



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Jordforurening fra solvarmeanlæg

Miljøprojekt nr. 2160

Januar 2021

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Andreas Houlberg Kristensen

Claus Larsen

ISBN: 978-87-7038-272-4

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. 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

Forord	5
Sammenfatning	6
Summary	7
1. Indledning og formål	8
1.1 Solvarmeanlæg til produktion af fjernvarme	8
1.2 Risiko for forurening af jord og grundvand	9
1.3 Problemstilling og formål	9
1.4 Grundlag og metode	10
2. Opbygning og funktion af solvarmeanlæg	11
2.1 Overordnet opbygning	11
2.2 Solfangere	11
2.3 Rørføringer	12
2.4 Teknikbygning, pumpe og varmeveksler	13
2.5 Opsamlingstank	13
3. Kilder til jordforurening	15
3.1 Potentielle kilder til spild med solvarmevæske	15
3.2 Typiske spildvolumener	15
3.3 Mulighed for at påvise og stoppe spildhændelser	15
3.4 Eksempler på spild	16
3.5 Andre kilder til jordforurening	18
4. Sammensætning og toksicitet af solvarmevæske	19
4.1 Kemiske stoffer i solvarmevæske	19
4.1.1 MPG Varmetrans BS 30% Rød	20
4.2 Propylenglykol	21
4.2.1 Beskrivelse	21
4.2.2 Toksicitet og miljøeffekter	21
4.3 Natrium-2-ethylhexanoat	22
4.3.1 Beskrivelse	22
4.3.2 Toksicitet og miljøeffekter	23
4.4 Tolyltriazol	23
4.4.1 Beskrivelse	23
4.4.2 Toksicitet og miljøeffekter	24
4.5 Azorubin	24
4.5.1 Beskrivelse	24
4.5.2 Toksicitet og miljøeffekter	24
4.6 Toksicitet vs. forventede spildstørrelser	25
4.7 Øvrige tilsætningsstoffer	25
5. Spredning og omsætning i jord og grundvand	27
5.1 Fysisk-kemiske egenskaber	27

5.2	Afdampning og spredning i poreluft	27
5.3	Mobilitet i jord og grundvand	27
5.4	Naturlig nedbrydning	28
5.4.1	Propylenglykol	29
5.4.2	Natrium-2-ethylhexanoat	29
5.4.3	Tolyltriazol	29
5.4.4	Azorubin	30
5.5	Produktion af metan og kuldioxid	30
5.6	Konceptuel model for spredning	31
6.	Erfaringer med spredning fra konkrete spild	33
6.1	Overfladespild med ca. 21.000 liter solvarmevæske	33
6.2	Siveskade med ca. 15.000 liter solvarmevæske	34
6.3	Spild med 300-400 liter jordvarmevæske	34
6.4	Langtidspåvirkning med afisningsmidler på lufthavne	34
7.	Generel risikovurdering	36
7.1	Strategi	36
7.1.1	Spildvolumen	36
7.1.2	Modelstoffer	36
7.2	Arealanvendelse	36
7.3	Grundvand	37
7.3.1	Propylenglykol	37
7.3.2	Tolyltriazol	38
7.4	Overfladevand og naturområder	39
7.4.1	Propylenglykol	39
7.4.2	Tolyltriazol	40
7.5	Akkumulering af metan	40
7.6	Samlet risikovurdering	42
8.	Anbefalet håndtering af spild med solvarmevæske	43
8.1	Kemisk analyse af jord- og vandprøver	43
8.2	Akut indsats	43
8.3	Forureningsundersøgelser og monitorering	44
8.4	Anbefalede aktioner	44
9.	Referencer	47
	Bilag 1.Sikkerhedsdatablad for MPG Varmetrans BS 30% Rød	50

Forord

Rapporten omhandler risikoen for jordforurening med varmetransmissionsvæske fra solvarmeanlæg (benævnt solvarmevæske i rapporten). Det er indledningsvis beskrevet hvilke kemikalier som solvarmevæsken indeholder samt stoffernes egenskaber. Desuden er det beskrevet, hvordan og hvor spild typisk kan opstå på større solvarmeanlæg.

På den baggrund er der udført en generel risikovurdering med fokus på hvordan solvarmevæske med tilhørende tilsætningsstoffer spredes til grundvand og overfladevand, herunder søer, vandløb, moser og andre naturområder. Til sidst er der beskrevet generelle anbefalinger til håndtering af spild.

Rapporten henvender sig til myndighedspersoner, forsyningsselskaber og rådgivere, som håndterer forurening fra solvarmeanlæg eller anlæg med tilsvarende frostsikringsvæsker og tilsætningsstoffer.

Projektet er gennemført i perioden august 2019 til december 2020 af Dansk Miljørådgivning A/S (DMR) i samarbejde med Silkeborg Kommune, Teknik og Miljø.

Desuden har Silkeborg Forsyning, Arcon-Sunmark A/S og Brenntag Nordic A/S bidraget med input og praktiske erfaringer.

Sammenfatning

Over de seneste 30 år har danske fjernvarmeværker etableret omkring 120 solvarmeanlæg til fjernvarmeproduktion. Anlæggene anvender en solvarmevæske, som cirkulerer gennem solfangerne, hvor væsken opvarmes af solens stråler. Efterfølgende ledes væsken til en central varmeveksler, hvor varmen overføres til fjernvarmevand.

Spild med solvarmevæske kan forekomme fra pludselige brud og utætheder i rørføringer. Som tommelfingerregel kan spild omfatte op til 1,5 liter solvarmevæske pr. m² solfangerareal. For meget store anlæg kan der erfaringsmæssigt være tale om op til ca. 20.000 liter, hvoraf størstedelen af spildet normalt afgraves eller opsamles.

Solvarmevæsken er baseret på vand, men er også tilsat frostsikringsmiddel, som typisk udgøres af propylenglykol. Desuden er der tilsat mindre indhold korrosionsinhibitorer, herunder stoffet tolyltriazol, som er et kendt forureningsstof i grundvand med et drikkevandskvalitetskriterium på 20 µg/l. Stoffet kan desuden være til stor skade ved spredning til overfladevand og naturområder.

Formålet med dette projekt er at indsamle oplysninger og erfaringer om stoffer i solvarmevæsken, herunder hvordan de spredes og nedbrydes i jord- og grundvand. Der er desuden udarbejdet en generel risikovurdering af typiske spildscenarier med fokus på risikoen for grundvand samt overfladevand og naturområder. På baggrund af den generelle risikovurdering er der udarbejdet nogle overordnede anbefalinger for hvilke aktioner, der bør sættes i gang afhængigt af type og størrelse af spildet. Ved konkrete spild bør risikovurderingen altid inddrage de faktiske forhold, herunder afstanden til overfladevand/naturområder, drikkevandsinteresser og bygninger.

Den generelle risikovurdering viser, at flere indholdsstoffer i solvarmevæsken kan udgøre en risiko for grundvand og overfladevand. Desuden kan nedbrydning af propylenglykol føre til dannelse af metangas, der potentielt kan medføre eksplosionsfare ved akkumulering af større mængder i bygninger. Særligt fokus bør der være på korrosionsinhibitorer, som f.eks. tolyltriazol, der ikke nødvendigvis fremgår af solvarmevæskens sikkerhedsdatablad. Korrosionsinhibitorerne er ofte meget mobile og svært nedbrydeligt i miljøet. På nuværende grundlag vurderes selv mindre spild potentielt at kunne medvirke til akkumulering af svært nedbrydelige stoffer i grundvandet og dermed en længerevarende påvirkning af nærliggende overfladevand. Resultaterne af den generelle risikovurdering er sammenfattet i tabel 1.

TABEL 1. Sammenfatning af risikovurdering.

Risikovurdering	
Risiko for arealanvendelse	Nej
Risiko for grundvand	Ja (svært nedbrydelige korrosionsinhibitorer)
Risiko for overfladevand og naturområder	Ja (iltsvind og toksisk effekt fra hhv. propylenglykol og korrosionsinhibitorer)
Risiko for akkumulering af metangas	Ja (anaerob nedbrydning af propylenglykol tæt på bygninger)

På baggrund af risikovurderingen anbefales alle spild med solvarmevæske at blive fuldt op af afværgeforanstaltninger og evt. undersøgelser til kontrol af, at der ikke forekommer uacceptabel spredning af forureningsstoffer fra solvarmevæsken.

Summary

The past 30 years Danish district heating plants have established about 120 solar heating plants for heat production. These plants apply a heat-transfer fluid, that circulates through the solar panels. Upon heating, the hot fluid transfers to a heat exchanger in which cold water is heated.

Soil contamination with heat-transfer fluid occurs from accidental spills and leaks from pipes and installations. As a rule of thumb, spills comprise up to 1.5 liters of solar heating fluid per m² solar panel. For larger plants, spills may comprise up to approx. 20.000 liters, of which the main part is typically excavated or collected in some way.

Solar heating fluid is based on water but contains antifreeze agents such as propylene glycol. In addition, the fluid contains corrosion inhibitors including tolyltriazole, which is a known groundwater pollutant at airports. Tolyltriazole has a groundwater quality criteria of 20 µg/l. In addition, tolyltriazole pose a risk in surface waters.

The main objective of this project is to collect information and experiences with chemicals in solar heating fluid including transportation and biodegradation processes in soil and groundwater. A general risk assessment is carried out with focus on typical spill scenarios. Recommended remedy actions are described.

The general risk assessment shows that several compounds in solar heating fluids pose a risk to groundwater and surface waters. Moreover, biodegradation of propylene glycol can lead to methane production, involving a potential explosion risk when accumulated in high concentrations within buildings. In addition, corrosion inhibitors such as tolyltriazole does not necessarily appear on safety sheets. Corrosion inhibitors are often extremely mobile and slowly degradable in the environment. Consequently, even minor spills are believed to contribute to accumulation of slowly degradable compounds in the groundwater and potential contamination of nearby surface waters.

TABLE 1. Results of the general risk assessment.

Risk assesment	
Risk to land use	No
Risk to groundwater	Yes (corrosion inhibitors)
Risik to surface waters and nature	Yes (oxygen depletion from propylene glycol and toxic effects from corrosion inhibitors)
Risiko for akkumulering af metangas	Yes (anaerobic degradation of propylene glycol near buildings)

It is recommended that contamination of solar heating fluids is excavated or collected immediately. If this is not possible, an investigation should be carried out to document that the contamination does not pose any risks.

1. Indledning og formål

1.1 Solvarmeanlæg til produktion af fjernvarme

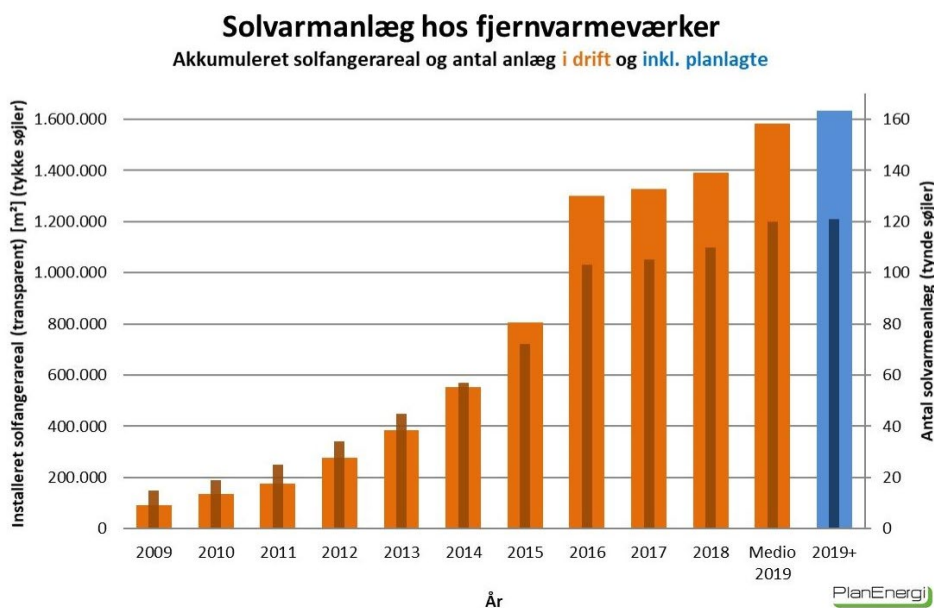
Mere end 60 % af alle husstande i Danmark opvarmes med fjernvarme (Dansk Fjernvarme, 2020). Fjernvarmeproduktionen har traditionelt været baseret på afbrænding af flis, affald, halm, olie og kul, men i dag er mere end halvdelen af fjernvarmen produceret ved vedvarende energi såsom biogas, biomasse, geotermi, vindkraft og solvarme (Dansk Fjernvarme, 2020). Især biogas er meget anvendt på større kraftvarmeværker, som både producerer el og varme.

Ved solvarme udnyttes solens stråling til produktion af varme, der via en varmeveksler kan overføres til fjernvarmevand. Solvarme er velegnet til fjernvarmeproduktion og danske fjernvarmeværker har de seneste 30 år etableret en række solvarmeanlæg over hele landet.

Det samlede solfangerareal på en solvarmeanlæg til produktion af fjernvarme er typisk 5.000-25.000 m². Flere ældre anlæg har dog solfangerarealer ned til ca. 3.000 m², mens verdens største solvarmeanlæg i Silkeborg har et solfangerareal på ca. 157.000 m². Der har generelt været en tendens til at nyopførte danske anlæg er blevet større med årene samt at ældre anlæg er blevet udvidet. Solfangere forventes normalt at have en levetid på 25-30 år.

Solvarmeanlæg til fjernvarmeproduktion dimensioneres ofte så de kan levere omkring 20-25% af den nødvendige fjernvarmeproduktion. Solvarmeproduktionen vil selvsagt være mest effektiv i sommermånederne, men selv om vinteren kan anlæggene bidrage til opvarmning af fjernvarmevand, der kan blandes med fjernvarmevand produceret fra andre kilder. Tilsvarende varierer produktionen over døgnet afhængigt af solindstrålingen.

Ved udgangen af 2017 stod Danmark for 111 ud af verdens i alt 296 solvarmeanlæg (>500 m² solfanger pr. anlæg) samt 75% af det samlede solfangerareal (DTU, 2018). I 2019 nåede den samlede solvarmekapacitet herhjemme op over 1 GW (termisk effekt) leveret af knap 1.600.000 m² solfanger fordelt på 120 fjernvarmeværker over hele landet. Udviklingen af solvarme i Danmark fremgår af figur 1.



FIGUR 1. Udvikling af solvarmeanlæg i Danmark (PlanEnergi, 2019).

Verdens største solvarmeanlæg

Verdens største solvarmeanlæg blev etableret på Sejling Hede ved Silkeborg i 2016. Anlægget omfatter 12.436 solfangere med et samlet areal på 156.694 m² (Silkeborg Forsyning, 2020). Til sammenligning er det gennemsnitlige solfangerareal på danske solvarmeanlæg til fjernvarmeproduktion på ca. 13.000 m² (Energy Supply DK, 2019). Anlægget producerer årligt ca. 80.000 MWh, svarende til ca. 20% af Silkeborg Forsynings varmebehov (Silkeborg Forsyning, 2020).



1.2 Risiko for forurening af jord og grundvand

Solvarmeanlæg anvender en varmetransmissionsvæske (benævnt solvarmevæske), der cirkuleres gennem og mellem solfangerne i et lukket rørsystem. Solvarmeanlæg kan omfatte flere tusinde solfangerne med tilhørende rørføringer. Det samlede indhold af solvarmevæske i anlæggene er typisk 20-50 liter solvarmevæske pr. solfanger.

Solvarmevæsken består typisk af 65-70% demineraliseret vand. For at undgå frostsprængninger er væsken tilsat frostsikringsmiddel, der sænker frysepunktet til mellem -8°C og -50°C afhængigt af hvor meget frostsikringsmiddel, der tilsættes. Frostsikringsmidlet er typisk mono-propylenglykol med tilsætningsstoffer i form af farvestof, pH-buffer og korrosionsinhibitorer. Sidstnævnte omfatter normalt stoffet tolyltriazol, som er en kendt forureningskomponent i grundvandet i lufthavne, hvor stoffet har været anvendt som flammehæmmer i midler til afisning af fly (Johnson, 1997; USEPA, 2012).

Spild af tolyltriazol og øvrige tilsætningsstoffer i solvarmevæske kan ske i forbindelse med pludselige uheld eller utætheder i systemet. Risikoen for spild vurderes de seneste år at være blevet større som følge af flere og større anlæg. Der er dog sideløbende sket en udvikling af anlæggene med nye og bedre alarmsystemer samt mere viden om dimensionering af rørsystemer mm.

1.3 Problemstilling og formål

Efter spild med solvarmevæske fra solvarmeanlæg er det de kommunale miljøsagsbehandlere, der skal formulere et evt. påbud. Heri skal sagsbehandleren forholde sig til bl.a. risiko for spredning af forureningsstoffer, proportionalitet og oprensningsniveau. Dette arbejde kan være vanskeligt af en række årsager:

- Mindre indhold af tilsætningsstoffer i det konkrete frostsikringsmiddel, som dog stadig kan have en miljømæssig betydning, fremgår ikke nødvendigvis af sikkerhedsdatabladet for solvarmevæske (SDS). Det skyldes at stofferne ikke overskrider grænserne for hvor et stof skal fremgå.

- Der er generelt ikke fastlagt kvalitetskriterier for stofferne, og det er derfor vanskeligt at foretage en risikovurdering og fastsætte eventuelle oprensningskriterier.
- Skadevolderen vil typisk argumentere for, at spild med solvarmevæske er ufarligt for mennesker og miljø. Argumentet baserer sig dog typisk på viden om propylenglykol og ikke de øvrige tilsætningsstoffer.
- Erfaringsgrundlaget for spild med solvarmevæske er meget begrænset sammenlignet med f.eks. benzin, dieselolie og fyringsolie, hvor både myndigheder og rådgivere generelt har stor erfaring, og kan støtte sig til en lang række vejledninger og generelle retningslinjer fra bl.a. Miljøstyrelsen. Det gælder både ved undersøgelsesstrategier, risikovurderinger og afværgeomuligheder.

