskrivelse:**

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

# Indhold

<b>1. Indledning</b> .....	<b>4</b>
1.1 Baggrund .....	4
<b>2. Formål</b> .....	<b>6</b>
<b>3. Metoder</b> .....	<b>7</b>
3.1 Mineralisering.....	7
3.2 Analyser pesticid i vand og jord .....	7
<b>4. Valg af lokaliteter</b> .....	<b>8</b>
4.1 Analyser for BAM og dichlobenil .....	8
4.2 Stimulering af nedbrydningen .....	9
4.3 Opsamling .....	9
<b>5. Koncentrationer af BAM og dichlobenil på Tårs lokaliteten.</b> .....	<b>11</b>
<b>6. Bestemmelse af inokuleringsniveau</b> .....	<b>12</b>
6.1 Opsumering.....	13
<b>7. Nedbrydningspotentialets holdbarhed</b> .....	<b>14</b>
7.1 Opsumering.....	14
<b>8. Fjernelse af oprindeligt forekommende dichlobenil og BAM</b> .....	<b>15</b>
<b>9. Variation i BAM koncentrationen i brønd</b> .....	<b>16</b>
<b>10. Ansøgning om tilladelse til udsætning af <i>Aminobacter</i></b> .....	<b>17</b>
<b>11. Konklusioner og anbefalinger</b> .....	<b>18</b>
<b>Referencer</b> .....	<b>19</b>

# 1. Indledning

Denne rapport omhandler resultaterne fra fase 1 af projektet ”Anvendelse af BAM-nedbrydende bakterier til oprensning af BAM/dichlobenil forurenede jord” finansieret af Miljøstyrelsens teknologipulje. Projektets fase 1 har været gennemført af GEUS i samarbejde med Storstrøms Amt.

## 1.1 Baggrund

Der anvendes i dag et stort antal forskellige pesticider i det danske landbrug, parker og private haver, og som følge heraf ses et stigende antal forureninger af grundvandet med disse stoffer. Da stort set alt vores drikkevand indvindes fra grundvandet, udgør pesticider en stor trussel for vores drikkevands kvalitet. Ikke kun pesticiderne forurener grundvandet, men i lige så høj grad deres nedbrydningsprodukter. Et af de mere alvorlige eksempler på dette er pesticidet dichlobenil, der i jorden hurtigt omdannes til 2,6-dichlorbenzamid (BAM) (Verloop og Nimmo 1972; Briggs og Dawson 1970; Montgomery et al., 1972). BAM er et meget mobilt stof, der hurtigt bevæger sig mod grundvandet (Nilsson et al., 2003). Dichlobenil blev forbudt i 1997, men alligevel observeres der til stadighed nye fund af BAM i grundvandet, og mange drikkevandsboringer lukkes som følge af overskridelse af grænseværdien. Nye undersøgelser har vist, at små private vandforsyninger der udnytter overfladenært grundvand, er særligt følsomme overfor BAM forurening (Brüsch 2004).

Dichlobenil er aktivstoffet i bl.a. Prefix og Casoron, og i perioden op til 1997 var forbruget i størrelsesordenen 40-50.000 kg aktiv stof/år. Pesticidet blev brugt som totalukrudtsmiddel hovedsageligt i private haver, parker, på stiarealer, og gårdspladser, men aldrig i forbindelse med normal landbrugsdrift på marken. Den anbefalede dosis har været ca. 13 kg/ha, men stoffet har sandsynligvis i mange tilfælde været anvendt i større mængder. Det er vist, at der stadig findes rester af dichlobenil i jorden, på trods af at salget af stoffet ophørte i 1997. Koncentrationerne i jorden har dog ikke været så høje, som man skulle forvente alene ud fra solgte mængder og anvendelse. Alligevel frygtedes det, at der til stadighed udvaskes betydelige mængder BAM fra dichlobenil-forurenede jorde (Miljøstyrelsen 2002; Miljøstyrelsen 2005). Dette vil især være et problem, hvor afstanden mellem forureningskilden og en vandindvinding er lille, sådan som det er tilfældet på mange landejendomme med egen privat brønd.

