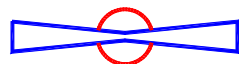


Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr – No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk – Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

Utveckling av en RetroOptisk isindikator





HoloOptics

External HoloOptics

Slutrapport-T23

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr – No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk – Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

Utveckling av en RetroOptisk isindikator	1
1. Inledning.....	3
1.1 Syfte	3
1.2 Metod	3
1.3 Jämförelse med metrologiska data	4
1.4 Manuell väderlogg.....	4
1.5 Redovisning och analys.....	4
2. Retrooptisk indikering av is	5
2.1 Beskrivning	5
2.2 Undertryckande av indikering vid tidpunkter då isbildning är osannolik.....	6
2.3 Försmutsning.....	6
2.4 Störningar från omgivningen	7
2.5 Livslängd hos elektronikkomponenter	7
2.6 Livslängd hos övriga komponenter	7
3. Inledande försök.....	8
4. Fältförsök	8
4.1 Mätningar i Suorva.....	8
4.2 Mätningar i Stockholm (KTH).....	14
5. Kompletterande försök i klimatkammare.....	16
6. Slutsatser	18
7. Tillverkade isindikatorer	19
8. Vidareutveckling av isindikatorn	20
8.1 Vindoberoende indikering.....	20
8.2 Övervakning	20
8.3 Möjligheter att indikera graden av nedisning.....	21
8.4 Direktmontage	21
9. Produktutveckling	22
9.1 Skydd mot felaktig installation	22
9.2 Möjlighet att välja reflexens värmeeffekt	22
9.3 Termostatreglering av emitter/detektorns temperatur	22
9.4 Standby funktion	22
9.5 Temperaturkompensering.....	22
9.6 Inbyggd logger, ev. uppringande.....	22
9.7 Minska reflexens känslighet för regn.....	23
9.8 Förbättrad intern styrning av reflexvärme.....	23

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr – No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk – Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

1. Inledning

HoloOptics har erhållit medel från Vindforsk och ADL datalab för att utveckla en isindikator enligt den retrooptiska metoden.

Undersökningen är indelad i tre faser. Fas ett omfattar ett antal försök med bildandet av klaris, rimfrost och regn i en klimatkammare. Fas två omfattar fältförsök med ett antal indikatorer som är skyddade mot ljus från omgivningen. Fas tre omfattar utveckling och tillverkning av ett antal indikatorer som nära representerar en kommersiell produkt.

I försöken har två olika typer av reflexer används, typ A och typ B. Typ A påverkas av klaris och svår rimfrost. Lätt rimfrost påverkar inte typ A. Typ B påverkas endast av rimfrost, såväl lätt som svår.

1.1 Syfte

Syftet med undersökningen är att med fältförsök visa att de retrooptiska isindikatorn kan användas praktiskt i de miljöer där den skall installeras. Syftet är också att visa att indikatorn inte kräver mer underhåll än ett servicebesök per år.

Undersökningen skall vidare bekräfta att den retrooptiska isindikatorn kan skilja mellan rimfrost och klaris.

Antalet felaktiga indikeringar, d.v.s. indikering trots att isbildning inte förekommer och utebliven indikering när isbildning faktiskt förekommer skall vara litet. Av de två typerna av felindikering är den senare, utebliven indikering, den allvarligaste.

1.2 Metod

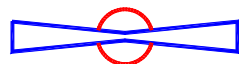
Undersökningen har gjorts genom att placera ut totalt åtta indikatorer på två olika platser.

Fyra indikatorer har placerats på ett vindkraftverk i Suorva i Lappland och fyra i Stockholm (KTH).

I Suorva påbörjades mätningarna den 21 december 2003 och pågick till den 21 juni 2004. Data loggades var 10e sekund.

I Stockholm påbörjades mätningarna den 30 januari 2004 och pågick till den 30 juni 2004. Data loggades 1 gång per minut.

Fältförsöken kompletterades med ett antal försök i klimatkammare.



HoloOptics

External HoloOptics

Slutrapport-T23

Uppgjord / <i>Prepared</i> VD Rolf Westerlund		Nr – No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / <i>Godk – Doc Respons / Approved</i> VD Rolf Westerlund	Kontr - <i>Checked</i> RW	Datum - <i>Date</i> 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

1.3 Jämförelse med metrologiska data

Mätresultaten jämförs med tillgängliga metrologiska data, t.ex. temperatur, luftfuktighet och sikt. Vid tidpunkter då temperatur och luftfuktighet mm samtidigt är inom vissa intervall är sannolikheten för att is bildas stor. Det går dock inte att vara helt säker på att is bildas vid de dessa tillfällen.

Det kan dessutom inte uteslutas att isbildning förekommer vid andra tidpunkter.

1.4 Manuell väderlogg

I Stockholm fördes en manuell väderlogg vad avsåg isbildning under februari och mars 2004.

1.5 Redovisning och analys

Mätresultaten redovisas som tidsserier. Som startpunkt används den tidpunkt då mätningarna påbörjades. Analysen görs med utgångspunkt från sannolikheten att is förekommit vid de tidpunkter då indikering sker.

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr - No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk - Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

2. Retrooptisk indikering av is

2.1 Beskrivning

Retrooptisk indikering består av en emitter för synligt ljus eller IR, en skärmdetektor placerad nära emittorn samt en speciell reflex. Emitter och detektor sitter i monterade i ett hus kallat emitter/detektor. I emitter/detektorn sitter även den elektronik som krävs.

Reflexen är så gjord att den reflekterar ljus till ett område nära ljuskälla oavsett infallsvinkel.

Uppställningen som används i Suorva och på KTH framgår av figur 1.



Figur 1. Installerade indikatorer

Indikering sker när 90 till 95 % av reflexen är belagd med ett minst ca 0,01 mm tjockt lager av klaris eller rimfrost. När ca 25 % av reflexen är isfri upphör indikeringen.