Formålet med dette projekt er at imødekomme de ovennævnte problemstillinger. Dette gøres ved at undersøge, hvordan spild og forurening fra solvarmeanlæg kan forekomme, samt hvilke forureningsstoffer der potentielt kan være tale om. Der gives en beskrivelse af de relevante stoffer, herunder hvordan stofferne forventes at spredes og omsættes i jord, grundvand og overfladevand. Der sammenlignes desuden med erfaringer fra konkrete spild. På den baggrund foretages en generel risikovurdering. Til sidst oplistes anbefalinger til afværgeforanstaltninger og forureningsundersøgelser efter et spild.

1.4 Grundlag og metode

Da projektet omhandler spild med solvarmevæske fra danske solvarmeanlæg, er der i forbindelse med indsamling af baggrundsoplysninger, rettet henvendelse til relevante interessenter med viden om opførelse og drift af solvarmeanlæg i Danmark. Desuden er der indhentet tilgængelige oplysninger fra nyere danske solvarmeanlæg (§ 19-tilladelse og VVM-redegørelse) med henblik på at undersøge den typiske opbygning af solvarmeanlæg og type af solvarmevæske.

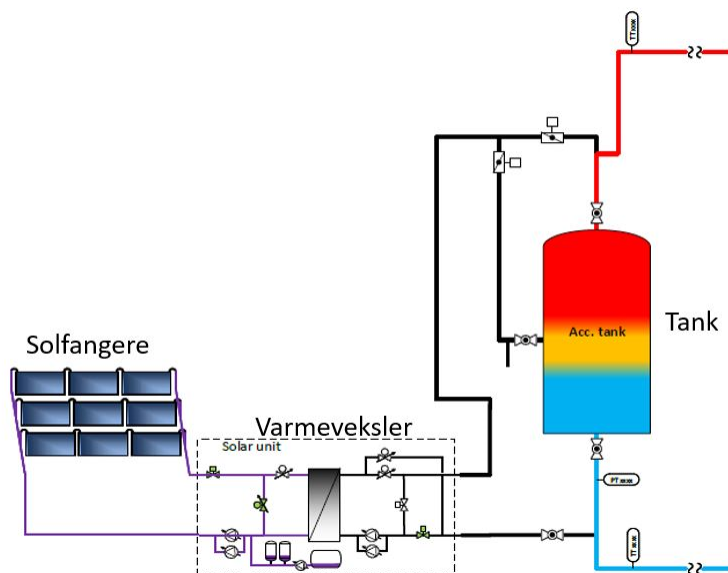
Endeligt er der udført et traditionelt litteraturstudie med fokus på spredning og naturlig nedbrydning af stoffer anvendt i solvarmevæske og på solvarmeanlæg. Det samlede grundlag er beskrevet nedenfor:

- Rundvisning på solvarmeanlæg ved Silkeborg (solfangerareal på ca. 157.000 m²) den 5. december 2019 (Silkeborg Forsyning).
- Rundvisning på solvarmeanlæg ved Hedensted (solfangerareal på ca. 11.000 m²) den 10. januar 2020 (Hedensted Fjernvarme).
- Telefoninterview med Ry Fjernvarme den 21. september 2020 om erfaringerne fra et solvarmeanlæg (3.000 m² i Ry) med drift fra 1990 til 2019 (nr. 2 anlæg til fjernvarmeproduktion i Danmark).
- Korrespondance og materiale fremsendt af Arcon-Sunmark (tidl. Arcon Solar). Virksomheden har stået bag opførelsen af de største solvarmeanlæg til fjernvarmeproduktion i Danmark de sidste 30 år.
- Korrespondance og materiale fremsendt af Brenntag Nordic A/S, der er en førende leverandør af frostsikringsmiddel til danske solvarmeanlæg.
- DMR's egne erfaringer med spild af frostsikringsmiddel på solvarmeanlægget i Silkeborg, som er verdens største. Der har været tale om to større spild på ca. 15.000 liter (siveskade) og ca. 21.000 liter (rørbrud).
- Silkeborg Kommune og Silkeborg Forsynings erfaringer med mindre spild fra solvarmeanlægget i Silkeborg.
- Gennemgang af § 19-tilladelse med tilhørende baggrundsmateriale og VVM-redegørelse for følgende anlæg: Hejnsvig Varmeværk (2015), Hjallerup Fjernvarme (2015), Hedensted Fjernvarme (2016), Silkeborg Varme (2016), Gråsten Varme (2016), Høng Varmeværk (2018) og Flauenskjold Varmeværk (2018).
- Et traditionelt litteraturstudie med rapporter og videnskabelige artikler fra ind- og udland.

2. Opbygning og funktion af solvarmeanlæg

2.1 Overordnet opbygning

Solvarmeanlæg til fjernvarmeproduktion i Danmark opbygges typisk af plane solfangere opstillet i rækker på en græsmark med serielt forbundne solfangermoduler, der er koblet parallelt i solfangerfelter. I solfangerne opvarmes en solvarmevæske, som efterfølgende pumpes til en central varmeveksler. Her udnyttes den varme solvarmevæske (ca. 50-90°C) til opvarmning af fjernvarmevand med en lavere temperatur. Solvarmevæsken anvendes således udelukkende på solfangersiden af varmeveksleren og findes ikke i selve fjernvarmevandet. Det opvarmede fjernvarmevand ledes evt. til en akkumuleringstank inden fjernvarmesystemet. Akkumuleringstanken anvendes til lagring af overskudsvarme. Et eksempel på opbygning af et solvarmeanlæg ses i figur 2.



FIGUR 2. Eksempel på opbygning af en solvarmeanlæg til fjernvarmeproduktion (Arcon-Sunmark, 2020a). Acc. tank: akkumuleringstank.

2.2 Solfangere

En solfanger omfatter en absorber, der indfanger solens stråler og omdanner den til varme. Absorberen er typisk behandlet med en selektiv belægning, der sikrer, at kun en mindre del af solens stråler reflekteres væk igen. I plane solfangere ligger absorberen på en bund af hård mineraluld, der sørger for at minimere varmetabet. Over absorberen er der et dæklag af glas, der er anti-refleksbehandlet, for at minimere refleksionen (Arcon-Sunmark, 2020a). En illustration af solfangeren er vist i figur 3.

Mellem absorber og glas kan der være udspændt en teflonfolie, der virker som en fleksibel termorude, der bremser konvektionsvarmen fra absorberoverfladen. Varmen fra absorberen flyttes ud af solfangeren via et kobberrør på bagsiden af hver absorberstrip. Alle rørene samles i et fordelerrør i hver side af solfangeren.



FIGUR 3. Eksempel på opbygning af en panelsofanger (HT HEATBoost fra Arcon Sunmark) (Arcon-Sunmark, 2020a).

2.3 Rørføringer

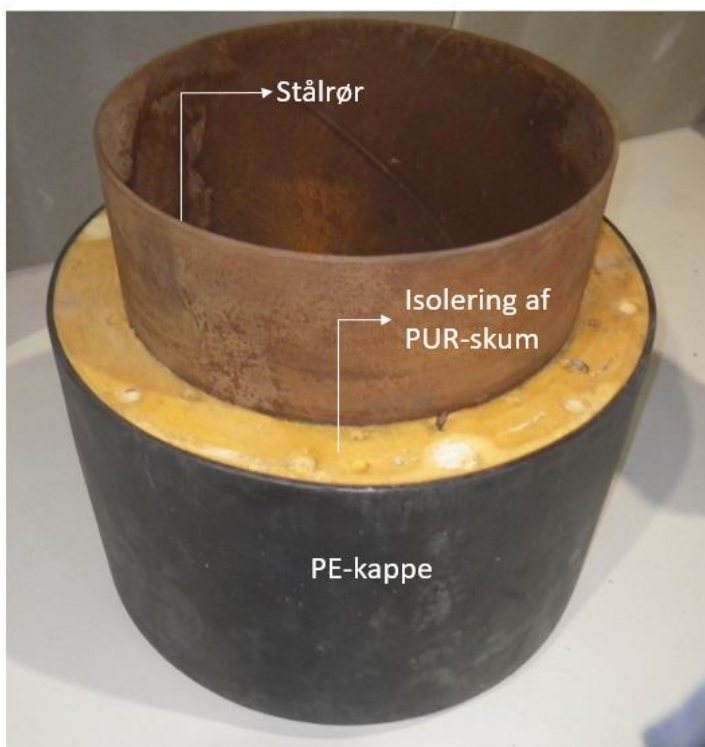
Solfangerne er forbundet i lange rækker af fleksible rustfri stålør. For enden af hver række tilkobles den første solfanger et rørsystem i jorden via en omløber (figur 4). Dette rørsystem er opbygget af præisolerede stålør, der er svejset sammen (se figur 5). Isoleringen omfatter polyurethan-skum (PUR-skum) med en beskyttelseskappe af polyethylenplast (PE). Rørene er identiske med almindelige fjernvarmerør.

Alle rørsystemer frem mod varmeveksleren er stålør med svejsede samlinger eller boltede flangesamlinger.

Følsomme installationer, som f.eks. stophaner, kan evt. nedsænkes i en brønd for at undgå påkørsler mv. Ovenjordiske ventiler er dog normalt beskyttet af en hård PE-kappe.



FIGUR 4. Rækker med solfingere (til venstre). Samling/omløber ovenfor nedgravede præisolerede stålør (til højre).



FIGUR 5. Opbygning af præisolerede rørføringer til solvarmevæske (udstillet på solvarmeanlæg på Sejling Hede ved Silkeborg). I PUR-skummet er der indbygget alarmtråde til detektion af utætheder.

2.4 Teknikbygning, pumpe og varmeveksler

Varmeveksleren er en essentiel del af solvarmeanlægget, da det er her den solopvarmede solvarmevæske udnyttes til opvarmning af fjernvarmevand. Typisk vil der være en central varmevekslerenhed placeret i en teknikbygning sammen med anlæggets pumpe samt overvågnings- og kontrolsystemer. På meget store anlæg kan det være nødvendigt med flere adskilte systemer, der har hver deres varmeveksler (Silkeborg Forsyning, 2020).

2.5 Opsamlingstank

Solvarmeanlæg til fjernvarmeproduktion vil normalt have tilknyttet én eller flere tanke til opsamling af solvarmevæske når anlægget skal tømmes helt eller delvist. Det kan være i en situation, hvor solvarmevæsken begynder at koge, hvorved en sikkerhedsventil sørger for, at overtrykket udlignes ved aftapning af solvarmevæske. Kogning kan f.eks. forekomme hvis varmen akkumuleres efter et strømudfald eller efter beskadigelse af en pumpe (Arcon Sunmark, 2020b). Trykudligningen sker typisk for de enkelte solfangermoduler, så hele anlægget ikke nødvendigvis tømmes samtidigt.

Opsamlingstankene dimensioneres til at kunne opsamle en vis del af den samlede mængde solvarmevæske i anlægget. Tankene placeres typisk på fast belægning eller i en opsamlingsgrav af beton. Tanken vil typisk blive undersøgt med fastlagte mellemrum, f.eks. med udgangspunkt i olietankbekendtgørelsen. Under normale omstændigheder vil tankens indhold af solvarmevæske være < 5.000 liter (tankens volumen vil være væsentligt større).



FIGUR 6. Opsamlingstank på solvarmeanlæg i Hedensted. Tanken har en kapacitet på 25.000 liter og skal kunne opsamle solvarmevæske fra anlæggets ca. 11.000 m² solfangere. Anlægget indeholder i alt ca. 28.000 liter solvarmevæske, men der er skønsmæssigt kun 2/3 af væsken der kan blæses af ved kogning.

3. Kilder til jordforurening

3.1 Potentielle kilder til spild med solvarmevæske

Den væsentligste kilde til forurening fra solvarmeanlæg vurderes at være anvendelsen og håndteringen af solvarmevæske med indhold af glykol og tilsætningsstoffer. En beskrivelse af kemikalier i solvarmevæsken findes i kapitel 4.

Generelt vurderes pludselige spild hovedsageligt at forekomme ved hærværk, påkørsel af solfangere og ovenjordiske rørføringer, overgravning af nedgravede rørføringer og andre maskinelt påførte skader på solfangere, rørføringer og installationer (Arcon-Sunmark, 2020b).

Spild kan ligeledes opstå som følge af dårlige flexslanger og svejsninger eller utætte samlinger (Arcon-Sunmark, 2020b). Risikoen for sådanne spild vil være størst umiddelbart efter anlæggets etablering. Generelt vurderes risikoen for utætheder at være størst i overgangen fra ovenjordiske rørføringer til nedgravede præisolerede stålrør. Utætheder i de nedgravede rør samt i selve solfangerpanelerne ses sjældent. Med mere end 60.000 km fjernvarmeledninger i Danmark er erfaringsgrundlaget med de præisolerede rør (fjernvarmerør) relativt stort.

På solvarmeanlæg anvendes området med solfangere ofte til græsning af får for at undgå græsslåning. I modsætning til geder, forårsager får erfaringsmæssigt ikke skader på solfangerne. Fugle kan nogle gange være skyld i brud på solfangerglasset, men det medfører ikke spild af solvarmevæske.

3.2 Typiske spildvolumener

Solfangerpaneler med tilhørende rørføringer indeholder typisk 20-50 L solvarmevæske pr. solfanger. Flowet i en række med paneler vil normalt være 2,5-5,0 m³/time. Pludseligt opståede spild vurderes under normale omstændigheder at være i størrelsesordenen <2.000 liter før spildet stoppes (Arcon-Sunmark, 2020b). Fra et større solvarmeanlæg med 25.000 m² solfanger vurderes den maksimale spildmængde fra et større brud normalt at kunne være ca. 20.000 liter (Arcon-Sunmark, 2020b).

Erfaringer fra solvarmeanlægget ved Silkeborg (157.000 m²) har vist, at spild med solvarmevæske kan være på op til ca. 21.000 liter (tabel 2). Ved pludselige overfladespild vil man dog typisk kunne opsuge eller opgrave en stor del af solvarmevæsken inden videre nedsivning i jorden, hvilket også var tilfældet for spildet i Silkeborg.

En vigtig faktor for de potentielle spildvolumener vurderes at være varierende terrænkoter i området med solfangerne. Det skyldes, at højdeforskelle kan være afgørende for trykket ved eventuelle brud og dermed hastigheden hvormed solvarmevæskes spildes.

3.3 Mulighed for at påvise og stoppe spildhændelser

Alle solfanger trykprøves på fabrikken inden levering. Solvarmeanlæggene etableres som lukkede systemer og trykprøves både før og efter der påfyldes væske.

Pludseligt opstående spild vil medføre et hurtigt tryktab, som centralt vil udløse en alarm via sms eller opkald, hvorefter vagtpersonalet vil stoppe pumperne. På solvarmeanlægget i Silkeborg vurderes alarmsystemet at kunne afsløre pludselige spild helt ned til 10 liter solvarmevæske, mens man ofte vurderer, at følsomheden ligger på 30-40 liter. Større utætheder over terræn vil typisk også kunne opdages visuelt, idet væsken er under tryk og kan medføre at væsken sprøjter ud i en tydelig stråle.

Anlæggets alarmsystemer er typisk ikke egnede til at detektere mindre siveskader, som sker fra ovenjordiske rørføringer over længere tid. Over tid kan tryktabet dog nå et niveau, som ligeledes vil udløse alarmsystemet. Der arbejdes løbende med udvikling af alarmsystemer, der bedre kan detektere mindre spild.

Spild fra mindre utætheder kan også påvises ved visuel inspektion af samlingerne. Typisk foretages daglige eller ugentlige rundringer mellem solfangerne. Solvarmevæsken er ofte tilsat et rødt farvestof for at gøre det nemmere at lokalisere spild. Desuden kan overfladespild på græs og vegetation medføre misvækst, som kan afsløre en utæthed over terræn (Brenntag, 2013).

Utætheder i nedgravede præisolerede stålrør vil blive påvist af det overvågningssystem, der er tilkoblet alarmtrådene i de præisolerede rør, så snart isoleringsmaterialet bliver fugtigt. Yderst ligger en PE-kappe (se figur 5), der vil reducere spredningen af spildt væske ud i den omkringliggende jord.

Teknikbygningen med varmeveksler og pumper besigtiges normalt de fleste hverdage for utætheder og fejlmeldinger.

Solvarmeanlæggene vil typisk være omkranset af hegn for at forhindre uvedkommende i at færdes mellem solfangerne. Dette er dog ikke en garanti mod hærværk.

3.4 Eksempler på spild

Tabel 2 viser typiske årsager til spild med solvarmevæske sammen med eksempler på konkrete spildhændelser. Der er ikke tale om en dækkende erfaringsopsamling, men blot erfaringer fra hhv. et lille, et gennemsnitligt og et meget stort anlæg.

Det fremgår af tabellen, at der er konstateret flere spild på solvarmeanlægget ved Silkeborg, der har været i drift siden 2016. Alle spild er fulgt op af enten undersøgelser eller oprensning for at reducere påvirkningen af jord, grundvand og nærliggende overfladevand. De konstaterede spild betragtes som indkøringsproblemer og der er implementeret flere tiltag for at undgå fremtidige spild. Som beskrevet er dette anlæg verdens største og adskiller sig derfor fra de typiske anlæg, som har solfangerarealer på 5.000-25.000 m². Med længere rørføringer og et solfangerareal, der er ca. 6-30 gange så stort som for typiske anlæg, vil det alt andet lige være forventeligt med flere spild i Silkeborg end på typiske anlæg.

