



PROBAG -
Prosjekt Bærekraftig Avising
Gardermoen

Delprosjekt 13:
Livsløpsanalyse
glykol-/infrarød avising

Jan Atle Liodden
Oddmund Brekke
Elin Økstad

Stiftelsen Østfoldforskning
April 2002

Rapportnr: OR. 05.02	ISBN nr: 82-7520-451-8 ISSN nr: 0803-6659	Rapporttype: Oppdragsrapport
Rapporttittel: PROBAG - Prosjekt Bærekraftig Avising Gardermoen. Delprosjekt 13: Livsløpsanalyse glykol-/infrarød avising		Forfatter(e): Jan Atle Liodden, Oddmund Brekke Elin Økstad
Prosjektnummer: 222850	Prosjekttittel: PROBAG - Prosjekt Bærekraftig Avising Gardermoen. Delprosjekt 13: Livsløpsanalyse glykol-/infrarød avising	
Oppdragsgiver(e): Oslo Lufthavn Gardermoen Oppdragsgivers referanse: Kristin Mørkved		
<p>Resymè: Rapporten presenterer en miljøvurdering basert på livsløpsanalyse (LCA) av 3 ulike løsninger for avising av fly ved Oslo Lufthavn Gardermoen.</p> <p>De 3 ulike systemene for avising er:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dagens situasjon med bruk av glykol som avisingsvæske som etter bruk sendes til utlandet for gjenvinning til ren glykol. 2. Et alternativt glykol-system der avisingsvæsken blir gjenvunnet til avisingsvæske på Gardermoen. 3. Avising ved hjelp av infrarød varme (IR-teknologi). <p>For glykolsystemene er det knyttet størst usikkerhet til miljøpåvirkningene fra de diffuse utslippene av glykol rundt flyplassen. For IR-anlegget er det knyttet størst usikkerhet til avisingstiden og hvor effektivt anlegget kan utnyttes. Denne usikkerheten kan reduseres ved testing av IR-anlegget.</p> <p>Med de forutsetningene som er benyttet og usikkerheten i datagrunnlaget, viser resultatene at et potensielt IR-anlegg på Oslo Lufthavn Gardermoen har større energiforbruk og større potensielt bidrag til drivhuseffekt, forsuring og ozondannelse enn begge glykolsystemene. Glykolsystemene har større bidrag til oksygenforbruk enn IR-systemet.</p> <p>Det er usikkert hvor mye IR-anlegget kan redusere de diffuse utslippene av glykol til omgivelsene ved Oslo Lufthavn Gardermoen. Dette fordi det forutsettes at siste trinnet i avisingen (anti-icing) fortsatt skal skje med glykol. Deler av denne avisingsvæsken forventes spredt i nærområdene.</p> <p>Grunnet belastning ved transport og energi til oppkonsentrering av glykol i utlandet er det klart at gjenvinning til avisingsvæske ved Oslo Lufthavn Gardermoen vil være mindre belastende enn dagens system. Spesielt stor er besparelsen for bidrag til drivhuseffekten.</p> <p>Resultatene og konklusjonene vil bli annerledes hvis analysen gjøres med utgangspunkt i en flyplass som ikke har oppsamling av glykol. I en slik situasjon kan det forventes at avising med bruk av glykol vil gi større og mer alvorlige miljøbelastninger både av lokal, regional og global karakter enn avising ved bruk av IR-anlegg.</p> <p>Resultatene og konklusjonene kan også bli annerledes hvis det viser seg at avising med bruk av IR på Oslo Lufthavn Gardermoen kan skje raskere og mer effektivt en forutsatt i denne analysen. Analysen bør derfor oppdateres når reelle data for et IR-anlegg er tilgjengelige.</p>		
Emneord: <ul style="list-style-type: none"> • Livsløpsanalyse • Avising av fly 	Tilgjengelighet: Denne side: Åpen Denne rapport: Åpen	Antall sider : 31 inkl. bilag: 38

Godkjent
Dato: 19.04.02

Forfatter
(sign)

Instituttleder
(sign)

Innholdsfortegnelse

1. BAKGRUNN	6
METODIKK	7
2.1 LIVSLØPANALYSE (LCA).....	7
2.2 METODE LOKALE MILJØPÅVIRKNINGER	8
3. BESKRIVELSE AV TO AVISINGS-SYSTEMER	9
3.1 MÅL OG OMFANG	9
3.2 BESKRIVELSE AV PRODUKTSYSTEMER OG SYSTEMGRENSER	9
3.3 FUNKSJONELL ENHET OG MASSESTRØMMER	13
3.3.1 Forutsetninger.....	14
3.3.2 Valg av miljøpåvirkningskategorier.....	15
4. REGIONALE OG GLOBALE MILJØPÅVIRKNINGER BASERT PÅ LCA	16
4.1 ENERGIFORBRUK	16
4.2 GLOBAL KLIMAENDRING (DRIVHUSEFFEKT)	18
4.3 FORSURING.....	19
4.4 OKSYGENFORBRUK	20
4.5 DANNELSE AV BAKKENÆRT OZON	21
4.6 OPPSUMMERING AV REGIONALE OG GLOBALE MILJØEFFEKTER	22
4.7 HVOR STORE ER BIDRAGENE I FORHOLD TIL ANNEN BELASTNING?.....	23
5. LOKALE MILJØPÅVIRKNINGER	24
5.1 BAKGRUNN	24
5.2 DIFFUSE UTSLIPP.....	24
5.3 UTSLIPP TIL VASSDRAG.....	25
5.4 OPPSUMMERING	26
6. DISKUSJON	27
6.1 FORUTSETNINGER OG DERES INNVIRKNING PÅ RESULTATENE	27
6.2 DATAKVALITET	27
6.3 METODISKE VALG SOM PÅVIRKER RESULTATENE	28
6.4 BIDRAG TIL MILJØBELASTNINGER FRA DE ULIKE SYSTEMENE.....	29
6.4.1 Regionale og globale miljøpåvirkninger	29
6.4.2 Lokale miljøbelastninger.....	29
6.5 VIDERE ARBEID	30
7. KONKLUSJON	31
8. REFERANSER	32
9. BILAG	33
9.1 DE-ICING GLYKOL REFERANSE SYSTEM (GJENVINNING TIL REN GLYKOL).....	33
9.2 DE-ICING GJENVINNING TIL AVISINGSVÆSKE	35
9.3 DE-ICING IR	37
9.4 DE-ICING GLYKOL REFERANSE SYSTEM	38

Figurliste

<i>Figur 2.1</i> Trinn i en livsløpsanalyse (LCA).....	7
<i>Figur 3.2</i> De ulike trinnene i de-icing med glykol.	10
<i>Figur 3.3</i> De ulike trinnene i de-icing IR.	11
<i>Figur 3.4</i> De ulike trinnene i anti-icing	12
<i>Figur 3.1: Fordeling av brukt glykol (i %)</i>	14
<i>Tabell 3.1</i> De valgte påvirkningskategoriene.....	15
<i>Figur 4.1</i> Forbruket av energi til de-icing for de 3 alternativene.....	16
<i>Figur 4.2</i> Forbruk av energi summert for hele livsløp fordelt på energibærere for de-icing for de 3 alternativene.	17
<i>Figur 4.3</i> Drivhuseffekt fra de-icing for de 3 alternativene.....	18
<i>Figur 4.4: Forsuring fra de-icing for de 3 alternativene.</i>	19
<i>Figur 4.5</i> Oksygenforbruk fra de-icing for de 3 alternativene.....	20
<i>Figur 4.6</i> Dannelse av bakkenær ozon fra de-icing for de 3 alternativene.....	21
<i>Figur 4.7</i> Relative regionale og globale miljøpåvirkninger for de-icing og anti-icing	22
<i>Figur 9.1</i> De ulike trinnene i livsløpet til de-icing glykol referanse system.	33
<i>Figur 9.2</i> De ulike trinnene i livsløpet til de-icing gjenvinning til avisingsvæske.	35
<i>Figur 9.3</i> De ulike trinnene i livsløpet til de-icing med IR.....	37
<i>Figur 9.4</i> De ulike trinnene i livsløpet til anti-icing.	38

1. BAKGRUNN

Stiftelsen Østfoldforskning (STØ) er blitt anmodet om å gjennomføre en uavhengig miljøgjennomgang av to ulike metoder for avising av fly. Miljøgjennomgangen skal metodisk baseres på en livsløpsvurdering.

De to løsningene er avising med glykol, som er dagens konvensjonelle teknologi både i Norge og internasjonalt. Den andre løsningen er avising ved bruk av infrarød varme, ved bruk av teknologien som tilbys av Radiant Aviation Services Inc (produktnavnet er InfraTech).

Målet med analysen er å gjøre en grunnlagsanalyse for å kvantifisere og beskrive miljømessige problemstillinger knyttet til begge løsningene. Data fra Oslo Lufthavn Gardermoen skal brukes som utgangspunkt for analysen.

Siden det i dette prosjektet vil gjøres en vurdering av to ulike løsninger basert på ulik teknologi, måtte det sikres at alle berørte parter kunne bidra til kvalitetssikring av data og forutsetninger for analysen. Dette ble gjort ved at det ble etablert en referansegruppe i prosjektet bestående av representanter fra SAS, Braathens og Fred Olsen & CO. Oslo Lufthavn AS (OSL) er prosjekteier og problemeier i prosjektet. Prosjektet inngår i PROBAG som delprosjekt nr 13. Arbeidet ble utført av Stiftelsen Østfoldforskning ved Jan Atle Liodden, Oddmund Brekke and Elin Økstad.

Elin Økstad har vært prosjektleder ved Stiftelsen Østfoldforskning. Jan Atle Liodden har stått for datainnsamling og de regionale og globale miljøvurderingene basert på LCA. Oddmund Brekke har utført de lokale miljøvurderingene.

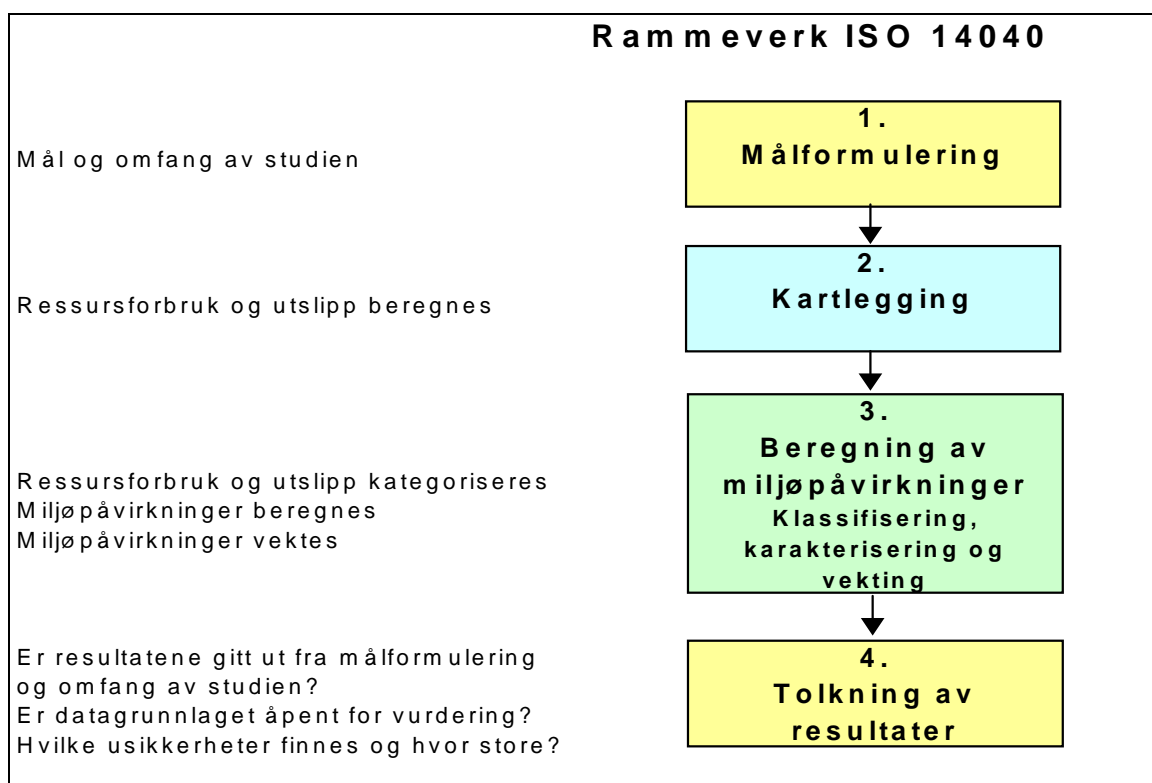
2. METODIKK

I dette prosjektet skal to uavhengige avisingssystemer modelleres, analyseres og dokumenteres. Basert på resultatene fra disse vil det gjennomføres en kvalitativ analyse av forskjeller og likheter i miljøpåvirkninger og miljørisiki. Analysen er gjort ved bruk av livsløpsanalyse (LCA) og med tilleggsvurderinger av lokale forhold.

2.1 Livsløpsanalyse (LCA)

En livsløpsanalyse er en systematisk kartlegging og vurdering av miljø- og ressurspåvirkninger gjennom hele livsløpet til et produkt eller produktsystem. Det er i hovedsak de regionale og globale potensielle miljøpåvirkninger som kartlegges i en LCA-analyse. Det er potensielle miljøpåvirkninger som kartlegges og analysen tar i mindre grad hensyn til lokale resipientforhold.

Figur 2.1 viser de ulike trinnene i en livsløpsanalyse i følge ISO 14040.



