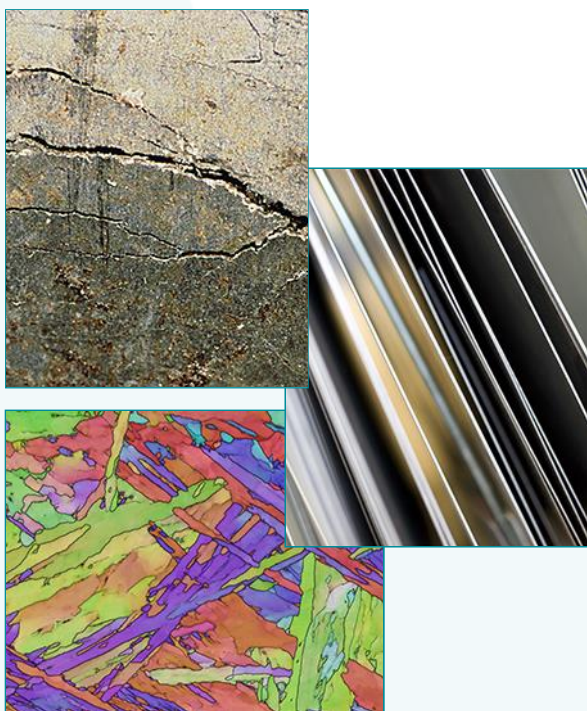




Uppdragsrapport

Undersökning av sprödheten hos snörasskydd

2018-11-14

Utredare: Johanna Josefsson & Elin Funhammar

johanna.josefsson@ri.se, elin.funhammar@ri.se

Avdelning: Polymera material i korrosiva miljöer

Vårt referensnr: 15420

Er referens: Ulf Stenberg

Företag: Villaägarnas riksförbund

Datum: 2018-11-14

Godkänd av:

Uttredare: Johanna Josefsson &
Elin Funhammar
Vårt referensnr: 15420

2018-12-06

X 

Er referens: Ulf Stenberg

Signerat av: Karin Jacobson
Specialist

Undersökning av sprödheten hos snörasskydd

Sammanfattning

Swerea KIMAB har på uppdrag av Villaägarnas riksförbund undersökt sprödheten och den gula missfärgningen hos snörasskydd i materialet polykarbonat som varit i drift i sju år. Resultaten indikerar att den gulamissfärgningen beror på UV-ljus. De små sprickorna som observerades hos de exponerade skydden, som inte havererat, är troligtvis även relaterade till UV-ljus. De mekaniska egenskaperna hos detaljen kan bli reducerade då sprickorna med tiden kan utvecklas till större sprickor. UV-stabilisering av dessa material är därför av yttersta vikt för att förhindra denna typ av nedbrytning och reducering av mekaniska egenskaper.

Haveriet av ett av snörasskydden tyder på att det blivit utsatt för ett hårt slag som resulterat i ett sprött brott. Om det hårda slaget beror på snöras eller annan orsak, går inte att fastställa. Det är även svårt att dra några generella slutsatser om orsaken till haverierna på dessa snörasskydd då endast lite material erhöles för undersökningen. Av de skydd som erhöles hade ett gått sönder och ett var fortfarande helt och det går inte att veta om dessa skydd är representativa för alla snörasskydd av denna modell.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
2	Syfte	2
3	Bakgrund.....	2
4	Resultat	4
4.1	Fourier Transformerad Infraröd Spektroskopi (FTIR)	4
4.2	Differential Scanning Calorimetry (DSC)	5
4.3	Ljusoptisk mikroskopi (LOM).....	5
4.4	UV-exponering	9
5	Diskussion.....	11
6	Slutsatser.....	12
7	Rekommendationer.....	12
8	Förslag på fortsatta studier.....	12
9	Litteraturförteckning.....	13

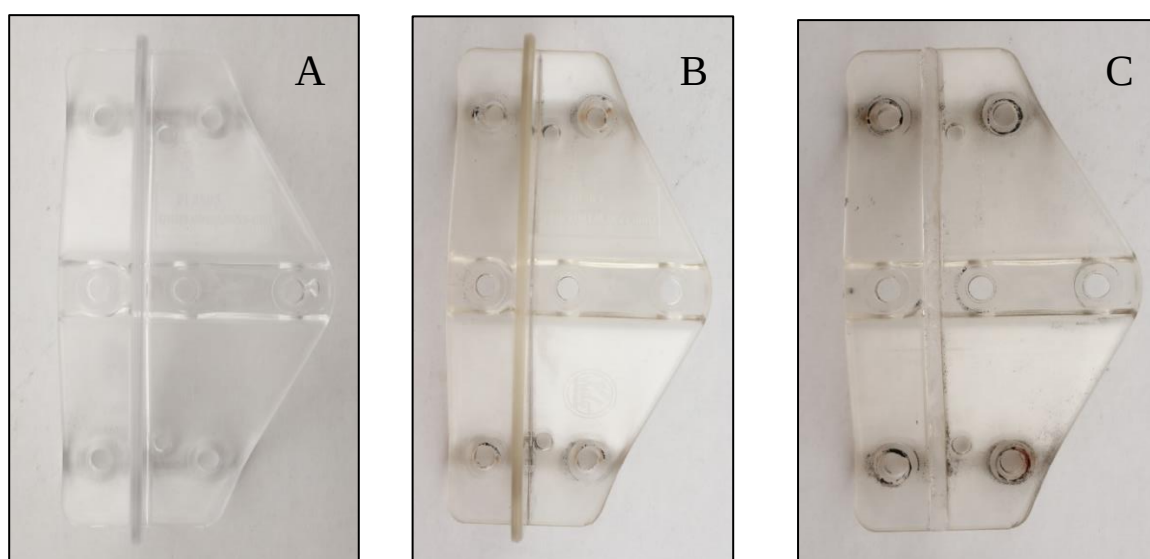
1 Inledning

Tre snörasskydd gjorda av polykarbonat med UV skydd skickades från Villaägarnas Riksförbund till Swerea KIMAB. Snörasskydden har suttit uppe på ett plåttak på landsbygden i Floda enligt Figur 1.



Figur 1. Tak med monterade snörasskydd.

Två av snörasskydden var gult missfärgade efter 7 års användning och den sista var ett oanvänt snörasskydd, se Figur 2. Båda de använda snörasskydden påvisar sprickor och en av dem har spruckit helt i två bitar, se Figur 3.