På et mindre solvarmeanlæg i Ry (1990-2019) er der til sammenligning registreret et enkelt spild i den samlede driftsperiode. På et lidt større anlæg i Hedensted er der indtil nu ikke registreret spild (siden 2017). Selvom spild fra solvarmeanlæg kan ske, betragtes det således ikke som noget der normalt vil foregå regelmæssigt.

TABEL 2. Mulige kilder til forurening med solvarmevæske. * Bygger på erfaringer fra Silkeborg Kommune, Silkeborg Forsyning, Hedensted Fjernvarme og Ry Fjernvarme.

Årsag til forurening	Bemærkninger	Kendskab til konkrete spild*
Hærværk, påkørsel, overgravning, påboring mv. af solfangere og rørføringer	Vil typisk medføre en større utæthed, der straks vil være synlig og/eller medføre et tryktab, som aktiverer anlæggets alarmsystem (alarm A).	<ul style="list-style-type: none"> • Silkeborg, 2017: Spild af ca. 21 m³ efter påkørsel af ovenjordisk rørføring og stophane ifm. opsætning af hegn. • Silkeborg, 2018: Spild af ca. 3 m³ efter hærværk ved ventil.
Utætte solfangere samt ovenjordiske samlinger, flexslanger og omløbere over terræn.	Vil muligvis medføre et tryktab over tid, som vil udløse alarmsystemet (alarm B). Mindre utætheder kan desuden påvises ved visuel inspektion eller ved opgørelse af svind over længere tid.	<ul style="list-style-type: none"> • Ry, ca. 2012: Mindre spild fra utæt rørføring mellem solfangerpanelerne. Eneste spild i anlæggets driftsperiode (1990-2019). • Silkeborg, 2017: Spild af ca. 7 m³ fra fejlmonteret flexslange. • Silkeborg, 2017-2018: Svind på ca. 15 m³ fra omløbere med fejl. • Silkeborg, 2019: Spild af 50-75 liter fra utæt slange. • Silkeborg, 2019: Spild af ca. 9 m³ fra flexslange pga. fejlmontering.
Utætheder i nedgravede rør (fjernvarmerør) relateret til alm. tærring eller dårlige svejsninger.	Vil normalt aktivere et alarmsystem monteret i rørenes isolering. Rørenes PE-kappe vil reducere spredningen ud i jorden.	Nej. Utætheder i fjernvarmerør ses sjældent.
Spild ved påfyldning/tømmning af opsamlingsstanke.	Vurderes at blive opdaget med det samme.	Nej, men vurderes at være muligt som det ses for olietanke.
Spild relateret service af pumpe og varmeveksler.	Foretages typisk under kontrolrede forhold med øjeblikkelig opsamling af eventuelle spild.	Nej. Spild vurderes at blive opdaget med det samme, hvorefter spildet kan opsamles.

3.5 Andre kilder til jordforurening

Nærværende projekt har fokuseret på forurening som følge af spild med solvarmevæske. Derudover vurderes der at kunne være en række andre potentielle kilder til jordforurening fra anlæggene. Disse kilder tillægges dog generelt en mindre betydning og er ikke behandlet yderligere i dette projekt. Desuden vurderes nedenstående forureningskilder på solvarmeanlæg ikke at adskille sig fra byområder og industrielle anlæg i almindelighed.

- Afsmitning fra materialer, herunder kobberør og teflonfolie (evt. med PFAS) i solpanelerne. Både kobberør og teflonfolie vil dog være indkapslet i solfangeren, hvorfor der almindeligvis ikke vil være direkte kontakt med vej og vind.
- Afsmitning fra PUR-skum i fjernvarmerør med solvarmevæske eller fjernvarmevand. Skummet kan indeholde 1,1,1 TCA og Freon-11 i isoleringsskum (Kjeldsen et al., 2011). Skummet er indkapslet i en PE-kappe. Desuden vurderes fjernvarmerør generelt kun at medføre lokal påvirkning af terrænnært grundvand. Risikoen vil ikke være anderledes end for de ca. 60.000 km fjernvarmeledninger, der findes i Danmark.
- Alge- og ukrudtsbekæmpelse med pesticider på og mellem solfangerne. Typisk opføres solvarmeanlæggene dog på en græsmark, der anvendes til græsning af får. Algebekæmpelse er normalt ikke nødvendigt, men der er flere produkter på markedet.

4. Sammensætning og toksicitet af solvarmevæske

4.1 Kemiske stoffer i solvarmevæske

Solvarmevæsken er baseret på vand, der typisk udgør 65-70% af solvarmevæsken. Vand har en høj varmeledningsevne, lav viskositet og er ikke toksisk. Derudover er vand lettilgængeligt og relativt billigt sammenlignet med alternativerne. For at reducere risikoen for korrosion anvendes typisk demineraliseret vand, der er rensat for salte.

Da vand har et relativt højt frysepunkt (0°C) er det nødvendigt at tilsætte et frostsikringsmiddel for at sænke frysepunktet til mellem -8 og -50°C. I danske solvarmeanlæg anvendes frostsikringsmidler baseret på propylenglykol. Typisk er andelen af frostsikringsmiddel i solvarmevæsken ca. 30%, hvilket frostsikrer til -15°C (Brenntag, 2020).

Frostsikringsmidlet tilsættes korrosionsinhibitorer for at øge holdbarheden af solvarmeanlæggets rørforinger. Det er ofte nødvendigt at tilsætte flere forskellige inhibitorer for at beskytte hhv. kobber, aluminium, støbejern, stål mv. Derudover tilsættes pH-buffer og evt. et farvestof. Den samlede mængde af korrosionsinhibitorer, pH-buffer og farvestof er generelt <5%. Tabel 3 viser en oversigt over typiske stofgrupper. Tabellen angiver ligeledes typiske koncentrationer i selve frostsikringsmidlet samt i en solvarmevæske med 30% frostsikringsmiddel.

TABEL 3. Eksempler på de mest gængse korrosionsinhibitorer i varmetransmissionsvæsker samt deres koncentration (Hillerns, 1999; Brenntag, 2020; Miljøstyrelsen, 2008).

Korrosionsinhibitor	Indhold i frostsikringsmiddel (% w/w)	Indhold i solvarmevæske, 70%/30% (% w/w)
Propylenglykol	91-94	27-28
Tolyltriazol eller benzotriazol	<0,2	<0,06
Natrium-2-ethylhexanoat	Ca. 3	Ca. 0,80
Organiske syrer	3-4	<1
Silikater	<1	<0,3
Natriumtetraborat (Borax)	1-1,5	0,3-0,45
Kalium-/natriumhydroxid	<1	<0,3
Natriummercaptopbenzothiazol (MBT)	<0,3	<0,1
Natriumnitrit/-nitrat	<0,3	<0,1
Natriumsebacat	<0,3	<0,1
Natriumbenzoat (E211/Atamon)	<0,3	<0,1
Triethanol amine	<0,3	<0,1
Azorubin	Ca. 0,013	Ca. 0,004

Man skal være opmærksom på, at de fleste af stofferne i tabel 3 vil være tilsat i koncentrationer <0,1% w/w, som ikke nødvendigvis skal angives i produktets sikkerhedsdatablad. Dette er vigtigt ved risikovurdering af spild med solvarmevæske, hvor de kritiske stoffer kan være tilsat i meget lave koncentrationer. Det kan derfor være nødvendigt at kontakte leverandøren af solvarmevæsken, selvom man allerede har fået udleveret sikkerhedsdatabladet.

4.1.1 MPG Varmetrans BS 30% Rød

Brenntag Nordic A/S er en førende leverandør af solvarmevæske til solvarmeanlæg. Ifølge virksomheden selv, er deres mest solgte produkt til danske solvarmeanlæg MPG Varmetrans BS 30% Rød (Brenntag, 2020). Dette bekræftes umiddelbart ved gennemgangen af tilgængelige § 19-tilladelser for danske solvarmeanlæg. Sikkerhedsdatabladet for produktet er vedlagt som bilag 1 og angiver tre indholdsstoffer:

- Propylenglykol, frostsikringsmiddel (27,9% w/w)
- Natrium-2-ethylhexanoat, korrosionsinhibitor (< 0,8% w/w)
- Azorubin, farvestof (0,004% w/w).

Øvrige tilsætningsstoffer i produktet opfylder således ikke kriterierne for at skulle fremgå af sikkerhedsdatabladet. Brenntag har dog oplyst at produktet indeholder tolyltriazol i koncentrationen 0,054% w/w. De oplyser desuden at indholdet af Natrium-2-ethylhexanoat er 0,81% w/w (Brenntag, 2019).

Brenntag kan ikke oplyse hvilke andre korrosionsinhibitorer, der er tilsat produktet. Dette skyldes, at de køber korrosionsinhibitorer som en færdig blanding fra en anden leverandør, som af konkurrencemæssige årsager ikke kan oplyse den præcise sammensætning. Der vurderes dog hovedsageligt at være tale om stoffer omfattet af tabel 3 (Brenntag, 2020).

Tabel 4 viser en oversigt over de fire stoffer, herunder toksiske data. Stofferne er yderligere beskrevet i de følgende afsnit.

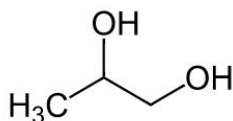
TABEL 4. Oversigt over tilsætningsstoffer samt deres toksicitet (Brenntag, 2019; ECHA, 2020; USEPA, 2012; EC-EH, 2011; Rambøll, 2013).¹ Baseret på *Daphnia Magna*.² Baseret på Hodge og Sterner (2005).³ Baseret på litteraturstudie.

	Propylenglykol	Natrium-2-ethylhexanoat	Tolyltriazol	Azorubin
Synonymer	Monopropylenglykol, 1,2 propandiol,	2-ethylhexansyre	Methyl-1H-benzotriazol, methylbenzotriazol	Dinatrium-4-hydroxy-[(4sulfonatophenyl)azo]-naphthalen-sulfonat
CAS-nr.	57-55-6	19-766-89-3	29385-43-1	3567-69-9
E-nummer	E1520	-	-	E122
Indhold i solvarmevæske				
MPG-varmetrans BS 30% (% w/w)	27,9	0,81	0,054	0,004
Koncentration (mg/l)	290.000	8.800	700	41
Toksicitet				
LD ₅₀ for rotter, mg/kg kropsvægt	20.000-30.000	2.000	675-3.400	>8.000-10.000
Hodge og Sternerskalaen ²	I praksis ikke-toksisk	Svagt toksisk	Svagt toksisk	I praksis ikke-toksisk
Predicted no-effect concentration (PNEC) (µg/l)	260.000	360	8	-
Generel risiko for vandmiljø ³	Lav	Moderat	Høj	Lav

4.2 Propylenglykol

4.2.1 Beskrivelse

Propylenglykol er en organisk forbindelse af typen diol (dobbeltalkohol). Den kemiske bruttoformel er $C_3H_8O_2$. En strukturformel ses af figur 7. Stoffet findes i to stereoisomere former (α - og β -propylenglykol) og handelsvaren er typisk en blanding af de to isomerer.



FIGUR 7. Strukturformel for propylenglykol.

Propylenglykol er en farveløs og næsten lugtfri væske med en svag, sødlig smag. Udover som frostsikringsmiddel i solvarmeanlæg anvendes stoffet i jordvarmeanlæg, biler, skøjtebaner, industrielle anlæg og til afisning af fly. Desuden er stoffet godkendt som tilsætningsstof i f.eks. indendørs maling, massageolier, hundefoder, e-cigaretter og fødevarer samt som opløsningsmiddel i medicinsk sammenhæng (ECHA, 2020).

4.2.2 Toksicitet og miljøeffekter

Den akutte toksicitet af propylenglykol betragtes generelt som lav, hvilket understreges af, at stoffet kan anvendes i fødevarer (E1520). Den dødelige dosis af propylenglykol for rotter (LD_{50}) er op til 10 gange højere end for almindeligt bordsat ($LD_{50} = 3.000$ mg/kg). Baseret alene på LD_{50} -værdien betragtes propylenglykol som ugiftigt i praksis, jf. Hodge og Sterner-skalaen (Hodge and Sterner, 2005).

Glykoler har lav flygtighed, men indånding af dampe fra afisningsmidler baseret på glykol kan erfaringsmæssigt medføre kvalme og hovedpine (USEPA, 2012).

Undersøgelser og vurderinger af stoffets effekt i jord, grundvand og vandmiljø har konkluderet, at stoffet kan betragtes som ufarligt for miljøet (West et al., 2014; Staples og Davis, 2002; Miljøstyrelsen, 2020). Det understreges af en høj grænse på 260.000 $\mu\text{g/l}$ for hvornår, der forventes uønskede effekter i ferskvand (PNEC). Propylenglykol har desuden en lav $\log K_{ow}$, hvilket betyder, at risikoen for bioakkumulering er lav (Klotzbücher et al, 2007).

Toksiciteten af propylenglykol vurderes at være lavere end den af ethylenglycol, der tidligere var den mest almindelige glykol i frostsikringsvæske og afisningsmidler (Johnson, 1997). Til gengæld vurderes propylenglykol generelt at nedbrydes langsommere end ethylenglykol.

Overfladespild med propylenglykol kan erfaringsmæssigt medføre skade på græs og anden vegetation. Skaden skyldes, at propylenglykol relativt hurtigt nedbrydes til propion- og eddikesyre, der forsuret jorden. Syrerne nedbrydes dog hurtigt videre til kuldioxid. Erfaringsmæssigt gendannes vegetationen naturligt inden for det første år efter et spild (DMR, 2019a).

Definitioner

LD₅₀ angiver den dosis (mg/kg legemesvægt), som dræber 50% af en given type forsøgsdyr (typisk rotter). Værdien er et udtryk for den akutte giftighed. En høj værdi er dog ikke ensbetydende med at stoffet er ufarligt (Bjerregaard, 2013).

PNEC ("predicted no-effect concentration") angiver den estimerede koncentrationsgrænse i et givent niveau (f.eks. ferskvand), hvor man ikke forventer skadelig effekt. Værdien er generelt konservativ (Bjerregaard, 2013).

BOD₅ (eller BI₅) angiver det biologiske iltforbrug (mg O₂/l) over fem dage ved typisk 20°C. Værdien er et udtryk for indholdet af letomsætteligt organisk stof samt iltforbruget i en recipient efter et spild (Harremoës og Malmgren-Hansen, 1990).

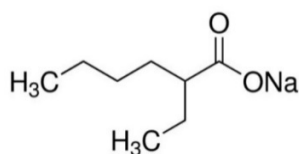
Propylenglykol har et biologisk iltforbrug (BOD₅) på ca. 1.000.000 mg/l, hvilket er meget højt. Til sammenligning er BOD₅ i almindeligt husspildevand typisk på 150-350 mg/l, mens den i kvæggylle er ca. 30.000 mg/l (Harremoës og Malmgren-Hansen, 1990). Pludselige spild med propylenglykol kan derfor medføre lokale anaerobe forhold i jord og grundvand, hvilket kan føre til dannelse af metangas (CH₄). Ved større spild direkte til overfladevand kan der desuden opstå lokale iltsvind, som potentielt kan påvirke fisk og andre levende mekanismer, som det ses ved større gylleudslip (CCME, 2007). Dette er registeret ved afstrømning af afisningsmidler fra lufthavne til vandløb, hvor der er konstateret iltsvind og fiskedød (USEPA, 2012). Påvirkningen fra afisning på lufthavne vurderes dog generelt at være væsentligt større end den påvirkning, der forventes fra solvarmeanlæg.

Der er ikke fastsat danske kvalitetskriterier for propylenglykol i jord og grundvand. Der er desuden ikke fastsat miljøkvalitetskrav for ferskvand og saltvand. I Canada anvender man imidlertid et kvalitetskrav for ferskvand på 500 mg/l, hvilket er relativt højt (CCME, 2007). Til sammenligning er det generelle kvalitetskrav i ferskvand for dieselolie på 9 µg/l.

4.3 Natrium-2-ethylhexanoat

4.3.1 Beskrivelse

Natrium-2-ethylhexanoat er en organisk forbindelse med den kemiske bruttoformel C₈H₁₅NaO₂. Stoffet anvendes som korrosionsinhibitor i frostsikringsmidler i f.eks. solvarmeanlæg, køleskabe, jordvarmeanlæg, biler og maling. En strukturformel ses af figur 8.



FIGUR 8. Strukturformel for natrium-2-ethylhexanoat.

Ved lav pH udskiftes natrium med et hydrogenatom, hvorved der dannes 2-ethylhexansyre (CAS nr. 149-57-5). Natrium-2-ethylhexanoat og 2-ethylhexansyre bruges ofte som synonymmer for hinanden.

4.3.2 Toksicitet og miljøeffekter

Der er påvist en lavere dødelig dosis af natrium-2-ethylhexanoat hos rotter end den, der er påvist for propylenglykol. Værdien for LD₅₀ er dog stadig relativt høj og på niveau med værdien for bordsalt. Baseret alene på LD₅₀-værdien betragtes propylenglykol som svagt toksisk, jf. Hodge og Sterner-skalaen (Hodge and Sterner, 2005).

Direkte kontakt med ufortyndet natrium-2-ethylhexanoat kan medføre øjenskader og hudirritation. Desuden kan indtag af natrium-2-ethylhexanoat medføre fertilitetsskader og skader på ufødte børn (ECHA, 2020).

Miljøstyrelsen har tidligere vurderet, om natrium-2-ethylhexanoats egenskaber og toksicitet er problematisk i forhold til anvendelsen som korrosionsinhibitorer i frostsikringsmiddel i jordvarmeanlæg. Her kom Miljøstyrelsen frem til, at natrium-2-ethylhexanoat ikke udgør en større risiko for miljøet end ethanol, der er den primære komponent i IPA-sprit, der er godkendt til jordvarmeanlæg (Miljøstyrelsen, 2020).