Figur 2.1 Trinn i en livsløpsanalyse (LCA)

Mål og omfang (1)

Målformuleringen og fokusering av oppgaven er en viktig del av en livsløpsanalyse. Hvordan analysen skal anvendes og for hvem analysen utføres skal angis. Den funksjonelle enheten for

analysen, systembeskrivelse, allokeringsregler og datakvalitet skal defineres og beskrives. Den funksjonelle enhet velges som et relevant og presist definert mål for den funksjonen systemet leverer.

Systemgrensene bestemmer hvilke enhetsprosesser som skal omfattes av livsløpsanalysen. Valg av data som skal hentes inn (i form av ressursforbruk og emisjoner) og modelleringen av systemet skal være tilpasset hensikten med undersøkelsen. Hvilke miljøpåvirkninger som skal tas med i analysen defineres og begrunnes, og det gjøres valg om bruk av vektingsmodeller.

Kartlegging (2)

I kartleggingsfasen hentes relevante data for de delene av systemet som er definert inn i omfanget av studien innenfor de datakategoriene og den datakvaliteten som er bestemt. Dataene systematiseres i hht til de kravene som er satt.

Beregning av miljøpåvirkninger (3)

Systemet modelleres i hht de reglene som er bestemt i innledningsfasen. De miljøpåvirkningene som er definert beregnes ut fra de dataene for ressursforbruk og emisjoner som er kartlagt og systematisert.

Tolking av resultater (4)

De beregnede resultatene presenteres som definert ved formålet for analysen. Resultatene diskuteres og konkluderes ut fra datakvalitet, analysemetodikk og omfang.

2.2 Metode lokale miljøpåvirkninger

Det er i utgangspunktet benyttet samme forutsetninger, massestrømmer og scenarier for den lokale vurderingen, men der det er avvik er dette gjengitt og forklart. Metoden og resultatene er beskrevet i kapittel 5.

3. BESKRIVELSE AV TO AVISINGS-SYSTEMER

3.1 Mål og omfang

Målet med analysen er å kvantifisere og å kvalitativt beskrive miljømessige problemstillinger knyttet til to ulike avisingsystemer ved Oslo Lufthavn Gardermoen.

Resultatene fra analysen er spesifikt ment til bruk på Oslo Lufthavn Gardermoen. Konklusjonene og anbefalingene skal være med å danne et grunnlag for vurdering av miljøeffektene ved to ulike avisingsystemer: ved bruk av det tradisjonelle glykol-systemet og ved bruk av ny IR-teknologi. Data for driftsforholdene på Oslo Lufthavn Gardermoen er benyttet og resultatene fra analysen kan ikke overføres til andre flyplasser.

Siden dette er en komparativ undersøkelse skal forskjellen mellom systemene identifiseres og rapporteres. Det er oppnevnt et panel som har representert de berørte parter. Panelet har sikret enighet om forutsetninger og hjulpet til med innsamling og kvalitetssikring av data.

3.2 Beskrivelse av produksystemer og systemgrenser

Avisingen skjer altså ved først et de-icing trinn hvor det enten brukes avisingsvæske type I, eller IR med etterfølgende behandling med type I avisingsvæske. Etter de-icingene er det et anti-icing trinn hvor det brukes samme mengde type II avisingsvæske uavhengig om det er etter glykol eller IR de-icing.

Følgende terminologi benyttes for avisingsstypene:

- **De-icing** skjer på plattform med type I avisingsvæske eller infrarød varmebehandling (IR) med etterfølgende behandling med type I avisingsvæske.
- **Anti-icing** skjer også på plattform med avisingsvæske type II.

Glykol-systemene

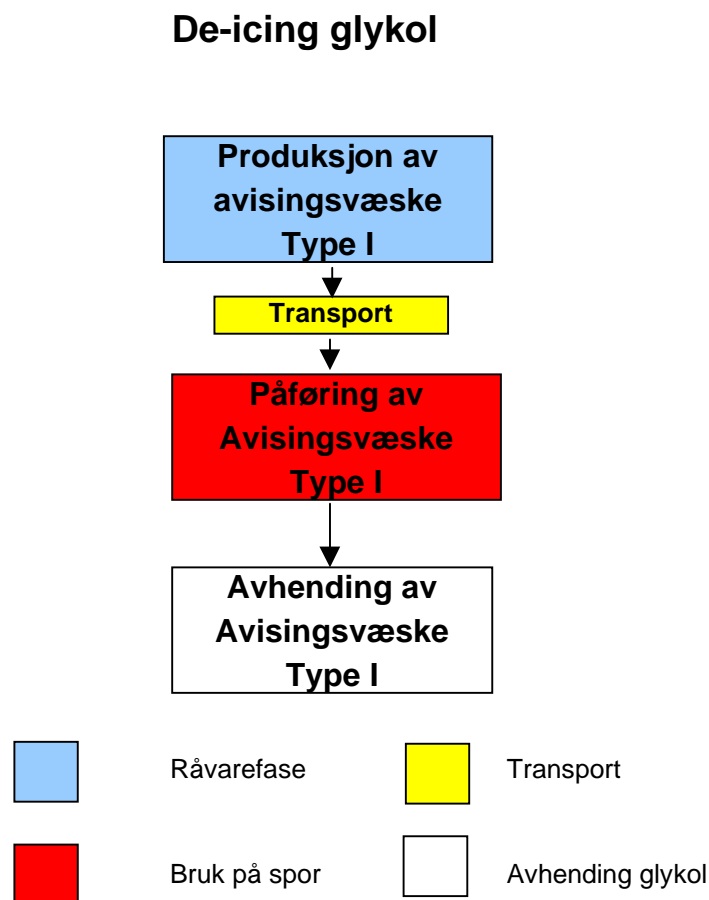
For de-icing med glykol vil to systemer bli analysert. Alternativ 1 er dagens system med oppsamling og oppkonsentrering av brukt glykol. Første del av oppkonsentreringen skjer på Gardermoen der glykolandelen i væsken i gjennomsnitt blir hevet fra 12% til 52% med en påfølgende transport til Nederland og en videre oppkonsentreringen til 99%. Dette kalles videre *de-icing referanse system* (gjenvinning til ren glykol). Bilag 9.1 gir datagrunnlaget og datakilder.

I alternativ 2 analyseres et system hvor brukt glykol samles opp, oppkonsentreres der glykolandelen i væsken i gjennomsnitt blir hevet fra 12% til 52% og gjenvinnes som avisingsvæske på Gardermoen. Dette systemet er ikke i drift i dag, men er beregnet som et scenarie og kalles for *de-icing gjenvinning til avisingsvæske*. For begge alternativene vil den mengden glykol som samles opp og sendes videre til gjenvinning til ren glykol eller gjenvinning til avisingsvæske trekkes fra den mengden "jomfruelig" glykol som går inn i systemene. Det totale forbruket av glykol finnes ved å se på brutto forbruk av glykol til

avising og trekke fra den mengden som blir gjenvunnet. Bilag 9.2 gir datagrunnlaget og datakilder.

Livsløpet for de-icing referanse system glykol og de-icing glykol med gjenvinning til avisingsvæske er like til og med oppkonsentreringen fra 12-52% glykol som skjer på Gardermoen. Forskjellen mellom systemene er at for *de-icing referanse system* transporteres og oppkonsentreres glykolene videre ved bruk av energi fra 52% til 99%. For *de-icing gjenvinning til avisingsvæske* er oppkonsentreringen til 52% den siste aktiviteten som er med i systemet.

Avisingsvæske defineres som en blanding av glykol, vann og tilsetningsstoffer. Figur 3.2 viser de ulike trinnene i de-icing med avisingsvæske type I.

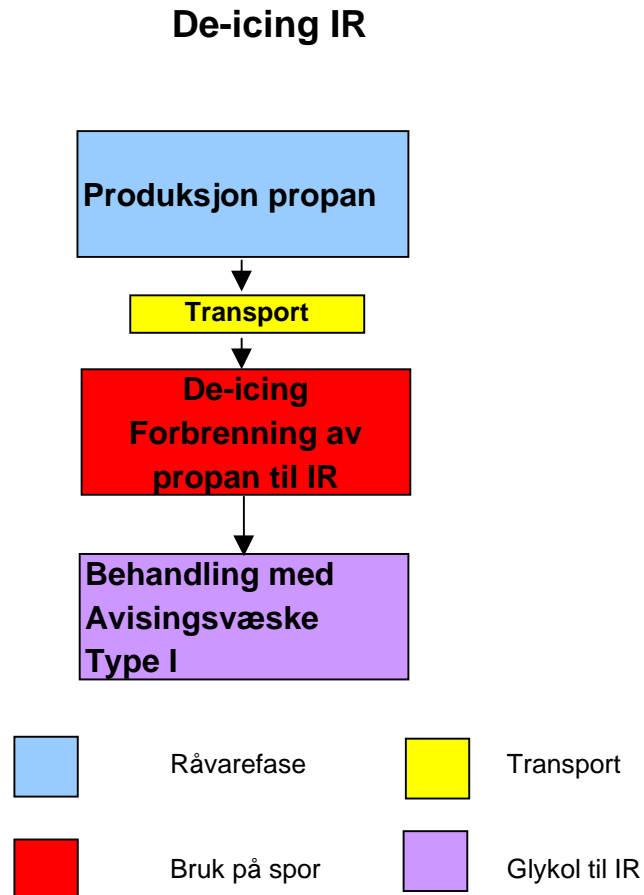


Figur 3.2 De ulike trinnene i de-icing med glykol.

IR-systemet

Ved infrarød varmebehandling (IR) brukes propan som energikilde. Etter IR varmebehandling påføres avisingsvæske type I fordi dette er bestemt i sikkerhetsprosedyrene ved OSL for dette systemet. Systemet kalles videre *de-icing IR* og består som beskrevet av to trinn, varmebehandling IR med en etterfølgende behandling med avisingsvæske type I. Bilag 9.3 gir datagrunnlaget og datakilder.

De-icing IR, er beskrevet i figur 3.3.

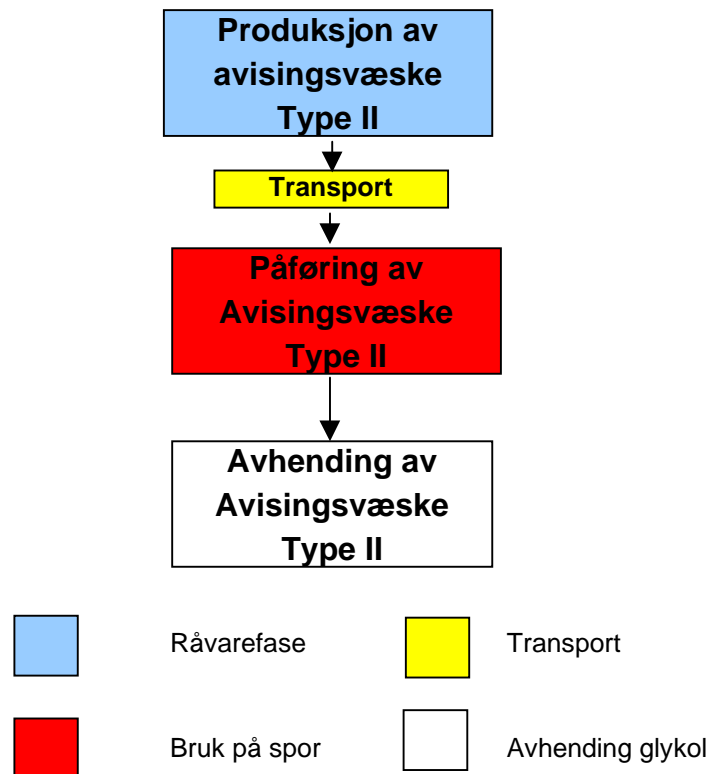


Figur 3.3 De ulike trinnene i *de-icing IR*.

Anti-icing

For både de-icing glykol og IR er det en etterfølgende anti-icing med avisingsvæske type II. Anti-icing som er behandling med avisingsvæske type II er antatt å være lik uavhengig av om den skjer etter bruk av et glykol system eller IR system. I 1999-2000 sesongen er det til anti-icing benyttet både type II og type IV væske. Type IV er antatt lik type II avisingsvæske fordi det i 2000-2001 sesongen kun er benyttet type II, og det i vurderingen av toksisitet er sett på type II avisingsvæske med de tilsetningsstoffene som benyttes i 2001-2002 sesongen. Figur 3.4 viser de ulike trinnene i Anti-icingen. Bilag 9.4 gir datagrunnlaget og datakilder

Anti-icing glykol



Figur 3.4 De ulike trinnene i anti-icing

3.3 Funksjonell enhet og massestrømmer

I dette prosjektet er den funksjonelle enhet:

”Avising av fly for en sesong ved et spor på Gardermoen”.

Det ble valgt å se på spor 81 da dette har mest trafikk og ligger på den mest benyttede plattformen. Det var ønskelig å se effekten av IR på det mest trafikkerte sporet ettersom det er antatt å være en mest realistisk bruk av IR. Data fra sesongen 2000-2001 på spor 81 er benyttet for å finne antall avisinger, glykolforbruk og propanforbruk. Dette kalles videre en basis sesong. Spor 81 har 21% av det totale antall avisinger på hele flyplassen, 25% av det totale forbruket av Type I avisingsvæske og 31% av det totale forbruket av Type II avisingsvæske for hele flyplassen.

Basis sesong

En basis sesong består av 1649 avisinger med 127 dager med avising for spor 81, som for sesongen 2000-2001.

