

Notat:

Miljøvurdering av bruk av kaliumformiat i Statens vegvesen

Kjersti Wike Kronvall, Vegdirektoratet, 20.02.2008

Innledning

Salt SMART vurderer alternative kjemikalier til NaCl i vintervedlikeholdet for å unngå skade på miljøet. Kaliumformiat (K-formiat) er vurdert til å være et miljøvennlig alternativ på Oslo sentrale lufthavn (OSL) og av finske vegmyndigheter.

For å vurdere om K-formiat kan brukes som et mer miljøvennlig alternativ enn NaCl på norske veier, gjøres det en:

1. kort gjennomgang av litteratur over potensielle miljøproblemer ved bruk av K-formiat i umettet sone, ved grunnvann, ved innsjøer og på vegetasjon
2. beregning av om de teoretiske mengdene K-formiat Statens vegvesen må bruke, for å få samme frysepunktnedsettelse som ved bruk av NaCl, brytes ned uten at det oppstår miljøproblemer
3. vurdering av om de teoretiske mengdene K-formiat Statens vegvesen må bruke, overholder miljøkravene på OSL

Det tas forbehold om at litteraturoversikten ikke er fullstendig. En fullstendig litteraturoversikt vil foreligge i juli 2008.

Ved den teoretiske beregningen av bruk av K-formiat i Statens vegvesen gjøres det en del antakelser, blant annet mengdebehov for K-formiat, infiltrasjonsareal, spredning, fortykning og oksygenbehov ved nedbrytning.

1 Kort litteraturgjennomgang

Umettet sone

Naturlig nedbrytning av K-formiat vil foregå i vegetasjonsdekket, i jordsmonn og underliggende løsmasser (umettet sone) i hovedsak på våren etter snøsmelting og teleløsning. I umettet sone er det mye oksygen fordi porene i denne sonen inneholder både luft og vann.

Kjemisk oksygenforbruk (KOF) er et mål på nødvendig mengde oksygen for fullstendig oksidering av et organisk materiale i vannprøven til vann og karbondioksid. Ved bestemmelse av KOF blir et kjemisk oksidasjonsmiddel benyttet, og forbrukt mengde oksidasjonsmiddel måles i mg/l. Oksidasjon er en kjemisk reaksjon hvor et stoff avgir elektroner, og er den ene halvdel av den kjemiske reaksjonen som skjer i en redoksreaksjon. Det motsatte er reduksjon.

Nedbrytningen i umettet sone i jord er en biofilmprosess der mikroorganismer festes på mineralkornene. Fullstendig nedbrytning av K-formiat til karbondioksid og vann, krever at en viss mengde oksygen eller andre oksiderende stoffer (mangan- og jernoksyder, sulfat, nitrat) er tilgjengelige. Formiat kan tjene som en potensiell elektron donor for nitrat, mangan, jern og

sulfat reduksjon. I lysimeterforsøk i Finland ble det observert økning i konsentrasjonen av mangan (Hellsten, et.al., 2005). Dette antas å skyldes forbruk av oksygen fra mikrobiell aktivitet fra den følgende reduksjon av mangan under anoksiske forhold.

Dersom K-formiat og NaCl skal kombineres, enten ved kombinasjon eller bruk av K-formiat på en tidligere saltet veg må potensielle problemer vurderes. Eventuelle problemer ved kombinasjonen av NaCl og K-formiat på jordbakterier er kommentert av Linjordet (2008). Generelt tåler jordbakterier en del salt. Sannsynligvis vil høy konsentrasjon av formiat være et større problem for bakteriene enn NaCl. Mer enn 5 gram formiat pr kg jord vil antagelig være nok til å hindre nedbrytning. Hvis smeltevannet drenerer til sur jord (f.eks myr) kan grensen være lavere. Hvis høy NaCl kommer i tillegg vil sannsynligvis den negative effekten forsterkes. Dette bør undersøkes nærmere ved hjelp av litteratur og/eller laboratorieforsøk. For mikrobiell vekst må det være et visst forhold mellom karbon, nitrogen og fosfor. For optimale forhold bør forholdet mellom karbon, nitrogen og fosfor være 100:10:1.