De canadiske myndigheder har foretaget en vurdering af ethylhexansyre, der kan dannes når natrium-2-ethylhexanoat opløses i vand ved neutral pH. Her kom man ligeledes frem til, at spild med stoffet ikke havde en længerevarende effekt på vandmiljøet. Desuden blev det vurderet at stoffet ikke var bioakkumulerbart (EC-HC, 2011).

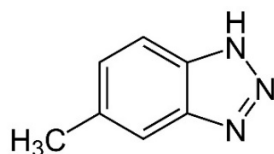
Miljøstyrelsen har ikke fastsat kvalitetskriterier for natrium-2-ethylhexanoat eller 2-ethylhexansyre. Der er desuden ikke fastsat miljøkvalitetskrav for ferskvand og saltvand.

4.4 Tolyltriazol

4.4.1 Beskrivelse

Tolyltriazol, også kaldet methyl-1H-benzotriazol, er et organisk stof af typen triazoler. Triazolerne omfatter bl.a. svampebekæmpelsesmidlet 1,2,4-triazol, der ofte konstateres i grundvandet.

Den kemiske bruttoformel er C₇H₇N₃ og en strukturformel ses af figur 9. Termen tolyltriazol anvendes generelt for handelsvaren, som består af stort set lige dele 4- og 5-methylbenzotriazol med små mængder af 6- og 7-isomererne. Isomerer er betegnelsen for to eller flere kemiske forbindelser, der har samme molekylformel, men forskellig opbygning.



FIGUR 9. Strukturformel for tolyltriazol (isomeren 5-methyl-1H-benzotriazol).

Tolyltriazol anvendes bl.a. som korrosionsinhibitor i smøremidler, fremkaldervæsker og frostsikringsmidler i kontakt med kobber, herunder i solvarmeanlæg (ECHA, 2020). Stoffet har desuden været tilsat som flammehæmmer i afslingsmidler til fly, hvor indholdet har været 0,1-5% (Miljøstyrelsen 2013; USEPA, 2012) og i brandslukningsskum, hvor indholdet har været 0,5-1,5% (Miljøstyrelsen, 2016). Stoffet er i dag stort set udfaset fra afslingsmidler.

Tolyltriazol findes i sporkoncentrationer i spildevand og dermed også i mange recipienter (dvs. søer og vandløb), som modtager spildevand, da renselanlæggene sjældent kan oprense stoffet.

4.4.2 Toksicitet og miljøeffekter

For tolyltriazol er der påvist en lavere dødelig dosis hos rotter end der er for propylenglykol. Værdien for LD₅₀ for stoffet er dog stadig relativt høj og på niveau med værdien for bordsalt. Baseret alene på LD₅₀-værdien betragtes propylenglykol som svagt toksisk, jf. Hodge og Sterner-skalaen (Hodge and Sterner, 2005).

Direkte kontakt med tolyltriazol kan give hud- og øjenirritation. Indtag vurderes ud fra forsøg med mus og rotter at kunne give skader på nyrer, lunger, lever og nervesystemet (Miljøstyrelsen, 2013).

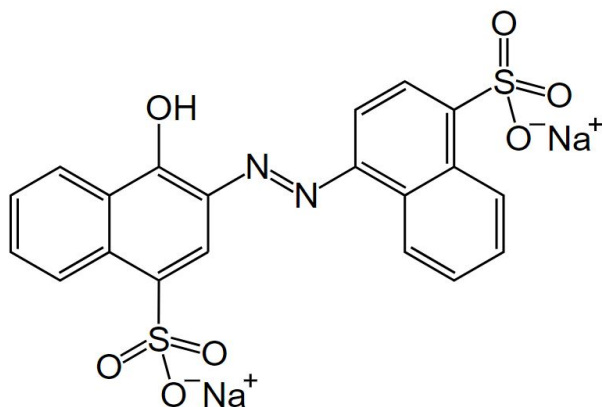
Tolyltriazol vurderes at være ekstremt giftigt for vandmiljøet med en PNEC-værdi i ferskvand på 8 µg/l. Miljøstyrelsen fraråder på den baggrund anvendelsen af tolyltriazol som tilsætningsstof i jordvarmeanlæg (Miljøstyrelsen, 2020; ECHA, 2020; USEPA, 2012).

For tolyltriazol har Miljøstyrelsen fastsat et jordkvalitets- og drikkevandskvalitetskriterium (hhv. 30 mg/kg TS og 20 µg/L). Der er ikke fastsat miljøkvalitetskrav for ferskvand.

4.5 Azorubin

4.5.1 Beskrivelse

Azorubin (eller dinatrium-4-hydroxy-[(4sulfonatophenyl)azo]-naphthalensulfonat) er et organisk farvestof af typen azofarvestoffer. Den kemiske bruttoformel er C₂₀H₁₂N₂Na₂O₇S₂. En strukturformel ses af figur 10. Azorubin anvendes som rødt farvestof i f.eks. fødevarer.



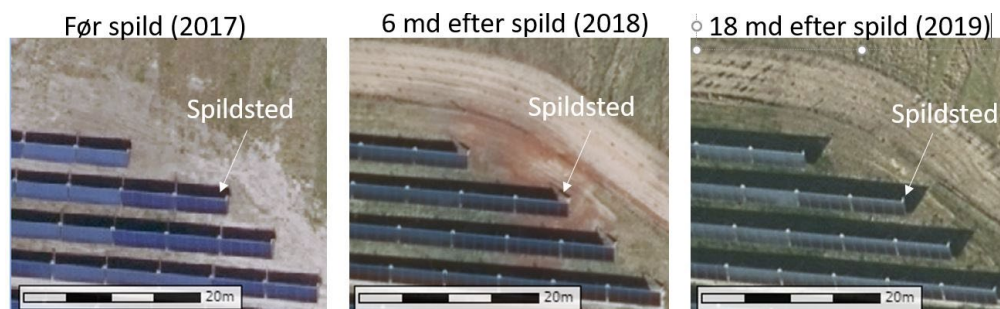
FIGUR 10. Strukturformel for azorubin.

4.5.2 Toksicitet og miljøeffekter

Toksiciteten af azorubin betragtes generelt som lav, hvilket understreges af, at stoffet kan anvendes i fødevarer (E122) som f.eks. rød sodavand og frugtvin. Azorubin har en lidt lavere LD₅₀ for rotter end propylenglykol. Til gengæld er koncentrationen af azorubin i solvarmevæsken kun 0,004%, svarende til ca. 7.000 gange lavere end den af propylenglykol.

Baseret alene på LD₅₀-værdien betragtes propylenglykol som ugiftigt i praksis, jf. Hodge og Sterner-skalaen (Hodge and Sterner, 2005). Azorubin mistænkes for at kunne give allergiske reaktioner og hyperaktivitet hos børn, men indholdet i solvarmevæsker (ca. 41 mg/l) er lavere end hvad der er tilladt i fødevarer (50 mg/l).

Effekten af azorubin i vandmiljøet kendes ikke, men vurderes umiddelbart at begrænse sig til midlertidig misfarvning af jord, vegetation og overfladevand (se figur 11). Den røde farve ses typisk ikke 0,2 m nede i jorden eller i terrænnært grundvand. Desuden forsvinder misfarvningerne typisk inden for et år.



FIGUR 11. Flyfotos fra et solvarmeanlæg i Silkeborg, hvor der i 2017 blev spildt ca. 21.000 liter solvarmevæske. Luffotoet fra 2018 viser rødbrunlig misfarvning af overfladejorden i området omkring spildstedet for enden af en række solfangere. Misfarvningen vurderes at skyldes spildets indhold af azorubin, men kan devlist også være afsvedet græs. Misfarvningen ses ikke ca. 1½ år efter spildet (DMR, 2019a).

4.6 Toksicitet vs. forventede spildstørrelser

Risikoen for spild med et kemisk stof afhænger udover af toksiciteten også af størrelsen af spildet samt koncentrationen af det potentielle forureningsstof (risiko = toksicitet x spildstørrelse x koncentration). Tabel 5 viser spildstørrelsen for de enkelte stoffer for samlede spild af solvarmevæske på hhv. 200 liter, 2.000 liter og 20.000 liter.

TABEL 5. Udspecificerede spildvolumener for indholdsstoffer i solvarmevæske ved tre forskellige samlede spildvolumener. Der er taget udgangspunkt i MGP Varmetrans BS 30% Rød fra Brenntag.

	Stofspecifikt spildvolumen (liter)		
	200 liter	2.000 liter	20.000 liter
Propylenglykol	57	570	5.700
Natrium-2-ethylhexanoat	1,6	16	160
Tolyltriazol	0,11	1,1	11
Azorubin	0,008	0,08	0,8

Det fremgår at der vil være tale om vidt forskellige volumener af de enkelte stoffer. Et spild af 200 liter solvarmevæske vil f.eks. kun omfatte ca. 8 ml azorubin, mens det vil omfatte 57 liter propylenglykol. Alene på baggrund af spilmængden vurderes azorubin derfor at udgøre en meget lille risiko.

4.7 Øvrige tilsætningsstoffer

Udover tolyltriazol vurderes der som tidligere beskrevet at være en række andre korrosionsinhibitorer og tilsætningsstoffer i solvarmevæsken, som dog ikke fremgår af sikkerhedsdatabladet for solvarmevæsken (se tabel 3). De fleste af disse stoffer vurderes at være til stede i meget lave koncentrationer (< 0,1% w/w), men som det er tilfældet for tolyltriazol, er det ikke ensbetydende med, at stofferne ikke kan udgøre en potentiel risiko i forbindelse med større spild. Udvalgte stoffer er beskrevet nedenfor (baseret på ECHA, 2020).

- Natriumercaptobenzothiazol (MBT): Har egenskaber, der ligner tolyltriazol og er således meget mobilt og langsomt nedbrydeligt i jord og grundvand. Desuden forventes en høj toksicitet i vandmiljøet med en PNEC i ferskvand på 4,1 µg/l. Stoffet vurderes dog ikke at bioakkumulere.
- Triethanolamin: Er mobilt i jord og grundvand og nedbrydes ikke væsentligt. Der er oplyst en PNEC i ferskvand på 200 µg/l, hvilket er på niveau med natrium-2-ethylhexanoat.
- Natriumnitrit: Nitrit er potentielt toksisk i vandmiljøet, men mindre indhold vurderes hurtigt at blive oxideret til nitrat i zoner med aerobe forhold i grundvand og overfladevand.
- Natriumbenzoat: Sælges som Atamon og må anvendes i fødevarer. Stoffet har en PNEC i ferskvand på 130 µg/l. Stoffet vurderes at være moderat til let nedbrydeligt. Selvom stoffet har høj vandopløselighed, forventes derfor ikke væsentlig udbredelse i jord og grundvand.
- Natriumsebacat: Der er oplyst en relativt lav PNEC i ferskvand på 18 µg/l. Mobiliteten i jord og grundvand er usikker.
- Natriumtetraborat (Borax): Relativt lav toksicitet med en PNEC i ferskvand på 2,9 mg/l. Nedbrydeligheden i jord og grundvand er usikker.

Det fremgår, at flere af stofferne vurderes at være mobile i jord og grundvand, have lav nedbrydelighed samt være toksiske i vandmiljøet. Det vurderes dog, at de nævnte stoffer har en mobilitet og toksicitet på niveau med eller lavere end for tolyltriazol. I forbindelse med en risikovurdering, vurderes tolyltriazol derfor at være et konservativt modelstof for de tilsætningsstoffer, som evt. kan være i solvarmevæsken uden at fremgå af sikkerhedsdatabladet.

5. Spredning og omsætning i jord og grundvand

5.1 Fysisk-kemiske egenskaber

De fysisk-kemiske egenskaber er afgørende for i hvilken form forureningsstoffer primært vil findes efter et spill til jordmiljøet (adsorberet til partikler, opløst i porevand og grundvand eller afgasset til poreluft og atmosfæren).

Tabel 6 viser udvalgte fysisk-kemiske egenskaber for typiske stoffer i solvarmevæske. Til sammenligning er der i tabellen medtaget data for benzen, der er velkendt forureningsstof på lokaliteter forurenede med olie- og benzinprodukter.

TABEL 6. Fysisk-kemiske egenskaber af stoffer i solvarmevæske (ECHA, 2020; EC-EH, 2011; Rambøll, 2013). Til sammenligning er medtaget egenskaber for benzen. ^A målt ved 1,6 kPa.

	Propylen-glykol	Natrium-2-ethylhexanoat	Tolyltriazol	Azorubin	Benzen
Tilstand ved 20°C	Flydende	Fast stof	Fast stof	Fast stof	Flydende
Densitet ved ca. 20°C (kg/L)	1,03	0,91-1,07	1,266	Ikke bestemt	0,877
Vandopløselighed ved ca. 20°C (g/L)	Fuld blandbar	1.000-2.500	3.000-4.000	>100.000	1,9
Kogepunkt ved ca. 101 kPa (°C)	184	157	204 ^A	907,49	80,9
Damptryk ved ca. 20°C (Pa)	20	<10	4	Ukendt	10.100
Flygtighed	Lav	Meget lav	Meget lav	Meget lav	Høj
Adsorption (log- K_{ow}) ved ca. 20°C	-1,07	1,3-2,7	1,079	-0,001	1,56-2,15
Adsorption (log- K_{oc}) ved ca. 20°C	0,46	1,4-2,15	2,04	3,3	2,13
Foretrukne fase i jord	Vand	Vand	Vand	Vand	Vand/luft
Mobilitet	Meget høj	Meget høj	Meget høj	Høj	Høj

5.2 Afdampning og spredning i poreluft

Stofferne i solvarmevæsken har alle et højt kogepunkt (>150°C) og et lavt damptryk. Desuden har stofferne svag eller ingen lugt. Stofferne i solvarmevæsken er væsentlig mindre flygtige end benzen. På den baggrund vurderes det, at kun en ubetydelig andel af tilsætningsstofferne i solvarmevæske vil findes i jordens gasfase. Der forventes derfor under normale forhold ikke at foregå målbar afgasning af stofferne til inde- og udeluft.

5.3 Mobilitet i jord og grundvand

Tilsætningsstofferne i solvarmevæsken har generelt lave værdier af fordelingskoefficienterne K_{ow} (octanol-water) og K_{oc} (organic carbon-water). Stoffer med en $\log K_{ow} < 3$ og $\log K_{oc} < 2,3$ vurderes generelt at indikere lav binding i jorden i både umættet og mættet zone (By- og

Landskabsstyrelsen, 2010). Et enkelt studie har dog vist, at adsorption af benzotriazol (der kemisk set ligner tolyltriazol) kan spille en væsentlig rolle i højorganisk jord som tørv og kompost (Breedveld et al, 2003).

Natrium-2-ethylhexanoat omdannes ved typiske pH-værdier til 2-ethylhexansyre (CAS-nr. 149-57-5). Der forventes ikke væsentlig adsorption af 2-ethylhexansyre ved pH-værdier på 6-9 (EC-HC, 2011).

Stofferne i solvarmevæsken har alle en høj vandopløselighed (min. 1.000 g/L). Vandopløseligheden er væsentligt højere end for benzen og de fleste olie- og benzinprodukter.

Samlet set vurderes propylenglykol, natrium-2-ethylhexanoat og tolyltriazol at være mobile i jorden og spredes med nedsivende regnvand (nettoinfiltrationen) og efterfølgende transporteres med grundvandsstrømningen i det førstkomende magasin uden at adsorbere væsentligt til jordens partikler. Azorubin og 2-ethylhexansyre vil muligvis adsorbere til jordens organiske stof, hvilket vil reducere nedsivningen og grundvandstransporten.

Spredning til overfladevand og naturområder kan forekomme for alle fire stoffer ved direkte spredning, f.eks. over befæstede arealer eller via nedgravede dræn og regnvandskloakker med udledning til recipienten. Desuden kan der forekomme spredning via grundvandet, medmindre stofferne nedbrydes ved naturlige processer under transporten.

5.4 Naturlig nedbrydning

Naturlige bakteriers mulighed for at nedbryde organiske forureningsstoffer er ofte afgørende for, om et givent organisk forureningsstof vil sprede sig i jord og grundvand i et omfang, der udgør en risiko.

I tabel 7 ses det generelle billede af bionedbrydeligheden af stoffer i solvarmevæske. Oversigten omfatter både aerobe forhold (ilt tilgængeligt for nedbrydningsprocesserne) og anaerobe forhold (nedbrydningen foregår med alternative elektronacceptorer).

Nedbrydningen forventes ikke at danne toksiske eller svært nedbrydelige nedbrydningsprodukter, som har betydning for en risikovurdering.

Man skal være opmærksom på, at viden om naturlig nedbrydning af stofferne generelt er baseret på mikrokosmosforsøg (flaskeforsøg) i laboratoriet, der ofte ikke kan simulere in situ-forhold, hvor distribution af substrat (typisk forureningsstoffet), elektronacceptorer og næringssalte kan spille en større rolle end i flaskeforsøg med omrystning. Forsøgene giver dog stadig en relativ indikation af, om der er potentiale for naturlig nedbrydning eller ej.

TABEL 7. Bionedbrydelighed for stoffer i solvarmevæske (^AECHA, 2020; ^BPubchem, 2020; ^CIlieva, 2013; ^DKlotzbücher et al, 2007; ^EJohnson, 1997; ^FEC-HC, 2011; ^GATSDR, 1997)).

	Propylen-glykol	Natrium-2-ethylhexanoat	Tolyltriazol	Azorubin
Bionedbrydelighed, aerobe forhold	Meget høj ^{A,B,C,D,E}	Høj ^{A,E,F}	Lav ^{A,B,E}	Ukendt
Bionedbrydelighed, anaerobe forhold	Meget høj ^{C,G}	Høj ^{C,F}	Lav ^{A,B,E}	Ukendt

5.4.1 Propylenglykol

Propylenglykol betragtes generelt som let nedbrydeligt i miljøet og monitoring af restforurenin-
ger viser generelt, at stoffet ikke kan påvises i væsentlig grad 1-2 år efter et spild (DMR,
2019a; DMR, 2019b; Breedveld et al., 2003).