Forbruk av glykol

Forbruk av type I væske til de-icing er på 223 636 kg glykol/sesong hvilket tilsvarer 136 kg glykol/avising for spor 81, som for sesongen 2000-2001.

Forbruket av type II og IV væske til anti-icing er på 76 329 kg glykol /sesong hvilket tilsvarer 46 kg glykol/avising for spor 81, som for sesongen 2000-2001.

Forbruk IR-anlegget

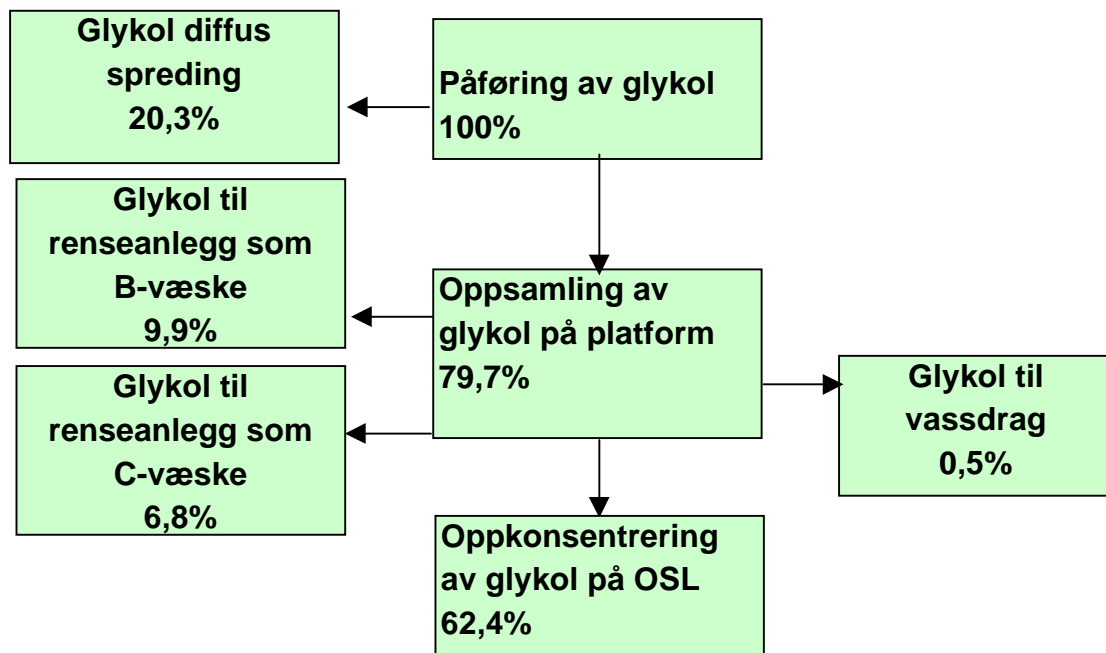
Propanforbruket til IR-anlegget er beregnet ut fra et konservativt anslag på 10 min per de-icing med IR-anlegg på full power per de-icing, 3 min på standby ved glykol påføring og 1 time oppvarming på full ”power” hver dag med avising. Dette gir et forbruk på 271 140 kg propan per sesong eller 164 kg propan per de-icing. Gjennomsnittstiden på EWR var sesongen 2000-2001 på 7,4 minutter.

Forbruket av glykol som skal påføres av sikkerhetshensyn til IR-anlegget anslås av SAS og Braathens til 70-90 l per avising. Det foreslås å bruke 80 liter hvilket svarer til 24 054 kg glykol per sesong eller 15 kg glykol per avising.

Oppsamling av glykol

For å finne hvor stor andel glykol som blir samlet opp og en fordeling av hvor den havner er gjennomsnitt av massebalanse for de siste 2 år lagt til grunn. Figur 3.1 under viser prosentvis fordeling av glykolen som benyttes.

Prosentvis fordeling av glykol



Figur 3.1: Fordeling av brukt glykol (i %)

3.3.1 Forutsetninger

- Anti-icing med samme mengde avisingsvæske type II vil finne sted uavhengig av om det brukes glykol eller IR til de-icing.
- Blåsing av snø samt preventiv frostbehandling på gate vil være like for begge systemer, og utelates derfor.
- Ekstra vasking som følge av IR er antatt som neglisjerbar.
- Produksjon av utstyr blir utelatt ettersom levetidene er lange og bidragene blir antatt meget små i forhold til andre bidrag.

LCA-Inventory Tool versjon 3.1 benyttes for å modellere systemet. Databasen i dette verktøyet, supplert med data fra Stiftelsen Østfoldforskning, brukes for energidata og transportdata.

3.3.2 Valg av miljøpåvirkningskategorier

De to alternative avisingsmetodene glykol og IR er forskjellige og vil også gi miljøpåvirkninger som er forskjellige. Glykolsystemene antas å ha stor risiko for lokal forurensning av vannkilder, noe det alternative IR systemet trolig ikke har. Kunnskaper basert på risikovurderinger lokalt bør trekkes inn både i forhold til en gjennomsnittsvinter og i forhold til ekstrem-situasjoner.

Lokale toksisitetvurderinger av glykol må gjøres basert på eksisterende data. Slik datafangst er ikke inkludert i dette prosjektet.

De valgte påvirkningskategoriene er vist i tabell 3.1

Valgt miljøpåvirkning	Måleenhet per funksjonell enhet	Begrunnelse for valg
Energiforbruk	MJ	Brukes som indikator for å vise energiforbruk i systemene.
Drivhuseffekt	Kg CO ₂ -ekvivalenter	Global miljøpåvirkning som følge av forbrenningsprosesser for begge systemer. Fører til globale klimaendringer.
Forsuring	Kg SO ₂ -ekvivalenter	Regional miljøpåvirkning som følge av sure gasser fra forbrenningsprosesser for begge systemer. Kan gi skader på vegetasjon og helseskader for mennesker ved innånding av sure gasser.
Oksygenforbruk	Kg O ₂ -ekvivalenter	Lokal/regional miljøpåvirkning som følge av utslipp av organisk stoff og næringssalter. Kan gi gjengroing, oksygensvinn og dårlig vannkvalitet.
Dannelse av bakkenær ozon	Kg ethene – ekvivalenter	Regional miljøpåvirkning som følge av utslipp av VOC og NO _x . Kan gi helse skader og skader på vegetasjon.
Lokal økotoksitet og humantoksitet		Lokal økotoksitet for å beregne lokale påvirkninger rundt Gardermoen. Kommer fra utslipp av tungt nedbrytbare toksiske forbindelser og helseskadelige gasser.

Tabell 3.1 De valgte påvirkningskategoriene

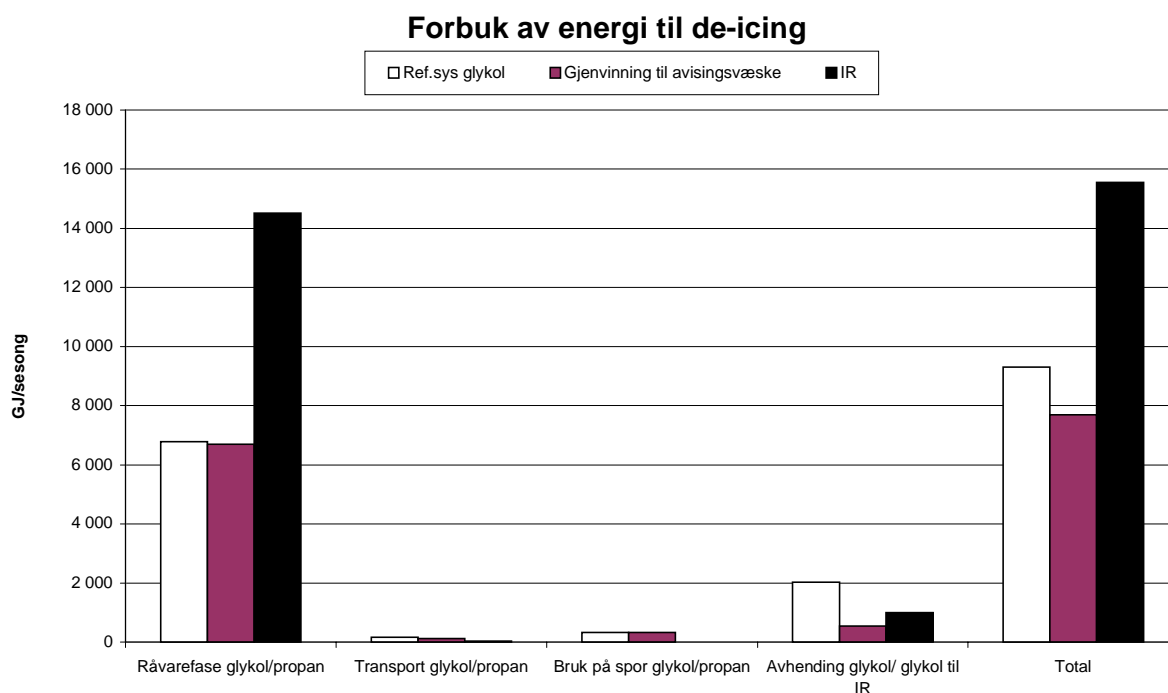
I dette prosjektet vil resultatene presenteres i form av disse miljøpåvirkningene. Miljøpåvirkningene er av slik karakter at ulike beslutningstakere (lokalt vs regionalt vs globalt) vil kunne gjøre ulike prioriteringer. Det vil derfor bli gjort en drøfting av bidragen fra de ulike miljøpåvirkningene. Ingen tradisjonelle vektingsmodeller fra LCA vil bli benyttet, da disse ikke blir ansett å håndtere de globale vs. de lokale miljøpåvirkningene på en tilfredsstillende måte for dette prosjektet.

4. REGIONALE OG GLOBALE MILJØPÅVIRKNINGER BASERT PÅ LCA

Dette kapittelet viser resultatene av beregningen for systemene med de forutsetningene som er beskrevet i kapittel 3. Miljøpåvirkningene som er valgt og beskrevet i tabell 3.1 vises for de-icing for referansesystemet med glykol (ref.sit glykol), for systemet med gjenvinning til avisingsvæske og for systemet med bruk av infrarød varme (IR). Resultatene fra anti-icing trinnet vises på oppsummeringsfiguren hvor resultatene er summert for alle livsløpstrinnene. Figuren viser resultatene som prosent av det mest belastende alternativet for de tre alternative systemene til de-icing og anti-icingen.

4.1 Energiforbruk

Figur 4.1 viser det totale energiforbruket for de-icing fordelt på trinnene i livsløpet for de 3 alternative systemene.



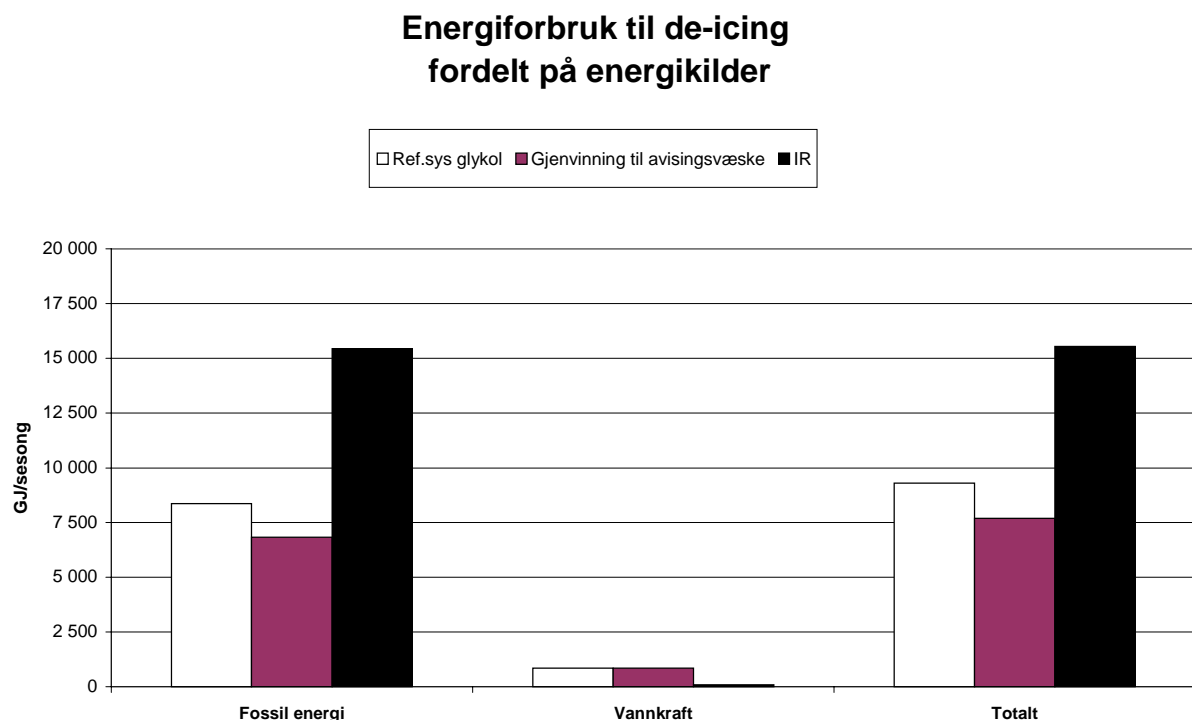
Figur 4.1 Forbruket av energi til de-icing for de 3 alternativene.