2.1.1 Olika typer av reflexer

Reflexer finns av två typer. Typ A och typ B.

Med reflex av typ A kommer andelen strålning som reflekteras till detektorn att vara beroende av vilket medium som omger skärmen, även om mediet är transparent. Reflex av typ A kan därför användas för att indikera svår rimfrost och klaris.

Med reflex av typ B kommer mängden strålning som reflekteras till detektorn inte påverkas av transparent medier. Reflex av typ B kan användas för att indikera lätt och svår rimfrost.

2.1.2 Värmning av reflexen (reflexvärme)

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr - No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk - Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

Om reflexen är försedd med internt styrd uppvärmning slås den på direkt när is indikeras. Därefter tar det 10 – 30 sekunder innan reflexen har nått en sådan temperatur så att avisning påbörjas. Om isförhållandena är lätta kommer mängden is på reflexen att minska.

Om isförhållandena är svåra kommer is att växa på trots uppvärmningen av reflexen.

När indikeringen upphör slås uppvärmningen av inom några sekunder. Den tid uppvärmningen är påslagen ger en uppfattning av hur svåra isförhållandena var.

Vad som avses med ”lätt” respektive ”svår” isbildning kommer att vara beroende på hur stor effekt som används för uppvärmning av reflexen. För en indikator utan reflexvärme kommer alla isbildning att vara ”svår”

Reflexenvärmen kan även styras externt. Det ger full frihet att välja villkor för på och avslag samt effekt.

2.2 Undertryckande av indikering vid tidpunkter då isbildning är osannolik

De indikatorer som använts i försöket har ingen utrustning för att undertrycka indikering vid tidpunkter då isbildning är osannolik. I framtida indikatorer kan det bli aktuellt.

2.3 Försmutsning

Försmutsning av olika komponenter är det största problemet med optiska mätsystem. Den retrooptiska isindikatorn är konstruerad för att minimera detta problem.

Indikatorn fungerar korrekt även om reflexen försmutsas så att reflekterad ljusmängd nedsätts till mindre än 10 % av det värde som gäller för en helt ren indikator.

En undersökning visar att efter 10 år utan tvätt minskar effektiviteten med ca 10 % på en lodrät yta placerad ca 10 m över marken och minst 100 m från starkt trafikerade vägar.

Placerad i marknivå nära en starkt trafikerad väg (mer än 60 000 fordon per dygn, varav många tunga) minskade effektiviteten med mer än 50 % på ett år.

Det visar att om man undviker de mest förorenade platserna t.ex. på marknivå nära starkt trafikerade vägar, kan indikatorn beräknas klara tio år drift. Målsättningen att indikatorn skall fungera med service maximalt en gång per år är därför fullt realistiskt

Olika metoder för övervakning kommer att arbetas fram.

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr – No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk – Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

2.4 Störningar från omgivningen

Omgivningen kan störa mätningen med ljus från solen och lampor. För att eliminera dessa störningar är detektorn försedd med optiska filer och är skärmad. Dessutom är detektorn modulerad och synkroniserad med emittern.

2.5 Livslängd hos elektronikkomponenter

Ljusdioden är konstruerad för minst 100 000 drifttimmar med en ljusförlust på mindre än 30 %. Detektorn är konstruerad för minst 100 000 drifttimmar med endast obetydlig minskad effektivitet.

En drifttid på 100 000 timmar motsvarar drygt 10 år vid kontinuerlig drift.

Komponenterna är inkapslade för att klara minst 10 års drift i svårt utomhusklimat.

Övriga elektronikkomponenter har obegränsad livslängd.

2.6 Livslängd hos övriga komponenter

Övriga komponenter är konstruerade för att klara minst 10 års drift i svårt utomhusklimat.

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr – No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk – Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

3. Inledande försök

För att bekräfta att den retrooptiska metoden kan användas för detektering av is har ett antal försök i en klimatkammare på KTH gjorts. Temperaturen i kammaren var i ett försök -15°C för att visa på effekten av rimfrost och klaris. I ett försök var temperaturen $+20^{\circ}\text{C}$ för att påvisa effekten av regn.

Försöken visar att en isindikator med retoroptisk metod kan särskilja mellan regn och olika typer av ispåslag. Dessa resultat bekräftas både i fältförsök och i ytterligare försök i klimatkammare.

De indikatorer som användes i de förberedande försöken var varken skärmade eller modulerade för att hindra ljus från omgivningen att störa mätningen. Försöken gjordes därför i mörker.

De indikatorer som användes gav en linjär signal proportionellt mot mängden ljus den detekterar. Små förändringar i mängden reflekterat ljus registreras.

4. Fältförsök

För fältförsöken har 10 mätenheter tillverkats. När reflexen är isfri erhålls en signal på mellan 30 och 60 mV. När reflexen är nedisad erhålls 12 V.

Fyra indikatorer monterades på Vattenfalls vindkraftverk i Suorva. Ytterligare fyra indikatorer monterades i Stockholm (KTH).

4.1 Mätningar i Suorva

4.1.1 Uppställning

I mitten av december 2003 installerades fyra fasta indikatorer på vindkraftverket i Suorva. Uppställningen framgår av figur 1.

Installerade indikatorer var

Ice1 med reflex av typ B (påverkas inte av klaris) utan reflexvärme men isolerad.

Ice2 med reflex av typ A (påverkas av klaris) med reflexvärme och isolering.

Ice3 med reflex av typ B utan reflexvärme och isolering.

Ice4 med reflex av typ A utan reflexvärme och isolering.

I figur 1 är Ice1 närmast kameran och därefter följer Ice2, 3 och 4.

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr - No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk - Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

Med isolering avses att isolering finns mellan reflexen och aluminium strukturen.