Undersøkelser har vist at nedbrytningskapasiteten i jord/løsmasser ved Gardermoen er i størrelsesorden 0,5-0,7 kg KOF/m² pr. sesong. Da forutsettes det optimale forhold med tilstrekkelig med nitrogen og fosfor tilstede (Kraft et.al, 2000).

Renseeffekten i jorda vil være avhengig av:

- Tilgjengelighet av næringsstoffer (fosfor og ammonium-nitrogen)
- Temperatur
- Kornstørrelse og strømningsforhold i jorda
- Oppholdstid i umetta sone over grunnvannsnivå

Oksygenbehovet for fullstendig nedbrytning av vinterkjemikalier (KOF, kjemisk oksygen forbruk) er vist i Tabell 1. Tabellen kan også brukes for å regne om verdier oppgitt som mengde organisk forbindelse biokjemisk oksygenforbruk (BOF). 1 mg løsning av ren formiat har et kjemisk oksygenforbruk (KOF) på 0,35 mg/L.

Organisk forbindelse	Molvekt (g/mol)	Mengde (mg/L)	Oksygenbehov KOF, mg/L	Oksygenbehov BOF, mg/L
Formiat	60	1	0,35	0,27
Propylenglykol	76	1	1,68	0,90
Acetat	46	1	1,07	0,70
Urea		1	2,13	2,00

Tabell 1. Oksygenbehov ved fullstendig nedbrytning av 1 mg/L løsning av ulike organiske forbindelser. Omarbeidet fra Kraft et.al.,(2000).

Grunnvann

I mettet sone vil alle porene være vannfylte. Fordi diffusjonen av oksygen ned i grunnvannet er langsom vil det lettere oppstå oksygenmangel i denne sonen.

Etter 3 år med K-formiat-tilførsel på en hovedvei i Finland ble det ikke funnet rester av verken kalium eller formiat i grunnvannet (Hellsten, et al. 2005). Det ble observert CO₂ og HCO₃⁻ i vannet, noe som tyder på nedbrytning av formiat.

Innsjø

K-formiat er et organisk stoff. Mikroorganismene bryter ned organiske stoffer under forbruk av oksygen (O₂) og med restproduktene karbondioksid (CO₂) og vann (H₂O). Til å begynne med skjer nedbrytningen av organiske stoffer av aerobe bakterier under forbruk av oksygen. Det første symptomet på organiske stoffer i vann er derfor redusert oksygeninnhold. Når oksygenkonsentrasjonen i vann synker, svekkes livsgrunnet for de naturlige artene som for eksempel fisk og bunndyr. Arter som krever god vannkvalitet forsvinner, og erstattes av arter som er tilpasset lavere oksygenkonsentrasjon. Dersom belastningen av organisk materiale er stor, kan sopp og bakterier utvikles som et hvitt eller grått teppe på bunnen. Noen slike begroingsformer i rennende vann kan se ut som ”lammehaler”. Hvis vannet er forurenset med store mengder organisk materiale er det fare for at oksygenet i de dypere vannlagene vil forsvinne helt. I slike tilfeller overtar anaerobe bakterier nedbrytningen. Ved anaerob nedbrytning blir det utviklet gasser som hydrogensulfid (H₂S), ammoniakk (NH₃) og metan (CH₄). De negative virkninger som organiske stoffer har på en vannforekomst kalles saprobiering. De viktigste skadelige konsekvensene kan være 1) oksygenfrie forhold, 2) økt partikkelkonsentrasjon som igjen fører til økt tilslamming og 3) sekundære effekter som endringer i artssammensetningen i vannet.