Under aerobe forhold er nedbrydning af propylenglykol i jord og grundvand bl.a. påvist i flere
laboratoriestudier med fokus på spild fra jordvarmeanlæg (Ilieva, 2013) og lufthavne med afis-
ning af fly (Toscano, 2018, Burke, 1999; Johnson, 1997; Klecka et al, 1993). Nedbrydningen
er påvist i både ler- og sandjord (Johnson, 1997; Burke, 1999). Generelt påvises aerobe hal-
veringstider af propylenglykol i jordprøver (flaskeforsøg) mellem 0,2 og 5 dage (Toscano et al,
2018; ATSDR, 1997), svarende til 1. ordens nedbrydningskonstanter på 0,1-4,3 dag⁻¹. Ned-
brydningsforsøg baseret på vandprøver har vist halveringstider i samme størrelsesorden (ca.
1-4 dage) (ATSDR, 1997).

I Klecka et al, 1993, blev det vurderet, at nedbrydningen indledningsvis antager en 0. ordens
nedbrydningskinetik. Der blev påvist nedbrydningsrater på 66-93 mg/kg jord/dag ved 25°C, 20-
27 mg/kg jord/dag ved 8°C og 2,3-4,5 mg/kg jord/dag ved -2°C. Til sammenligning viser erfar-
inger med bioventilering af benzinformuret sandjord typisk 0. ordens nedbrydningsrater på 1-
10 mg/kg jord/dag (ca. 5-12°C) (Downey et al, 1999). Da benzin generelt betragtes som let ned-
brydeligt under aerobe forhold, illustrerer de højere rater for propylenglykol, at stoffet er sær-
deles let nedbrydeligt. Resultaterne viser dog også, at lave temperaturer vil reducere nedbryd-
ningsraten betragteligt.

Nedbrydningen er også påvist under anaerobe forhold med f.eks. nitrat, sulfat og jern som
elektronacceptor (Toscano, 2013; Klotzbücher et al, 2007). I vandprøver er der bestemt halve-
ringstider på ca. 3-5 dage, svarende til ca. 0,1-0,2 dag⁻¹ (ATSDR, 1997).

Med enkelte undtagelser viser nedbrydningsforsøg med propylenglykol fuldstændig minerali-
sering (Klecka et al, 1993). Der er ikke påvist akkumulering af toksiske eller svært nedbryde-
lige nedbrydningsprodukter fra den naturlige nedbrydning (Klotzbücher et al, 2007; Miljøstyrel-
sen, 2008).

Der er påvist nedbrydning af propylenglykol i jordkoncentrationer på op til 5.300 mg/kg TS,
hvorfor høje koncentrationer umiddelbart ikke vurderes at hæmme nedbrydningen (Klecka et
al, 1993). Derimod viser enkelte studier, at tilstedeværelsen af tolyltriazol kan forlænge lagfa-
sen (dvs. tilvænningsfasen for bakterierne) for naturlig nedbrydning af propylenglykol (Klotz-
bücher et al, 2007).

5.4.2 Natrium-2-ethylhexanoat

I forbindelse med en miljøvurdering udført af de canadiske myndigheder, er der indsamlet ned-
brydningsdata fra laboratorieforsøg med af 2-ethylhexansyre i en række medier, herunder jord,
grundvand, sediment og spildevand (EC-HC, 2011). Generelt er der påvist høj nedbrydelighed
under både aerobe og anaerobe forhold. Halveringstiden blev vurderet med god sikkerhed at
være <182 dage, der er grænsen for hvornår et stof betragtes som svært nedbrydeligt i miljøet
(EC-HC, 2011).

5.4.3 Tolyltriazol

Nedbrydningsforsøg med tolyltriazol viser generelt, at stoffet er meget langsomt nedbrydeligt
under både aerobe og anaerobe forhold (ECHA, 2020; Ilieva, 2013; USEPA, 2012). Enkelte
forsøg har dog påvist delvis nedbrydning i aerobe flaskeforsøg i laboratoriet med både ler- og
sandjord (Johnson, 1997; Burke, 1999). Nedbrydningen vurderes at være hurtigst for 5-isome-
ren (ECHA, 2020; USEPA, 2012).

Generelt forventes halveringstider af triazolener i miljøet på >180 dage (Pubchem, 2020). Spild med tolyltriazol i miljøet forventes derfor at være svært nedbrudelige.

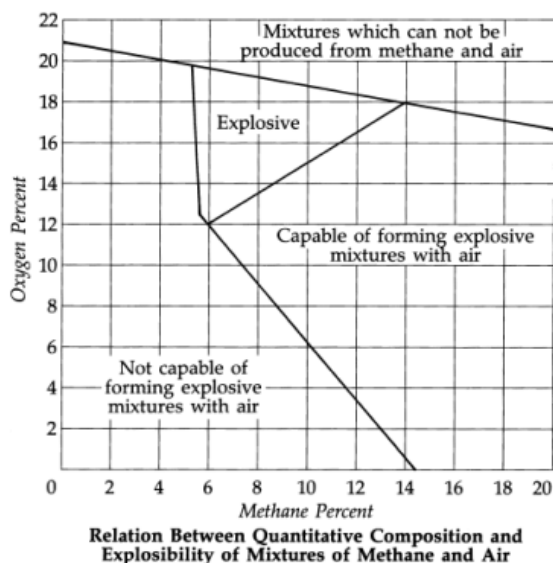
5.4.4 Azorubin

Det er ikke lykkedes at finde litteratur om bionedbrydeligheden af azorubin i miljøet. Stoffet findes dog i meget lave koncentrationer i solvarmevæske (0,004%) og vurderes derfor som udgangspunkt at være vanskeligt at påvise i jord og grundvand og ikke at udgøre en miljømæssig risiko ved typiske spild fra solvarmeanlæg.

5.5 Produktion af metan og kuldioxid

Som beskrevet udgør propylenglykol typisk 25-50% af solvarmevæsken. Da propylenglykol har et ekstremt højt biologisk iltforbrug (>30 gange BOD₅ for kvæggylle) vurderes spild med propylenglykol at kunne medføre lokale metanogene forhold i jord, grundvand og overfladevand (USEPA, 2012). Det betyder, at eksterne elektronacceptorer opbruges (især O₂, NO₃⁻, SO₄²⁻), og at metanogene bakterier begynder at danne metangas (CH₄).

Metan er i sig selv lugtfri og ikke toksisk. Metan er dog en drivhusgas, som generelt har stor betydning for den globale opvarmning. Derudover kan metangas udgøre et alvorligt problem ved afdampning og akkumulering i bygninger og andre lukkede rum, da høje koncentrationer kan medføre eksplosionsfare. Eksplosionsfaren afhænger af luftens sammensætning (se figur 12). "Lower explosion limit" (LEL) for metan er ca. 5% og "upper explosion limit" (UEL) er ca. 15% (USEPA, 2005). I indeklima og andre lukkede rum bør indhold af metan > 0,5% føre til øjeblikkelige afværgetiltag for at undgå risiko for at åben ild eller gnister kan antænde metangassen og medføre en eksplosion (ITRC, 2011).



FIGUR 12. Eksplosionsfare ved forskellige indhold af metan og ilt (ITRC, 2011).

Metan er en let gas, som vil søge opad. Kraftig metanproduktion kan i nogen tilfælde danne et overtryk, som vil øge den konvektive transport til nærliggende bygninger. På lokaliteter med andre forureningsstoffer kan denne effekt øge indtrængningen af andre flygtige stoffer til bygningen (ITRC, 2011; USEPA, 2005).

Omfanget af metandannelse efter et spild med solvarmevæske vil afhænge af bl.a. spildmængden, og om der er tale om et pludseligt spild eller en siveskade. Desuden vil det spille en rolle, om jordens permeabilitet generelt tillader effektiv geniltning af de forurenede aflejringer. Selv lave indhold af atmosfærisk ilt kan hæmme de metanogene bakterier og medføre oxidation af metangas, hvormed risikoen reduceres (ITRC, 2011).

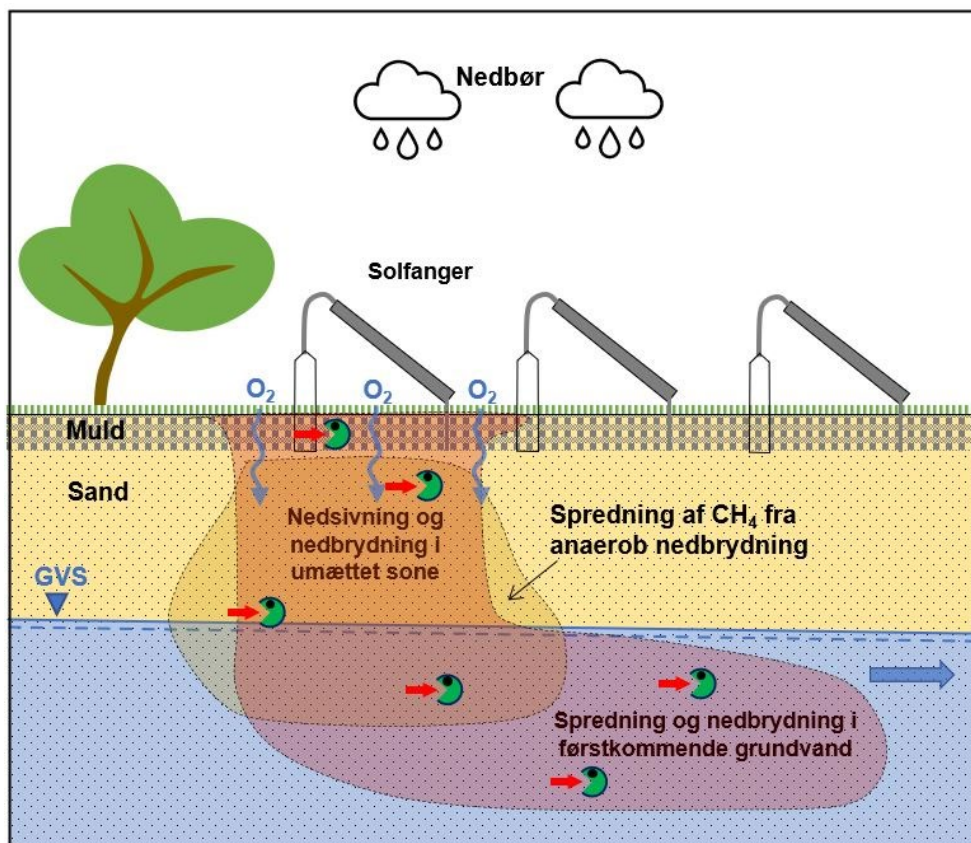
Risikoen for akkumulering af metan i bygninger vil desuden afhænge af bl.a. geologiske forhold, jordens vandindhold, bygningens placering og konstruktionsmæssige forhold som f.eks. gulvopbygning og kloakforhold. Konstruktionsmæssige forhold til reduktion af radon kan medvirke til at reducere risikoen for indtrængning af metan til bygninger. Desuden vil den rumlige og tidslige variabilitet spille en stor rolle for risikoen for afdampning af metan i væsentlige koncentrationer.

Ved undersøgelser af lokaliteter forurenet med propylenglykol er det vigtigt at være opmærksom på, at metandannelse kan være forsinket måneder eller år efter det oprindelige spild. Af samme grund kan man til tider observere metanproduktion nedstrøms kildeområdet, selvom man ikke ser det ved selve spildstedet (ITRC, 2011).

Udover metangas vurderes spild med solvarmevæske at medføre øget dannelse af kuldioxid. Erfaringer fra tidligere lossepladser har vist, at kuldioxid her kan dannes i koncentrationer, der kan udgøre en potentiel risiko for indeklimaet, hvor arbejdstilsynets grænseværdi for kuldioxid er fastsat til 0,1%.

5.6 Konceptuel model for spredning

På baggrund af stoffernes egenskaber sammenfatter figur 13 en konceptuel model for spild med solvarmevæske. Udbredelsen i figuren repræsenterer både glykol og de øvrige tilsætningsstoffer. Udbredelsen i jord og grundvand vurderes dog ikke at være den samme for alle fire stoffer, der har forskellige nedbrydningshastigheder i jorden og forskellige koncentrationer i den spildte solvarmevæske.



FIGUR 13. Konceptuel model af pludseligt overflade spild med solvarmevæske. Der antages at være en recipient nedstrøms for spildområdet.

Umiddelbart efter spildet vil nedsivningen i jorden foregå ved konvektiv transport, idet der opbygges et "vandspejl" på jordoverfladen (dvs. pytter på jordoverfladen med spildt solvarmevæske). Da adsorption vurderes at være uvæsentlig, vil solvarmevæsken relativt hurtigt nedsive i jordens umættede zone. Eventuelle afværgeforanstaltninger vil givetvis kunne reducere udbredelsen betydeligt. Omvendt vil nedbør kunne øge udbredelsen.

I homogen sandjord forventes nedsivningen at foregå uden væsentlig horisontal spredning. Lavpermeable lagdelinger vil kunne medføre horisontal udbredelse og samtidigt reducere den vertikale udbredelse ved spildstedet.

Hvis der træffes terrænnært grundvand under spildstedet, vil stofferne i solvarmevæsken opløses og spredes sammen med grundvandsstrømningen uden væsentlig tilbageholdelse. Transporthastigheden i grundvandet forventes derfor at være tæt på grundvandets strømningshastighed som følge af lav adsorption og høj vandopløselighed for alle stofferne. På baggrund af stoffernes densitet forventes ingen væsentlig densitetsdrevet transport inden for grundvandszonen.

Dræn eller kloakker i spildområdet kan evt. spille en rolle, idet solvarmevæsken kan trænge ind i rørene. Rørene kan evt. udlede forureningen direkte til f.eks. en recipient.

I jord og grundvand vil der efter en kort lagfase opstartes en mikrobiel omsætning af de af stofferne, som er let nedbrydelige (særligt propylenglykol). Nedbrydningen vil indledningsvist forbruge ilt, og herefter de øvrige eksterne elektronacceptorer (nitrat/mangan(III), jern(III) og sulfat).

Når eksterne elektronacceptorer er opbrugt vil der kunne dannes metan. Metanproduktion på lossepladser forventes normalt at kunne medføre en spredning udover lossepladsens grænser på op til 50 m (Kristensen et al., 2020). Ved spild fra solfangere på solvarmeanlæg vil der dog ofte ikke være nærliggende bygninger ligesom potentialet for metandannelse efter et typisk spild ikke kan sammenlignes med en større losseplads, hvor der løbende kan dannes metan over mange år.

6. Erfaringer med spredning fra konkrete spild

6.1 Overfladespild med ca. 21.000 liter solvarmevæske

På et solvarmeanlæg ved Silkeborg skete der i 2017 et spild af ca. 21.000 liter solvarmevæske, da en ovenjordisk rørføring blev påkørt af en entreprenørmaskine i forbindelse med opsætning af hegn omkring anlægget (DMR, 2019a). Både rørføring og stophane blev revet over. Med en slamsuger blev der opsamlet ca. 35.000 liter overfladevand med solvarmevæske, men andelen af solvarmevæske i det opsamlede vand blev ikke målt. Der blev ikke afgraved forurenede jord, men over en periode på ca. et år blev der i fem omgange udtaget jordprøver fra spildområdet i otte faste målepunkter til kemisk analyse for glykoler. Undersøgelserne viste, at forureningskoncentrationen i jorden i løbet af undersøgelserne faldt fra 8.900 mg/kg TS til <2 mg/kg TS (DMR, 2019a).



FIGUR 14. Opsamling af spildt solvarmevæske efter brud på rørføring og stophane på anlæg ved Silkeborg.

Omkring et år efter spildet kunne der stadig påvises propylenglykol i grundvandet (hhv. 27 og 4,4 mg/l) i to filtersatte borer, mens der i fem afgrænsede filtersatte borer ikke kunne påvises propylenglykol (<2 mg/l). Der blev også analyseret en vandprøve fra en mindre sø, beliggende nedstrøms uden, at der kunne påvises propylenglykol.

Erfaringerne fra spildet viser, at selv kraftig jordforurening (>8.000 mg/kg TS) relativt hurtigt udvaskes og nedbrydes. Udbredelsen af grundvandsforureningen med propylenglykol på denne sag var således begrænset, med en fanelængde på maksimalt 25-50 m (DMR, 2019a).

Der blev ikke analyseret jord- og vandprøver for tolyltriazol, der ikke fremgik af sikkerhedsdata-bladet for solvarmevæsken. Natrium-2-ethylhexanoat blev på baggrund af vurderinger foretaget for jordvarmeanlæg (Miljøstyrelsen, 2008) vurderes ikke at udgøre en risiko (DMR, 2019a).

6.2 Siveskade med ca. 15.000 liter solvarmevæske

På samme solvarmeanlæg i Silkeborg blev der over en periode i 2017-2018 registreret et spild med ca. 15.000 liter solvarmevæske (DMR, 2019b). Kilden til svindet var 28 utætte omløbere placeret for enden af solfangerrækkerne. Alle omløbere (ca. 1.200 stk.) blev efterfølgende udskiftet. Omkring 1 år efter at spildet var konstateret, blev der udført filtersatte boringer tre steder, hvor der tidligere havde været utætte omløbere. Der blev udtaget grundvandsprøver fra terrænnært grundvand beliggende ca. 2 meter under terræn i aflejringer af sandet ler eller gytje. Jordprøver fra boringerne viste ikke synlige tegn på forurening eller forhøjede PID-udslag. Resultater fra grundvandsprøver viste alle indhold af glykoler $<0,1$ mg/l.

Erfaringerne fra spildet viser, at spild med propylenglykol over længere tid ofte ikke vil føre til grundvandsforurening, der kan påvises ca. 1 år efter at spildet er stoppet.