Figur 2. Levererade snörasskydd. A) Oexponerat snörasskydd. B) och C) är båda exponerade skydd efter 7 års drift.



Figur 3. Visar snörasskydd som helt gått av. Bilden visar även tydliga sprickor i materialet.

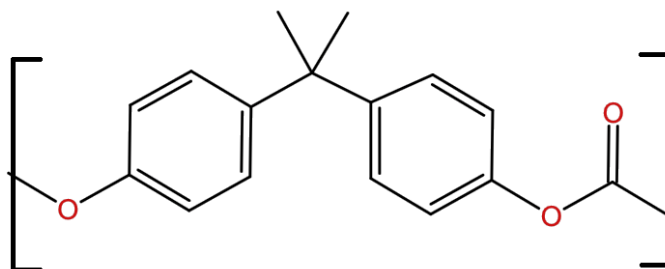
Inga visuella defekter kunde ses hos plast applikationerna, så som luftbubblor från tillverkning, etc.

2 Syfte

Syftet med undersökningen är att hitta orsaken till sprödheten, missfärgningen och sprickorna på dessa snörasskydd. Undersökningen innefattar Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Differential Scanning Calorimetry (DSC) samt UV-exponering (QUV-SE Accelerated Weathering tester).

3 Bakgrund

Polykarbonater (PC) finns i flera olika kvaliteter och sammansättningar vilket gör att materialet kan skilja sig mycket åt mellan olika tillverkare. Den vanligaste PC görs av Bisfenol A och fosgen, men även andra monomerer kan användas, se Figur 4. PC är generellt dyra att framställa men det finns flera fördelar med materialet jämfört med andra termoplaster. Generellt är PC styva och tålig material upp mot temperaturer på 140°C. PC har även generellt begränsad resistans mot kemikalier och UV-ljus. [1]

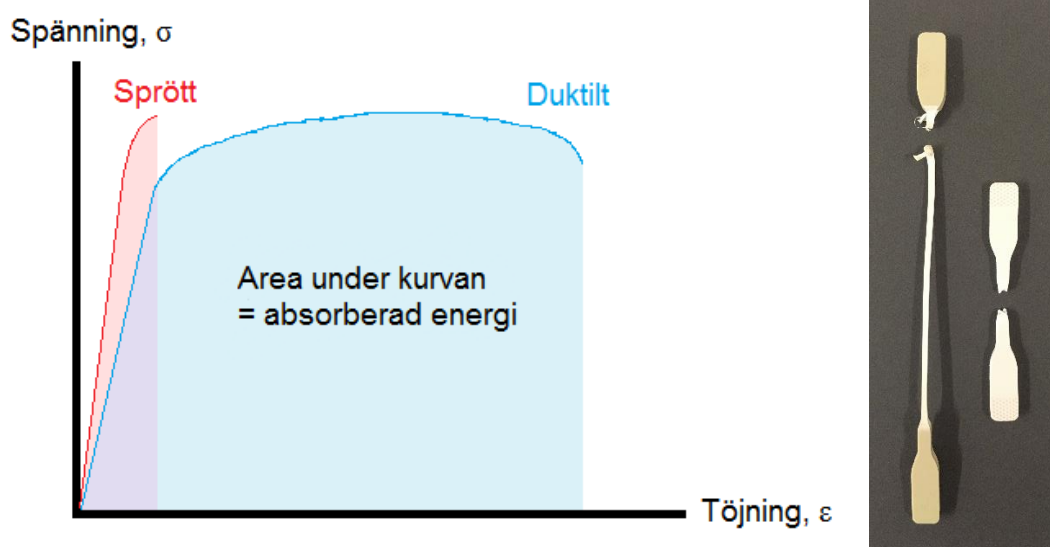


Figur 4. Repeterande enhet för PC gjord av Bisfenol-A och fosgen.

Flera olika typer av nedbrytning och/eller haverier kan ske för polymera material där oxidation, spänningsinducerad sprickbildning (SCC) och miljö- och spänningsbetingad sprickbildning är vanliga (ESC). [1] [2] Den kemiska strukturen för PC saknar sekundära och tertiära kol-vätebindningar vilket leder till god oxidativ stabilitet. På grund av att PC adsorberar ljus sker inte UV-degradering i materialet på ett djup större än ungefär 0,7 mm enligt [1]. Detta är därför oftast ett större problem för tunna filmer än för formsprutade applikationer. Enligt [1] förlorar PC även sin lyster när de är utsatta för UV-ljus. Reducerad

ytfinish är relaterad till att mikroskopiska sprickor formats på ytan vilket leder till en reducerad molekylvikt hos det yttersta lagret som har blivit påverkat. PC är även känsliga för defekter så som jack och skär, och de är även känsliga för sprickbildning när de är utsatta för töjning. [1]

Generellt förekommer endast två typer av brott för polymera material, duktila(sega) och spröda brott. Av en dragprovkurva går det att utläsa om brottet varit duktilt eller sprött. Se nedan exempel i Figur 5. Om ett brott är duktilt kommer mycket mer energi absorberas, jämfört med under ett sprött brott. Det går även ofta att få ledtrådar till om brottet varit sprött eller duktilt genom att titta på brottytan. Generellt sett har ofta en brottyta från ett duktilt brott utdraget material medan brottytan från ett sprött brott ofta är plan. Detta medför att två brottytor som varit utsatta för duktilt brott inte går att passa ihop igen eftersom materialet blivit deformerat.



Figur 5. Schematiska dragprovkurvor för ett sprött och ett duktilt brott. Till höger även en bild av dragprovstavar med duktilt (den långa) och sprött (den korta) brottbeteende.

Hur brottytan visuellt ser ut och hur sprickorna breder ut sig kan ge indikationer om vad som har hänt. Snörasskydden visar inte på ett duktilt beteende då sprickorna är tydliga och bitarna passar ihop perfekt. Spröda brott kan ske vid spänningar som är betydligt lägre än vad polymeren ska tåla. Hårda slag, låga temperaturer, cykliska laster, etc. är faktorer som kan gynna att spröda brott uppstår. Dessa brott initieras ofta av att mikrosprickor formas som sedan växer tills materialet spricker. [2] Det är även vanligt enligt [2] att ytor som bryts ner av UV-ljus kan få flera sprickor att initieras simultant vilket så småningom resulterar i att sprickorna förenas till en stor. Det kan även ske att flera sprickor initieras simultant om applikationen är utsatt för en distribuerad av höga spänningar under en längre tid.