En miljørisikovurdering av et stoff er en sammenlikning av den beregnede terskelen for biologiske skadeeffekter (PNEC: predicted no effect concentration) og de reelle miljøkonsentrasjonene av kjemikaliet (PEC: predicted environmental concentration). PNEC for kaliumformiat er beregnet til 0,54 mg/L på bakgrunn av resultater fra en 48 timers Daphnia magna test (LC50= 540 mg/L). Dette skyldes trolig oksygenforbruk eller lav pH, heller enn rene toksiske effekter.

Vegetasjon

Tilførsel av K-formiat i et forsøk i Finland viste at det hadde en skadelig effekt på vegetasjonen i lysimeteret. I denne undersøkelsen antas det at årsaken til dødeligheten hos de flerårige plantene i lysimeterforsøket, var den ekstremt høye konsentrasjonen og alkaliteten til kaliumformiat (pH 10,6-11,4) (Hellsten et.al. 2005). Høy konsentrasjon av kaliumformiat kan også hemme opptaket i røttene av kalsium og magnesium (Sieghardt et.al. 1998).

2 Teoretisk beregning av K-formiat på norske veger

Spredning

Undersøkelser på Gardermoen har vist at hoveddelen av baneavisingmidlene vil spres med brøytesnø/snøfresing ut til 20-50 m fra banekant. Sekundærspredning som følge av overflateavrenning på tett mark/is/tele vil også kunne oppstå, men er ikke tatt med i beregningen her. God fortytning og spredning gir normalt gode betingelser for naturlig nedbrytning i umettet sone. Langs veg vil sannsynligvis spredningen være mindre på grunn av vegens grøfteutforming. I denne beregningen tas det utgangspunkt i at 50 % av K-formiatet infiltrerer innen 10 m fra veg, og resterende 50 % infiltrerer innen 30 m fra veg. Det antas en 50 % fortytning, på grunn av at beregningene baseres på rent formiat (som utgjør 26,5 % av K-formiatløsningen), fortytning ved nedbør og markvann.

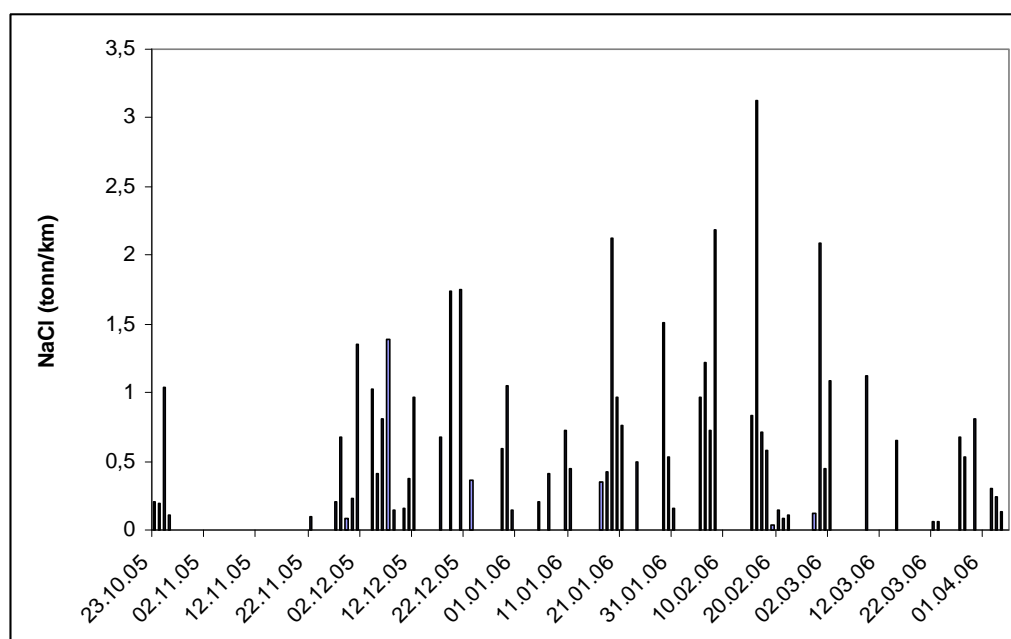
Forbruk av K-formiat

For å kunne sammenlikne virkningsgraden av ulike kjemikalier har det blitt definert et forholdstall, ytelsesfaktor, som beskriver den relative spredmengden i forhold til NaCl for å

oppnå samme frysepunktnedsettelse. Ytelsesfaktoren (ved -3 °C) til kaliumformiat er 1,50 (Klein-Paste, 2007).