I 1999 igangsatte Miljøstyrelsen et udredningsprojekt om BAM-forurening (Miljøstyrelsen, 2002), hvor der bl.a. blev gennemført modelkørsler med det formål at fremskrive fremtidens forurening med BAM, efter at forbruget af stofferne er ophørt. Disse modelkørsler tegnede et meget dystert billede, idet det blev vurderet, at der afhængig af de geologiske forhold vil kunne måles BAM-koncentrationer over grænseværdien de næste 20-100 år. Modelberegningerne blev dog gennemført under forudsætning af, at BAM ikke nedbrydes. Nye undersøgelser har imidlertid vist, at BAM kan nedbrydes i nogle jordtyper, der tidligere har været behandlet med dichlobenil og det endda meget hurtigt (Holtz et al., 2004; Miljøstyrelsen 2005). Det er imidlertid ikke på alle BAM-forurenede lokaliteter, at der er et sådant hurtigt nedbrydningspotentiale. En undersøgelse af et større antal jordprøver viste således kun potentiale for hurtig omsætning af BAM relativt få steder (Aamand et al., 2005).

Der er ingen tvivl om, at nedbrydning er en overordentlig vigtig parameter i forbindelse med modelberegninger af fremtidens BAM-forurening. På grund af stoffets relativt lange opholdstid i grundvandet, vil selv en meget langsom nedbrydning kunne betyde, at forureningen måske slet ikke når en drikkevandsboring.

På GEUS er der blevet isoleret to BAM nedbrydende bakterie, der kan omsætte stoffet fuldstændigt til kuldioxid. Bakterierne er isoleret fra jord og er efterfølgende blevet artsbestemt på Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen (DSMZ). Begge bakterier viste sig at være *Aminobacter* stammer, helt naturligt forekommende bakterier, der ikke udgør nogen sundhedsrisiko. Bakterierne betegnes henholdsvis *Aminobacter* ASI1 og *Aminobacter* MSH1 og sidstnævnte har den egenskab, at den foruden BAM også nedbryder dichlobenil. Spørgsmålet i dette projekt har været om disse bakterier kan udnyttes til oprensning af dichlobenil og BAM-forurenede jord, således at udvaskningen af BAM elimineres?

## 2. Formål

Formålet med dette projekt er

- 1) at bestemme om der sker en nedbrydning af BAM i den umættede zone, i jordprøver fra et antal forsøgsområder der tidligere har været behandlet med dichlobenil. I det omfang der sker en nedbrydning, vil nedbrydningshastigheden blive bestemt.
- 2) at undersøge om nedbrydningen af BAM kan stimuleres på ovennævnte forsøgsområder ved tilsætning af BAM-nedbrydende bakterier. Det vil blive undersøgt, hvilken minimumskoncentration af bakterier der er nødvendig for at opnå en tilstrækkelig stimulering af pesticidnedbrydningen, og det vil blive undersøgt, hvor længe et sådant nedbrydningspotentiale kan opretholdes i jorden.
- 3) at undersøge metodens anvendelighed i større skala. Der vil blive gennemført et feltforsøg på en dichlobenil/BAM forurenede lokalitet, hvor der i umiddelbar nærhed findes en privat vandindvinding. Effekten af bakterietilsætning vil blive bestemt ved analyser af BAM/dichlobenil i jordprøver og i den nærliggende brønd.

Projektet er opdelt i to faser, hvor formålets punkt 1 og 2 undersøges i den første fase. Disse undersøgelser vil alene være laboratorieforsøg. Denne delrapport behandler kun data fra fase 1.

# 3. Metoder

## 3.1 Mineralisering

Til undersøgelse af om nedbrydningen kunne stimuleres ved tilsætning af Aminobacter MSH1 eller ASI1, er der udført en række mineraliseringsforsøg. 10 g jord blev overført til 100 ml standflasker og tilsat 10.000 DPM  $^{14}\text{C}$ -ringmærket BAM eller dichlobenil svarende til en koncentration på henholdsvis 4.7 og 3.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  jord. Jordene blev tilsat enten Aminobacter MSH1 eller Aminobacter ASI1 i en koncentration på ca.  $10^7$  celler/g, bestemt ved pladespredning (CFU; colony forming units). Som kontrol blev anvendt jorde, der ikke blev tilsat bakterier. I hver flaske blev der placeret en lille vial indeholdende 2 ml 0,5 N NaOH. Ved mikrobiel nedbrydning af det  $^{14}\text{C}$  mærkede BAM eller dichlobenil dannes  $^{14}\text{CO}_2$ , der opfanges i den basiske opløsning. Til forskellige tidspunkter udskiftedes basen, og mængden af opfanget  $^{14}\text{CO}_2$  blev bestemt ved vædskescintillationstælling. Som et mål for mineraliseringen blev den akkumulerede mængde af dannet  $^{14}\text{CO}_2$  afbildet som funktion af tiden.

## 3.2 Analyser pesticid i vand og jord

Koncentrationen af BAM i brøndvandet på gårdspladserne blev bestemt ved en immunkemisk metode udviklet på GEUS (Bruun et al., 2000). Jordprøver blev sendt til Eurofins til analyse for BAM og dichlobenil.