Reflexvärmen utgörs av ett elektriskt värmeelement under reflexen. Vid 12V blir effekt omkring 3 W eller ca 3 500 W/m². Värme slås på direkt när is indikeras och slås av direkt efter att indikering upphört. När ingen is indikeras är värmen till reflexen avstängd.

Alla indikatorerna har värmeelement i emitter/detektorn. Det är alltid inkopplat och har en effekt på ca 1 W (500 W/m²)

Installationen gjordes den 21 december 2003 (vintersolståndet). Trots en temperatur på -20°C och blåst var installationen enkel.



Figur 2 Installation pågår. Det är kallt.

Mätningarna kompletteras med den issignal som erhålls från den isindikator som används för styrning av avisningssystemet. Den indikatorn som är av resonanstyp, ger ofta felaktig signal.

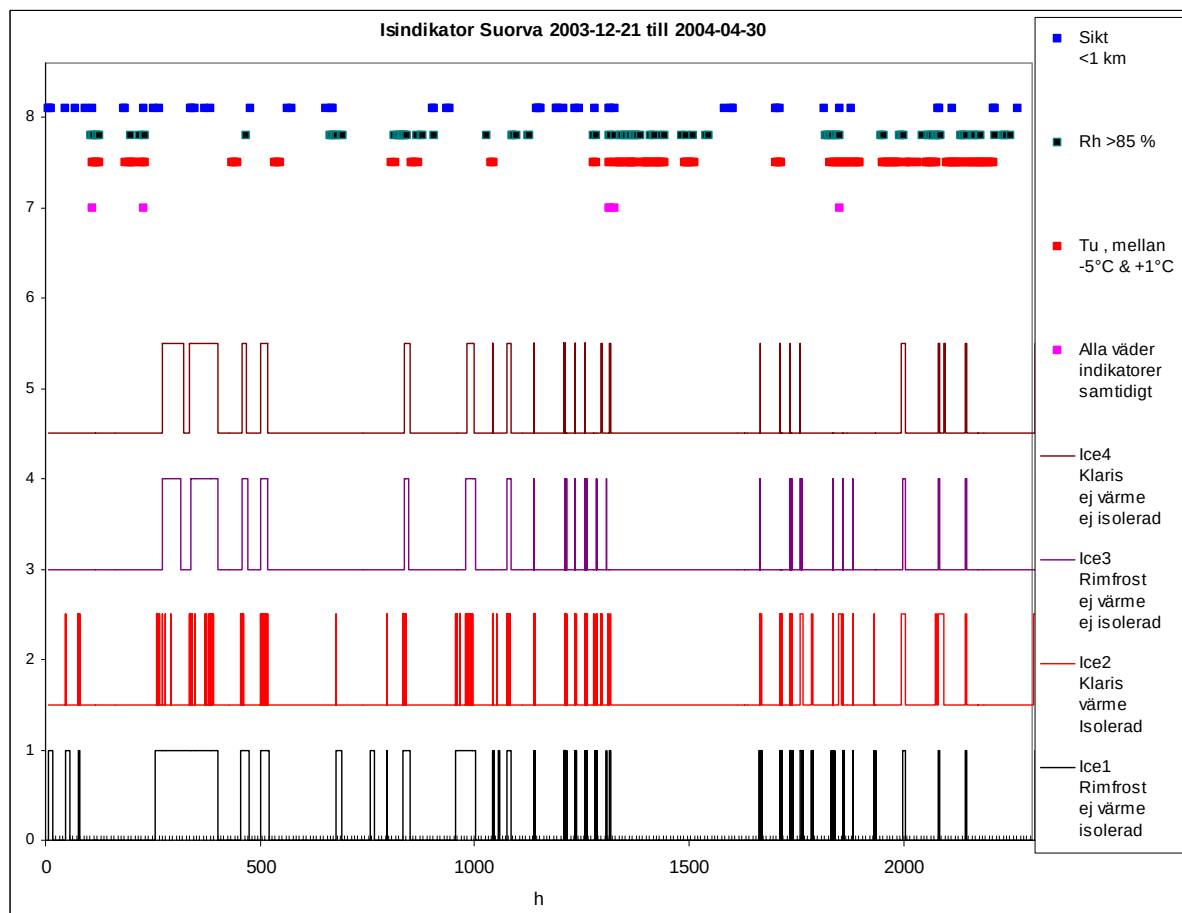
Vid det tillfälle då den retrooptiska isindikatorn installerades förekom ingen isbildning. Trots det signalerade befintliga indikatorn is under en stor del av tiden. Det kan bero på det ymniga snöfall pågick under en del av den tid installationen gjordes.

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr - No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk - Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

Temperatur och vindhastighet mm registreras från en närbelägen mätmast. Väderdata har även inhämtats från SMHI: s mätstation i Stora sjöfallet.

4.1.2 Mätresultat

I figur 3 visas resultatet från en av indikatorerna under perioden 21 december, 2003 till 30 april, 2004. I figuren har även befintlig mätare och väderdata lagts in. I figur 3 finns även angivet de tider då sikten understiger 500m, luftfuktigheten överstiger 85 % och lufttemperaturen är mellan 0°C och 5°C.