Figuren over viser at energiforbruket hovedsakelig skjer ved produksjon av råvarer. Energiforbruk i avhending av glykol er betydelig større for referanse systemet enn for systemet med gjenvinning til avisingsvæske. Dett er fordi oppkonsentrering fra 52%-99% for referanse systemet krever mye energi mens gjenvinning til avisingsvæske ikke har med dette energi forbruket siden det kun har med oppkonsentrering til 52%. For IR utgjør bidraget fra forbruk av glykol (kalt *glykol til IR*) 11 % av totalen for referanse systemet. Denne andelen er den samme som andelen glykol til IR i forhold til glykol mengden som benyttes i referanse

systemet. Forbruk av energi for glykol-systemene består av energi brukt til produksjon og transport samt ca 40% tap av glykol til renseanlegg, til vassdrag eller til diffuse utslipp. Ved IR-systemet går all energien tapt ved forbrenning av propan ved de-icing.

Produksjon av glykol gir mindre energibelastning enn produksjon av propan til IR. En årsak til dette er at ca 60% av glykolen samles opp etter bruk. Dette gir besparelse i produksjonen av ny glykol til begge glykol systemene, som får et betydelig mindre forbruk av energi enn IR-systemet.

Figur 4.2 viser energiforbruket summert for hele livsløpet fordelt på forskjellige energikilder for de tre alternative systemene.

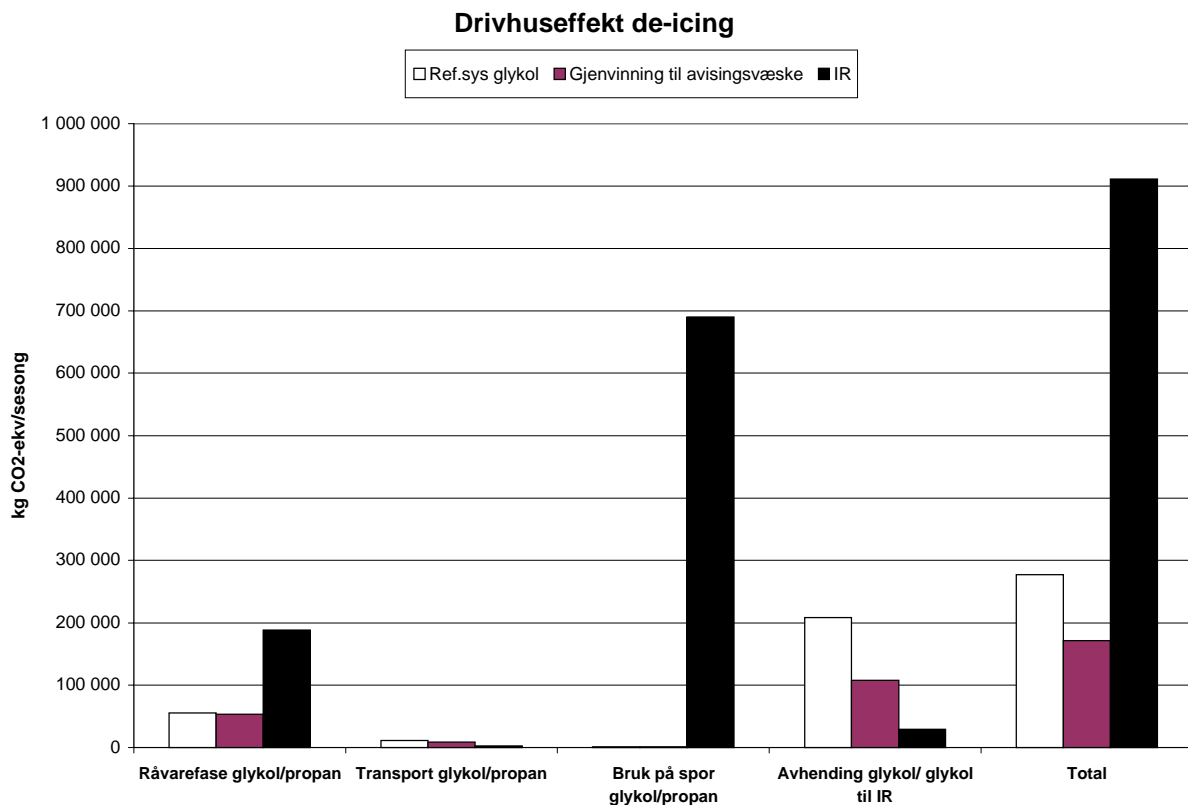


Figur 4.2 Forbruk av energi summert for hele livsløp fordelt på energibærere for de-icing for de 3 alternativene.

Figuren over viser at det i hovedsak er bruk av fossil energi, 99% av totalen for IR, 90% av totalen for glykol referansesystem og 89% av totalen for gjenvinning til avisingsvæske. Vannkraft som energikilde stammer fra bruk av norsk elektrisitet knyttet til aktiviteter som oppkonsentrering, oppvarming av avisingsvæske og lignende. Det er også bidrag fra atomkraft og bioenergi som stammer fra bruk av nederlandsk elektrisitet til gjenvinning til ren glykol, men bidragene er neglisjerbare og er kun med under totalt på figuren.

4.2 Global klimaendring (Drivhuseffekt)

Figur 4.3 viser det potensielle bidraget til global klimaendring (drivhuseffekten) fra de tre de-icing-systemene. Alle klimagasser (bl.a. CO₂ og CH₄), som slipper ut i livsløpet til de tre alternative systemet er beregnet og oppgitt som CO₂-ekvivalenter.

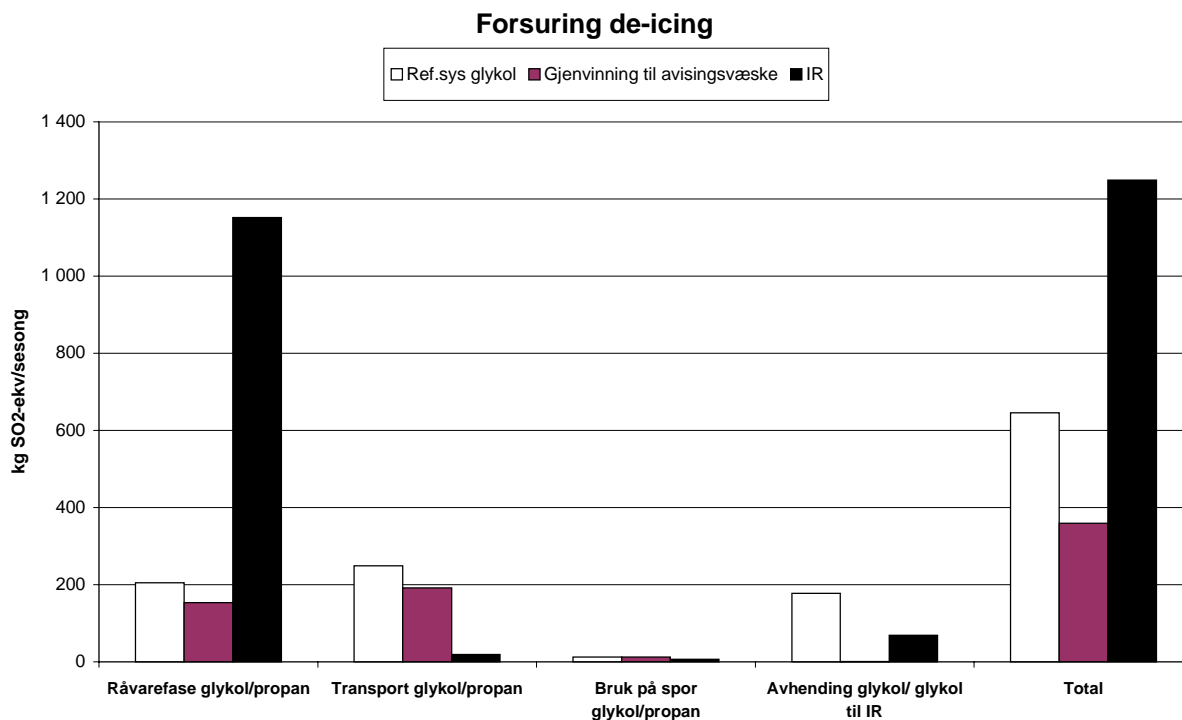


Figur 4.3 Drivhuseffekt fra de-icing for de 3 alternativene.

Figuren over viser at bidraget til drivhuseffekten er størst ved ”bruk på spor” (selve de-icing-trinnet) av propan. Det er her forbrenning av propan skjer. Dette trinnet utgjør 76 % av den totale belastningen for de-icing med IR, mens produksjon av råvarer (propan) utgjør 21% av totalen. For glykolsystemene er bidraget størst fra avhendingen, hvor det dannes CO₂ når glykolen brytes ned i grunnen og i renseanlegget. Forskjellene mellom glykol alternativene er relativt stor fordi oppkonsentrering av glykol i referanse-systemet gir et større bidrag enn gjenvinning til avisingsvæske. Energiforbruket ved oppkonsentrering av glykol (som gir bidrag til drivhuseffekten) er imidlertid kun estimert. Usikkerheten ved dette (og andre) estimat vil bli behandlet i diskusjonen av resultatene. Forskjellen i råvarefasen kan forklares ved at ca 60% av glykolen gjenvinnes. Det er derfor ca 40% av den totale glykolmengden til avising som blir utvunnet fra nye råvarer, mens 100% av propanen blir produsert.

4.3 Forsuring

Figur 4.4 viser bidraget til potensiell forsuring fra de tre de-icing-systemene. Resultatet er beregnet ved at sure gasser (bl.a. NO_x, SO_x, HCl) er omregnet til SO₂-ekvivalenter.

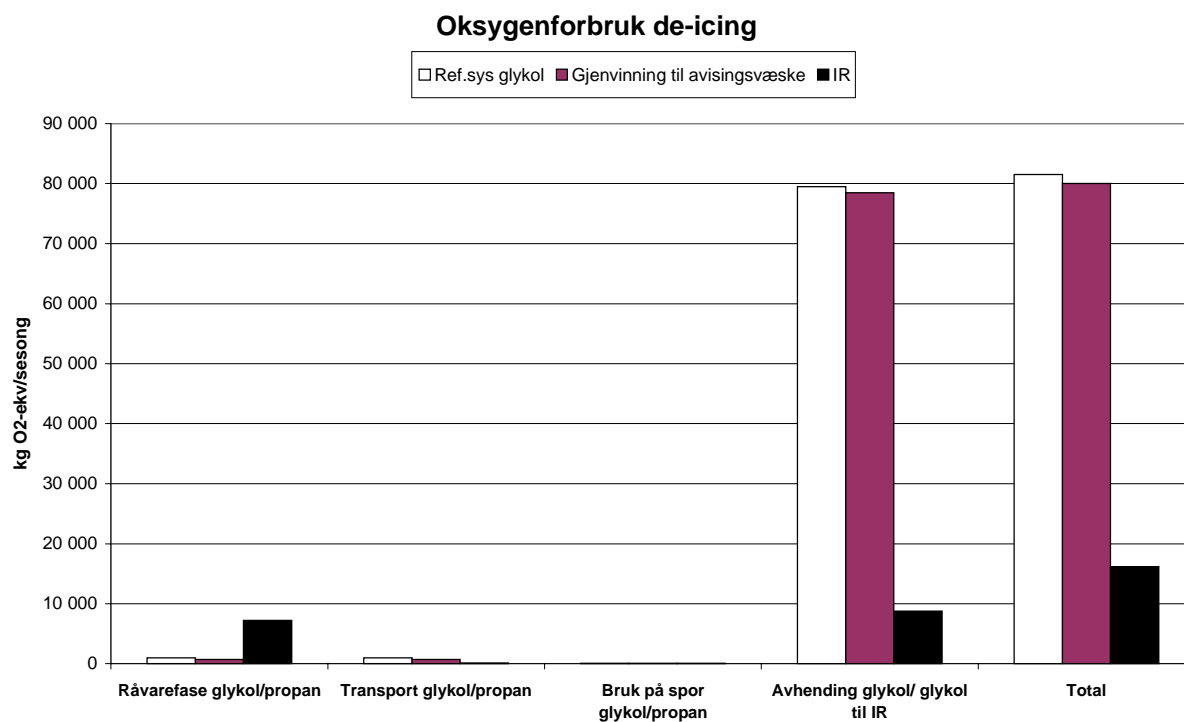


Figur 4.4: Forsuring fra de-icing for de 3 alternativene.

Figuren over viser at det største potensielle bidraget til forsuring kommer fra produksjon av råvarer (utvinning av propan) til IR-systemet og utgjør 92% av totalen for dette systemet. Forskjellen mellom utslipp av sure gasser i råvaretrinnet kan også her forklares ved at 60% av glykolen gjenvinnes. For glykol-alternativene er bidragene fordelt på råvare og transport for begge. Referanse-systemet har et bidrag til forsuring fra avhending av glykol som ikke systemet med gjenvinning til avisingsvæske har.

4.4 Oksygenforbruk

Figur 4.5 viser bidraget til potensiell oksygenforbruk fra de tre de-icing-systemene. Resultatet er beregnet ved at organisk stoff, fosfat- og nitrogenholdige forbindelser er omregnet til oksygenforbruk (O₂-ekvivalenter).