# 4. Valg af lokaliteter

Tilsætning af specifikke nedbryderorganismer som oprensningsteknik vil kunne anvendes på alle BAM-forurenedede jorde, men teknikens anvendelighed vil bedst kunne undersøges, hvor der er en kort afstand mellem forureningskilden og en indvindingsboring.

Til de indledende undersøgelser blev der udvalgt tre gårdspladser alle på landejendomme på Lolland. På gårdspladserne var der en eksisterende privat brønd, hvor der tidligere havde været konstateret forurening med BAM (GEUS 2005). De tre lokaliteter blev benævnt Tårs, Fjord og E47. Gårdspladserne har tidligere været behandlet med dichlobenil, og det blev formodet, at der stadig findes dichlobenil i jorden, hvorfra der udvaskes BAM.

## 4.1 Analyser for BAM og dichlobenil

Der blev udtaget 6 jordprøver fra hver af de tre gårdspladser. De seks jordprøver blev blandet og sendt til analyse for BAM og dichlobenil hos Eurofins. Der blev også taget prøver fra de tre brønde, der alle blev analyseret for BAM ved en immunkemisk metode (Bruun et al., 2000).

Resultaterne af analyserne ses af tabel 1 og 2. Det ses, at de højeste koncentrationer af dichlobenil og BAM blev fundet i jorden fra Tårs lokaliteten. Den højeste koncentration af BAM i brøndvandet blev fundet på Tårs og Fjord lokaliteterne, hvor koncentrationen var i størrelsesordenen 1,2 µg/l.

**Tabel 1.** Koncentrationen af dichlobenil og BAM i jord fra tre gårdspladser benævnt henholdsvis Tårs, Fjord og E47.

	Dichlobenil µg/kg	BAM µg/kg
Tårs 0-10 cm	89	35
Tårs 10-20 cm	15	9
Fjord 0-10 cm	13	6
Fjord 10-20 cm	< 5	6
E47 0-10 cm	30	< 5
E47 10-20	< 5	< 5

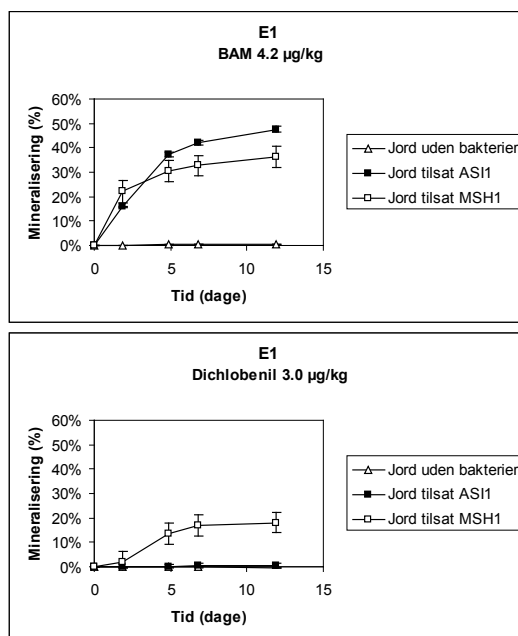
**Tabel 2.** Koncentrationen af BAM i brøndvand fra tre gårdspladser benævnt henholdsvis Tårs, Fjord og E47.

	BAM µg/l
Tårs	1,19
Fjord	1,208
E47	0,318



## 4.2 Stimulering af nedbrydningen

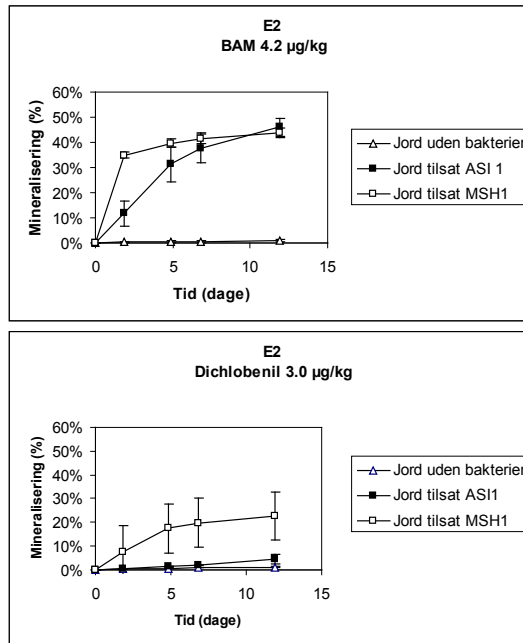
Det blev undersøgt om mineraliseringen af BAM og dichlobenil kunne stimuleres ved tilsætning af *Aminobacter* MSH1 eller *Aminobacter* ASI1. I figur 1, 2 og 3 ses, at tilsætning af *Aminobacter* MSH1 og ASI1 begge stimulerede mineraliseringen af BAM, mens det kun var MSH1, der stimulerede mineraliseringen af dichlobenil. I jorde fra Tårs og Fjord lokaliteterne sås ingen mineralisering i de uinokulerede kontrolflasker (figur 1 og 2). Kun i jorde fra E47 lokaliteten tilsat BAM observeredes en lille mineralisering også i flasker uden bakterier (figur 3).