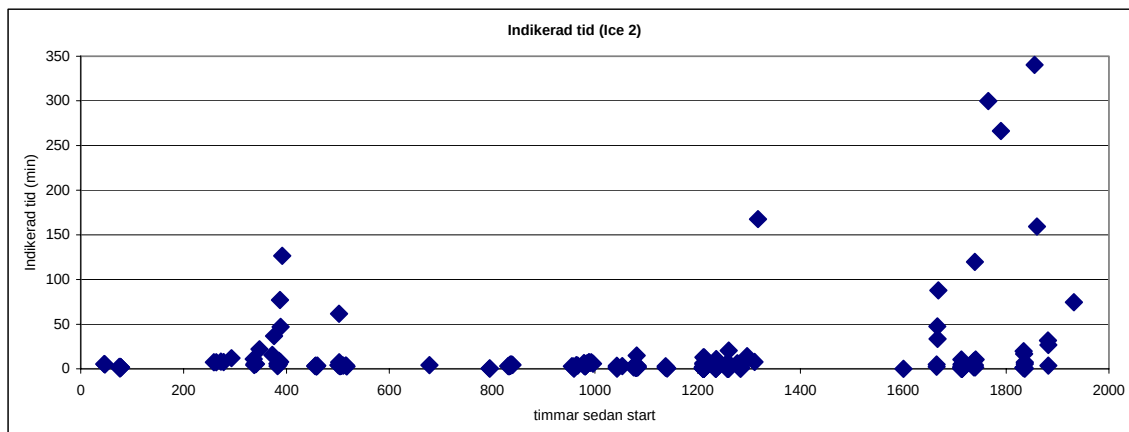


Figur 3 Resultat mätningar i Suorva

Efter ca 2 200 timmar indikerar Ice2 under mycket lång tid. Denna felindikering visade sig bero på att indikatorns upplinjer mot reflexen förstörts. Det är antagligen resultatet av någon form av yttre påverkan.

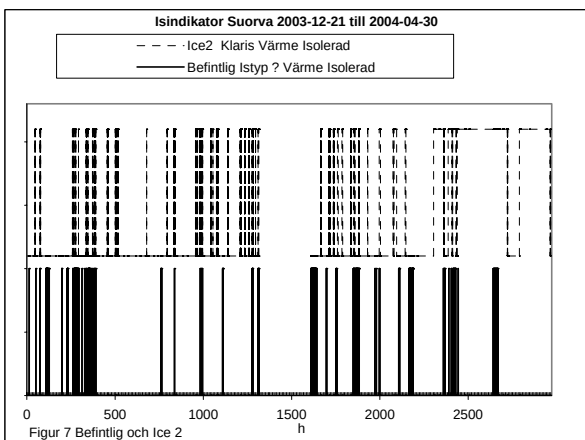
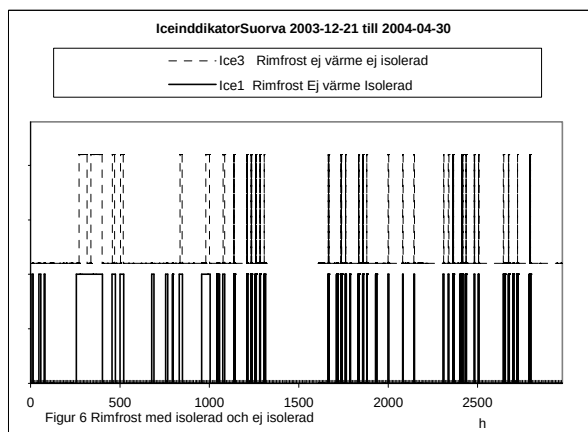
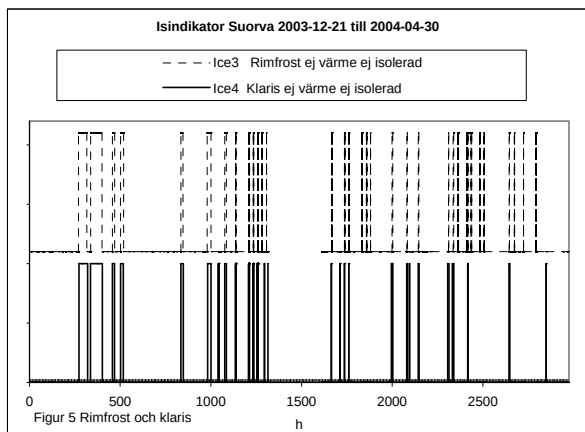
Kontroll av utrustningen efter avslutad mätning visade att de för övrigt fungerade felfritt. Igen försmutsning av betydelser har inträffat.

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr - No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk - Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva



Figur 4 Tid i min som Ice2 (reflex typ A, isolering och reflexvärme) indikerar is.

I figur 4 redovisas den tid indikatorn Ice2 har varit påslagen för varje tillslag.



Figur 5 och 6 visar en jämförelse mellan indikeringar.

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr – No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk – Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

I figur 7 sammanställs indikeringar från Ice2 och befintlig indikator. Hos Ice2 slås reflexvärme på omedelbart vid indikering och slås av direkt när indikeringen upphör. Reflexvärmes effekt är ca 3 500 W/m².

Befintlig indikator har en platta som kan värmas. Den motsvarar reflexen i den retrooptiska indikatorn. Hur den befintliga indikatorn regleras värmen till plattan och med vilken effekt är inte känt.

Det är inte känt för vilken typ av is och vid vilken tjocklek som befintlig indikator indikerar.

Det är troligt att befintlig indikator har en inbyggd temperaturgivare och andra detektorer som undertrycker indikeringar när isbildning är osannolik. Någon sådan undertryckning av indikering görs inte med de andra indikatorerna.

Efter ca 2 200 timmar har Ice2 utsatts för någon form av yttre påverkan så att den inte längre indikerar säkert. Man kan konstatera att den långa tid som Ice2 indikerar i sig är en antydning om att den är ur funktion.

I tabell 1 redovisas antalet tillslag, totalt indikerad tid och tiden för varje indikering i medeltal. Dessutom redovisas längsta och kortaste indikerad tid. Redovisas för 2 200 timmar eftersom Ice2 därefter är felaktig

Indikator	Befintlig	Ice1	Ice2	Ice3	Ice4
Känslig för typ av is	?	Rimfrost	Klaris	Rimfrost	Klaris
Reflexen har	Värme*	Ej värme	Värme**	Ej värme	Ej värme
Reflexen är	Isolerad	Isolerad	Isolerad	Ej isolerad	Ej isolerad
Indikerad tid h	121,3	344,1	49,1	185,2	191,3
Antal tillslag	246	250	224	60	54
Tid/tillslag h	0,5	1,4	0,2	3,1	3,5
Antal indikeringar med drifttid <0,5h	221	233	214	49	45
Längsta h	9,2	12,3	2,5	12,3	12,3
Kortaste h	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1

* "Reflexvärmeeffekt" okänd **Reflexvärmeeffekt ca 3 500 W/m².