Utmattning kan ske i konstruktioner som utsätts för upprepade belastningar, belastningar som inte skulle ge brott i konstruktionen om de endast blev pålagda en gång. Utmattning sker i två stadier, initiering av en spricka och tillväxt av sprickan till kritisk storlek resulterande i brott. [3]

Geometrin och designen av en produkt påverkar hur mycket last etc. den kan absorbera. Exempelvis får tunna delar utstå en högre spänning än tjockare delar som upptar samma last. En detalj som endast sitter fast i en punkt kommer bli utsatt för högre spänning än en detalj som sitter fast på flera punkter, eftersom lasten då kan fördelas på ett större område.

Geometrier med skarpa hörn etc. kan ha lättare att brista eftersom dessa skarpa detaljer kan verka som anvisningar för defekter såsom sprickbildning.

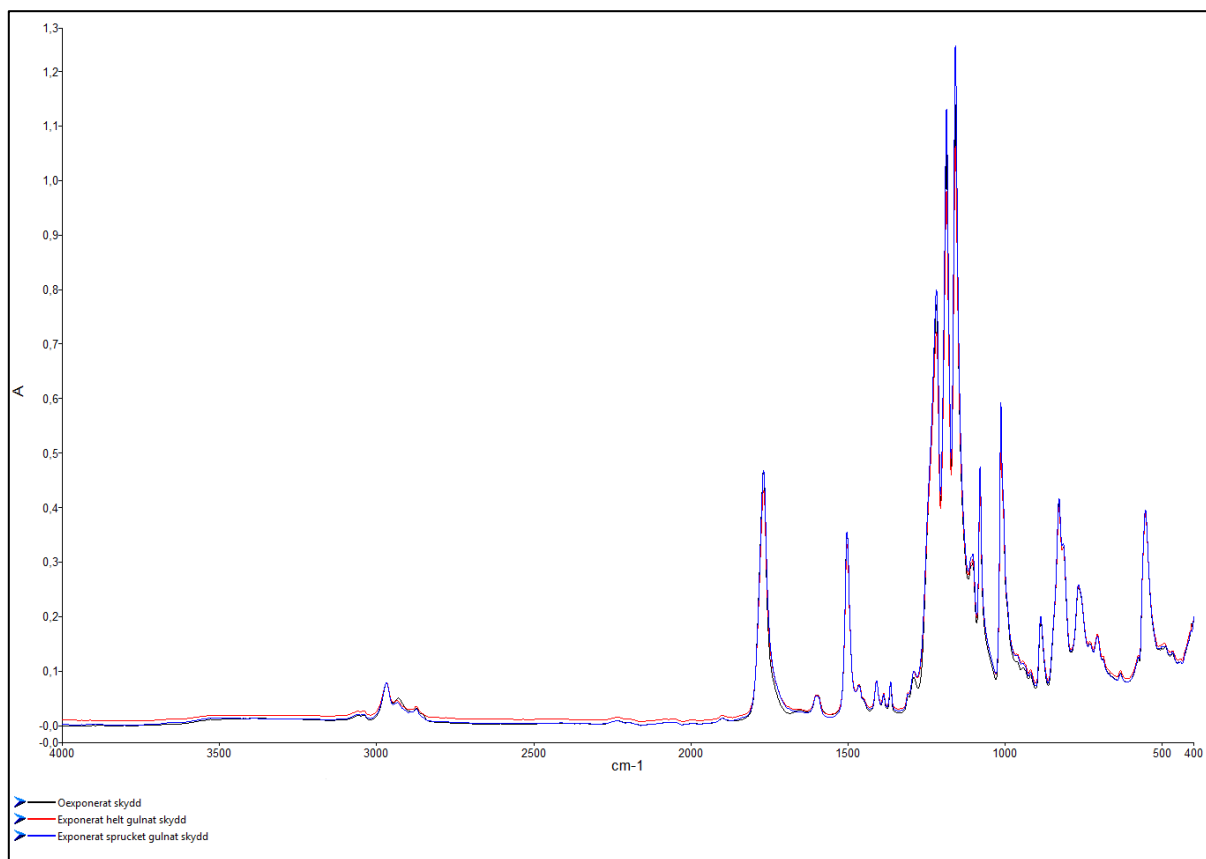
För Kulo snörasskydd av typen sadelmodell rekommenderas en installation av fyra stycken snörasskydd per meter tak för att tåla eventuell belastning från snön. Det rekommenderas även att fyra skruvar används för att skyddet ska hålla så bra som möjligt. [4]

4 Resultat

4.1 Fourier Transformerad Infraröd Spektroskopi (FTIR)

FTIR är en metod som används för att undersöka kompositionen hos prover. Kemiska bindingar absorberar ljus olika vilket kan ge indikationer på vilka strukturer som finns i materialet. Denna metod kan användas för att undersöka kemiska förändringar i materialet, så som oxidation och förbrukning av stabilisatorer. Metoden kan användas för många olika material och proverna kan ha varierande storlek. I det erhållna spektrumet kan materialet analyseras.

I Figur 6 visas FTIR-spektrum för de olika inkomna snörasskydden; oexponerat skydd, exponerat gulnat skydd, exponerat gulnat och sprucket skydd.