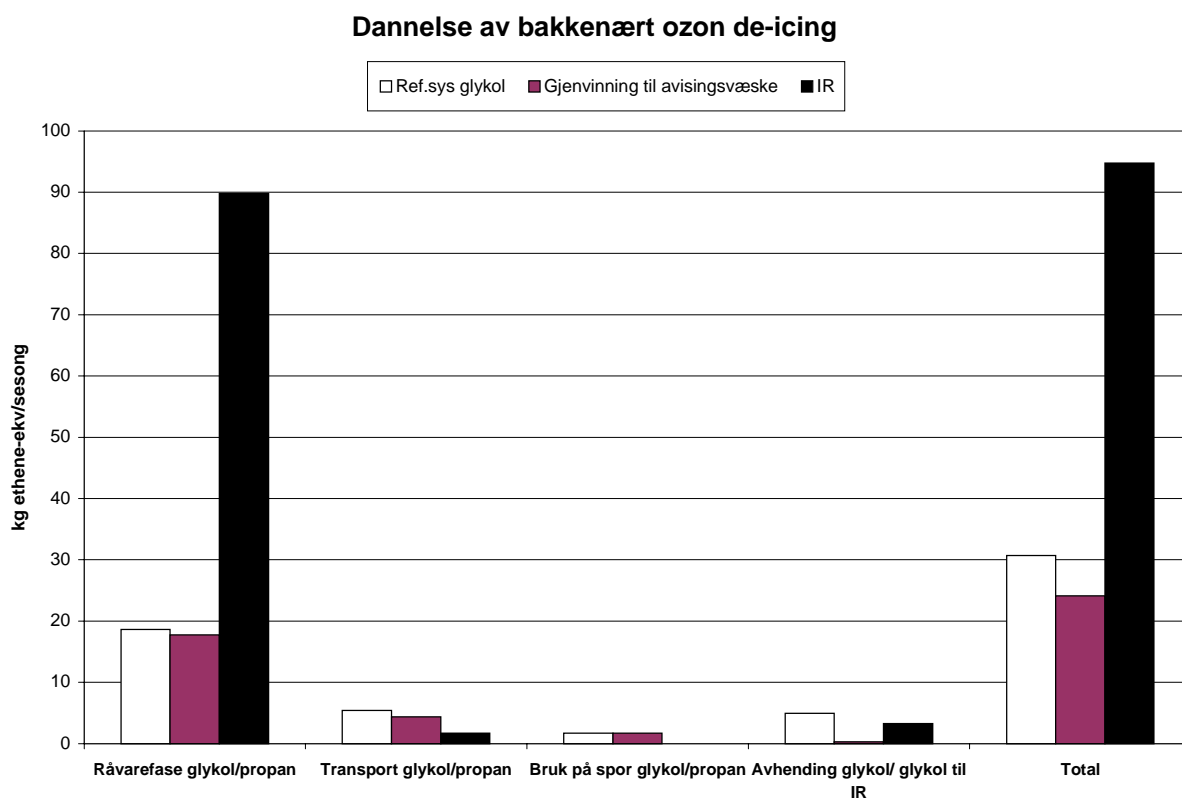


Figur 4.5 Oksygenforbruk fra de-icing for de 3 alternativene.

Figuren over viser at råvarefasen for IR-systemet gir 45% av den totale potensialet for oksygenforbruk mens resten skyldes sikkerhets-bruk av glykol. For glykolsystemene er det i avhendingen av glykol hvor hovedbidraget kommer. Glykolen som går til renseanlegget gir ikke bidrag ettersom vi har antatt fullstendig rensing. Glykolen som går til grunnen og som slippes ut kontrollert i vassdrag gir hovedbidraget til oksygenforbruk for begge glykolsystemene.

4.5 Dannelse av bakkenært ozon

Figur 4.6 viser bidraget til potensiell dannelse av bakkenær ozon fra de tre de-icing-systemene. Resultatet er beregnet ved at flyktige organiske forbindelser er omregnet til eten-ekvivalenter som et uttrykk for potensialet for dannelse av bakkenær ozon.

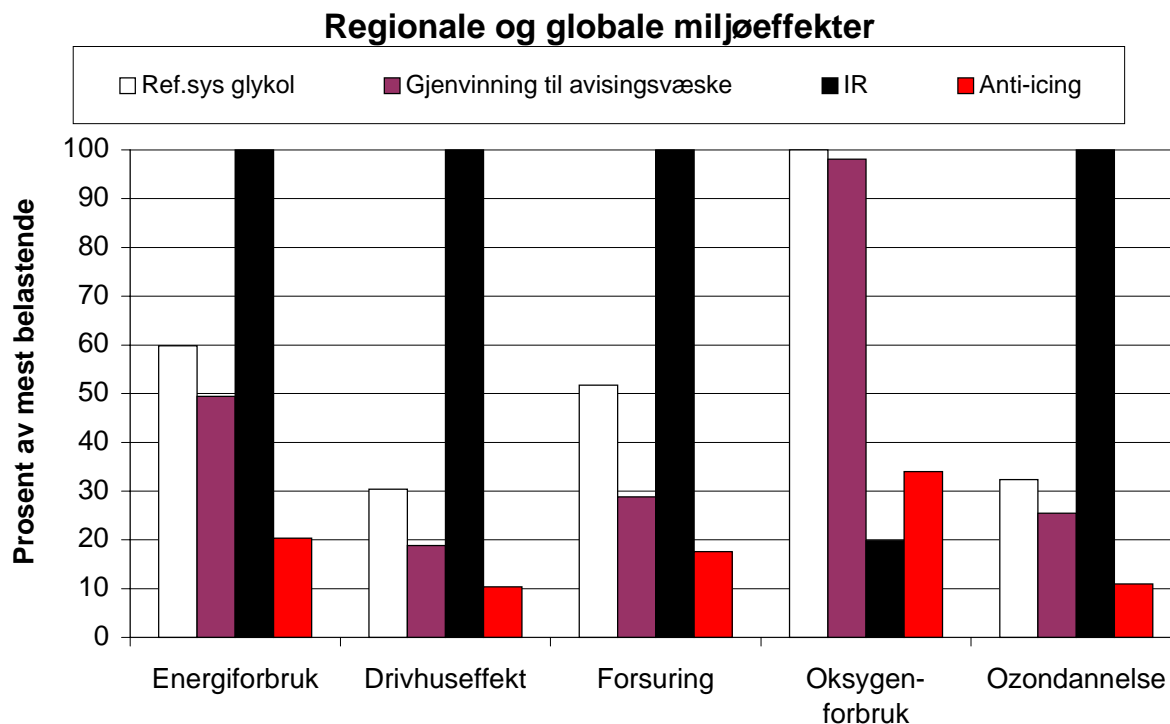


Figur 4.6 Dannelse av bakkenær ozon fra de-icing for de 3 alternativene.

Figuren viser at produksjon av råvarer for de 3 alternativene er viktig for dannelsen av bakkenært ozon, spesielt for IR systemet hvor råvaretrinnet utgjør 95% grunnet utslipp av flyktige organiske forbindelser i produksjonsprosessen. For glykolsystemene er bidragene mer fordelt men referanse-systemet har et bidrag fra avhending av glykol som ikke systemet med gjenvinning til avisingsvæske har.

4.6 Oppsummering av regionale og globale miljøeffekter

Figur 4.7 oppsummerer resultatene som prosent av det mest belastende alternativet. Figuren viser totalen for de 3 alternativene til de-icing (hvor glykol avisingsvæske type I benyttes) samt trinnet med anti-icing (med avisingsvæske type II) for alle de valgte påvirkningskategoriene.



Figur 4.7 Relative regionale og globale miljøpåvirkninger for de-icing og anti-icing

Energibruk er høyest for systemet med IR bruk til de-icing. De-icing med bruk av referanse systemet med glykol er på 60 % av IR-systemet, de-icing med gjenvinning til avisingsvæske er på 49 % av IR-systemet. I tillegg kommer anti-icing som utgjør 20% av de-icing med IR-systemet. Hovedandelen av den energien som benyttes er fossil energi. Forbruket av energi er betydelig mindre for glykol alternativene enn for IR-systemet og en større andel av forbruket er av fornybar energi.

Drivhuseffekten har størst bidrag fra de-icing med bruk av IR-systemet. De-icing med bruk av referanse systemet med glykol utgjør 30% av IR-systemet, de-icing med bruk gjenvinning til avisingsvæske utgjør 19% av IR-systemet. I tillegg kommer anti-icing som utgjør 10% av de-icing med bruk av IR. Det er en klar sammenheng mellom drivhuseffekt og energiforbruk knyttet til fossil energi. Det gjøres oppmerksom på at en større del av energien i glykolsystemene kommer fra bruk av fornybar energi som gir en større forskjell mellom IR og glykol enn for energibruken.

For forsuring er bidraget størst fra de-icing med bruk av IR-systemet. De-icing med bruk av referanse systemet med glykol utgjør 52% av IR-systemet, de-icing med gjenvinning til avisingsvæske utgjør 29 %. I tillegg kommer anti-icing, som utgjør 18% av IR.

For oksygenforbruk er bidrag fra de-icing referanse system glykol størst. De-icing gjenvinning til avisingsvæske utgjør 98% referanse systemet, de-icing IR utgjør 20%. I tillegg kommer anti-icing som utgjør ca 18% referanse systemet.

For ozondannelse er også bidraget størst fra de-icing med IR. De-icing glykol referanse systemet utgjør 32% og de-icing med gjenvinning til avisingsvæske utgjør 25 % av de-icing med IR-systemet. Anti-icing utgjør 11% av de-icing med IR.

4.7 Hvor store er bidragene i forhold til annen belastning?

Hvor store er utslippene og de potensielle miljøbelastningene i forhold til andre utslipp ved Oslo Lufthavn. For å få et begrep om dette er utslipp av CO₂ og NO_x fra avisingsystemene sett i forhold til flytrafikk. SAS sin miljørapport 2000 gir utslipp av CO₂ og NO_x for en Boeing 737. Disse er så regnet om fra utslipp per passasjer til utslipp per km fly med normalbelegg. Utslippene fra de-icing *per sesong* er regnet om til utslipp *per de-icing*.

Utslippene av CO₂ fra hele livsløpet for en de-icing med glykol referansesystem tilsvarer 10 km flygning. Forbrenning av propan på spor for IR-systemet tilsvarer 25 km, mens de-icing fra hele livsløpet med IR-systemet tilsvarer 33 km flygning.

For en de-icing med glykol referansesystem tilsvarer utslipp av NO_x 4 km flygning. De-icing IR tilsvarer 13 km flygning.

For å gjøre et overslag av hvor mye all avisning på Oslo Lufthavn Gardermoen utgjør av alle avganger derfra på et år er følgende antagelser benyttet:

- 100 000 avganger per sesong
- En gjennomsnitts flygning er på 500 km
- 8 000 avisinger på hele flyplassen en gjennomsnittssesong

Med disse antagelsene utgjør de-icing med IR på hele flyplassen for en sesong 0,52 % og de-icing glykol 0,16 % av det totale bidraget av CO₂ fra alle avganger ved Oslo Lufthavn.

De-icing med IR på hele flyplassen for en sesong utgjør 0,2 % og de-icing glykol 0,07 % av det totale bidraget av NO_x fra alle avganger ved Oslo Lufthavn.

5. LOKALE MILJØPÅVIRKNINGER

5.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for å vurdere endring fra rent glykol-basert til IR-basert avising på Gardermoen, er lokale forurensningsproblemer knyttet til utslipp av avisingsvæsker. Forurensningsrisikoen kan relateres både til selve glykolen og til andre tilsetningsstoffer i avisingsvæsken.

Glykol og tilsetningsstoffer kan true både vassdrag og grunnvannet under flyplassen. I dette avsnittet vil vi fokusere på potensielle endringer som kan oppnås ved installasjon av IR-system på Gardermoen.

Den største risikoen lokalt er knyttet til diffuse utslipp som kan nå grunnvannet. Avrenning fra fly utenfor område med oppsamling vil belaste arealene langs banesystemene (såkalte sidearealene). Feil i tekniske anlegg knyttet til oppsamling og transport av forurenset vann representerer også en risiko.

Utslipp til vassdrag er normalt styrte hendelser hvor konsentrasjon er kjent og utslippsmengde kan reguleres i forhold til vannføringen. Utslipp til vassdrag innebærer derfor mindre risiko.

Prosjektet har ikke utført nye risikovurderinger, men bygger på eksisterende datagrunnlag og analyser. Aquateam har utført risikovurderinger på avisingsvæsker og tilsetningsstoffer i disse [Hem Lars J. og Weideborg Mona]. Tilsetningsstoffene er anonymisert i offentlige rapporter av hensyn til kjemikalieleverandørenes beskyttelse av egne produkter.

OSL har også tidligere gjennomført en rekke prosjekter for kartlegging av spredningsmønster for avisingsvæske, samt infiltrasjons- og nedbrytningsforløp. Det er beregnet dimensjonerende arealbelastninger som angir kjemikalemengder som kan tilføres for å sikre at den naturlig nedbrytningskapasiteten ikke overstiges og vannkvaliteten i grunnvann eller vassdrag forringes. Dette er beskrevet i andre rapporter og partene i prosjektet ble enige om at det var uoverkommelig å behandle dette innenfor prosjektets rammer.

5.2 Diffuse utslipp

OSL beregner at ca. 20% av glykolforbruket ikke blir samlet opp og går ut som diffuse utslipp. Dette tilsvarer en mengde på ca. 230 tonn per år. Fordelingen mellom Type I og Type II til diffuse utslipp er ikke kjent.

De diffuse utslippene skyldes spesielt avisingsvæske som renner av flyene under take-off. Noe av dette kan også renne av etter at flyene har tatt av, og således slippes ut utenfor flyplassområdet. Mye av de diffuse utslippene vil sige ned i grunnen, og dersom nedbrytingen ikke er fullstendig underveis, vil rester av de diffuse utslippene nå grunnvanns-reservoaret. Diffuse utslipp vil også kunne nå vassdragene (spesielt Sogna) ved overflateavrenning og snøsmelting. Det er på enkelte tidspunkter målt små konsentrasjoner av både glykol og tilsetningsstoffer (additiver) i Sogna. I grunnvannet er det lokalt målt relativt høye konsentrasjoner av glykol i forbindelse med enkelthendelser. For øvrig ser det ut til at det først og fremst er lite nedbrytbare additiver som gjenfinnes i grunnvannet.