Tabell 1 Antal tillslag och tider under 2 200 timmar.

4.1.3 Analys av mätresultat

Analysen av mätningarna från Suorva försvåras av att det inte finns några väderdata med avseende på isbildning i området. När is förekommer kan finnas ingen möjlighet att avgöra vilken typ av is som bildats.

När det samtidigt råder en lufttemperatur på mellan –5°C och +1°C, dålig sikt och hög relativ luftfuktighet är sannolikheten för att det bildas is stor.

Figur 3 visar en relativt god överensstämmelse mellan indikeringar och väder som gör isbildning sannolik.

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr - No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk - Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

Figur 3 visar att et finns en relativt stor överensstämmelse mellan de olika indikatorerna.

Indikeringar vid tidpunkter då lufttemperaturen är över + 5°C kan bero på kraftigt regn. De använda indikatorerna är inte skyddade mot regn.

Av figur 4 framgår indikerad tid per tillslag för Ice2. Ice2 indikerar klaris och svår rimfrost och har reflexvärme. Reflexen är isolerad. Indikering under så kort tid som 1 minut har registrerats. Det måste tolkas som att det rör sig om obetydliga mängder rimfrost eller regn.

I figur 5 jämförs indikeringar från Ice3, som indikerar alla typer av rimfrost och Ice4 som indikerar klaris och svår rimfrost. Ingen av dem har reflexvärme. Reflexen är dessutom oisolerad mot aluminium strukturen.

Vid 60 % av indikeringarna har indikering från både Ice3 och Ice4. Under den tiden kan man anta att det råder svår rimfrost.

Vid 10 % av indikeringarna ger endast Ice4 indikering. Under den tiden kan man anta att det råder nedisning med klaris.

Vid 30 % av indikeringarna ger endast Ice3 indikering. Under den tiden finns troligen lätt rimfrost.

I figur 6 jämförs indikeringarna från Ice1 och Ice3. Båda indikerar rimfrost och saknar reflexvärme. Reflexen till Ice3 är inte isolerad mot Aluminiumstrukturen. Det har dock Ice1.

Överensstämmelsen mellan Ice1 och Ice3 är relativt god, dock med några undantag. Det finns anledning att tro att isolering av reflexen ger säkrare indikering.

I figur 7 jämförs indikeringarna från Ice2 och befintlig indikator. Vid 40 % av indikeringarna indikerar Ice2 och befintlig samtidigt. Vid ca 40 % indikerar bara Ice2 och 20 % bara befintlig.

Med tanke på att befintlig indikator ibland ger felaktig indikering. Det är vidare inte klart vilken typ av is som medför indikering med den befintliga indikatorn. Det är inte heller känt hur stor mängd is som krävs för indikering.

Det inte förvånande att de inte alltid indikerar samtidigt.

Tabell 1 ger en sammanfattning av mätningarna i Suorva. I mer än 80 % av alla indikeringar varar mindre än 30 minuter även för de indikatorer som saknar värme. Antalet indikeringar är lika för alla indikatorer med isolering d.v.s. befintlig indikator, Ice1 och Ice2.

Att så stor andel av indikeringarna från Ice1, som saknar reflexvärme innebär att man kan utgå från att upp till 90 % av alla indikeringar är av kortvarig natur och tämligen ofarliga.

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr - No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk - Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

Att Ice2 har kortare indikerad tid än befintlig indikator kan bero på att de har olika värmeeffekten.

4.2 Mätningar i Stockholm (KTH)

På Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm placerades fyra indikatorer ut i slutet av januari 2004.

4.2.1 Uppställning

Indikatorerna är uppställda enligt följande

D₁ med reflex av typ B (påverkas inte av klaris). Reflexen är riktad åt norr.

D₂ med reflex av typ A (påverkas av klaris). Reflexen är riktad åt norr.

D₃ med reflex av typ A. Reflexen är riktad nedåt. Emmitter/detektorn är riktad uppåt.

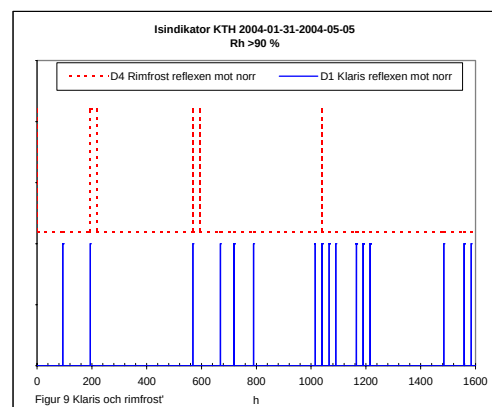
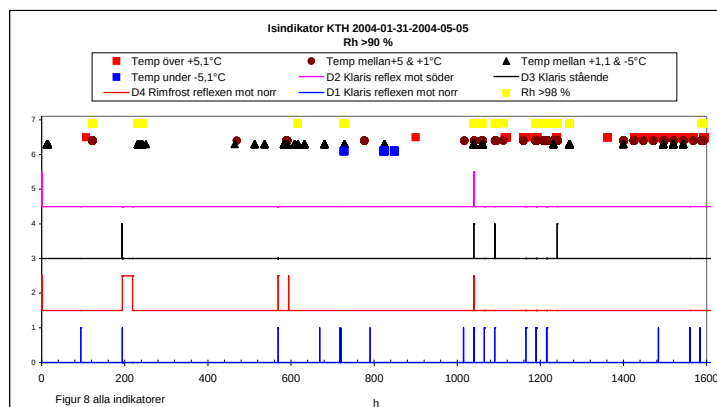
D₄ med reflex av typ A. Reflexen är riktad åt söder.