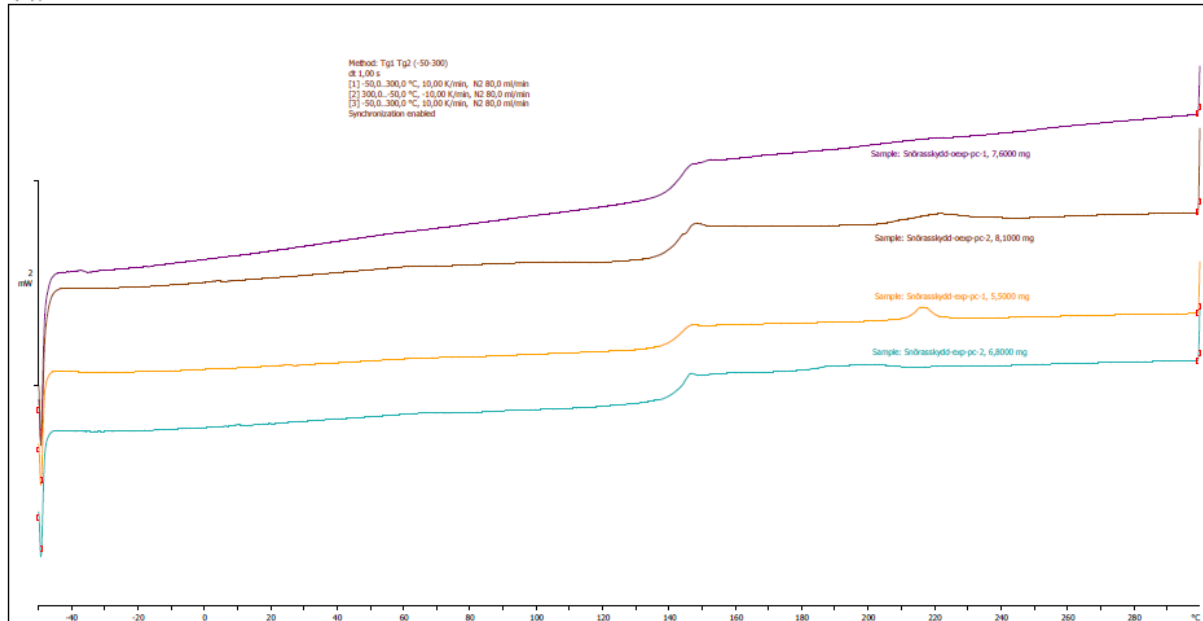


Figur 6. ATR FTIR-spektra för oexponerat, exponerat sprucket och exponerat gulnat material.

Alla tre spektra är snarlika, ingen skillnad mellan dem kan detekteras. Detta kan tyda på att det exponerade, gulnade materialet inte är kemiskt påverkat efter 7 års användning. Dock skall alltid hänsyn tas till att små skillnader kan vara svåra att upptäcka på grund av instrumentets detektionsgräns.

4.2 Differential Scanning Calorimetry (DSC)

DSC är en termisk metod där man mäter skillnaden i energi som krävs för att öka temperaturen hos ett prov jämfört med en referens. Metoden kräver små mängder prov som kan vara antingen flytande eller i fast form. Olika termiska övergångar kan bestämmas så som smältpunkt och mjukningspunkten hos materialet. Även kristallinitet kan bestämmas.



Figur 7. DSC spektrum för det exponerade och oexponerade snörasskyddet.

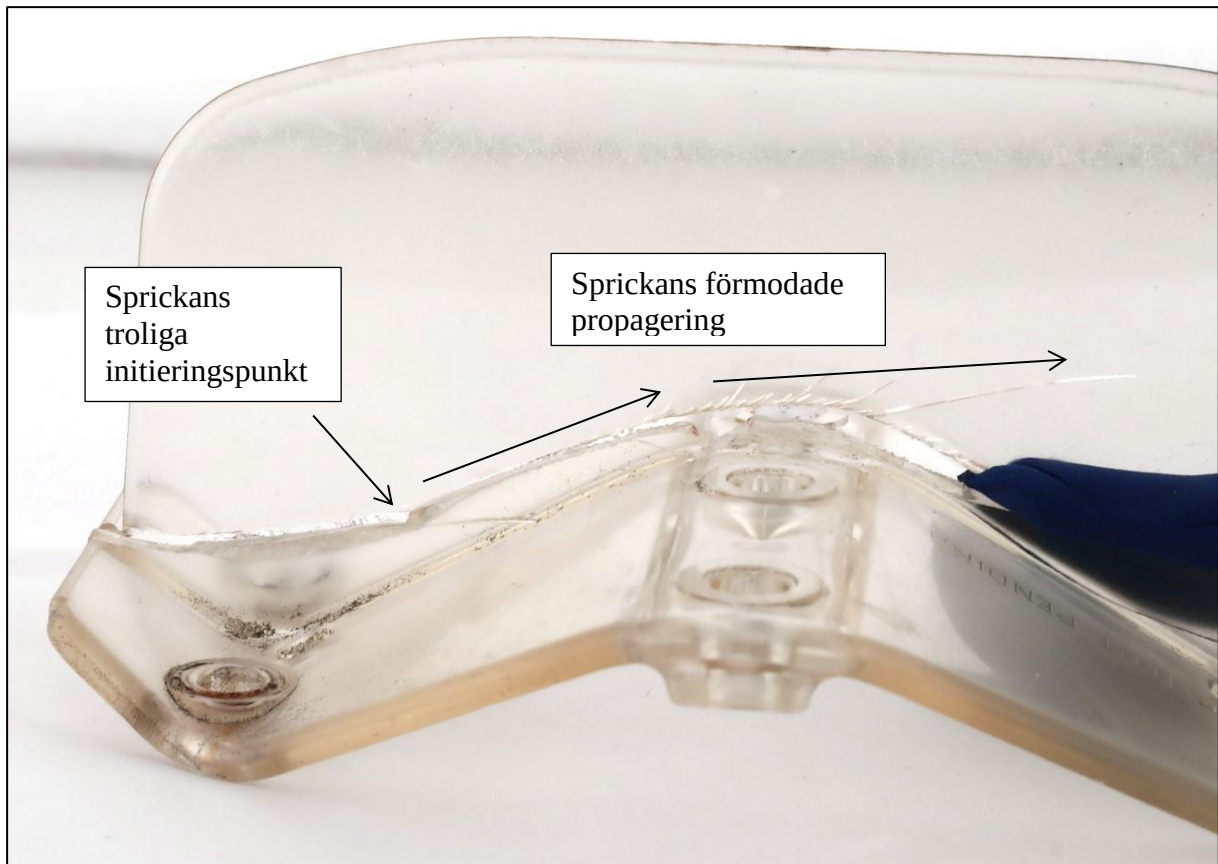
Den erhållna datan visar på att materialet har ytterst lite eller ingen kristallinitet. Materialet har även en glastransitionstemperatur på ca 150°C. Ingen signifikant skillnad kan ses mellan det exponerade och oexponerade snörasskyddet med avseende på termiska egenskaper.

4.3 Ljusoptisk mikroskopi (LOM)

LOM är en metod som används för att visuellt analysera prover i större förstoring. För den utrustning som användes i den här studien kan bilden förstöras upp till 56 gånger vilket ger goda analyser av brottyrorna.