Aviform L50 (K-formiat) inneholder 40 – 80 vekt% K-formiat, 20 -60 vekt% vann og <1 vekt% korrosjonsinhibitor (HMS-datablad, Aviform® L50). Av kaliumformiatet er 26,5 % rent formiat (Kraft et.al., 2000).

Rv 35 er en 4-felts motorveg på Gardermoen. I vintersesongen 2005/2006 ble det brukt 44 tonn NaCl per km, noe som tilsvarer 66 tonn K-formiat/km. Dette gir 17,49 tonn rent K-formiat/km. I vintersesongen 2005/06 (23.10-01.04) ble det saltet fra 0-3,12 tonn NaCl/km hver dag (Figur 1). Gjennomsnittlig ble det saltet 0,5 tonn NaCl /km hver dag i vintersesongen. Dersom man antar at denne mengden NaCl akkumuleres i en uke før det brytes ned, vil 3,5 tonn NaCl/km tilføres arealet langs vegen for nedbrytning (tilsvarer 5,25 tonn K-formiat/km).



Figur 1. Saltforbruk (NaCl) tonn/km per dag på Rv 35 i vintersesongen 2005/06.

Nedbrytningsberegning av K-formiat

Tabellen nedenfor viser scenarier for ulike konsentrasjoner av K-formiat (Tabell 2):

- Scenarie 1: 0,1 tonn NaCl/km (tilsvarer 0,15 tonn K-formiat/km) gir 0,23 kg KOF/m²
- Scenarie 2: 0,2 tonn NaCl/km (tilsvarer 0,30 tonn K-formiat/km) gir 0,46 kg KOF/m²
- Scenarie 3: 0,3 tonn NaCl/km (tilsvarer 0,45 tonn K-formiat/km) gir 0,70 kg KOF/m²
- Scenarie 4: 0,5 tonn NaCl/km (tilsvarer 0,75 tonn K-formiat/km) gir 1,16 kg KOF/m²
- Scenarie 5: 0,9 tonn NaCl/km (tilsvarer 1,31 tonn K-formiat/km) gir 2,02 kg KOF/m²
- Scenarie 6: 2 tonn NaCl/km (tilsvarer 3 tonn K-formiat/km) gir 4,64 kg KOF/m²
- Scenarie 7: 3 tonn NaCl/km (tilsvarer 4,5 tonn K-formiat/km) gir 6,96 kg KOF/m²
- Scenarie 8: 3,5 tonn NaCl/km (tilsvarer 5,25 tonn K-formiat/km) gir 8,12 kg KOF/m²

Det antas at oksygenforbruket er 0,35 mg/L. Beregning tar utgangspunkt i at 50 % av avrenningsvannet infiltrerer innen 10 m fra veg og 50 % innen 30 m fra veg. Det antas en 50 % fortynning, på grunn av at beregningene baseres på rent formiat (som utgjør 26,5 % av K-formiatløsningen), nedbør og markvann.