I de nye avisingskjemikalierne er risikoen for utslipp av giftige kjemikalier til grunnvann først og fremst knyttet til anti-icingen. I denne rapporten er det satt som forutsetning at anti-icing ikke endres ved å ta i bruk IR-systemet. Dette fører til at innføring av IR ikke gir redusert risiko for utslipp av toksiske additiver til grunnvannet. Derimot vil totalbelastningen av glykol på systemet reduseres, og dermed reduseres risikoen for at glykol skal kunne detekteres i grunnvannet og for at det skal kunne oppstå anaerobe forhold i jordsmonnet med dannelse av sulfider og merkaptaner. Slike forhold vil også kunne føre til at bionedbrytbare stoffer ikke blir brutt ned like fort som normalt.

5.3 Utslipp til vassdrag

I de nye avisingsvæskene er det identifisert 3 additiver som kan innebære en risiko for miljøet. Disse er betegnet som Additiv 1, 2 og 3.

Avising (Type I glykol)

Bruk av avisingsvæsker er forventet å bli vesentlig redusert ved innføring av IR-systemer. Type I glykol utgjorde i 2000/2001-sesongen 78% av det totale glykol-forbruket. En vesentlig reduksjon i forbruket av type I glykol vil altså føre til en vesentlig reduksjon i totalforbruket av glykol.

Ny Type I glykol inneholder et additiv (betegnet Additiv 3) som kan innebære risiko for miljøet. Dette stoffet er lett biologisk nedbrytbart, antakelig ikke bioakkumulerende, og er akutt giftig for vannlevende organismer. Produktet må fortynnes 625000 ganger for at konsentrasjonen av Additiv 3 skal bli lavere enn PNEC ($PEC/PNEC < 1$).

I følge opplysninger fra Aquateam kan man regne med at det som går til vannrensing og det som går inn som karbonkilde i renseanlegget, vil brytes fullstendig ned. Under denne antakelsen vil utslippene til Leira derfor bare utgjøres av direkte utslipp.

Anti-icing (Type II glykol)

Fordi det er antatt at Type II glykol vil bli brukt i samme mengder i IR-systemet som i glykol-systemet, vil utslippene herfra ikke endres ved bruk av IR. Problemstillinger knyttet til aktuelle additiver vil likevel berøres kort.

Ny Type II glykol inneholder to additiver (betegnet Additiv 1 og 2) som kan innebære risiko for miljøet.

Additiv 1 er ikke lett biologisk nedbrytbart, har ikke potensiale for bioakkumulering og er skadelig for vannlevende organismer. Produktet må fortynnes 2000 ganger for at konsentrasjonen av Additiv 1 skal bli lavere enn PNEC ($PEC/PNEC < 1$).

Fordi stoffet ikke brytes ned i renseanlegget, vil utslipp til Leira omfatte både direkte utslipp og 99% av det som går til vannbehandlingsdelen av renseanlegget og 89% av det som går til råtnetankene (ref. Aquateam). Resten av Additiv 1 som går til renseanlegget, vil gjenfinnes i slammet.

Vi har ikke kunnet ta hensyn til en eventuell opphopning av stoffet andre steder (nedstrøms vannmasser og sedimenter, slam til jordbruksformål, grunnvann), fordi vi ikke har hatt tilgang til nødvendig underlagsmateriale. På grunn av lav nedbrytbarhet vil slike vurderinger kunne være viktige.

Additiv 2 er lett biologisk nedbrytbart, antakelig ikke bioakkumulerende, og er akutt giftig for vannlevende organismer. Produktet må fortynnes 750000 ganger for at konsentrasjonen av Additiv 2 skal bli lavere enn PNEC ($PEC/PNEC < 1$).

5.4 Oppsummering

Effekten av endring fra rent glykol-basert til IR-basert de-icing på Gardermoen vil være følgende:

- Mindre bruk av avisingsvæske type I:
 - Redusert risiko for diffuse utslipp av glykol
 - Redusert utslipp av additiver i type I
- Uendret mengde avisingsvæske type II:
 - Uendret risiko for forurensing fra additiver i type II

6. DISKUSJON

6.1 Forutsetninger og deres innvirkning på resultatene

Analysen av referansesystemet med bruk av glykol som avisingsvæske er gjort med utgangspunkt i dagens situasjon på Gardermoen. For dette systemet blir avisingsvæsken samlet opp og sendt utenlands for gjenvinning til ren glykol. De to andre systemene (gjenvinning til avisingsvæske samt IR-systemet) er systemer som ikke er i drift. For å få gjennomført beregningene måtte det gjøres en del forutsetninger som igjen gir føringer for resultatene. En forutsetning for alle systemene var valg av avising ved ett spor på Gardermoen. Tallene for antall avisinger og forbruk av glykol er derfor basert på målinger for sesongen 2001. Utslipp av glykol til ulike kilder og oppsamling av glykol er basert på gjennomsnittet av sesongene 2000 og 2001.

Det foreligger ikke erfaringstall fra IR for norske forhold. Her er det brukt data fra USA samt at det er gjort vurderinger av avisingsekspertes fra SAS/Braathens. Det er lagt inn anslag for avisingstid (10 minutter) med etterfølgende ekstra påføring av glykol. *Avisingstiden* er kanskje den viktigste parameteren knyttet til miljøeffektene fra IR-anlegget. Eksempelvis vil en reduksjon i avisingstiden for IR-systemet med 30% redusere de fleste miljøbelastningene med nesten like mye. Miljøbelastningene er ikke fullstendig proporsjonale med avisingstiden for bruk av IR-anlegget siden noe tid går med til oppvarming av anlegget hver dag, samt at en del av miljøbelastningene kommer fra sikkerhetsbruken av glykol. Den reelle tidsbruken (og kunnskap om hvor "riktige" forutsetningene om tidsbruk er i denne studien) kan kun finnes ved bruk av anlegget ved Oslo Lufthavn Gardermoen.

Hvor effektivt IR-anlegget kan brukes i løpet av en driftsdag er også en viktig parameter, siden anlegget står på "stand by" og dermed forbruker energi også under etterfølgende ekstra påføring av glykol. Det anbefales derfor å oppgradere disse resultatene når erfaringstall fra IR-anlegget kan brukes.

En annen viktig forutsetning for studien er valg av flyplass. Gardermoen har oppsamlingssystem for glykol, noe som gir en stor reduksjon i de lokale miljøbelastningene fra bruken av glykol. Men også miljøpåvirkningene fra produksjonen av glykol reduseres siden glykol resirkuleres og kan brukes på nytt (og dermed reduserer mengden av behovet for "ny" glykol). Resultatene er dermed kun relevante for flyplasser hvor glykol blir samlet opp i tilsvarende grad som Gardermoen. Ved flyplasser med mindre eller ingen oppsamling av glykol, vil miljøbelastningene fra det totale livsløpet til avising med glykol øke vesentlig.

6.2 Datakvalitet

Som nevnt i kapitlet over, vil datakvaliteten for IR-systemet være det som har størst usikkerhet. Det er i første rekke data for bruk av IR som har størst usikkerhet, mens produksjonsdataene antas å være av rimelig kvalitet (og vil ikke endres med erfaring fra driften). Ved forbrenningen av propan for IR systemet er det benyttet data fra Radiant for

utslipp av NO_x. Disse er noe lave i forhold til gjennomsnittstall, men utslipp av NO_x ved forbrenning er i en meget høy grad styrt av den forbrenningstekniske situasjonen. Det er ikke benyttet forskjellig NO_x utslipp ved full "power" og "standby". Utslipp av NO_x gir bidrag til forsurening og oksygenforbruk. Utslippene kan variere med driftsbetingelser og burde vært målt på et testanlegg over tid for å få med variasjon i driften. CO₂ er fra forbrenning av propan ved IR gir et stort bidrag til drivhuseffekten. Det er brukt generelle data for dette utslippet, noe som anses å gi et riktig bilde ettersom utslipp av CO₂ er lite avhengig av forbrenningsforhold.

Input til glykol-systemene har i hovedsak bedre datakvalitet enn IR-systemet fordi det finnes erfaringsdata fra bruksfasen for disse systemene. For referansesystemet er det imidlertid usikkerhet knyttet til oppkonsentrering av glykol i Nederland, og dette forbruket måtte estimeres. Denne usikkerheten har antagelig liten betydning for konklusjonen ved sammenligning mellom referansesystemet og IR-systemet, men kan ha innvirkning ved sammenligningen av de to glykol-systemene. Imidlertid er data som grunnlag for å beregne miljøpåvirkninger til glykol, både den som samles opp og den som spres diffust for dårlige. Datainnsamlingen til analysen avdekket at det er størst usikkerhet knyttet til forutsetninger og input data for IR-systemet mens det er størst usikkerhet knyttet til å kunne modellere effekten av utslippene av glykol. Både IR- og glykolsystemet har usikkerheter, noe som må tas hensyn til ved tolkning av resultatene.

6.3 Metodiske valg som påvirker resultatene

De råvarene som samles opp og gjenvinnes vil erstatte produksjon av ny råvare. En slik erstatning og unngått produksjon av glykol er inkludert i denne studien av glykol-systemene, og fører til at produksjonen av glykol gir et mindre bidrag til miljøbelastningene enn hvis glykolen ikke blir gjenvunnet. I realiteten vil glykolen gjenvinnes flere enn en gang. Ved å inkludere flere gangers gjenvinning av glykol vil dette gi en enda større besparelse av glykol, og dermed lavere miljøbelastninger fra produksjon av råvare. I denne studien er imidlertid kun en gangs gjenvinning tatt med i analysen, men denne forenklingen i analysen antas likevel kun å gi marginale endringer i resultatene og ventes ikke å kunne gi en endring i konklusjonene. Additivene vil måtte behandles som spesialavfall ved gjenvinning til ren glykol, noe som ikke er tatt med. For scenariet med gjenvinning til avisingsvæske vil også additivene kunne gjenvinnes.

Det er også gjort metodiske valg i forhold til hvilke miljøeffekter som skal inngå i analysen. Det er valgt å se på miljøforhold knyttet både til lokale, regionale og globale forhold. Arbeidsmiljø er imidlertid ikke inkludert i analysen. I tillegg er det beregnet lokale miljøeffekter kun hvor det finnes grunnlagsdata fra tidligere. Dette gir selvfølgelig føringer for resultatene. Det antas derfor at det er de lokale miljøforholdene er dårligst beskrevet. Disse er også vanskeligst å modellere.

B-væske som går til rensanlegg erstatter metanol som karbonkilde og i analysen er det ikke tatt med

noen miljøbelastninger for dette, selv om det er teoretisk kjent at en slik løsning kan føre til en økning i slamproduksjonen i forhold til ved å bruke metanol. Det er antatt at C-væske ikke gir bidrag til oksygenforbruk, kun CO₂ utslipp under nedbrytning av glykol.

Denne studien av to vidt forskjellige systemer vil også gi ulike miljøeffekter, noe som ble bekreftet av resultatene. Glykol-systemet gir de største potensielle risiki i forhold til lokale forhold, mens IR-systemet gir de største potensielle risiki i forhold til globale og regionale forhold. Dette gir en spesiell utfordring i forhold til tolking av resultatene. I dette prosjektet er derfor de ulike miljøeffektene diskutert, men det er ikke foretatt en endelig tolking (eller vektning) av hvilke miljøpåvirkninger eller avisingsystemer som er ”verst” eller ”best”. Hvilke miljøeffekter som i siste instans må vektlegges blir påvirket av krav og tillatelser fra myndighetene.

6.4 Bidrag til miljøbelastninger fra de ulike systemene

6.4.1 Regionale og globale miljøpåvirkninger

Hvor store bidragene og forskjellen mellom systemene er illustreres ved at forbrenning av propan på spor med bruk av IR-systemet tilsvarer 25 km, mens de-icing fra hele livsløpet med IR-systemet tilsvarer 33 km flyging. Utslippene av CO₂ fra hele livsløpet for en de-icing med glykol referansesystem tilsvarer 10 km flygning. For utslipp av NO_x viser analysen at en avising med bruk av IR tilsvarer en flytur med en Boeing 737 på 13 km. For en de-icing med glykol referansesystem tilsvarer utslipp av NO_x 4 km flygning.

Overslag viste at de-icing med IR på hele flyplassen for en sesong vil gi 0,52 % og de-icing glykol 0,16 % av det totale bidraget av CO₂ fra alle avganger ved Oslo Lufthavn.

De-icing med IR på hele flyplassen for en sesong utgjør 0,2 % og de-icing glykol 0,07 % av det totale bidraget av NO_x fra alle avganger ved Oslo Lufthavn.

6.4.2 Lokale miljøbelastninger

For glykol-systemene er det de lokale miljøeffektene (eller de potensielle risiki) som er dominerende. Vurderingen av de lokale miljøeffektene for glykol-systemet ble kun gjort på basis av eksisterende materiale.