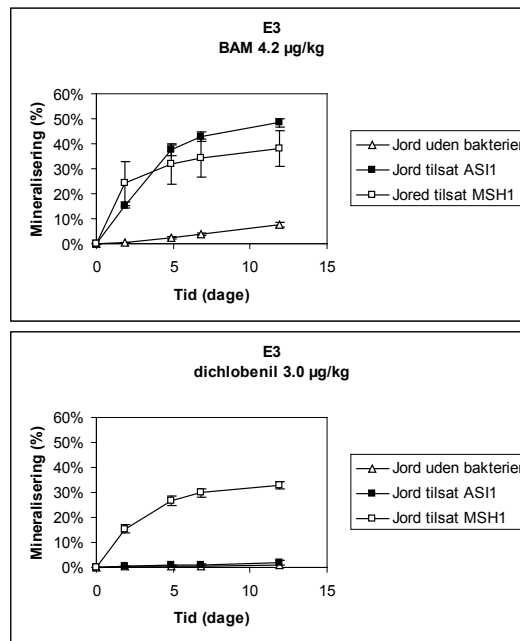
**Figur 1** Mineralisering af BAM (øverst) og dichlobenil (nederst) i forsøg med jord fra gårdspladsen ved Tårs. *Aminobacter* MSH1 og *Aminobacter* ASI1 blev tilsat jorden i en koncentration på henholdsvis  $1,43 \cdot 10^7$  og  $1,73 \cdot 10^7$  celler/g, bestemt ved pladespredning (CFU; colony forming units).

## 4.3 Opsamling

De højeste koncentrationer af BAM og dichlobenil blev fundet i jorden fra Tårs lokaliteten, hvor der også blev fundet høje koncentrationer af BAM i brøndvandet. Da nedbrydningen af både BAM og dichlobenil tydeligt kunne stimuleres på denne lokalitet, blev denne lokalitet valgt til de videre undersøgelser. Da nedbrydningen af dichlobenil kun blev stimuleret ved tilsætning af *Aminobacter* MSH1, blev denne organisme også valgt.



**Figur 2** Mineralisering af BAM (øverst) og dichlobenil (nederst) i forsøg med jord fra gårdspladsen benævnt Fjord. Aminobacter MSH1 og Aminobacter ASI1 blev tilsat jorden i en koncentration på henholdsvis  $1,43 \cdot 10^7$  og  $1,73 \cdot 10^7$  celler/g, bestemt ved pladespredning (CFU; collony forming units).



**Figur 3** Mineralisering af BAM (øverst) og dichlobenil (nederst) i forsøg med jord fra gårdspladsen benævnt E47. Aminobacter MSH1 og Aminobacter ASI1 blev tilsat jorden i en koncentration på henholdsvis  $1,43 \cdot 10^7$  og  $1,73 \cdot 10^7$  celler/g, bestemt ved pladespredning (CFU; collony forming units).

# 5. Koncentrationer af BAM og dichlobenil på Tårs lokaliteten.

For at karakterisere indholdet af BAM og dichlobenil i jorden på Tårs lokaliteten i detaljer blev der foretaget yderligere undersøgelser (tabel 3). Der blev i alt taget fem overjordsprøver forskellige steder på gårdspladsen og 4 prøver ned til en dybde på 115 cm. Det ses, at der er en vis variation i koncentrationen af dichlobenil i overjordsprøverne med værdier på 16-89 µg/kg. Koncentrationen af BAM var lavere med værdier på maksimalt 22 µg/kg. I jordprøver fra 20 cm dybde eller dybere blev der hverken målt dichlobenil eller BAM.

De yderligere undersøgelser viser, at kilden til forureningen formodentlig er begrænset til overjorden og at det derfor primært er denne zone der skal oprensnes.