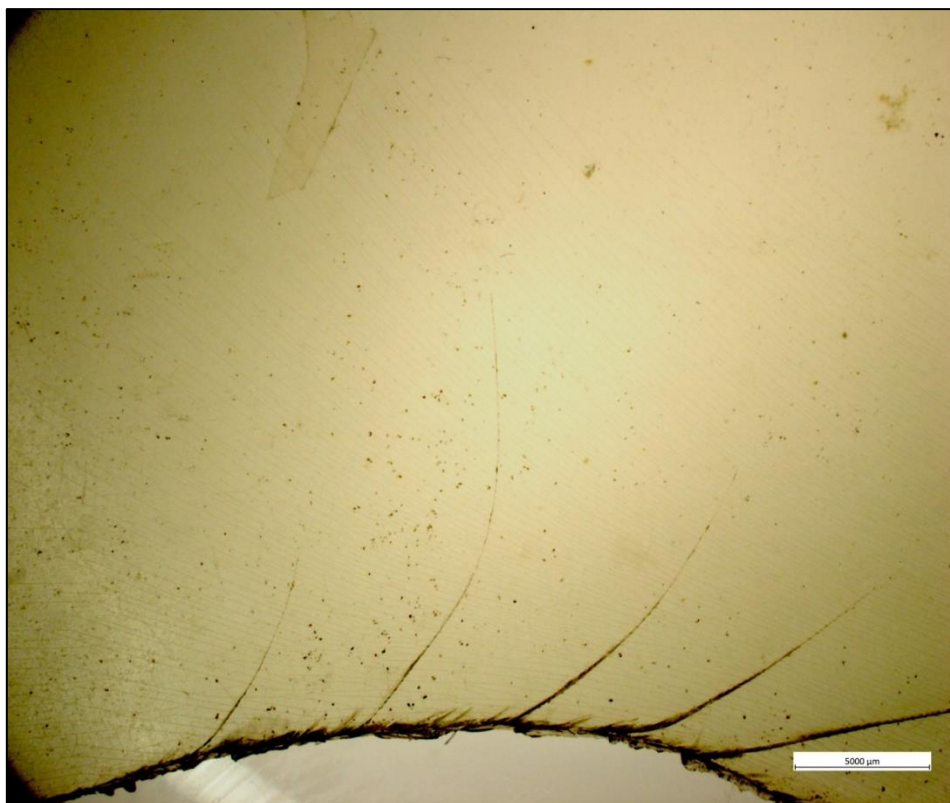
4.3.1 Undersökning av sprickor på exponerade snörasskydd

I Figur 8 visas det spruckna snörasskyddet, var den troliga initieringspunkten för sprickan är och hur sprickan sedan har propagerat och orsakat flera sprickor i skyddet. Av sprickans utseende att döma verkar det som att denna spricka uppkommit väldigt hastigt när den väl börjat växa. Detta tyder på att skyddet blivit utsatt för en för hög last som resulterat i att skyddet gått av, med andra ord är ett kraftigt slag en trolig orsak till haveriet.

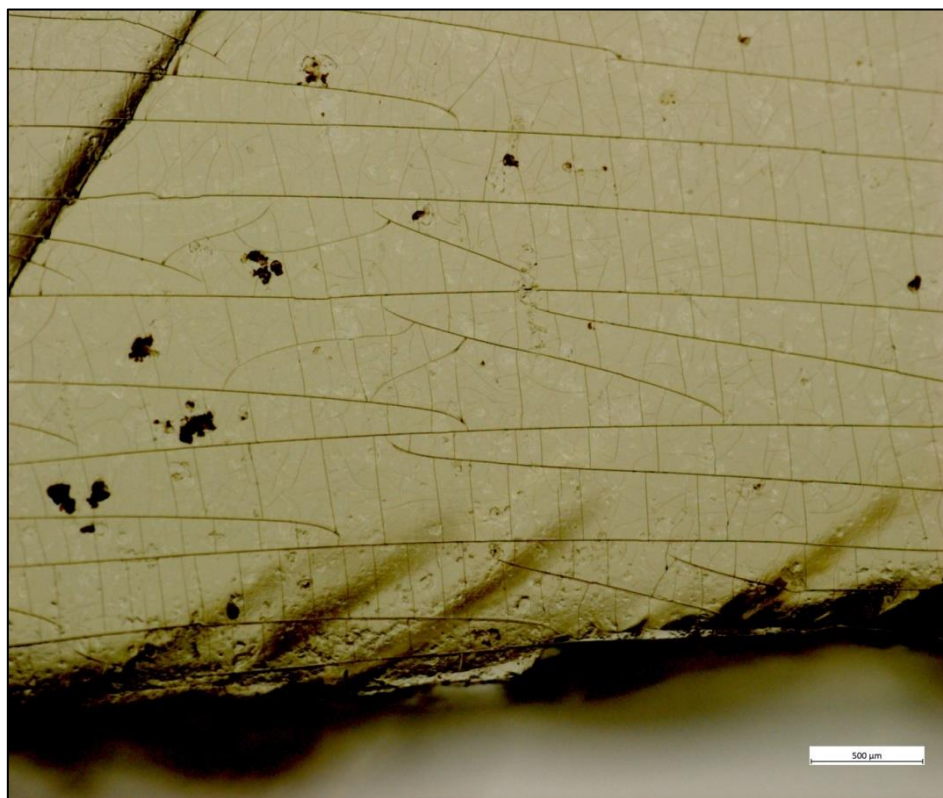


Figur 8. Det spruckna snörasskyddet. Pilarna visar sprickans troliga initieringspunkt och dennes propagering.

I Figur 9- Figur 10 visas förstorade bilder på det exponerade och spruckna snörasskyddet. Här syns tydligt att det finns små sprickor på materialet även där det ännu inte är helt sprucket. Dessa sprickor breder ut sig över stora delar av snörasskyddet men upphör en bit ifrån sprickans ursprung. Det verkar som att de små sprickorna finns i närheten av där skyddet spruckit och gått av.



Figur 9. Förstorad bild på exponerat och sprucket snörasskydd. Snörasskyddet har spruckit i nedre kanten av bilden. Små sprickor kan även ses över nästan hela ytan, dessa slutar dock längre ifrån sprickan.