Mätningarna utförs med reflexer utan uppvärmning. Reflexerna är oisolerade mot aluminium hållaren. Mätningarna kompletteras med mätning av lufttemperatur och relativ fuktighet. Registrering görs en gång per minut.

Emitter/detektorn är kontinuerligt uppvärmda. Effekten är ca 1 W (500 W/m²).

4.2.2 Mätresultat

D₁ ger ibland 2 mV. Det är troligen en felfunktion. Den kan dock fortfarande användas eftersom den fortfarande indikerar.



Samtliga indikatorer visade sig vara känsliga för direkt solljus mot detektorn, under klara dagar. I figur 8 och 9 redovisas endast indikeringar som inträffat samtidigt som den relativa fuktigheten var med än 90 %. Kraftiga regn under juni månad medförde också en del felaktiga indikeringar.

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr - No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk - Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

4.2.3 Analys av mätresultat

Den manuella väderloggen som fördes under februari och mars 2004 bekräftar att isbildning var aktuellt de dagar då indikering skett.

En genomgång av väderdata hos SMHI på Arlanda visar att isbildning är trolig vid de flesta tidpunkter då indikering sker. Resultatet bekräftas av mätning av lufttemperatur och relativ fuktighet på platsen.

En jämförelse i figur 8 mellan D₁ och D₂ visar på betydelsen av reflexens orientering i förhållande till rådande vindriktning. Båda har reflex av typ A men D₂ är riktad åt söder och D₁ är riktad åt norr, indikerar elva gånger. I övrigt är installationerna likvärdiga. D₂ indikerar endas en gång och D₁ indikerar elva gånger.

Indikator D₃, som står upp, har blivit försmutsad. Indikatorn fungerar dock, men med minskad marginal. Övriga indikatorer, med reflexen lodrätt har inte utsatts för försmutsning av någon betydelse.

I figur 9 görs en närmare jämförelse mellan D₁ som ej påverkas av klaris och D₄ som påverkas av klaris. I övrigt är installationerna likvärdiga. Av figur 9 framgår att

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr – No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk – Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

5. Kompletterande försök i klimatkammare

Ett antal kompletterande försök i klimatkammaren hos KTH har gjorts. De syftar främst till att visa att man kan skilja på klaris och rimfrost.

5.1 Uppställning

I försöken har följande indikatorer använts:

Ice2 med reflex av typ A (påverkas av klaris). Reflexen är möjlig att värma och är isolerad

Ice3 med reflex av typ B (påverkas inte av klaris). Reflexen har ingen värme och är oisolerad

Ice4 med reflex av typ A. Reflexen har ingen värme och är oisolerad

Det är samma indikatorer som använts i Suorva. Ice1 hade demonterats innan de kompletterande försöken gjordes. Ice1 reparerades från de skador den erhållit i Suorva och kund därefter användas på nytt.

5.2 Försöksutförande

I försöken har mycket hastiga förlopp används för att förtydliga effekten. För att få lätt rimfrost har indikatorerna kylts ner till ca -10°C, därefter har de tagit ut till temperaturen +23°C och relativ fuktighet ca 80 %. Rimfrost har naturligtvis omedelbart bildats som sedan har smält och runnit av. Eftersom det 1 inte indikerar slås inte värmen på.

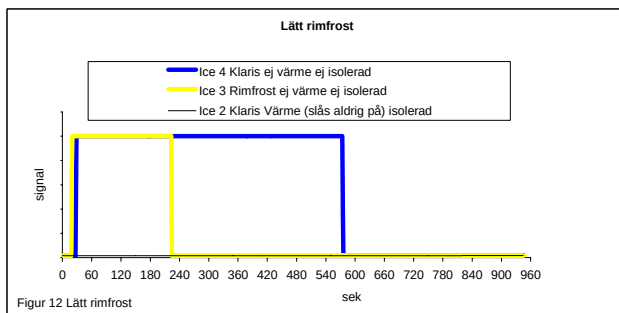
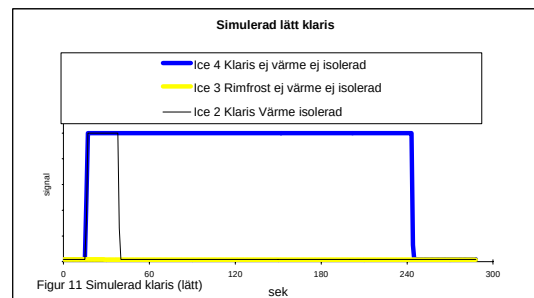
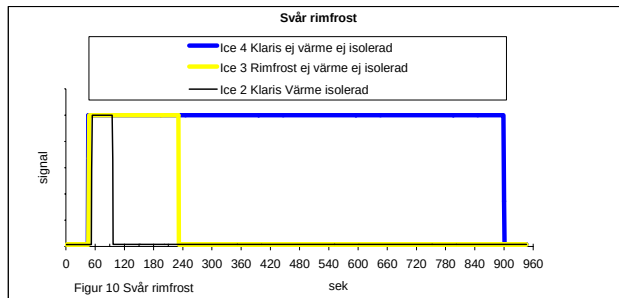
För att erhålla svår rimfrost har indikatorerna kylts till ca -23°C och därefter tagits ut till temperaturen +23°C och relativ fuktighet ca 95 %. Vid indikering slås värme av reflexen på. Gäller endast det 1.