**Tabel 3** Koncentrationen af dichlobenil og BAM i jord fra Tårs-lokaliteten

	Dichlobenil µg/kg	BAM µg/kg
Tårs 0-10 cm. Prøve 1	26	6
Tårs 0-10 cm. Prøve 2	89	22
Tårs 0-10 cm. Prøve 3	16	<5
Tårs 0-10 cm. Prøve 4	18	< 5
Tårs 0-10 cm. Prøve 5	39	< 5
Tårs 20-35 cm	<5	<5
Tårs 45-55 cm	<5	<5
Tårs 90-95 cm	<5	<5
Tårs 110-115 cm	<5	<5

## 6. Bestemmelse af inokuleringsniveau

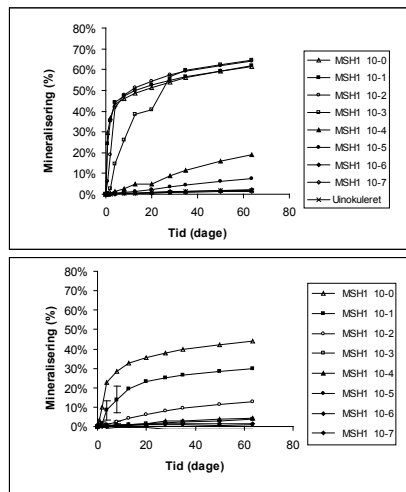
Med det formål at bestemme hvor mange bakterier det er nødvendigt at tilsætte jorden for at få en stimulering af BAM og dichlobenilnedbrydningen blev der udført et forsøg hvor celletæthed blev varieret (figur 4 og 5). Der sås en tydelig stimulering af BAM-mineraliseringen ved tilsætning af *Aminobacter* MSH1 i en bakterietæthed på  $2,5 \cdot 10^5$  -  $2,5 \cdot 10^7$  celler/kg. Ved tilsætning af ti gange færre bakterier ( $2,5 \cdot 10^4$ ) sås en mindre hæmning af den initielle mineraliseringshastighed, men efter 64 dage var den samme mængde BAM mineraliseret (64 %), som i jorde med en højere celletæthed. Ved celletætheder på  $2,5 \cdot 10^3$  og  $2,5 \cdot 10^2$  forløb mineraliseringen tydeligt langsommere og efter 64 dage var kun 19 og 8 % mineraliseret.

I modsætning til BAM sås en tydelig hæmning af dichlobenil mineraliseringen allerede ved en bakterietæthed på  $2,5 \cdot 10^6$  og  $2,5 \cdot 10^5$  celler/kg, hvor henholdsvis 30 og 13 % var mineraliseret indenfor 64 dage. Ved lavere bakterietætheder ( $2,5 \cdot 10^4$  og  $2,5 \cdot 10^3$ ) var kun ca. 4 % dichlobenil mineraliseret indenfor denne periode.

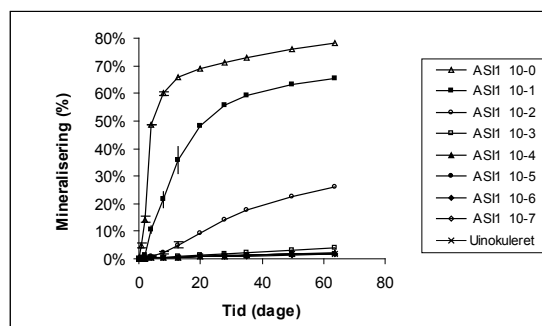
I forsøg med *Aminobacter* ASI1 sås en tydelig hæmning af mineraliseringen allerede ved en 10 gange lavere celletæthed ( $1,4 \cdot 10^6$  celler/kg; figur 5). I jorde tilsat  $1,4 \cdot 10^7$ ,  $1,4 \cdot 10^6$  og  $1,4 \cdot 10^5$  celler/kg var henholdsvis 78, 65 og 26 % BAM mineraliseret indenfor 64 dage. Ved lavere bakterietilsætninger blev mindre end 4 % mineraliseret indenfor denne periode.

## 6.1 Opsumering

Forsøgene har vist at *Aminobacter* MSH1 er bedst egnet til oprensning af den forurenede jord. Denne bakterie kan både omsætte dichlobenil og BAM og samtidig kan der opnås en betydelig stimulering af BAM nedbrydningen selv ved en bakterietæthed på omkring  $10^5$  celler/kg. Desuden observeredes der ved denne celletæthed også en vis stimulering af dichlobenil mineraliseringen. På denne baggrund blev det besluttet at bruge denne celletæthed ved det egentlige feltforsøg (fase 2).