	Scenarie	NaCl, tonn/km	Oksygenbehov, KOF mg/L	Spredning i m langs 1 km veg	Infiltrasjonsareal	Infiltrasjonsareal	K-formiat, tonn	Mengde ren formiat, mg	Kg KOF/m ²	50 % fortynning, kg KOF/m ²
1	Tilsvare 0,1 tonn NaCl/km	0,1	0,35	10 og 30	20000	60000	0,15	39750000	0,46	0,23
2	Tilsvare 0,2 tonn NaCl/km	0,2	0,35	10 og 30	20000	60000	0,30	79500000	0,93	0,46
3	Tilsvare 0,2 tonn NaCl/km	0,3	0,35	10 og 30	20000	60000	0,45	119250000	1,39	0,70
4	Tilsvare 0,5 tonn NaCl/km	0,5	0,35	10 og 30	20000	60000	0,75	198750000	2,32	1,16
5	Tilsvare 0,9 tonn NaCl/km	0,9	0,35	10 og 30	20000	60000	1,31	345825000	4,03	2,02
6	Tilsvare 2 tonn NaCl/km	2	0,35	10 og 30	20000	60000	3,00	795000000	9,28	4,64
7	Tilsvare 3 tonn NaCl/km	3	0,35	10 og 30	20000	60000	4,50	1192500000	13,91	6,96
8	Tilsvare 3,5 tonn NaCl/km	3,5	0,35	10 og 30	20000	60000	5,25	1391250000	16,23	8,12

Tabell 2. Kg kjemisk oksygenforbruk/m² ved ulike mengder K-formiat.

Ut fra OSLs tålegrense på 2 kg KOF/m², bør Statens vegvesen ikke bruke mer enn 1,31 tonn K-formiat/km per dag (tilsvare 0,9 tonn NaCl/km). Dette er forutsatt ideelle forhold og at kjemikalet infiltrerer og brytes ned hver dag. Gjennomsnittlig dagsforbruk på Rv 35 var 0,5 tonn NaCl/km, noe som utgjør 0,75 tonn K-formiat/km og 1,16 kg KOF/km. Ut fra OSLs tålegrense vil dette være greit. På enkelte dager var det behov for over 3 tonn NaCl/km, noe som utgjør 4,5 tonn K-formiat/km og et oksygenforbruk på 7 kg KOF/m². Dette vil overstige OSLs tålegrense.

Gjennomsnittlig saltforbruk per dag sesongen 2005/06 var 0,5 tonn NaCl/km. Dersom dette akkumuleres en uke før det infiltrerer, vil 3,5 tonn NaCl/km (5,25 tonn K-formiat/km) infiltrere og forbruke 8,12 kg KOF/m². Dette vil være mye høyere enn tålegrensen på Gardermoen, som er på 2 kg KOF/m².

3 Vurdering av bruk av K-formiat

Miljøkrav

I utslippstillatelsen til Oslo sentrale lufthavn (OSL), Gardermoen, er det satt begrensninger til at grunnvannet ikke skal påvirkes av utslipp fra flyplassen.

OSLs tålegrense under normale forhold er 2 kg KOF/m² pr sesong (Øvstedal 2008). Grenseverdien er basert på den reelle nedbrytningshastigheten i jord fra Gardermoen som er tilført kjemikalier i flere år, og at det tilføres næringsstoffer, ved 5 °C, og er ca 20-40 mg formiat /kg jord / døgn. Dette er undersøkt ved flere laboratorieforsøk hvor nedbrytningshastigheter og nedbrytningskapasitet for jord fra Gardermoen er bestemt under ulike forhold. Det er antatt at det skjer flere smelteperioder per vintersesong og at nedbrytningen hovedsakelig foregår i de øverste meterne. Grensen er også bestemt på grunnlag av resultater fra overvåkning fra grunn og grunnvann. I beregningen er det tatt hensyn til hvor stor den effektive flatebelastningen er, og at den tett inntil banekanten kan bli større enn 2 kg KOF/m². På OSL er det innført tiltak ved at det brukes sweeper som blåser kjemikaliene lenger ut fra banekant når det er snø. Når det er varmegrader kjøres en sugebil på skulderen for å suge opp kjemikaliene som kommer på kanten. Nedbrytningskapasiteten på Ørsta-Volda lufthavn er ca 0,3 kg KOF/m² pr. sesong.