Ca 20 % av glykolen som er i bruk i dagens system blir ikke samlet opp. Det anslås at 10% går til grunnen i nærområdene og 10% følger med flyene og blir spredt over et større område. Ett viktig poeng med å skifte til de-icing med IR, er at det skal redusere bruken av glykol, og dermed de lokale effektene ved avrenning av denne. Imidlertid vil avisingsvæske med glykol brukes i det siste trinnet i avisingsprosessen (anti-icing) ved både avising med glykol og ved avising med varmebehandling med IR. Glykolen som brukes i dette trinnet har høyere viskositet (er mer tyktflytende) enn glykolen som brukes i det første avisingstrinnet. Det vil derfor sitte på lengre, og det er derfor ikke unaturlig å forvente at deler av denne renner av på taxebanen og ved flyavgang. Det kan derfor stilles spørsmål om substitusjon av glykol med IR i det første avisingstrinnet (de-icing) vil gi en vesentlig reduksjon i de diffuse utslippene av glykol, hvis det er det siste avisingstrinnet som er hovedkilden til disse utslippene. Etter en eventuell testperiode av IR-systemet er det en mulighet for at prosedyrene forandres og at bruken av glykol som er antatt i dette prosjektet vil forandres og reduseres.

Dette er imidlertid spekulasjoner, men like fullt et viktig bidrag til diskusjonen om hvilke miljøbelastninger som et potensielt IR-anlegg ved Oslo Lufthavn Gardermoen kan redusere.

Imidlertid kan IR-anlegget antagelig redusere de kontrollerte utslippene av glykol til elv, som skjer ved høy vannføring og for å redusere belastningen på renseanlegget.

6.5 Videre arbeid

Ettersom additivene er forskjellige i avisingsvæske type I til de-icing og type II til anti-icing bør det undersøkes nærmere hvordan fordelingen av denne er på massebalansen og spesielt hvordan fordelingen er på det som spres diffust og det som går til grunnen på Oslo Lufthavn Gardermoen.

Usikkerheten omkring tiden til behandling med infrarød varme IR vil gjøre store utslag for dette systemets potensielle miljø påvirkninger. Det anbefales derfor å beregne scenarier for ulik tidsbruk for å finne ut hvor mye tiden må reduseres for at de potensielle regionale og globale potensielle miljøpåvirkningene blir tilnærmet like for systemet. Utslipp av NO_x gir bidrag til forsurening og oksygenforbruk. Utslippene kan variere med driftsbetingelser og burde vært målt på et testanlegg over tid for å få med variasjon i driften. Alternativt kan analysen oppdateres når det foreligger reelle testresultater fra IR-anlegget.

7. KONKLUSJON

For IR-anlegget er det knyttet størst usikkerhet til avisingstiden og hvor effektivt anlegget kan utnyttes. Denne usikkerheten kan reduseres ved testing av IR-anlegget. For glykolsystemene er det knyttet størst usikkerhet til miljøpåvirkningene fra den glykolen som ikke samles opp.

Med de forutsetningene som er benyttet og usikkerheten i datagrunnlaget som er i denne analysen, viser resultatene at de valgte regionale og globale potensielle miljøpåvirkningene fra et potensielt IR-anlegg på Oslo Lufthavn Gardermoen er større enn for glykolsystemene for alle miljøpåvirkningene bortsett fra for oksygenforbruk. Det forventes at bruk av IR til avising kan redusere de kontrollerte utslippene av glykol til vassdrag, som skjer ved høy vannføring og for å redusere belastningen på renseanlegget.

Det er usikkert om hvor mye IR-anlegget kan redusere de diffuse utslippene av glykol til omgivelsene ved Oslo Lufthavn Gardermoen. Dette fordi at det siste trinnet i avisingen (anti-icing) er forutsatt skal skje ved bruk av avisingsvæske med glykol, og store deler av denne avisingsvæsken kan forventes spredt i nærområdene. Dette må imidlertid verifiseres av prøver av hvilken type glykol som spres i nærområdene. Etter en eventuell prøveperiode av IR-anlegg er det mulig at prosedyrene forandres og at det kan benyttes mindre avisingsvæske til anti-icing. En økt oppsamlingsgrad vil gi lavere lokale, regionale og globale miljøbelastninger uavhengig av om de-icing skjer ved bruk av glykol eller IR.

Et potensielt IR anlegg ved Oslo Lufthavn Gardermoen kan også redusere håndtering, transport og lagring av ny og brukt glykol, og den forventede risikoen som følger med dette. På den annen side vil et potensielt IR-anlegg kreve håndtering og lagring av store mengder propan.

Grunnet belastning ved transport og energi til videre oppkonsentrering av glykol er det klart at gjenvinning til avisingsvæske ved Oslo Lufthavn Gardermoen vil være mindre belastende enn dagens system. Spesielt stor er besparelsen for bidrag til drivhuseffekten.

Resultatene og konklusjonene vil bli annerledes hvis analysen gjøres på en flyplass som ikke har oppsamling av glykol. I en slik situasjon kan det forventes at avising med bruk av glykol vil gi større og mer alvorlige miljøbelastninger både av lokal, regional og global karakter enn ved bruk av IR-anlegg.

Resultatene og konklusjonene kan også bli annerledes hvis det viser seg at avising med bruk av IR på Oslo Lufthavn Gardermoen kan skje raskere og mer effektivt enn forutsatt i denne analysen. Analysen bør derfor oppdateres når reelle data for IR-anlegget kan legges til grunn.

8. REFERANSER

[Hem Lars J. og Weideborg Mona] Degradation and toxicity of additives to de-icing fluids. Test performed to see the effect of discharge of water containing de-icing fluids to Gardermoen wastewater treatment plant. Aquateam 1999.

SAS miljørapport 2000

Vann- og avløpshåndtering. Årsrapport Avising 2000-2001. Oslo Lufthavn Gardermoen.

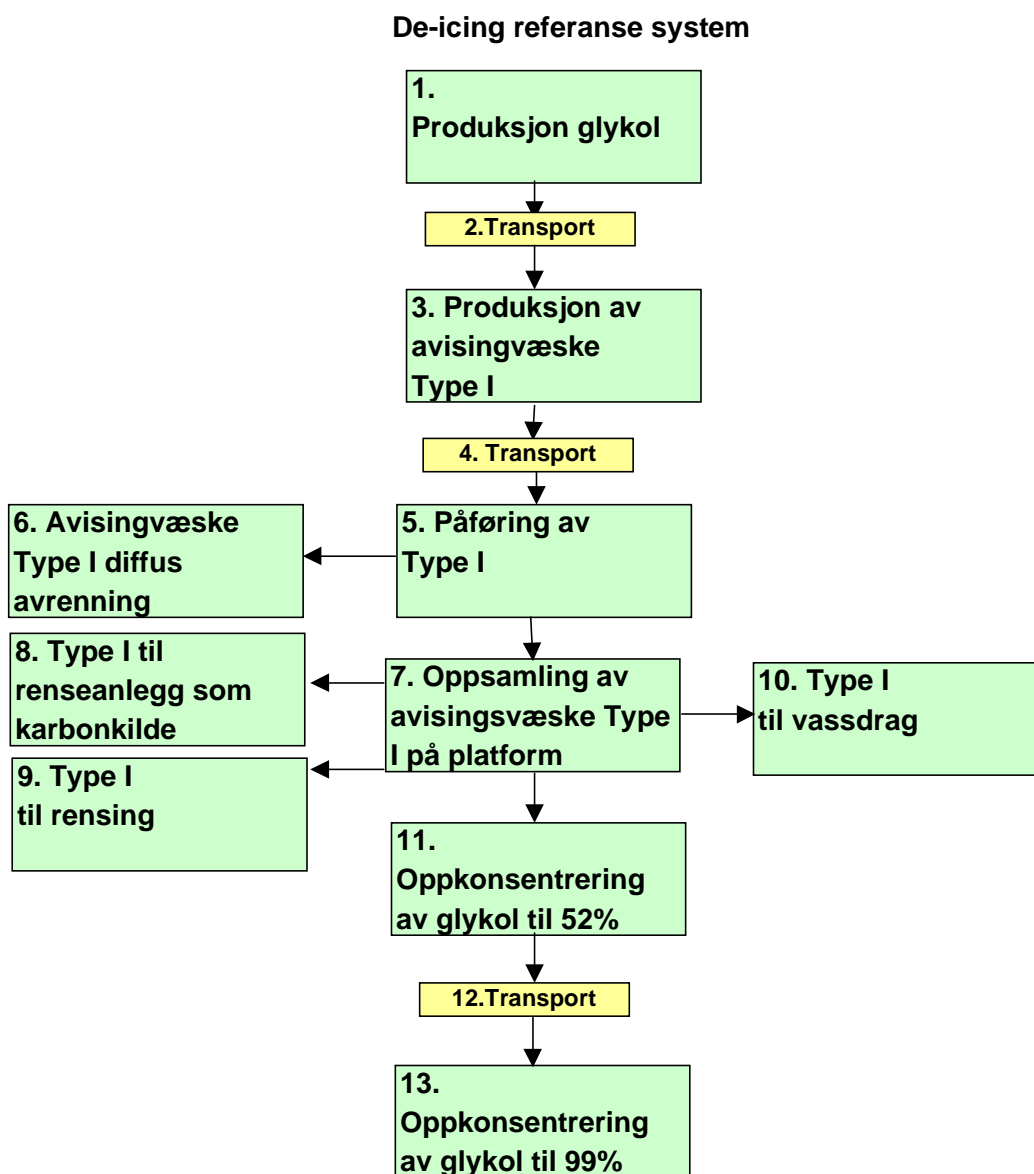
Vann- og avløpshåndtering. Årsrapport 2000. Seksjon Hydrogeologi. Oslo Lufthavn Gardermoen.

Årsrapport 1999-2000. Flyavising ved Gardermoen. Oslo Lufthavn Gardermoen.

9. BILAG

9.1 De-icing glykol referanse system (Gjenvinning til ren glykol)

Figur 9.1 under viser trinnene i livsløpet for de-icing glykol referanse systemet.



Figur 9.1 De ulike trinnene i livsløpet til de-icing glykol referanse system.

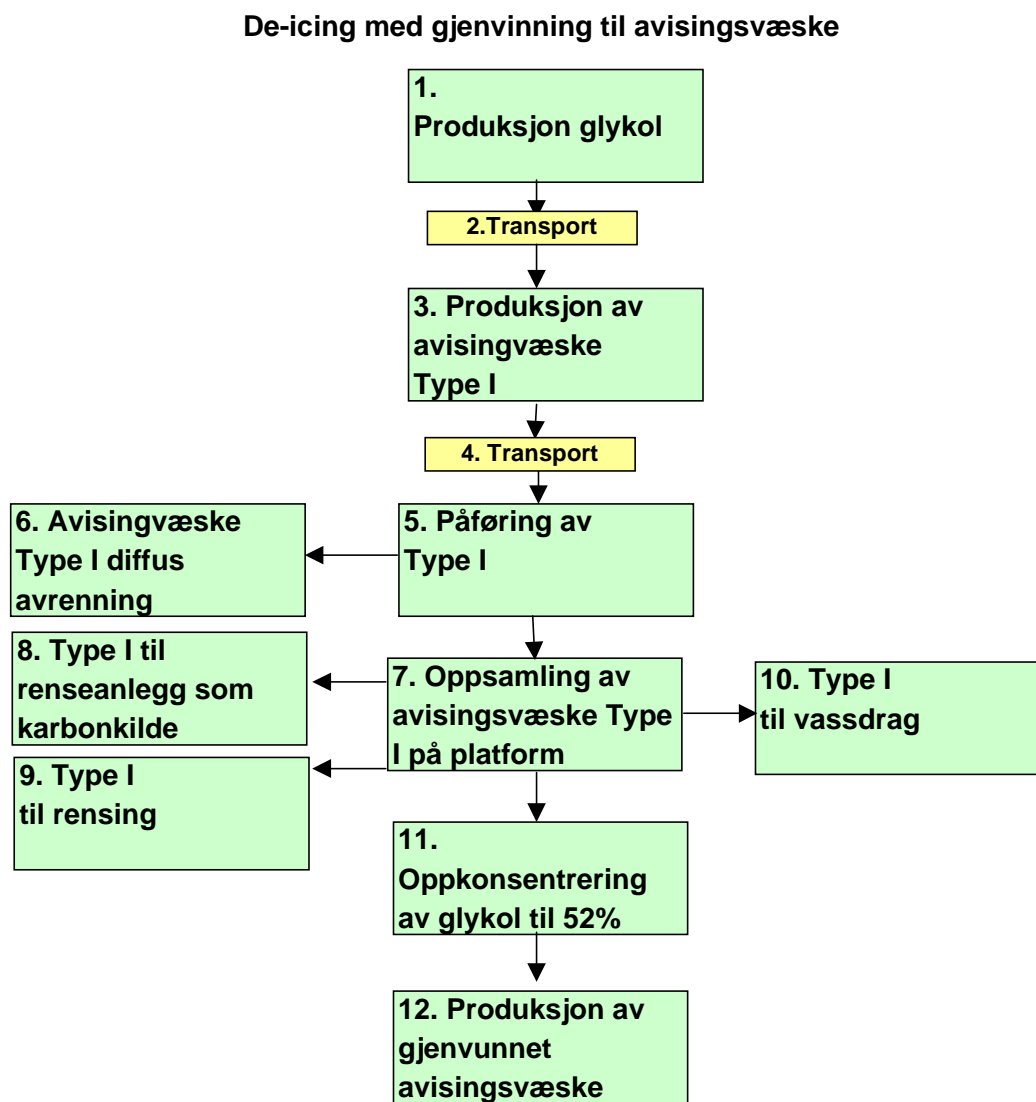
Tabell 9.1 under gir forklaring av livsløpstrinnene i forhold til ovenstående figur 9.1, de-icing referanse system.