**Figur 4** Mineralisering af BAM (øverst) og dichlobenil (nederst) i forsøg med jord fra gårdspladsen benævnt Tårs og tilsat *Aminobacter* MSH1 i forskellige bakterietætheder. MSH1 10-0:  $2,5 \cdot 10^7$ ; MSH1 10-1:  $2,5 \cdot 10^6$ ; MSH1 10-2:  $2,5 \cdot 10^5$ ; MSH1 10-3:  $2,5 \cdot 10^4$ ; MSH1 10-4:  $2,5 \cdot 10^3$ ; MSH1 10-5:  $2,5 \cdot 10^2$ ; MSH1 10-6:  $2,5 \cdot 10^1$ ; MSH1 10-7:  $2,5 \cdot 10^0$ ; uinokuleret: ikke tilsat bakterier.



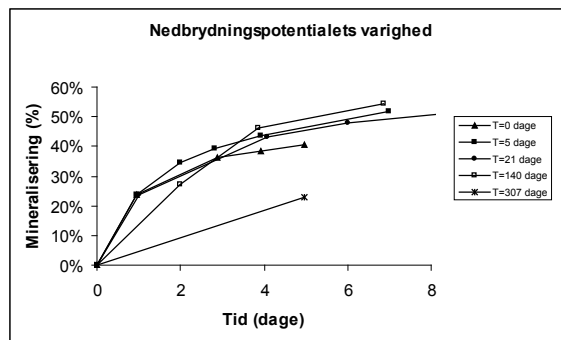
**Figur 5** Mineralisering af BAM og i forsøg med jord fra gårdspladsen benævnt Tårs og tilsat *Aminobacter* ASI1 i forskellige bakterietætheder. ASI1 10-0:  $1,4 \cdot 10^7$ ; ASI1 10-1:  $1,4 \cdot 10^6$ ; ASI1 10-2:  $1,4 \cdot 10^5$ ; ASI1 10-3:  $1,4 \cdot 10^4$ ; ASI1 10-4:  $1,4 \cdot 10^3$ ; ASI1 10-5:  $1,4 \cdot 10^2$ ; ASI1 10-6:  $1,4 \cdot 10^1$ ; ASI1 10-7:  $1,4 \cdot 10^0$ ; uinokuleret: ikke tilsat bakterier.

# 7. Nedbrydningspotentialets holdbarhed

Der er udført forsøg hvor det undersøges hvor længe efter bakterietilsætningen nedbrydningspotentialet kan opretholdes. Femten flasker blev alle tilsat BAM i en koncentration på  $4.7 \mu\text{g}/\text{kg}$  jord og bakterier i en celletæthed på  $4.18 \cdot 10^6$ , hvorefter mineraliseringen blev fulgt (figur 6). Den tilsatte BAM blev hurtigt mineraliseret i alle flasker og efter 5 dage blev tre flasker retilsat BAM i samme koncentration. Dette blev gentaget med tre nye flasker efter henholdsvis 21, 140 og 307 dage. Den initiale mineraliseringshastighed er stort set den samme første gang der tilsættes BAM og ved retilsætning efter 5 og 21 dage. Først ved retilsætning 140 dage efter forsøgets start ses en lidt langsommere initial mineralisering og denne er yderligere reduceret ved retilsætning efter 307 dage (figur 6).

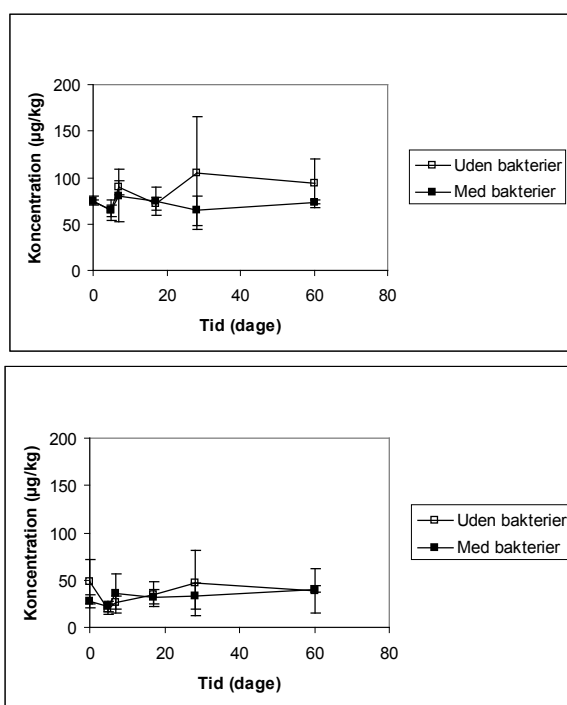
## 7.1 Opsummering

Forsøget viser at potentialet for nedbrydning af BAM bibeholdes længe efter at bakterierne er tilsat jorden. Først efter et halvt til et helt år efter tilsætning af bakterierne ses en reduktion i BAM-nedbrydningspotentialet.