6.3 Spild med 300-400 liter jordvarmevæske

Hvert år etableres flere hundrede jordvarmeanlæg i Danmark, hvoraf de fleste er terrænnære anlæg (Miljøstyrelsen, 2008, Krag, 2011). Jordvarmeanlæggene anvender en brine baseret på enten ethanol, IPA-sprit, ethylenglykol eller propylenglykol. Desuden tilsættes ofte korrosionsinhibitor i form af f.eks. natrium-2-ethylhexanoat. Koncentrationsniveauer for propylenglykol og natrium-2-ethylhexanoat er på niveau med dem anvendt i solvarmevæske.

Spild fra jordvarmeanlæg kan erfaringsmæssigt omfatte op til 300-400 liter brine (Miljøstyrelsen, 2008, Krag, 2011). Erfaringer fra to større spild af brine med ethylenglykol og natrium-2-ethylhexanoat viser, at der umiddelbart efter spildet kunne påvises indhold af ethylenglykol i jorden på op til 11.000 mg/kg TS samt indhold af natrium-2-ethylhexanoat på 0,25 mg/kg TS. Ethylenglykol kunne ikke påvises ved poreluftmålinger udført ved spildstedet (Krag, 2011).

Der blev ikke udført afværgeforanstaltninger. Seks måneder efter spildet kunne der i jordprøver fra spildstedet påvises indhold af ethylenglykol på op til 4.800 mg/kg TS. I grundvandsprøver udtaget fra samme boringer kunne der på den ene lokalitet påvises indhold af ethylenglykol på op til 2,2 mg/l i dybden 5-7 m u.t., mens der ikke kunne påvises grundvandsforurening på den anden lokalitet. Efter yderligere 1½ år var grundvandskoncentrationen af ethylenglykol i de filtersatte boringer $<0,2$ mg/l (Krag, 2011).

Undersøgelserne understreger, at spild med glykol til jord relativt hurtigt udvaskes eller nedbrydes, så forureningen ikke længere kan påvises ved spildstedet efter 1-2 år. På baggrund af stoffets høje nedbrydelighed vurderes der heller ikke at være grundvandsforurening nedstrøms fra spildstedet. Ethylenglykol betragtes generelt som endnu mere nedbrydeligt end propylenglykol (Johnson, 1999).

Resultaterne viser desuden, at der selv ved relativt store spild med brine kun påvises et mindre indhold af natrium-2-ethylhexanoat i jorden (0,25 mg/kg TS). Dette stemmer overens med at stoffet, ligesom i solvarmevæske, findes i relativt lave koncentrationer i brine og forventes at udvaskes hurtigt til grundvandet. Der blev ikke analyseret for natrium-2-ethylhexanoat i grundvandsprøverne.

6.4 Langtidspåvirkning med afisningsmidler på lufthavne

Afisning af fly er traditionelt foregået med afisningsmidler baseret på enten ethylenglykol eller propylenglykol. Stofferne benzotriazol og tolyltriazol var ofte tilsat som flammehæmmere. Indholdet af tolyltriazol i afisningsmidler var $<2\%$ og typisk 0,2-0,5% v/v, dvs. typisk højere end de

koncentrationer, der er i solvarmevæske. Stoffet er dog ved at blive udfaset fra afisningsmidlerne som følge omfattende grundvandsforurening påvist på mange lufthavne.

Hver gang et fly afises anvendes i størrelsesordenen 400-4.000 liter afisningsmiddel, hvoraf helt ned til 20% opsamles i lufthavnens drænsystemer (Miljøstyrelsen, 2013; Johnson, 1999). I grundvandet under afisningsplatforme i Københavns Lufthavn er der påvist indhold af tolyltriazol på 160-180 µg/l, mens indholdet af benzotriazol var 30 µg/l (Miljøstyrelsen, 2013).

På en lufthavn i Oslo er der udtaget jord- og grundvandsprøver 1 og 2 år efter at anvendelsen af afisningsmidler blev indstillet (Breedveld et al., 2003). Jordprøverne blev udtaget i en afvandingsgrøft, langs landingsbaner og ved en plads til opsamling af sne, mens grundvandsprøver blev udtaget fra filtersatte borer placeret bl.a. ved afisningsplatformene. Der blev ikke påvist glykoler i jordprøverne og kun i én grundvandsprøve. Der blev generelt påvist indhold af benzotriazol på 0,33-13 mg/kg TS i jordprøver og 1,2-1.100 µg/l i grundvandsprøver. Indholdene af tolyltriazol i jord- og grundvandsprøver var generelt ca. 10% af indholdet af benzotriazol (Breedveld et al., 2003).

Resultaterne understreger, at triazoler generelt er langt mindre nedbrydelige i miljøet end glykoler. Desuden viser resultaterne, at der ved vedvarende og kraftig påvirkning med tolyltriazol kan opbygges relativt høje grundvandskoncentrationer (op til 180 µg/l). Forureningen med tolyltriazol forventes pga. langsom nedbrydning at kunne genfindes år efter at påvirkningen er stoppet.



FIGUR 15. Afisning af fly på Gardermoen Lufthavn, Oslo. Afisningsmidler kan indeholde glykoler og triazoler, herunder propylenglykol og tolyltriazol (Riaz, 2012).

7. Generel risikovurdering

7.1 Strategi

Den generelle risikovurdering af spild med solvarmevæske i dette projekt foretages i fire trin:

1. Vurdering af risiko for arealanvendelse.
2. Vurdering af risiko for grundvand.
3. Vurdering af risiko for overfladevand og naturområder.
4. Vurdering af risiko for akkumulering af metan.

Der tages udgangspunkt i et spild fra en pludseligt opstået utæthed i en ovenjordisk rørføring på et større solvarmeanlæg. Den spildte solvarmevæske antages at være MGP Varmetrans 30% BS Rød fra Brenntag, der er det mest anvendte produkt herhjemme på solvarmeanlæg til fjernvarmeproduktion.

7.1.1 Spildvolumen

Der vurderes at være tale om hhv. et moderat spild (200 liter solvarmevæske) og et stort/meget stort spild (2.000-20.000 liter solvarmevæske). Der er vel at mærke tale om den del af spildet, som ikke opsamles eller afgraves umiddelbart efter, at spildet er konstateret. Ved konkrete risikovurderinger skal der naturligvis tages hensyn til den faktiske spildstørrelse.

7.1.2 Modelstoffer

Risikovurderingen foretages med udgangspunkt i propylenglykol og tolyltriazol, som tilsammen vurderes at gøre risikovurderingen konservativ for hvert af de fire trin ovenfor. Begge stoffer vurderes at have høj mobilitet i jord og grundvand.

Propylenglykol har en koncentration i solvarmevæsken, der er væsentligt højere end de øvrige tilsætningsstoffer tilsammen. Desuden har stoffet en ekstremt høj BOD₅, der vurderes relativt hurtigt at medføre anaerobe forhold og dermed potentiel metandannelse (jord og grundvand) og/eller iltvind (overfladevand).

Tolyltriazol inddrages pga. stoffets høje mobilitet, lave nedbrydelighed og høje toksicitet i vandmiljøet. Stoffet vurderes derfor at være velegnet som modelstof for eventuelle korrosionsinhibitorer, som ikke fremgår af sikkerhedsdatabladet for solvarmevæsken, men som muligvis kan have en toksisk effekt i overfladevand (f.eks. natriummercaptopbenzothiazol).

TABEL 8. Modelstoffer anvendt i risikovurderingens fire trin.

Risikovurdering	Stof
Arealanvendelse	Propylenglykol og tolyltriazol
Grundvand	Propylenglykol og tolyltriazol
Overfladevand	Propylenglykol og tolyltriazol
Akkumulering af metan	Propylenglykol

7.2 Arealanvendelse

Propylenglykol har en svag lugt og et relativt lavt damptryk. Spild med propylenglykol vurderes derfor ikke at medføre væsentlig afdampning til udeluften eller spredning af dampe til nærliggende bygninger. De øvrige stoffer i solvarmevæsken vurderes at have samme eller lavere flygtighed.

Direkte kontakt med jord forurenede med solvarmevæske bør undgås, da f.eks. tolyltriazol kan medføre hudirritation. Solvarmeanlæg betragtes dog ikke som følsom arealanvendelse. Der er generelt ikke offentlig adgang, og solfangerne er typisk indhegnede. Desuden vurderes solvarmevæsken normalt at blive udvasket hurtigt fra overfladejorden. Overfladespild med solvarmevæske vurderes derfor generelt ikke at udgøre en kontaktrisiko.

Området med solfangerne anvendes ofte til græsning af får. I tilfælde med overfladespild kan man evt. sørge for at fårene ikke græsser i området med påvirket jord. Dette giver dog normalt sig selv, idet overfladespild med solvarmevæske kan medføre misvækst i op til cirka ét år.

7.3 Grundvand

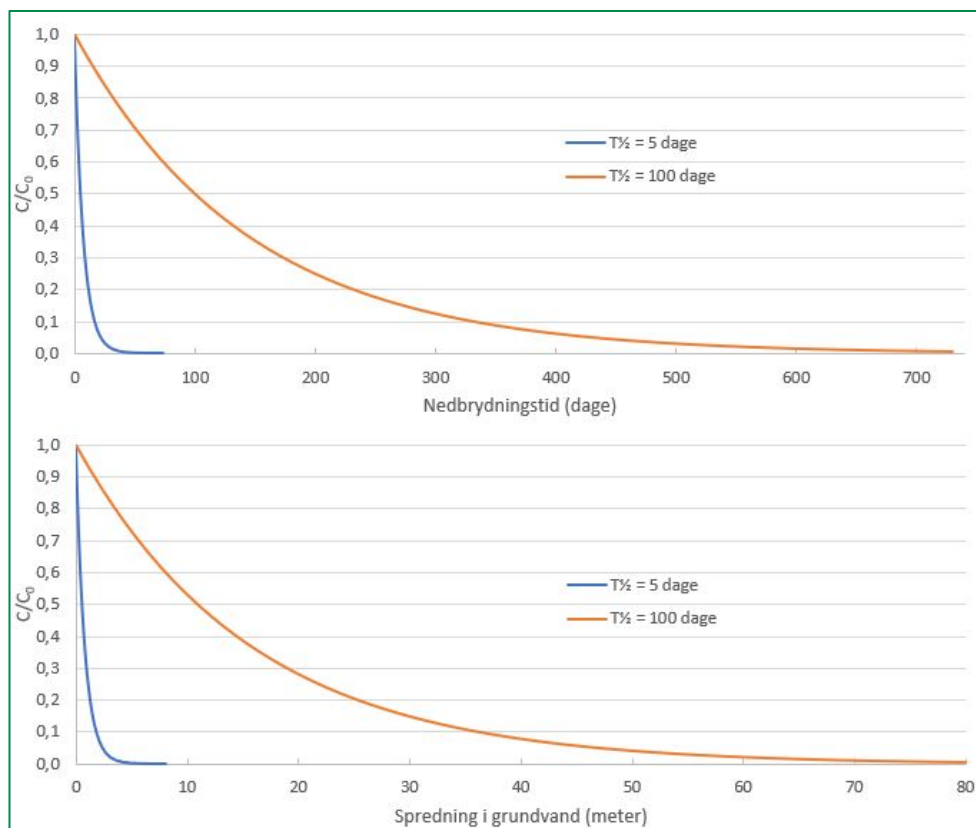
7.3.1 Propylenglykol

Det er relativt veldokumenteret, at propylenglykol er let nedbrydeligt i jord og grundvand under både aerobe og anaerobe forhold. Laboratorieforsøg har vist halveringstider på < 5 dage. Der forventes dog lavere nedbrydningshastigheder in situ, hvor distributionen af propylenglykol og eksterne elektronacceptorer kan være begrænsende.

I figur 17 ses, at en halveringstid på 5 dage vil medføre 90% nedbrydning indenfor 17 dage, mens en halveringstid på 100 dage vil forlænge nedbrydningstiden til ca. 1 år. Med en antaget porevandshastighed i grundvandet på 40 m/år og $T_{1/2}$ mellem 5 og 100 dage vil 90% nedbrydning opnås efter hhv. 1,8 m og 36 m grundvandstransport.

Erfaringer fra to større spild på verdens største solvarmeanlæg i Silkeborg (15.000 og 21.000 liter solvarmevæske) viser generelt, at propylenglykol hurtigt udvaskes eller nedbrydes fra den umættede zone. Desuden kan der kun påvises en begrænset udbredelse i førstkomende grundvandsmagasin på 25-50 m fra spildstedet (DMR, 2019a). På den baggrund forventes grundvandfaner med propylenglykol at antage en stabil eller aftagende udbredelse inden for få måneder, afhængigt af strømningshastigheden.

Andre letnedbrydelige stoffer i solvarmevæsken vurderes at have lignende halveringstider og derfor ikke at medføre en væsentlig grundvandsforurening. Det gælder f.eks. organiske syrer, herunder 2-ethylhexansyre.



FIGUR 16. Naturlig nedbrydning af propylenglykol i grundvandet som funktion af tid (øverst) og afstand (nederst). Transporten er regnet som et simpelt "plug flow" med en halveringstid ($T_{1/2}$) på hhv. 5 og 100 dage. C/C_0 angiver koncentrationen af propylenglykol i vandfasen ved et givent tidspunkt sammenlignet med den oprindelige koncentration ($t=0$ dage). Transportafstanden er baseret på en porevandshastighed på 40 m/år (baseret på JAGG 2.1 for mellemkornet sand og en gradient på 0,5%).

7.3.2 Tolyltriazol

Tolyltriazol vurderes at være svært nedbrydeligt under både aerobe og anaerobe forhold. Ved undersøgelser udført på lufthavne med afisning af fly, er tolyltriazol påvist i grundvandet i koncentrationer på op til 180 $\mu\text{g/l}$ (Miljøstyrelsen, 2013). Desuden er stoffet påvist i grundvandet minimum to år efter at anvendelsen af afisningsmidler er afsluttet (Breedveld, 2003). Forurening med tolyltriazol og andre svært nedbrydelige korrosionsinhibitorer vurderes derfor at udgøre en potentiel risiko for grundvandsressourcen.

På solvarmeanlæg skal man desuden være opmærksom på risikoen for gentagende spild, der påvirker det samme grundvandsmagasin. Selv mindre spild med solvarmevæske vil derfor kunne medvirke til akkumulering i grundvandet af tolyltriazol og andre svært nedbrydelige stoffer fra solvarmevæsken (f.eks. natriummercaptopbenzothiazol og triethanolamin).

Beregning: Forurening af grundvand med tolyltriazol

Et spild med 200 liter solvarmevæske omfatter ca. 0,11 liter ren tolyltriazol. Det vil beregningsmæssigt kunne forurene ca. 700 m³ grundvand med en middelkoncentration på 200 µg/l, svarende til 10 x drikkevandskvalitetskriteriet for tolyltriazol. Et spild på 2.000 liter vil tilsvarende kunne forurenede 7.000 m³.

7.4 Overfladevand og naturområder

7.4.1 Propylenglykol

Et spild med 200-20.000 liter solvarmevæske vurderes at svare til ca. 57-5.700 liter ren propylenglykol. Som følge af en høj nedbrydelighed og et meget højt biologisk iltforbrug (BOD₅) vurderes sådanne spild at evt. medføre lokale anaerobe forhold i grundvandet. Ved større spild eller hyppige mindre spild kan det medføre en længerevarende reduktion af iltindholdet i det terrænnære grundvand. Herved kan overfladevand og naturområder nedstrøms for spildet potentielt blive påvirket med iltfattigt grundvand, hvilket kan skade vandmiljøet.

Direkte spredning af propylenglykol til overfladevand eller naturområder via f.eks. dræn kan ligeledes medføre lokalt iltsvind. Iltsvind kan f.eks. medføre dannelse af sulfid, der har høj toksicitet i vandmiljøet.

Iltsvind i overfladevand ses bl.a. omkring lufthavne med anvendelse af propylenglykol i afslutningsmidler (Johnson, 1999; USEPA, 2012). Ved lufthavne vurderes der dog at være tale om en mere konstant påvirkning end der er tilfældet på et solvarmeanlæg, hvor der ikke forventes regelmæssige spild.

Beregning: Iltsvind efter spild med propylenglykol

Med en BOD₅ for propylenglykol på 1.000.000 mg/l kan det overslagsmæssigt estimeres, at et spild med 200 liter solvarmevæske potentielt kan opbruge iltindholdet i ca. 5.700 m³ grundvand/overfladevand. Med en middeldybde på 2 m svarer det til en sø med et areal på ca. 2.800 m².

Det er i beregningen antaget, at vandet som udgangspunkt er iltmættet (ca. 11 mg/l ved 12°C), og at iltindholdet reduceres til 1 mg/l, svarende til grænsen for anaerobe forhold. Der er ikke medtaget effekten af naturlig geniltning med atmosfærisk ilt, som vil reducere iltsvindet.

7.4.2 Tolyltriazol

Tolyltriazol har en PNEC i ferskvand på 8 µg/l, hvilket er relativt lavt. Spild med solvarmevæske vurderes derfor at udgøre en potentiel risiko for skadelig påvirkning af overfladevand og naturområder med tolyltriazol og evt. andre svært nedbrydelige og toksiske korrosionsinhibitorer.

Beregning: Påvirkning af overfladevand med tolyltriazol

Et spild med 200 liter solvarmevæske omfatter ca. 0,11 liter ren tolyltriazol. Det vil være beregningsmæssigt kunne forurene ca. 1.700 m³ overfladevand til en koncentration på 80 µg/l, svarende til 10 x PNEC ("predicted no-effect concentration") i ferskvand. Med en middeldybde på 2 m svarer det til en sø på ca. 850 m².

7.5 Akkumulering af metan

Som følge af potentielt store spild af propylenglykol samt høj BOD₅ og nedbrydelighed, vurderes at medføre høj risiko for massiv dannelse af metan i forurenede jord og grundvand. Metangassen vurderes potentielt at kunne akkumulere i nærliggende bygninger, bygværker og kloaker. Metangas er ikke giftigt, men kan udgøre en eksplosionsfare ved koncentrationer mellem ca. 5 og 15% v/v.