För att simulera klaris har en mindre mängd vatten applicerats på reflexen som vid tillfället är liggande. Vattnet har sedan frusit i en omgivning med temperaturen -15°C. Därefter har reflexen ställts lodrätt och försöket påbörjas. Värme av reflexen slås på direkt. Efter 90 sekunder, när det 1 inte längre indikerar tas indikatorerna ut till temperaturen +23°C och relativ fuktighet ca 30 %. Isen på de ouppvärmda reflexerna smälter och rinner av.

5.3 Mätresultat

Mätresultaten sammanställs i figur 10 till 12.

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr – No. 100/1023/14/sv	
Dokansv / Godk – Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A
		File Slutrapport-Suorva	



5.4 Analys av mätresultat

Figur 10 och figur 11 visar att Ice2 och Ice4, med reflex A, indikerar när den utsätts för klaris och svår rimfrost. Ice3, med reflex B, indikerar endast när den utsätts för rimfrost, oavsett mängd.

Det framgår också att reflex A är relativt långsam. Det beror på att det kan ta lång tid innan klaris som smält rinner av reflexen. I verkligheten spelar det endast en begränsad roll eftersom förloppen i allmänhet inte är så snabba som i försöket.

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr - No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk - Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

6. Slutsatser

Av mätningarna kan följande slutsatser dras:

Den retoroptiska isindikatorn kan särskilja mellan klaris och rimfrost.

Förseglingen av emitter och detektor fungerar bra.

Med rätt placering kan problem föranledda av försmutsning av reflex och emitter/detektor minskas så att en service en gång per år är tillräckligt. Service bör göras på hösten.

Montaget måste göras så att upplinjeringen inte kan ändras.

Om reflexen är försedd med värme som styrs av indikering ger tiden värmen är påslagen ett mått på graden av nedisning. Med två indikatorer med olika värmeeffekt kan troligen graden av nedisning anges med god noggrannhet.

Felindikeringar p.g.a. förstörd upplinjering, förstörd reflex, trasig emitter, trasig detektor eller försmutsad reflex medför att is indikeras trots att isbildning inte förekommer. Det är den mindre allvariga typen av felindikering. Dessa indikeringar kommer att vara under så lång tid att det i sig blir en indikering på att indikatorn inte är tillförlitlig.

Risken för felindikering med reflex av typ A vid kraftiga regn kan minskas genom att placera ett "tak" över reflexen. Reflexen kan ev. göras mindre känslig för regn med speciell dränering som gör att regnvatten snabbare rinner av.

Om mätningarna kompletteras med mätning av lufttemperaturen kan ofta regn särskiljas. Om felindikering trots det inträffar är den av det mindre allvariga slaget.

Utrymmet mellan reflex och emitter/detektor utformas så att snö inte kan byggas upp.

Om direkt solljus når detektorn finns risk för felindikering. Genom förbättrad skärmning och montage kan det hindras. Om felindikering trots det inträffar är den av det mindre allvariga slaget.

Om indikatorn inte är placerad exakt på den plats där nedisningen skall indikeras kan ett platsfel uppstå. Detta problem delar den retrooptiska isindikatorn med alla andra typer.

Reflexen måste placeras rätt i vinden. Kan uppnås med en roterande reflex, genom att montera fler indikatorer i olika riktningar eller med en flöjtande indikator. Detta problem delar den retrooptiska isindikatorn med alla andra typer.

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr - No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk - Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

7. Tillverkade isindikatorer

Inom projektets ram har ett hundratal indikatorer tillverkas till en specifikation som är mycket nära den slutliga versionen av fasta indikatorer. Dessa kommer att testas under kommande is-säsong på en lång rad platser i Sverige och utomlans. Dessa indikatorer är av fast typ och saknar inbyggd självtest eller kontinuerlig övervakning.

De elektriska komponenternas livslängd uppskattas till ca 100 000h d.v.s. minst 10 år.

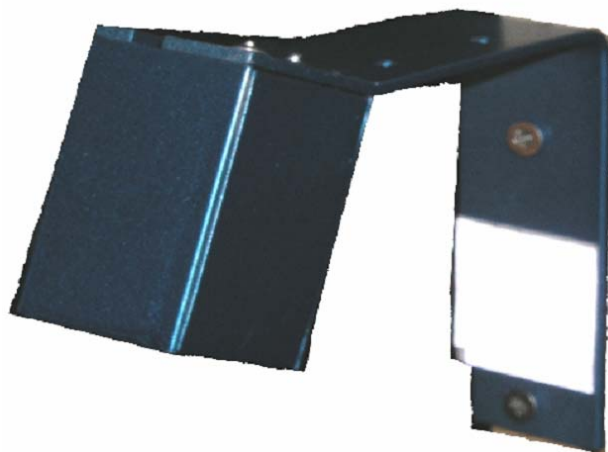
De enheter som tillverkats och testats i Suorva och KTH visade sig ge felaktig isindikering när de utsattes för direkt solljus rakt framifrån.

Det kan lätt åtgärdas genom att rikta indikatorn mot norr. Genom förbättrad skärmning, montage och en ny typ av optiskt filter kan den nya indikatorn riktas i alla väderstreck.

Avisningen av reflexen styrs och matas direkt från emitter/detektor. Inget behov finns av ett externt reglersystem. Antalet anslutna ledningar kan minskas till ett minimum.

Avståndet mellan emitter/detektor och reflexen har minskat till ca 50 mm. Det medför att indikatorn kan göras mindre.

Den nya indikatorn bör vara mindre känslig för regn, men en viss felindikering vid mycket kraftigt regn kan inte uteslutas.



Figur 12. Nya indikatorer

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr – No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk – Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

8. Vidareutveckling av isindikatorn

Isindikatorn kan vidareutvecklas på flera sätt.

8.1 Vindoberoende indikering

En fast indikator har en fast monterad reflexen och emitter/detektor. Den kan användas där vindriktningen är känd t.ex. på taket på maskinrummet på ett vindkraftverk.