# 8. Fjernelse af oprindeligt forekommende dichlobenil og BAM

Der er udført forsøg, hvor der udover mineralisering også måles fjernelse af oprindeligt forekommende dichlobenil og BAM. Det ses af figur 6, at der ikke er en signifikant forskel på nedbrydningen af hverken dichlobenil eller BAM i forsøgsperioden.

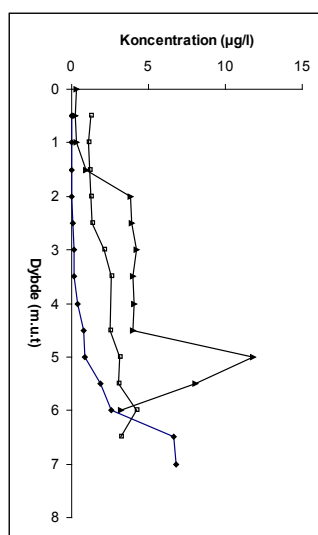


**Figur 6** Nedbrydning af dichlobenil BAM (øverst) og BAM (nederst) i forsøg med jord fra gårdspladsen benævnt Tårs.

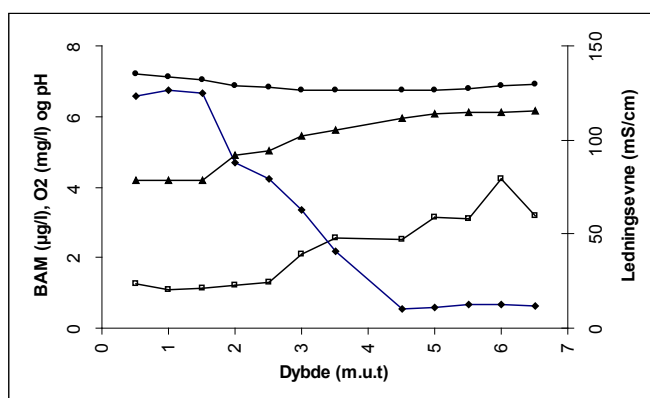
# 9. Variation i BAM kocentraktionen i brønd

Der er blevet målt BAM i vandet fra brønden i forskellige dybder flere gange. I figur 6 ses et eksempel på variationerne i BAM koncentrationerne. Det ses, at koncentrationen i brønden er under grænseværdien ned til en dybde på ca 2,5 m, hvorefter koncentrationen stiger til 6,8 µg/l i 7 meters dybde.

Undersøgelsen har vist, at det ikke er ligegyldigt hvor prøverne udtages, hvilket der vil blive taget højde for i det egentlige feltforsøg (fase 2), for eksempel vil BAM-indhold afhænge af årstid og af nedbørsfordelingen og den dermed følgende infiltration gennem sprækker til det højtliggende grundvand, hvorfra der indvindes grundvand.



**Figur 6** Variation i BAM-koncentrationer som funktion af dybden i brønd. December, 12/12-06 (trekant); Oktober, 25/10-07 (åben firkant); April, 5/4-06 (diamant).





# 10. Ansøgning om tilladelse til udsætning af *Aminobacter*

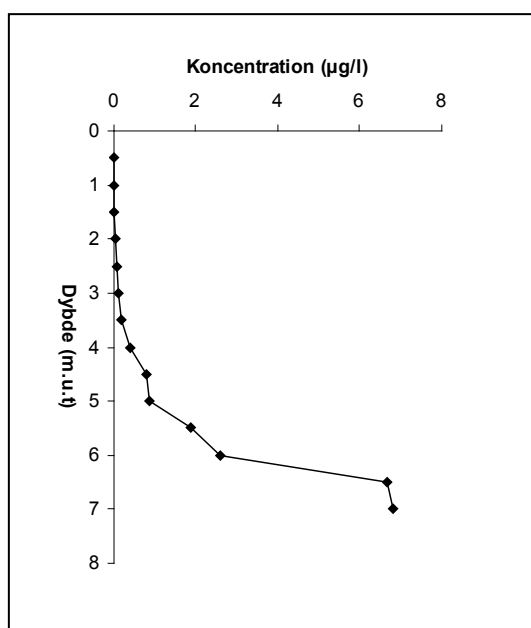
På baggrund af ovennævnte forsøg er der blevet ansøgt om tilladelse til udsætning af *Aminobacter* på Tårs lokaliteten hos Storstrøms Amt. Amtet har 27 november 2006 givet tilladelse til udsætning af maksimalt 35 l kulturvæske med en koncentration på  $10^9$  bakterier/ml. Det er beregnet at denne cellemængde vil give en celletæthed på omkring  $2,5 \cdot 10^5$  celler/g jord (gårdspladsen er ca. 1000  $\text{m}^2$  og forureningen befinder sig indenfor 10 cm (tabel 1 og 3). **Der vil skulle anmodes om fornyet tilladelse såfremt det besluttes at fortsætte med fase 2.**