Livsløpstrinn	Forutsetninger	Kilde
1. Produksjon av glykol	Data for gjennomsnittlig glykolproduksjon i Nederland. Olje 62,28 MJ/kg, Naturgas 6,2 MJ/kg. Sum=68,48 MJ/kg glykol.	IVAM database
2. Transport	Båt Stade i Tyskland-Stockholm 1100 km.	Kerstin Lundin, Sveda kemi, mail. www.opel.no
3. Produksjon avisingsvæske Type I	Energiforbruk og utslipp ved fremstilling er neglisjerbart.	Lars Olehed, Aerochem, mail.
4. Transport	Tankbil Stockholm-OSL 530 km.	Kerstin Lundin, Sveda kemi, mail. www.opel.no
5. Påføring avisingsvæske Type I	Oppvarming vann, norsk elektrisitet 1,30 MJ/kg glykol. Oppvarming glykol, norsk elektrisitet 0,1 MJ/kg glykol. Forbruk av drivstoff til maskiner 0,07 l/kg glykol. Registrering av forbruk for 2 sesonger.	Teoretisk beregnet, Varme kapasitet for Etylen glykol benyttet. Trond Langseth, Braathens, mail.
6. Diffus spredning Type I	Mengde glykol som ikke blir oppsamlet er på 20%. Ca 10 til grunnen i nærrområde og 10% med flyene.	Kristin Mørkved, OSL, mail.
7. Oppsamling av Type I på platform	Energiforbruk til pumper: 1,5 MJ/kg glykol norsk elektrisitet.	Kristin Mørkved, OSL, mail.
8. Type I til rensanlegg som B-væske	Denne væsken er uten belastning, brukes som karbonkilde i rensanlegg.	Halvard Ødegaard, NTNU studentprosjekt.
9. Type I til rensanlegg som C-væske	6 MJ/kg glykol Norsk elektrisitet	Halvard Ødegaard, studentprosjekt.
10. Til vassdrag	Glykol sendes til vassdrag i periode med høy vannføring og lav konsentrasjon av glykol.	Kristin Mørkved, OSL, mail.
11. Oppkonsentrering av glykol 12-52%	Energiforbruk 1,75 MJ/kg glykol norsk elektrisitet.	Per Knudsen, Aerogly, mail. Testtall fra 2001.
12. Transport	Gardermoen-Oslo 50 km tankbil Oslo- Rotterdam 1100 km tankskip	Per Knudsen, Aerogly, mail
13. Oppkonsentrering 52-99%	Antatt energiforbruk til oppkonsentrering fra 52-99% som det dobbelte av energiforbruket ved oppkonsentrering fra 12-52%. 3,5 MJ/kg glykol Nederlandsk elektrisitet.	

Tabell 9.1

9.2 De-icing gjenvinning til avisingsvæske

Figur 9.2 under viser trinnene i livsløpet for de-icing gjenvinning til avisingsvæske.



Figur 9.2 De ulike trinnene i livsløpet til de-icing gjenvinning til avisingsvæske.

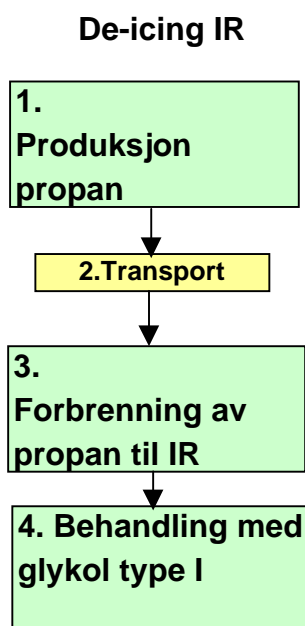
Tabellen under gir forklaring av livsløpstrinnene i forhold til figur 9.2, de-icing gjenvinning til avisingsvæske.

Livsløpstrinn	Forutsetninger	Kilde
1. Produksjon av glykol	Data for gjennomsnittlig glykolproduksjon i Nederland. Olje 62,28 MJ/kg, Naturgas 6,2 MJ/kg. Sum=68,48 MJ/kg glykol.	IVAM database
2. Transport	Båt Stade i Tyskland-Stockholm 100 km.	Kerstin Lundin, Sveda kemi, mail. www.opel.no
3. Produksjon avisingsvæske Type I	Energiforbruk og utslipp ved fremstilling er neglisjerbart.	Lars Olehed, Aerochem
4. Transport	Tankbil Stockholm-OSL 530 km.	Kerstin Lundin, Sveda kemi www.opel.no
5. Påføring avisingsvæske Type I	Oppvarming vann, norsk elektrisitet 1,30 MJ/kg glykol. Oppvarming glykol, norsk elektrisitet 0,1 MJ/kg glykol. Forbruk av drivstoff til maskiner 0,07 l/kg glykol. Registrering av forbruk for 2 sesonger.	Teoretisk beregnet, Varme kapasitet for Etylen glykol benyttet. Trond Langseth, Braathens, mail.
6. Diffus spredning Type I	Mengde glykol som ikke blir oppsamlet er på 20%. Ca 10 til grunnen i nærrområde og 10% med flyene.	Kristin Mørkved, OSL, muntlig.
7. Oppsamling av Type I på platform	Energiforbruk til pumper: 1,5 MJ/kg glykol norsk elektrisitet.	Kristin Mørkved, OSL mail
8. Type I til renseanlegg som B-væske	Denne væsken er uten belastning, brukes som karbonkilde i renseanlegg.	Halvard Ødegaard, NTNU studentprosjekt
9. Type I til renseanlegg som C-væske	6 MJ/kg glykol Norsk elektrisitet	Halvard Ødegaard, studentprosjekt
10. Til vassdrag	Glykol sendes til vassdrag i periode med høy vannføring og lav konsentrasjon av glykol.	Kristin Mørkved, OSL mail.
11. Oppkonsentrering av glykol 12-52%	Energiforbruk 1,75 MJ/kg glykol norsk elektrisitet.	Per Knudsen, Aerogly, mail. Testtall fra 2001.
12. Produksjon av gjenvunnet avisingsvæske	Ingen belastning er med, antar bidraget ikke er signifikant.	Per Knudsen, Aerogly, mail.

Tabell 9.2

9.3 De-icing IR

Figur 9.3 under viser trinnene i livsløpet for IR.



Figur 9.3 De ulike trinnene i livsløpet til de-icing med IR

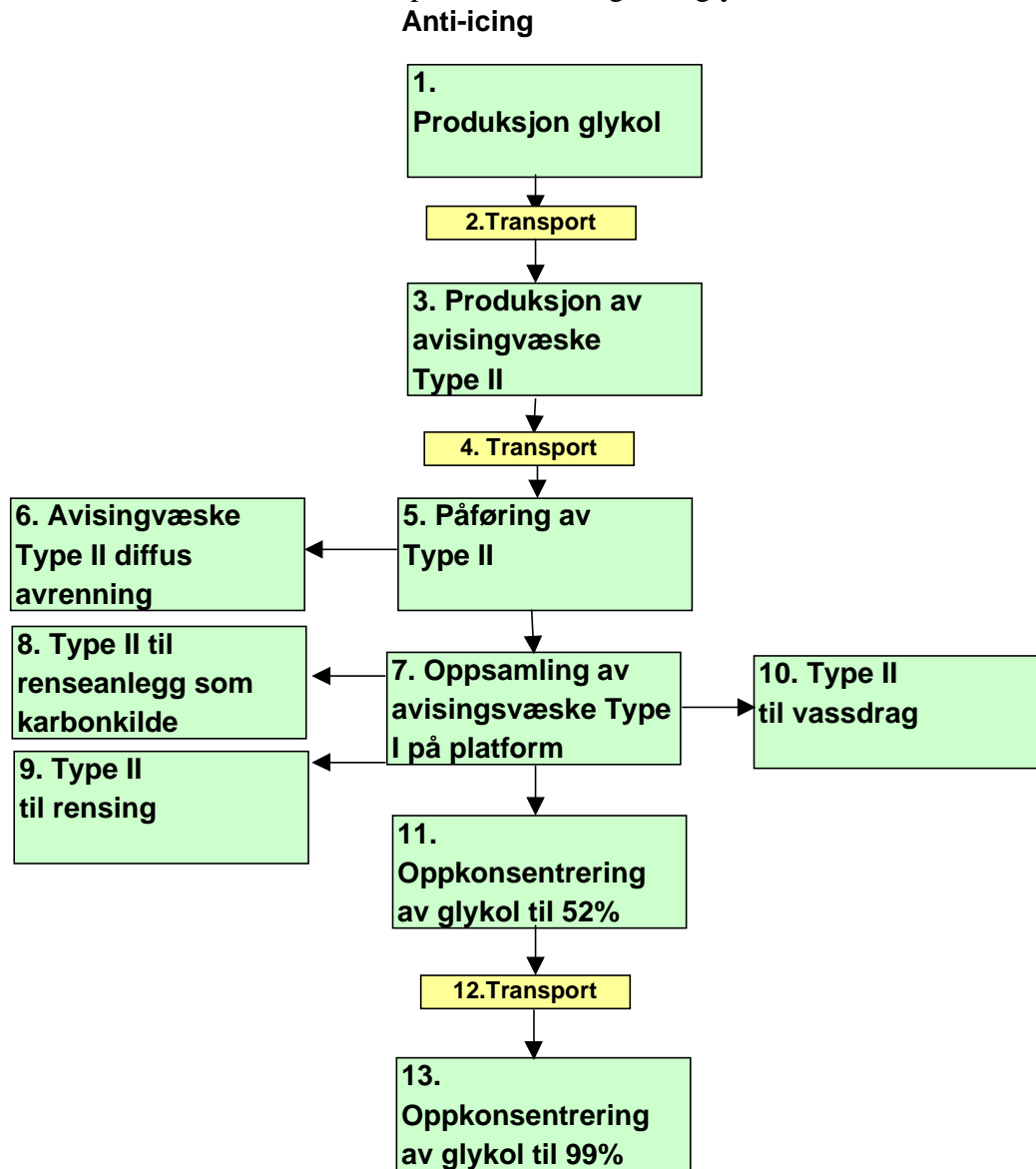
Tabell 9.3 gir forklaring av livsløpstrinnene i forhold til ovenstående figur 9.3, de-icing IR.

Livsløpstrinn	Forutsetninger	Kilde
1. Fremstilling av propan	Data fra energidatabase i LCA verktøyet. Brennverdi propan 46,1 MJ/kg	STØ
2. Transport	Propan leveres fra ESSO-rafineriet på Slagentangen ved Tønsberg. Slagentangen-Gardermoen 150km, semitrailer.	Pål Gjesdal, Fred Olsen & CO, Mail
3. Forbrenning av propan	Data fra energidatabase i LCA verktøyet for CO ₂ utslipp. NO _x er hentet fra erfaringstall på forbrenning av propan fra Radiant. 0,00085g NO _x /MJ.	Pål Gjesdal, Fred Olsen & CO, Mail
4. Etterbehandling med avisingsvæske type I	80 liter væske type I per avisning. Tilsvare 24054 kg per sesong, eller 15 kg per avisning.	Anders Renstrøm, Braathens, Mail.

Tabell 9.3

9.4 De-icing glykol referanse system

Figur 9.4 under viser trinnene i livsløpet for anti-icing med glykol.



Figur 9.4 De ulike trinnene i livsløpet til anti-icing.

Tabell 9.4 under gir forklaring av livsløpstrinnene i forhold til figur 9.4, anti-icing.

Livsløpstrinn	Forutsetninger	Kilde
1. Produksjon av glykol	Data for gjennomsnittlig glykolproduksjon i Nederland. Olje 62,28 MJ/kg, Naturgas 6,2 MJ/kg. Sum= 68,48 MJ/kg	IVAM database
2. Transport	Båt Stade i Tyskland-Stockholm 1100 km.	Kerstin Lundin, Sveda kemi, mail. www.opel.no
3. Produksjon avisingsvæske Type II	Energiforbruk og utslipp ved fremstilling er neglisjerbart.	Lars Olehed, Aerochem
4. Transport	Tankbil Stockholm-OSL 530 km.	Kerstin Lundin, Sveda kemi, mail. www.opel.no
5. Påføring avisingsvæske Type II	Ingen oppvarming av Type II.	Anders Renstrøm, Braathens, mail.
6. Diffus spredning Type I	Mengde glykol som ikke blir oppsamlet er på 20%. Ca 10 til grunnen i nærrområde og 10% med flyene.	Kristin om fordeling 10-10.
7. Oppsamling av Type II på platform	Energiforbruk til pumper: 1,5 MJ/kg glykol norsk elektrisitet.	Kristin Mørkved, OSL, mail.
8. Type II til rensanlegg som B-væske	Denne væsken er uten belastning, brukes som karbonkilde i rensanlegg.	Halvard Ødegaard, NTNU studentprosjekt
9. Type II til rensanlegg som C-væske	6 MJ/kg glykol Norsk elektrisitet	Halvard Ødegaard, studentprosjekt
10. Til vassdrag	Glykol sendes til vassdrag i periode med høy vannføring og lav konsentrasjon av glykol.	Kristin Mørkved, OSL, mail.
11. Oppkonsentrering av glykol 12-52%	Energiforbruk 1,75 MJ/kg glykol norsk elektrisitet.	Per Knudsen, mail. Aerogly Testtall fra 2001.
12. Transport	Gardermoen-Oslo 50 km tankbil Oslo- Rotterdam 1100 km tankskip	Per Knudsen, Aerogly, mail.
13. Oppkonsentrering 52-99%	Antatt energiforbruk til oppkonsentrering fra 52-99% som det dobbelte av energiforbruket ved oppkonsentrering fra 12-52%. 3,5 MJ/kg glykol Nederlandsk elektrisitet.	

Tabell 9.4