Om tre eller fyra fasta indikatorer placeras i olika väderstreck erhålls en indikering som är oberoende av vindriktning.

I en roterande indikator är reflexen placerad på en cylinder som roterar med låg hastighet. På det sättet blir ispåväxten på reflexen oberoende av vindriktningen. Rotationen kan åstadkommas med en lågvarvig elmotor eller med en vindrotor.

Indikatorn kan vara flöjtande.

8.2 Övervakning

Olika former av övervakning av indikatorns status kan vara önskvärd

8.2.1 Självtest

Med självtest avses ett system där det är möjligt att med olika intervall kontrollera indikatorns status. Självtesten kan utföras lokalt på plats eller fjärrstyras. Testen utförs under ca 1 sekund och kräver att indikatorn är isfri. Självtest kan lämpligen användas vid en årlig funktionskontroll som bör göras före issäsongens början.

Under den tid då självtesten görs kan ingen indikering ske.

Med en självtest kan begynnande försmutsning eller att komponenterna har åldrats upptäckas innan problemen har blivit så svåra att felindikering riskeras.

8.2.2 Kontinuerlig övervakning

Med kontinuerlig övervakning kan indikatorns status kontrolleras under pågående indikering oavsett om nedisning sker eller inte.

Med kontinuerlig övervakning kan felindikering p.g.a. nedsmutsning av reflexen eller emitter/detektor samt försämrade effektivitet hos emitter eller detektor uppfattas. Naturligtvis kan även avbrott i matning eller signalledning detekteras. Om upplinjeringen av emitter/detektor förändras uppfattas även det.

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr – No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk – Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

8.3 Möjligheter att indikera graden av nedisning

I många sammanhang kan det vara intressant att inte bara få en indikering av förekomst av is, utan också en uppfattning av hur mycket.

8.3.1 Reflexvärme med olika effekt

Det är troligt att man kan mäta graden av nedisning genom att använda flera indikatorer med olika effekt på värmen för reflexerna.

8.3.2 Möjlighet att kalibrera reflexen känslighet för nedisning

Typ A reflexer består av ett stort antal små glassfärer (diameter ca 10µm). Om man istället använder större glassfärer kan känsligheten ändras. Denna kalibrering görs vid tillverkningen och kan sedan inte ändras.

8.3.3 Förvärmning eller förkylning av reflex

Om reflexen är förvärmad t.ex. 5°C varmare än lufttemperaturen minskar indikatorns känslig. När indikering sker ökas värmen på normalt sätt.

Om reflexen kyls så att den t.ex. är 5°C kallare än lufttemperaturen kan en tidig förvarning om kommande nedisning erhållas. När indikering sker värms reflexen på normalt sätt.

8.4 Direktmontage

Ett effektivt sätt att eliminera platsfelet är att montera indikatorn direkt på den utrustning som skall skyddas. Det kan t.ex. vara utrustning för mätning av vindhastighet eller vindriktning. Reflexen värms då vid behov av utrustningens egen avisning. En enkel och effektiv återkoppling erhålls på det sättet.

Direktmontage av indikatorn bör studeras för att avgöra hur det kan göras utan att utrustningens funktion påverkas.

Uppgjord / Prepared VD Rolf Westerlund		Nr – No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / Godk – Doc Respons / Approved VD Rolf Westerlund	Kontr - Checked RW	Datum - Date 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

9. Produktutveckling

Den indikator som nu tillverkas bedöms vara fullt användbar vid professionell installation och med moderata krav på detektering.

9.1 Skydd mot felaktig installation

De indikatorer som nu tillverkats är inte skyddade mot felaktig installation. Om matningen ansluts fel kommer indikatorn att gå sönder. Ett skydd skall monteras i nästa version.

9.2 Möjlighet att välja reflexens värmeeffekt

I de tillverkade indikatorerna är reflexens värmeeffekt inte justerbar. Det skall bli möjligt att välja effekt i samband med beställning.

9.3 Termostatreglering av emitter/detektorns temperatur

Värmemotståndet i emitter/detektor är kontinuerligt inkopplat. Det gör att temperaturen kan bli upp till +70- +80°C. Förutom onödig elförbrukning riskerar konstruktionen att minska elektronikkomponenternas livslängd.

Termostatregleringen gör att temperaturen aldrig understiger +5°C, samtidigt som övertemperaturer undviks.

9.4 Standby funktion

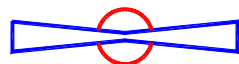
När utetemperaturen överstiger t.ex. +5°C stängs indikatorn av. Elförbrukningen minskar och gångtiden för elektroniken minskar. Risken för övertemperaturer som kan förkorta livslängden hos elektroniken minskar.

9.5 Temperaturkompensering

När utetemperaturen överstiger ett viss värde är risken för isbildning obefintlig. Inbyggt i indikatorn kan finnas en termistor som undertrycker indikeringar i det läget. Funktionen kan kombineras med standby funktion och termostatreglering.

9.6 Inbyggd logger, ev. uppringande

En logger kan byggas in tillsammans med emitter/detektor.



HoloOptics

External HoloOptics

Slutrapport-T23

Uppgjord / <i>Prepared</i> VD Rolf Westerlund		Nr – No. 100/1023/14/sv		
Dokansv / <i>Godk – Doc Respons / Approved</i> VD Rolf Westerlund	Kontr - <i>Checked</i> RW	Datum - <i>Date</i> 20040922	Rev A	File Slutrapport-Suorva

9.7 Minska reflexens känslighet för regn

Genom en förbättrad utformning av reflexen kan känsligheten för regn minskas. Det gäller främst reflex av typ A. Det kan göras genom att reflexen förses med ”dräneringskanaler”.

9.8 Förbättrad intern styrning av reflexvärme

Av analysen framgår att många indikationer är av kort varaktighet och ofarliga. En försening av både påslag och avslag kan vara intressant.