# 11. Konklusioner og anbefalinger

Undersøgelsens fase 1 har vist:

- Mineraliseringen af BAM og dichlobenil kan stimuleres i jord ved tilsætning af *Aminobacter* MSH1.
- Der kan opnås en betydelig stimulering af især BAM, men også dichlobenil mineraliseringen ved tilsætning af *Aminobacter* MSH1 ved bakterietætheder helt ned omkring  $10^5$  bakterier/g jord.
- Storstrøms Amt har givet tilladelse til udsætning af i alt 35 l kulturvæske med  $10^9$  celler/ml, hvilket vil give en celletæthed i det forurenede jordvolumen på ca.  $10^5$  bakterier/g jord.
- Variationen i BAM-koncentrationen i brønden viste en tæt sammenhæng med infiltrationen og dermed at der er en god mulighed for at oprensning af overjorden vil forbedre vandkvaliteten.
- Der sås ingen effekt på nedbrydningen af den oprindelige pesticidforurening af tilsætning af *Aminobacter* MSH1. Dette skyldes sandsynligvis at den oprindelige forurening er mindre tilgængelig for mikroorganismene.

På denne baggrund anbefales det at forholde omkring biotilgængelighed af dichlobenil og BAM afklares før der går videre med projektets fase 2. Det Strategiske Forskningsråd har efterfølgende bevilget et større project ([www.miresowa.dk](http://www.miresowa.dk)), hvis formål er at udvikle mikrobiologiske metoder til oprensning af jord og drikkevand, herunder også biotilgængelighedsaspekter. GEUS, Miljøcenter Nykøbing F og Miljøstyrelsen er partnere i dette projekt.



# Referencer

Aamand J., A. Simonsen, R. S. Dam, og M. S. Holtze (2005) Hvor nedbrydes BAM? I Vintermøde om jord- og grundvandsforurening, vol. 1 pp. 23-32. ATV Jord og Grundvand, Vingstedcentret 8.-9. marts 2005.

Briggs, G.G. og J. E. Dawson (1970). Hydrolysis of 2,6-dichlorobenzonitrile in soils. *J. Agric. Food Chem.* 18 (1):97-99, 1970.

Bruun, L., C. Koch, B. Pedersen, M. H. Jakobsen, and J. Aamand (2000). A quantitative enzyme linked immunoassay for the detection of 2,6-dichlorobenzamide (BAM), a degradation product of the herbicide dichlobenil. *J. Immunol. Meth.* 240:133-142

Brüsch W., J. Stockmarr, F. P-Hallermund, P. Rosenberg (2004) Pesticidforurennet vand i små vandforsyninger

Holtze M., S. A.M.J. Christensen og J. Aamand (2004) Mikrobiel nedbrydning af BAM. Vintermøde om jord- og grundvandsforurening p. 323-300, ATV Jord og Grundvand.

GEUS 2005 Kilder til fund af Glyphosat og AMPA i drikkevand fra små vandforsyningsanlæg i Storstrøms Amt, Igangværende projekt finansieret af Miljøstyrelsen j.nr. 7041-0354 (Projektleder Walter Brüsch, GEUS)

Miljøstyrelsen (2002) Pesticider og vandværker. Udredningsprojekt om BAM-forurening. Miljøprojekt nr. 732.

Miljøstyrelsen (2005) BAM's skæbne i grundvand. Miljøprojekt nr. 1000

Montgomery, M., T. C. Yu, and V. H. Freed (1972) Kinetics of dichlobenil degradation in soil. *Weed Res.* 12 (1):31-36, 1972.

Nilsson, B., J. Aamand, O.S. Jacobsen, R.K. Juhler, A. K. Pedersen og M. Broholm (2003) Fortidens pesticidesyndere i Københavns grundvand. *Vand og Jord* 10:37-39

Verloop A and W. B. Nimmo (1972) Neue Erkenntnisse über das Verhalten von dichlobenil im Boden. *Z. Pflanzenkrankh. Sonderh.* 6:53-58, 1

Denne rapport omhandler resultaterne fra forsøg med anvendelse af BAM-nedbrydende bakterier til oprensning af BAM/dichlobenil forurenede jord.



Miljøministeriet  
Miljøstyrelsen

Strandgade 29  
DK - 1401 København K  
Tlf.: (+45) 72 54 40 00

[www.mst.dk](http://www.mst.dk)