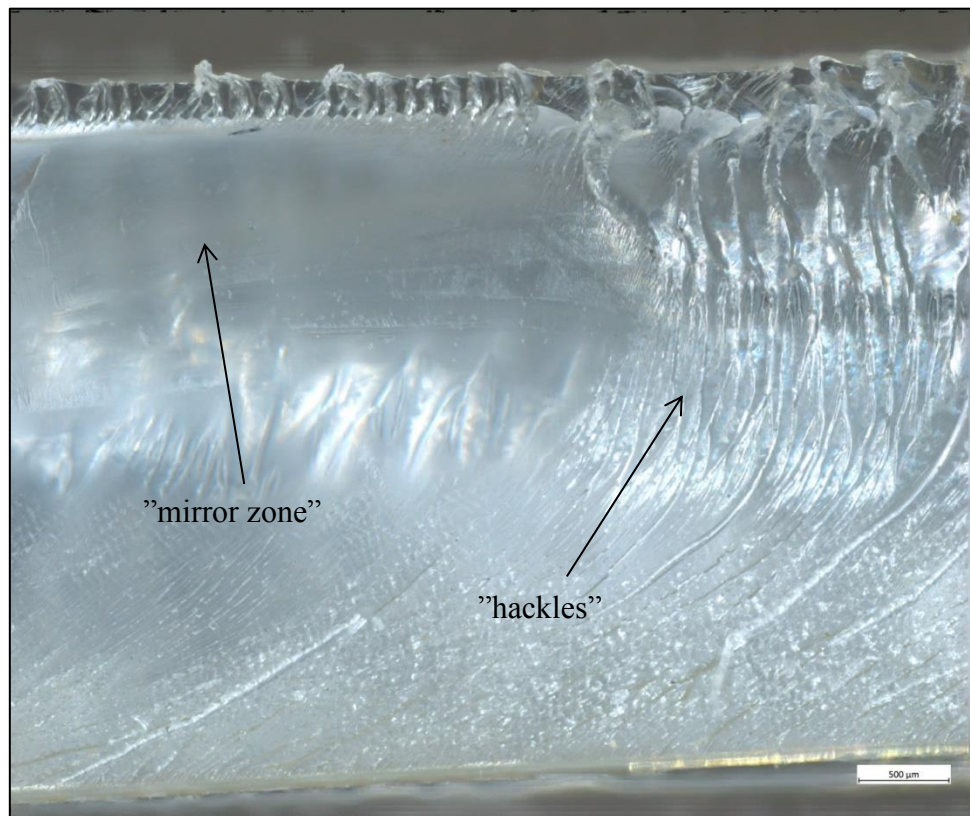


Figur 10. Förstorad bild på exponerat och sprucket snörasskydd. Tydliga, små sprickor kan ses över ytan på skyddet.

I Figur 9 och Figur 10 syns också mörka fläckar som inte kan ses med blotta ögat. Dessa fläckar är troligtvis smuts som ligger på ytan av skydden.

4.3.2 Undersökning av brottytor på exponerade snörasskydd

Det exponerade snörasskyddet har spruckit med ett sprött brott, se Figur 11. Från brottytorna kan man urskilja flera olika strukturer vilket tyder på att skydden har varit utsatta för en komplicerad spänningssituation. I Figur 9 kan man urskilja kurvade sprickor vilket stärker detta.

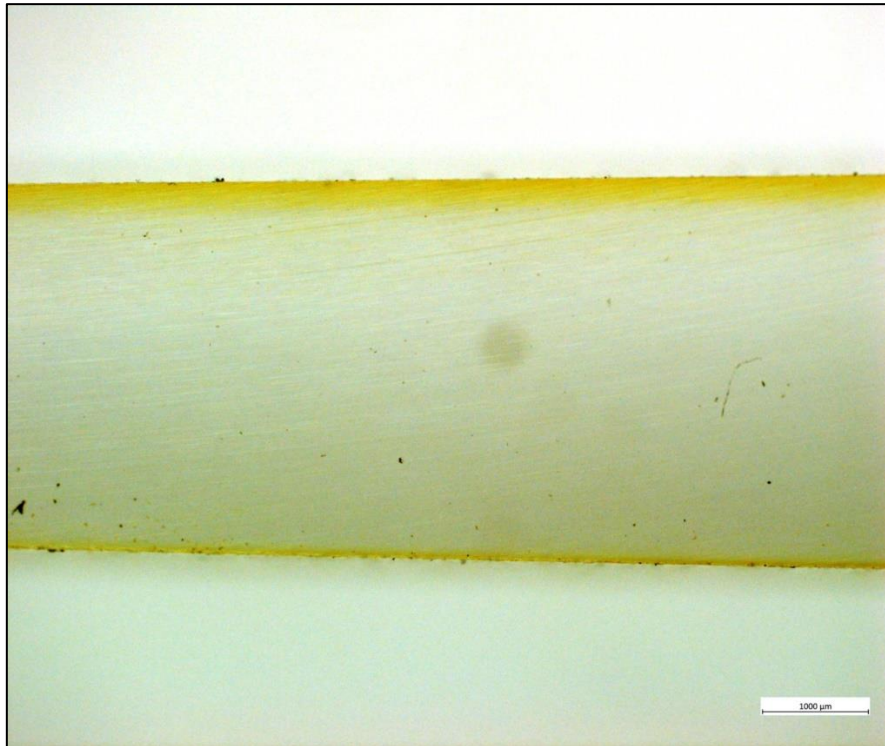


Figur 11. En del av brottytan för det spruckna snörasskyddet. Uppe till vänster ses en relativt stor slät yta, en så kallad "mirror zone". Till höger kan man se så kallade "twist hackles".

I Figur 11 kan man urskilja så kallade "mirror zones" som är släta områden på brottytan. De är ofta belägna nära brottets startpunkt och är väldigt vanliga hos glas och amorfa plaster, så som PC. I samma figur kan man även urskilja så kallade "twist hackles". Normalt är dessa "hackles" riktade från brottets startpunkt och är generellt en tydlig indikation på var sprickan från början initierades. De är vanliga hos sköra material som är utsatta för en komplicerad spänningssituation.

4.3.3 Undersökning av gul missfärgning på det exponerade snörasskyddet

I Figur 12 visas ett tvärsnitt av det exponerade snörasskyddet. I denna bild är den gula missfärgningen tydlig i båda ytor av skyddet.



Figur 12. Bild på tvärsnittet från ett exponerat snörasskydd. Här syns den gula missfärgningen av materialet tydligt i båda ytor.