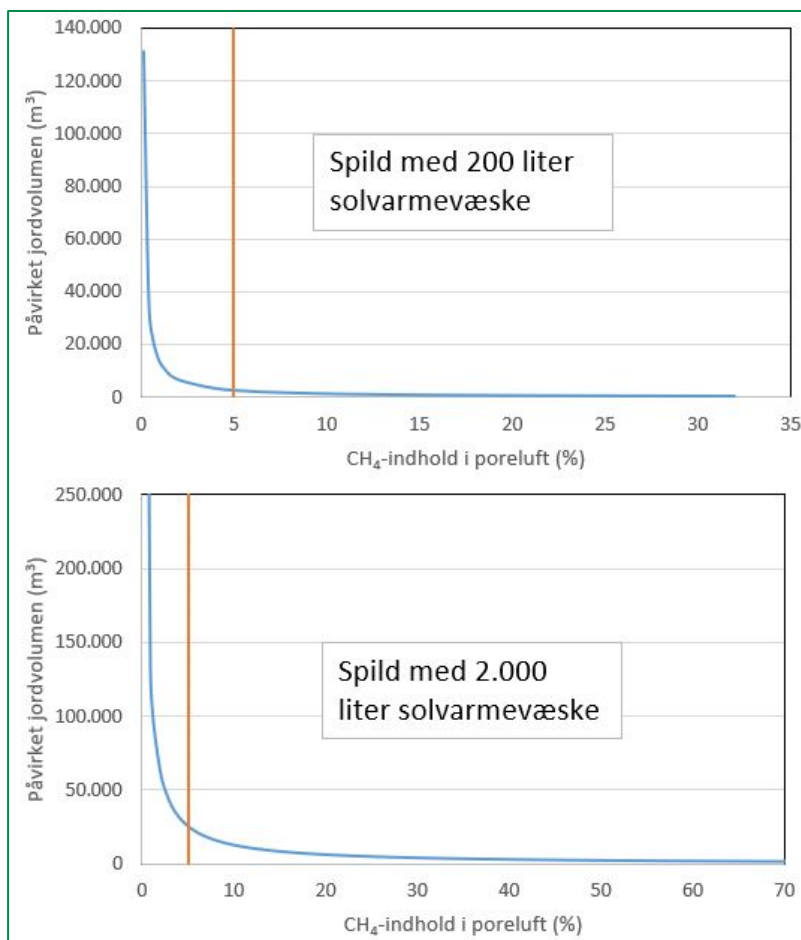
Erfaringer fra lossepladser med metandannelse viser, at metangas kan sprede sig op til ca. 50 m fra deponigrænsen (Kristensen et al., 2020). Som tommelfingerregel forventes der ikke at ske spredning af metan til bygninger beliggende mere end 50 m fra det forurenede område. Spredning via dræn og kloakker kan dog påvirke og øge udbredelsen.

Der er ikke kendskab til konkrete sager, hvor man har målt metandannelsen efter spild med glykol. Massiv metandannelse ses dog hyppigt på lossepladser med organisk affald, men også på lokaliteter forurenede med f.eks. benzin, ethanol og biodiesel (ITRC, 2011; Wilson et al., 2008; Kristensen et al., 2020).

Med henblik på at illustrere effekten af eventuel metanproduktion efter et spild med solvarmevæske med propylenglykol er der nedenfor udført en overslagsberegning med følgende forudsætninger:

- Andelen af kulstof i propylenglykol er ca. 47 %. På baggrund af erfaringer med lossepladsgas antages halvdelen af de 47 % at blive omdannet til metangas, mens resten hovedsageligt omdannes til kuldioxid.
- Metangassen nedbrydes ikke og afdamper ikke til atmosfæren (meget konservativ antagelse).
- Temperaturen i jorden er 7°C og jordens luftfyldte porøsitet er 15%.
- Der regnes med spild på 200 og 2.000 liter solvarmevæske med 27,9% propylenglykol.

På den baggrund kan det ud fra idealgasligningen estimeres, hvilket jordvolumen, som vil være påvirket med en given metankoncentration. Resultaterne er illustreret med figur 17.



FIGUR 17. Beregningseksempel for metandannelse ved spild med hhv. 200 og 2.000 liter solvarmevæske. Kurven viser sammenhængen mellem middel-metankoncentrationen og det jordvolumen, som vil være påvirket. Desuden er der angivet "lower explosion limit" (LEL) på 5% for metan (orange linje).

Beregningseksemplet ovenfor er forsimplet, men illustrerer på konservativ vis, at metanproduktion fra selv moderate spild med solvarmevæske kan påvirke et betydeligt jordvolumen, hvis det antages, at spildet relativt hurtigt omdannes til kuldioxid og metan. Ved spild på hhv. 200 og 2.000 liter solvarmevæske (57 og 570 liter propylenglykol) kan man beregningsmæssigt påvirke et jordvolumen på hhv. ca. 440 og 4.400 m³ med en CH₄-koncentration på 30% (der er eksplosionsfare >5%). Hvis der antages en tykkelse af den umættede zone på ca. 2 m, vil de beregnede volumener svare til et forurenede areal på ca. 130-1.300 m².

Ovenstående eksempel tydeliggør, at spild med solvarmevæske nær bygninger kan udgøre en potentiel risiko for indtrængning af metangas til bygningernes indeklime. Ligeledes kan dannelse af kuldioxid i spildområdet udgøre en risiko for påvirkning af indeklimaet i nærliggende bygninger. Indeklimakoncentrationen af både metan og kuldioxid vil afhænge af geologiske, konstruktions- og ventilationsmæssige forhold. I situationer med spild nær bygninger bør man derfor udføre metan- og kuldioxidmålinger i poreluft og evt. i indeklime.

7.6 Samlet risikovurdering

Resultaterne af den generelle risikovurdering er sammenfattet i tabel 9.

TABEL 9. Sammenfatning af risikovurdering.

Risikovurdering	
Risiko for arealanvendelse	Nej (direkte kontakt, indeklima og udeluft)
Risiko for grundvand	Ja (korrosionsinhibitorer, herunder tolyltriazol)
Risiko for overfladevand og naturområder	Ja (iltsvind fra propylenglykol og toksisk effekt af korrosionsinhibitorer, herunder tolyltriazol)
Risiko for akkumulering af metangas	Ja (anaerob nedbrydning af propylenglykol tæt på bygninger)

8. Anbefalet håndtering af spild med solvarmevæske

8.1 Kemisk analyse af jord- og vandprøver

Vurderinger af spild med solvarmevæske forudsætter generelt, at der kan foretages kemiske analyser for relevante stoffer i de relevante faser (primært jord og vand). Muligheden for kemisk analyse af stoffer i solvarmevæske er i forbindelse med dette projekt undersøgt med udgangspunkt i forespørgsler til de analyselaboratorier, som oftest anvendes på forureningsundersøgelser herhjemme (Eurofins Miljø, ALS Denmark, Højvang Laboratorier og Agrolab Group).

Laboratorierne foretager generelt kemisk analyse for glykoler (herunder propylenglykol) i jord- og vandprøver. Bemærk at ikke alle laboratorier kan foretage analyserne akkrediteret.

Laboratorierne foretager som udgangspunkt ikke analyse for natrium-2-hexanoat i jord- og vandprøver, men der kan evt. udvikles en analysemetode, hvis behovet viser sig. Ligeledes tilbyder laboratorierne umiddelbart ikke tolyltriaazol som en standardanalyse for jord og vandprøver, men enkelte laboratorier kan foretage ikke-akkrediterede analyser af vandprøver.

Azorubin vurderes at være til stede i så lave koncentrationer i jorden, at det ikke vil være muligt at påvise ved kemisk analyse.

8.2 Akut indsats

På baggrund af den generelle risikovurdering anbefales det, at alle pludseligt opståede spild med solvarmevæske følges op af en akut indsats i et eller andet omfang. Som for andre typer spild, vurderes en hurtig indsats at reducere spredning af forurening og eventuelle omkostninger til senere oprensning. Desuden kan en akut indsats være essentiel i forhold til at undgå senere metandannelse, som kan udgøre en potentiel eksplosionsfare. Den akutte indsats kan udføres med udgangspunkt i nedenstående konkrete anbefalinger:

- Overfladespild på faste belægnings overflader inddæmnes og opsamles med f.eks. kattegrus eller slamsuger.
- Solvarmevæske tilgængeligt i pytter eller spredt til grøfter og mindre vandhuller opsamles med slamsuger.
- Tydeligt påvirket jord afgraves under miljøtilsyn. Afgravningen dokumenteres med fotos og udtagning af jordprøver til kemisk analyse for glykoler.

Jordforurening med solvarmevæske vil typisk være synlig i jorden umiddelbart efter spildet. Jordoverfladen og belægnings overflader vil desuden få en rødlig farve som følge af indholdet af azorubin. Ved grave- og borearbejde kan det dog være vanskeligt at afgrænse forureningen på baggrund af feltobservationer. En photo ionisation detector (PID) vil i mindre grad slå ud på glykol i jorden og kan derfor anvendes sammen med kemiske analyser til afgrænsning af jordforurening. Erfaringsmæssigt vil PID-udslag i spildområder være i størrelsesordenen op til 30-50 ppm, dvs. relativt lave værdier (DMR, 2019a). Udover PID-målinger kan man ved akutte afværgeforanstaltninger umiddelbart efter et spild anvende jordens fugtighed som en indikation af forureningens udbredelse i jordens umættede zone.

Ved siveskader foregået over længere tid vil en akut indsats sjældent være meningsfuld. Afgravning kan dog være relevant, hvis der fortsat observeres tydelige tegn på forurening af overfladejorden i spildområdet. Desuden bør der altid analyseres jordprøver fra spildstedet for at vurdere, om jorden stadig er forurennet i et omfang, der bør føre til afværgeforanstaltninger eller yderligere undersøgelser.

8.3 Forureningsundersøgelser og monitoring

Hvis der vurderes at kunne være efterladt væsentlig restforurening (f.eks. >200 liter) bør der udføres en afgrænsende forureningsundersøgelse med kemisk analyse af jordprøver til vurdering af jordforureningens omfang. Der bør desuden etableres filtersatte borer til udtagning af grundvandsprøver til kemisk analyse for f.eks. propylenglykol og tolyltriazol. I den forbindelse bestemmes grundvandets strømningsretning. Der kan evt. udarbejdes et monitoringsprogram med flere målerunder til vurdering af, om forureningsudbredelsen for de to stoffer øges eller er stabil/aftagende. Forureningsundersøgelserne bør som udgangspunkt foretages med udgangspunkt i de almindelige retningslinjer for borearbejde og prøvetagning ved forureningsundersøgelser. På baggrund af undersøgelserne kan det vurderes, om det er nødvendigt med yderligere tiltag. Det kan f.eks. være yderligere hotspotafgavning eller afværgepumpning fra grundvandet.

Forud for en undersøgelse bør der rettes henvendelse til leverandøren af solvarmevæsken for at få klarhed over indholdet af kemiske stoffer i solvarmevæsken, herunder tolyltriazol. Desuden bør der indhentes oplysninger om eventuelle dræn og kloakker ved spildområdet, som evt. kan have påvirket spredningen og evt. ledt solvarmevæske direkte til en recipient.

I situationer med bygninger beliggende <50 m fra spildet kan der evt. udføres gasmålinger for at afklare udbredelsen af metangas og kuldioxid, som forventes at blive dannet i spildområdet. Målingerne kan foretages i udvalgte målepunkter som øjebliksmålinger med f.eks. en I/R-måler eller ved at etablere en gaslogger. Man skal være opmærksom på at metandannelse kan forekomme med forsinkelse, da eksterne elektronacceptorer skal nedbrydes før metandannelse finder sted. Desuden kan især metankoncentrationen udvise meget stor rumlig og tidslig variation, som kan vanskeliggøre en risikovurdering. Der bør derfor som minimum udføres to målerunder.

I situationer med nærliggende overfladevand og naturområder bør der foretages en undersøgelse af en eventuel påvirkning med solvarmevæske. Undersøgelsen kan f.eks. udføres, hvis der er overfladevand inden for 250 m fra spildstedet i nedstrøms retning, svarende til det generelle afstandskriterium anbefalet i miljøprojekt nr. 1565 (Miljøstyrelsen, 2014). Afstandskriteriet er den maksimale afstand, som man erfaringsmæssigt (baseret på en 90% fraktil) vurderer, at en jordforurening med mobile stoffer (f.eks. chlorerede opløsningsmidler, pesticider, organisk stof og MTBE) kan medføre væsentlig påvirkning af en recipient (Miljøstyrelsen, 2014).

Undersøgelsen kan indledningsvis omfatte en besigtigelse og udtagning af vandprøver fra recipienten til kemisk analyse for redoxparametre og koncentrationer af propylenglykol og tolyltriazol. Der bør som minimum udføres to målerunder. Undersøgelserne kan desuden omfatte biologiske undersøgelser til vurdering af en eventuel påvirkning af recipientens biodiversitet. I sjældne tilfælde kan det være relevant med mere omfattende undersøgelser til kortlægning af indtrængningen af forurennet grundvand til recipienten.

Alle undersøgelser af spild med solvarmevæske bør ende ud i en risikovurdering, hvor der bl.a. tages stilling til behovet for yderligere tiltag, herunder en forlænget monitoringsperiode.

8.4 Anbefalede aktioner

På baggrund af det nuværende vidensgrundlag, anbefales spild med solvarmevæske overordnet set at blive håndteret med udgangspunkt i beskrivelsen i tabel 10.

Anbefalingerne er ikke nødvendigvis underbygget af erfaringer fra virkeligheden, da der er et meget begrænset erfaringsgrundlag fra konkrete undersøgelser. Anbefalingerne er derfor fastsat med henblik på at være konservative ud fra den viden, men trods alt har på nuværende tidspunkt. Efter et spild bør der altid foretages en konkret vurdering af de nødvendige aktioner, som inddrager de faktiske forhold på lokaliteten.

Anbefalingerne i tabel 10 bygger på den antagelse, at alle spild kan udgøre en risiko for lokal påvirkning af kvaliteten af grundvand og nærliggende overfladevand og naturområder. Det skyldes, at der potentielt kan ske en række større og mindre spild i løbet af den forventede driftsperiode af et solvarmeanlæg (25-30 år). Der kan derfor være en potentiel akkumuleret effekt, da tolyltriazol og andre svært nedbrydelige korrosionsinhibitorer erfaringsmæssigt kan måles i grundvandet i >1-2 år før de bliver nedbrudt. Det er desuden usikkert, hvor lang tid grundvandet vil være påvirket af det øgede iltforbrug, som spild af især propylenglykol kan medføre.

TABEL 10. Sammenfatning af anbefalede aktioner på lokaliteter med spild med solvarmevæske. Strategi for afværgelse og undersøgelser skal justeres løbende på baggrund af indkomne resultater.

Spildhændelse	Pludseligt spild (alle spildstørrelser)	Siveskade (<200 liter solvarmevæske)	Siveskade (>200 liter solvarmevæske)
Akut indsat			
Opsugning/afgravning under miljøtilsyn	Ja	Hvis synlige forureningstegn	Hvis synlige forureningstegn
- Målinger/kemiske analyser	Glykoler (jord)	Glykoler (jord)	Glykoler (jord)
Afgrænsning af restforurening i jord			
- Målinger/kemiske analyser	Glykoler (jord)	Nej	Ja
- Antal monitoringsrunder	1	Ingen monitoring	1
Afgrænsning/monitoring af grundvandforurening			
	Hvis restforurening >200 liter solvarmevæske	Ja	Ja
- Målinger/kemiske analyser	Glykoler (grundvand) Tolyltriazol (grundvand) Redoxmålinger (grundvand)	Glykoler (grundvand) Tolyltriazol (grundvand) Redoxmålinger (grundvand)	Glykoler (grundvand) Tolyltriazol (grundvand) Redoxmålinger (grundvand)
- Antal monitoringsrunder	Indtil stabil/acceptabel eller aftagende udbredelse (min. 2 målerunder)	Indtil stabil/acceptabel eller aftagende udbredelse (min. 2 målerunder)	Indtil stabil/acceptabel eller aftagende udbredelse (min. 2 målerunder)
Afgrænsning/monitoring af metangas og kuldioxid			
	Hvis restforurening >200 liter Solvarmevæske og indenfor 50 m fra bygninger	Nej	Hvis restforurening >200 liter Solvarmevæske og indenfor 50 m fra bygninger
- Målinger/kemiske analyser	Metan, kuldioxid og ilt (poreluft)		Metan, kuldioxid og ilt (poreluft)
- Antal monitoringsrunder	Indtil stabil eller aftagende udbredelse (min. 2 målerunder)		Indtil stabil eller aftagende udbredelse (min. 2 målerunder)
Undersøgelse af vandkvalitet i overfladevand og naturområder			
	Hvis restforurening >200 liter solvarmevæske og overfladevand er beliggende inden for ca. 250 m	Nej	Ja, hvis overfladevand er beliggende inden for ca. 250 m
- Målinger/kemiske analyser	Propylenglykol (overfladevand) Tolyltriazol (overfladevand) Redoxmålinger (overfladevand) Biodiversitet		Propylenglykol (overfladevand) Tolyltriazol (overfladevand) Redoxmålinger (overfladevand) Biodiversitet
- Antal monitoringsrunder	Min. 2 målerunder		Min. 2 målerunder

9. Referencer

- Arcon-Sunmark, 2020a. Solfanger Type HT-HEATboost. Hjemmeside besøgt den 20. april 2020. <http://dk.arcon-sunmark.com/produkter/collector-ht-heat-boost>
- Arcon-Sunmark, 2020b. Korrespondance med Knud Erik Nielsen fra Arcon-Sunmark A/S.
- ATSDR, 1997. Toxicological profile for ethylene glycol and propylene glycol. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Bjerregaard, P. 2013. Økotoksikologi. 5. udgave.
- Breedveld, G.D., Roseth, R., Sparrevik, M. og T. Hartnik. 2003. Persistence of the De-Icing Additive Benzotriazole at an Abandoned Airport. Water, Air, & Soil Pollution: Focus 3, 91–101.
- Brenntag, 2013. Miljøoplysninger. Notat fra 2. december 2013.
- Brenntag, 2019. MPG Varmetransmissionsvæske 30-35% rød. Notat fra 1. juli 2019.
- Brenntag, 2020. Korrespondance med Jens Brandt.
- Burke, B.W., 1999. Biodegradation of aircraft deicing fluid components in soil. Thesis. AF Institute of Technology.
- By- og Landskabsstyrelsen, 2010. Vurdering af stoffer i forhold til farlighed for grundvandet. Udarbejdet af Rambøll Danmark A/S.
- CCME, 2007. Canadian Soil Quality Guidelines for Propylene Glycol: Environmental and Human Health, PN 1394. Canadian Council of Ministers of the Environment.
- Dansk Fjernvarme, 2020. Fakta om Fjernvarme. Hjemmeside besøgt den 17. April 2020. <https://www.danskfjernvarme.dk/presse/fakta-om-fjernvarme>
- DMR, 2019a. Forureningsundersøgelse – Bjørnholtvej 3, 8600 Silkeborg. Udført af DMR A/S for Gjensidige Forsikring. Rapport fra den 21. maj 2019.
- DMR, 2019b. Forureningsundersøgelse – Bjørnholtvej 3, 8600 Silkeborg. Udført af DMR A/S for Arcon-Sunmark A/S. Rapport fra den 11. november 2019.
- Downey, D.C., Hinchee, R.E., and Miller, R.N., 1999. Cost-Effective Remediation and Closure of Petroleum-Contaminated Sites. Battelle Press, Columbus, Ohio.
- DTU, 2018. Nyheder og presse - Danmark i verdenstoppen inden for solvarme. Mandag den 10. december 2018. <https://www.dtu.dk/om-dtu/nyheder-og-presse/dynamo1/2018/12/3-danmark-i-verdenstoppen-inden-for-solvarme?id=81fe2124-6ca3-4e3c-a251-c138accdd451>
- ECHA, 2020. Kemikaliedatabase fra European Chemical Agency. Besøgt 30. september 2009.
- EC-HC, 2011. Screening for the Challenge – 2-ethyl-hexanoic acid. Environment Canada – Health Canada. Chemical Abstracts Service Registry Number 149-57-5.