Fortynning og transport med smeltevann er viktig. Forsøkene med jord fra Gardermoen er gjort med flere konsentrasjoner hvor hastighetene er omtrent like. Men i naturen vil det ved snøsmelting og nedbør som regn på vinteren bli rask transport ned til grunnvannet. Dersom dette medfører at oppholdstiden ikke blir tilstrekkelig til at alt blir nedbrutt, overholdes ikke tålegrensen. Dette skjer av og til og er en del av risikoen. Det er da viktig at selve grunnvannet har en nedbrytningskapasitet. På OSL tillates det 15 glykolekvivalenter, noe som utgjør 72 mg/L formiat

Foreløpig konklusjon

Dersom man ønsker å bruke K-formiat på Rv 35 må man anta at formiatet akkumuleres. Ved akkumulering vil OSLs tålegrense overstiges. Gjennomsnittlig saltforbruk per dag sesongen 2005/06 var 0,5 tonn NaCl/km. Dersom dette akkumuleres en uke før det infiltrerer, vil 3,5 tonn NaCl/km (5,25 tonn K-formiat/km) infiltrere og forbruke 8,12 kg KOF/m². Dette vil være mye høyere enn tålegrensen på Gardermoen, som er på 2 kg KOF/m². Dette viser at dersom man skal være på den sikre siden, bør man ikke anbefale bruk av K-formiat på en strekning med et så høyt saltforbruk som Rv 35.

Ved ideelle forhold og en øvre grense for tillatt forbruk av formiat per dag, vil formiatet brytes ned og OSLs tålegrense overholdes. For enkelte strekninger vil det dermed være aktuelt å bruke K-formiat alene, eller i kombinasjon med NaCl. Det vil være vanskelig å forutsi hvor mye K-formiat som vil akkumuleres i snø, og dette vil være en risiko. For å minimere risikoen, må forbruket av K-formiat være så lavt som mulig. Dette innebærer bedre snøfjerning og eventuell innføring av tiltak som å blåse kjemikaliene lenger vekk fra vegkanten eller oppsuging. For strekninger med liten umettet sone eller avrenning direkte til innsjøer vil sannsynligvis bruken av K-formiat være mindre aktuelt.

Videre arbeid

Eksempelet som er brukt i denne undersøkelsen er fra Rv 35, en 4-felts motorveg, hvor saltforbruket er høyt. Det bør også gjøres undersøkelser og vurderinger i forhold til om K-formiat kan være aktuelt å bruke i områder hvor saltforbruket, og dermed det teoretiske forbruket av K-formiat, er mindre.

4 Referanser

Hellstèn, P.P., Kivimäki, A-L., Miettinen, I.Y., Mäkinen, R.P., Salminen, J.M., Nysten, T.H. 2005. Degradation of Potassium Formate in the unsaturated zone of a sandy aquifer. *J. Environ. Qual.*, 34, 1665-1671.

Jørgensen, T. 2008. Densitet til forskjellige vinterkjemikalier og potensiale til sjiktdannelse I sjøer. Teknologivdelingen, Vegdirektoratet. Statens vegvesen.

Klein-Paste, A. 2007. Intern notat. Sammenlikning av frysepunktredsettelse for kjemikalier til vinterdrift. NTNU.

Kraft, P., Hem, L.J., Weideborg, M., Roseth, R. 2000. Miljøforhold relatert til bruk av avisingsmidler ved Ørsta-Volda lufthavn. Luftfartsverket.

Linjordet, R. 2008. Bioforsk. Personlig meddelelse.

Sieghardt, M., Wrescowar, M., Tartar, A. 1998. Potassium carbonate as an alternative deicer: Impact on soil properties and vegetation. P. 41-47. In T. Nysten and T. Suokko (ed.). Deicing and dustbinding –Risk to aquifers. Proc. Int.Symp., Helsinki. 14-16 Oct. NHP Rep. 43. Finnish Environ. Inst. Helsinki.

Øvstedal, J. 2008. Personlig meddelelse. Oslo Sentrale Lufthavn.