Denna missfärgning beror troligtvis på att snörasskydden blivit exponerade för solljus och således påverkats av UV-ljus. Det är också tydligt att UV-ljuset inte påverkat hela bulken utan endast ytorna på skyddet. Tvärsnittet är taget från den flärp som sticker upp från skyddet när det är monterat på taket.

4.4 UV-exponering

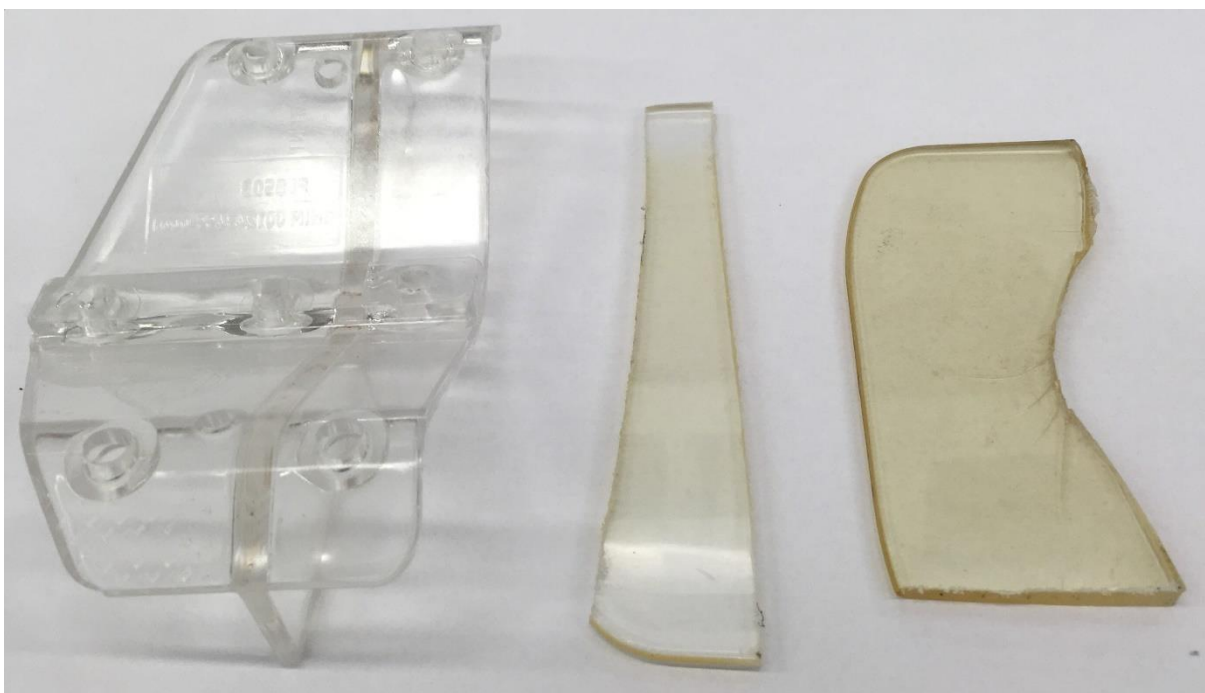
Provbitar sågades ut från det oexponerade snörasskyddet och sattes in i en UV-ugn som cyklade 4h UV-ljus och 4h kondens. Metoden som användes kallas ISO 16474-3 och faller under "Paints and Varnishes – methods of exposure to laboratory light sources". I Figur 13 visas hur provbitarna satt fast i fixturen i ugnen. Ett av proven sattes fast i ett spänt läge medan det andra provet sattes fast platt, utan större spänning. Detta för att se om det blev någon skillnad på resultatet för spänt eller icke spänt material.



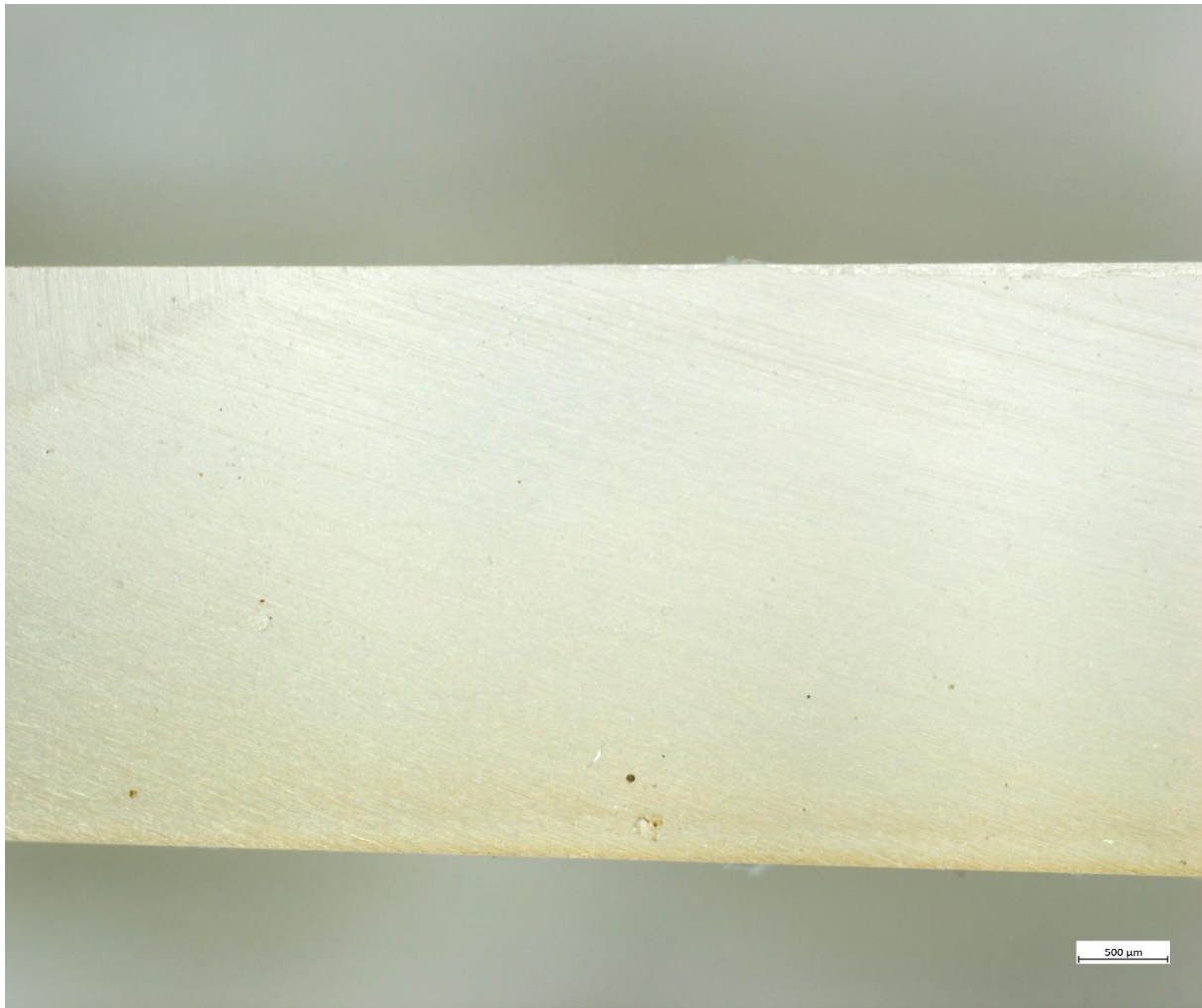
Figur 13. Fixturen med provbitar för UV-exponering. En bit i inspönt läge (a) och en bit i ospänt läge (b).

4.4.1 Cirka 8 veckor med UV-exponering

Efter cirka åtta veckors UV-exponering kunde en gulfärgning observeras hos materialet, se mittenprovet i Figur 14 och Figur 15.



Figur 14. Bild på oexponerat skydd (längst till vänster), exponerat i UV-ugn cirka åtta veckor (i mitten) och exponerat skydd i sju år på tak (till höger).



Figur 15. Bild på tvärsnittet från det UV-exponerade snörasskyddet. Här syns den gula missfärgningen av materialet på den exponerade sidan av skyddet (nederst i bild).

Det inspända provet visade inte någon skillnad i påverkan jämfört med det icke inspända fallet. Med andra ord påverkade inte spänningen missfärgningen av materialet.

5 Diskussion

Snörasskydden har suttit på ett tak uppe på ett hus på landsbygden och har därmed troligtvis inte varit utsatta för särskilt höga halter av t.ex. luftföroreningar eller andra kemiska föreningar. Dessa snörasskydd har fått utstå 7 års drift, det vill säga sju år av alternerande årstider med skiftande temperatur, solljus, regn, snö, is och vindar. Med andra ord har snörasskydden cyklats både vad gäller UV, temperatur, fuktighet och last.

Genom att ta hänsyn till den miljö snörasskydden blivit utsatta för och även den information som erhöles genom de visuella inspektionerna tyder resultaten på att det snörasskydd som gått av helt blivit utsatt för en hög och snabb last, med andra ord är ett kraftigt slag en trolig orsak till haveriet. Eftersom brottytan tyder på sprödbrott har troligtvis själva sprickpropageringen gått snabbt. Inga defekter hittades i materialet vilket tyder på att brottet inte är relaterat till tillverkningen av detaljen.

Resultaten från UV-exponeringen tyder på att det är UV-ljus som orsakar den gula missfärgningen. De små sprickorna som observerades hos de exponerade skydden, som inte havererat, är troligtvis även relaterade till UV-ljus. UV-ljus kan bryta ner polymerkedjorna i det yttersta skiktet hos skydden och då resultera i att små mikrosprickor uppstår. De mekaniska egenskaperna hos detaljen kan bli reducerade då sprickorna med tiden kan utvecklas till större sprickor. UV-stabilisering av dessa material är därför av yttersta vikt för att förhindra denna typ av nedbrytning och reducering av mekaniska egenskaper. Blått pigment kan även tillsättas för att reducera missfärgningen.

Styrkan hos snörasskydden kan eventuellt förbättras genom att se över geometrin på detaljen. Snörasskydden har en specifik geometri med en flärp som sticker upp vinkelrätt från taket. Den har inga förstärkningar runt omkring sig och är inte särskilt tjock. För att förbättra hållfastheten skulle skyddet kunna designas så att det blir mer stabilt, detta genom att exempelvis göra det tjockare eller att sätta dit stöttande komponenter runtom det. För att undvika att bygga in sprickanvisningar i geometrin kan skyddet göras med avrundade kanter och oskarpa hörn.

Det är svårt att dra några generella slutsatser om orsaken till haverierna på dessa snörasskydd då endast lite material erhöles för undersökningen. Av de skydd som erhöles har ett gått sönder och ett var fortfarande helt. Det går inte att veta om dessa skydd är representativa för alla snörasskydd av denna modell.

6 Slutsatser

Den gula missfärgningen på skydden är endast ytlig och beror med allra största sannolikhet på att materialet blivit påverkat av UV-ljus då det suttit uppe på taket.

Det spruckna snörasskyddet har troligtvis havererat på grund av ett hårt slag eller liknande. Om det hårda slaget beror på snöras eller annan orsak, går inte att fastställa.

7 Rekommendationer

För att förbättra materialets UV-skydd kan mer/effektivare UV-stabilisatorer användas. För att reducera gulfärgningen kan ett blått pigment även tillsättas.

Geometrin på skydden skulle kunna förbättras genom att stötta upp delen av skyddet som sticker upp vinkelrätt från taket. Den skulle även kunna göras tjockare för att öka den mekaniska hållfastheten.

8 Förslag på fortsatta studier

- Simulering av skydden med olika geometrier för att undersöka vilken geometri som är den optimala för de laster skyddet utsätts för.
- Genomföra slagprov på UV-exponerade snörasskydd för att verifiera utseendet hos brottytan och relatera det till orsaken av ett verkligt haveri.

9 Litteraturförteckning

- [1] J. A. Brydson, *Plastics Materials*, Elsevier Science, 1999.
- [2] M. D. Hayes, D. B. Edwards och A. R. Shah, *Fractography in Failure Analysis of Polymers*, Oxford, UK: Elsevier, 2015.
- [3] I. f. h. KTH, *Handbok och formelsamling i hållfasthetslära*, Stockholm: E-PRINT AB , 1998.
- [4] Kurikan Lumieste (KULO), ”www.kulosnorasskydd.com,” 3 10 2018. [Online]. Available: <http://www.kulosnorasskydd.com/pages/sv/hemsidan.php>.



Box 7047, 164 07 Kista
Besöksadress Isafjordsgatan 28 A, 164 40 Kista
08-440 48 00, kimab@swerea.se, www.swereakimab.se