Energy Supply DK, 2019. Dansk solvarme runder 1 GW: Der forventes en opbremsning i markedet. 27. august 2019. <https://www.energy-supply.dk/article/view/673470/>

Kjeldsen, P., Mogensen, S. B. og M. Langeland, 2011. Freon fra fjernvarmerør – en overset risiko for indeklima og grundvand? ATV Jord og Grundvand – Nye stoffer, 12. oktober 2011.

Harremoës, P.H. og A. Malgren-Hansen, 1990. Lærebog i Vandforurening. Polyteknisk forlag. ISBN 87-502-0671-0.

Hillerns, F., 2001. The behaviour og heat transfer media in solar active thermal systems in view of the stagnation conditions. IEA-SHC Task 26 Industry workshop in Borlänge, Sweden. 5-7. maj 2001.

Hodge, A. og B. Sterner, 2005. Toxicity Classes. In: Canadian Center for Occupational Health and Safety.

Ilieva, D., 2013. Verwendung und Grundwassergefährdungspotenzial von Additiven in Wärmeträgerflüssigkeiten für Erdwärmesonden. Ph.d.-afhandling fra Eberhard Karls Universität Tübingen.

ITRC, 2011. Biofuels: release, prevention, environmental behavior, remediation. Technical/regulatory guidance, September 2011.

Johnson, L., 1997. Evaluation of the natural biodegradation of aircraft deicing fluid components in soils. Thesis. AF Institute of Technology.

Krag, A., 2011. Undersøgelse af udslip fra jordvarmeanlæg. ATV Jord og Grundvand – Nye Stoffer. Møde den 12. oktober, 2011.

Kristensen, A., Vendelboe, A.L., og J. M. Andreassen, 2020. Spredning af deponigas i randzonen omkring gamle deponier – erfaringer fra to større deponier i Trondhjem, Norge. Præsentation ATV Jord og Grundvand, Vintermøde den 4. marts 2020.

Miljøstyrelsen, 2008. Jordvarmeanlæg – Teknologier og risiko for jord- og grundvandsforurening. Miljøprojekt nr. 1238.

Miljøstyrelsen, 2009. Datablad for triazolol. Juli 2009.

Miljøstyrelsen, 2013. Benzotriazole and tolyltriazole – Evaluation of health hazards based quality criteria for soil and drinking water. Miljøprojekt 1526, 2013.

Miljøstyrelsen, 2014. Delprojekt 2 – Afstandskriterier og fanebredder (COWI). Miljøprojekt 1565, 2014.

Miljøstyrelsen, 2016. Spredning og sammensætning i grundvand ved PFAS-forureninger. Miljøprojekt nr. 1892.

Miljøstyrelsen, 2020. Miljøstyrelsens hjemmeside besøgt den 24. september 2020.

<https://mst.dk/erhverv/industri/regulering-af-saerlige-brancher-og-aktiviteter/jordvarme/faq-jord-varmeanlaeg/>

PlanEnergi, 2019. 1 GW solvarme hos danske fjernvarmeværker. Hjemmeside besøgt den 17. April 2020. <http://planenergi.dk/arbejdsomraader/fjernvarme/solvarme/1-gw-solvarme-i-dk/>

Pubchem, 2020. National library of medicine.

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

Rambøll, 2013. Vurdering af indholdsstoffer i MPG Varmetrans BS 30%.

Riaz, J., 2012. Fate of De-icers in soil and ground water – a case study at Oslo international airport, Gardermoen. Master Thesis from Dep. of Geosciences.

Silkeborg Forsyning, 2020. Solvarmeanlæg – Fakta om solvarmeanlægget.

<https://www.silkeborgforsyning.dk/varme/produktionsanlaeg/solvarmeanlaeg>

Staples, C.A. og J.W. Davis, 2002. An examination of the physical properties, fate, ecotoxicity and potential environmental risks for a series of propylene glycol ethers. Chemosphere, 2002, Oct;49(1):61-73.

USEPA, 2005. Guidance for evaluation landfill gas emissions from closed or abandoned facilities. EPA-600/R-05/123a, september.

USEPA, 2012. Environmental impact and benefit assessment for the final effluent limitation guidelines and standards for the airport deicing category. EPA-821-R-12-003.

West, R., Banton, M, Hu, J. og J. Klapacz, 2014. The distribution, fate, and effects of propylene glycol substances in the environment. Rev Environ Contam Toxicol. 2014;232:107-38.

Wilson, J. T. og C. J. Adair. Production of methane during anaerobic degradation of ethanol in gasoline. National Tanks Conference, Atlanta, GA, 18-20. Mart, 2008.

Bilag 1. Sikkerhedsdatablad for MPG Varmetrans BS 30% Rød

SIKKERHEDSDATABLAD i henhold til Forordning (EF) nr. 1907/2006

MPG-VARMETRANS BS 30% RØD / IBC 1000 KGUdgave 1.0
Revisionsdato 05.05.2010

Trykdato 04.11.2011

1. IDENTIFIKATION AF STOFFET/DET KEMISKE PRODUKT OG AF SELSKABET/VIRKSOMHEDEN**Produkt information**

Handelsnavn : MPG-VARMETRANS BS 30% RØD / IBC 1000 KG
Produkt kode : 2107638
Anvendelse : Kølemiddel
Leverandør : Brenntag Nordic A/S
Borupvang 5 B
DK 2750 Ballerup

Ansvarlig afdeling : Environment & Quality
Telefon : +45 43 29 28 00
Telefax : +45 43 29 27 00
Nødtelefon : 112
E-mail adresse : SDS.DK@brenntag-nordic.com

2. FAREIDENTIFIKATION**Andre informationer**

Ingen helbreds- eller miljøfareklassifikation i henhold til EEC-direktiv.

3. SAMMENSÆTNING AF/OPLYSNING OM INDHOLDSSTOFFER**Farlige komponenter**

propan-1,2-diol Koncentration: 27,90 %
CAS-Nr.: 57-55-6 EF-Nr.: 200-338-0

natrium-2-ethylhexanoat Koncentration: < 0,80 %
CAS-Nr.: 19766-89-3 EF-Nr.: 243-283-8
Klassifikation: Repr.Cat.3; R63

dinatrium-4-hydroxy-3-[(4-sulfonatonaphthyl)azo]naphthalensulfonat Koncentration: 0,004 %
CAS-Nr.: 3567-69-9 EF-Nr.: 222-657-4

Se afsnit 16 for fuld ordlyd af R-sætninger nævnt i dette afsnit.

4. FØRSTEHJÆLPSFORANSTALTNINGER

Indånding : Søg frisk luft. Holdes i ro.
Hudkontakt : Fjern øjeblikkeligt forurenede tøj og sko. Vask med sæbe og vand.
Øjenkontakt : Skyl øjeblikkeligt med rigeligt vand også under øjenlågene. Fjern kontaktlinser. Søg læge ved vedvarende symptomer.

SIKKERHEDSDATABLAD i henhold til Forordning (EF) nr. 1907/2006

MPG-VARMETRANS BS 30% RØD / IBC 1000 KG

Udgave 1.0
Revisionsdato 05.05.2010

Trykdato 04.11.2011

Indtagelse : Skyl munden med vand og drik derefter rigeligt vand.
Fremprovoker IKKE opkastning. Søg lægehjælp.

5. BRANDBEKÆMPELSE

Passende slukningsmidler : vandtåge, pulver, Skum, Kulsyre (CO₂)
 Specifikke farer ved brandbekæmpelse : Ved stærk opvarmning udvikles brandbare dampe, som kan danne eksplosive blandinger med luft.
 Særlige personlige værnemidler, der skal bæres af brandmandskabet : I tilfælde af brand: brug luftforsynet åndedrætsværn.
 Øvrige råd : Afkøl lukkede beholdere i nærheden af branden med vandtåge.

6. FORHOLDSREGLER OVER FOR UDSLIP VED UHELD

Sikkerhedsforanstaltninger til beskyttelse af personer : For personlig beskyttelse se punkt 8.
 Metoder til oprensning : Stop udstrømningen/lækagen hvis det kan ske uden risiko. Brug personligt beskyttelsesudstyr. Opbevar og opsaml spild med ikke brændbart absorberende materiale, (f. eks. sand, jord, moler el. vermikulit) og placer det i affaldsbeholdere i henhold til de lokale myndigheders forskrifter (se afsnit 13).

7. HÅNDTERING OG OPBEVARING

Håndtering

Råd om sikker håndtering : Skal håndteres i overensstemmelse med god erhvervshygiejne og sikkerhedsforanstaltninger. Undgå kontakt med huden og øjnene. Holdes væk fra åben ild (Rygning forbudt).

Opbevaring

Krav til lager og beholdere : Opbevares tæt tillukket på et tørt og køligt sted. Beskyttes mod sollys. Egnede materialer for beholder: Aluminium, Rustfrit stål, Plastbeholder af HDPE, Uegnede materialer for beholdere: Zink

8. EKSPONERINGSKONTROL/PERSONLIGE VÆRNEMIDLER

Indholdsstoffer med arbejds-hygiejniske grænseværdier

Indeholder ingen stoffer med grænseværdi for erhvervsmæssig eksponering.

Personlige værnemidler

Beskyttelse af åndedrætsorganer : Brug egnet åndedrætsværn, hvis effektiv ventilation ikke er mulig. Anbefalet filter type:A
 Beskyttelse af hænder : Beskyttelseshandsker bør udskiftes ved første tegn på slid.

SIKKERHEDSDATABLAD i henhold til Forordning (EF) nr. 1907/2006

MPG-VARMETRANS BS 30% RØD / IBC 1000 KG

Udgave 1.0
Revisionsdato 05.05.2010

Trykdato 04.11.2011

Vælg korrekt beskyttelsehandske, for eksempel:
Nitrilgummi
PVC

Beskyttelse af øjne : Sikkerhedsbriller
Kropsbeskyttelse : Brug særligt arbejdstøj.
Hygiejniske foranstaltninger : Rygning, spisning og indtagelse af drikke bør være forbudt i anvendelsesområdet. Vask hænder før pauser og ved arbejdstids ophør.

Tekniske foranstaltninger

Sørg for tilstrækkelig ventilation.
Brug tilstrækkelig ventilation og/eller tekniske foranstaltninger ved høj temperatur bearbejdning for at forebygge påvirkning af dampe.
Eksponeringen mindskes primært ved valg af arbejdsmetode og tekniske foranstaltninger.

9. FYSISK- KEMISKE EGENSKABER

Udseende

Form : viskøs
Farve : klar blå gul eller rød
Lugt : ingen

Sikkerhedsdata

Frysepunkt/område : -15 °C
Flammepunkt : > 100 °C
Massefylde : 1,018 g/cm³
Vandopløselighed : blandbar
pH : 8,5
Fordelingskoefficient: n-
oktanol/vand : log Pow: -0,92
Viskositet, dynamisk : 46 mPa.s; 25 °C

10. STABILITET OG REAKTIVITET

Forhold, der skal undgås : Undgå fugt. Udsættelse for sollys.
Materialer, der skal undgås : Stærke syrer og oxidationsmidler
Generelt råd : Stabil under normale forhold. Produktet er hygroskopisk.

11. TOKSIKOLOGISKE OPLYSNINGER

Indtagelse : Dette materiale kan udgøre en lille helbredsrisiko hvis det indtages i store mængder.
Indtagelse : propan-1,2-diol: LD50 rotte 20.000 mg/kg
Indånding : Ved indånding af høje koncentrationer kan mekanisk overbelastning af slimhinderne forekomme.
Hud absorption : propan-1,2-diol: LD50 kanin 20.800 mg/kg
Hudkontakt : Længerevarende hudkontakt kan forårsage hudirritation.

SIKKERHEDSDATABLAD i henhold til Forordning (EF) nr. 1907/2006

MPG-VARMETRANS BS 30% RØD / IBC 1000 KGUdgave 1.0
Revisionsdato 05.05.2010

Trykdato 04.11.2011

Øjenkontakt : Affedter huden
: Stænk i øjnene kan give ubehag.**12. MILJØOPLYSNINGER****Oplysninger om eliminering (persistens og nedbrydelighed)**

Biologisk nedbrydelighed : propan-1,2-diol: Let bionedbrydeligt
Bioakkumulering : Anses ikke for at være bioakkumulerbar.
Toksicitet overfor fisk : propan-1,2-diol: LC50 Oncorhynchus mykiss 45.716 mg/l 96 h
Toksicitet overfor dafnier : propan-1,2-diol:
EC50 Daphnia magna > 10.000 mg/l 48 h OECD TG 202;
Toksicitet overfor alger : propan-1,2-diol: IC50 19.000 mg/l 72 h

13. FORHOLD VEDRØRENDE BORTSKAFFELSE

Produkt : I henhold til lokale og nationale regulativer.
Europæisk Affaldskatalog nummer : Affaldskode i henhold til det Europæiske Affaldskatalog kan ikke generelt tildeles dette produkt, idet brugsformålet dikterer tildelingen. Affaldskoden findes i samråd med det regionale renovationsfirma.

14. TRANSPORTOPLYSNINGER

Ikke farlige stoffer i betydningen af ADR/RID, ADNR, IMDG-Code, ICAO/IATA-DGR

15. OPLYSNINGER OM REGULERING**Mærkning ifølge EF-Direktiver**

S- SLEV Leverandørbrugsanvisning kan rekvireres af
sætning(er) erhvervsmæssige brugere.

Nationale forskrifter

SIKKERHEDSDATABLAD i henhold til Forordning (EF) nr. 1907/2006

MPG-VARMETRANS BS 30% RØD / IBC 1000 KG

Udgave 1.0
Revisionsdato 05.05.2010

Trykdato 04.11.2011

16. ANDRE OPLYSNINGER

Fulde ordlyd af eventuelle Rsætninger angivet under punkt 2 og 3

R63 Mulighed for skade på barnet under graviditeten.

Yderligere oplysninger

Dette sikkerhedsdatablad indeholder kun information der relaterer til sikkerhed og erstatter ikke eksisterende produktinformation og produkt specifikationer.

|| Angiver opdateret afsnit.

Jordforurening fra solvarmeanlæg

Rapporten omhandler risikoen for jordforurening med varmetransmissionsvæske (solvarmevæske). Spild kan forekomme fra pludselige brud og utætheder i rørføringer. For meget store anlæg kan der erfaringsmæssigt være tale om op til ca. 20.000 liter, hvoraf størstedelen af spildet normalt afgraves eller opsamles.

Solvarmevæsken er tilsat frostsikringsmiddel, som typisk udgøres af propylenglykol. Desuden er der tilsat mindre indhold af korrosionsinhibitorer, herunder stoffet tolyltriazol, som er et kendt forureningsstof i grundvand med et drikkevandskvalitetskriterium på 20 µg/l.

En generel risikovurdering viser, at flere korrosionsinhibitorer kan udgøre en risiko for grundvand og overfladevand. Desuden kan nedbrydning af propylenglykol føre til dannelse af metangas, der potentielt kan medføre eksplosionsfare ved akkumulering af større mængder i bygninger. På nuværende grundlag vurderes selv mindre spild potentielt at kunne medvirke til akkumulering af svært nedbrydelige stoffer i grundvandet og dermed en længerevarende påvirkning af nærliggende overfladevand.



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk