

Undersøkelse av årsak til avflassing av maling på Forsvarets radom i Vardø

Arnt Johnsen

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

16. juni 2009

FFI-rapport 2009/01109

108904

P: ISBN 978-82-464-1604-5

E: ISBN 978-82-464-1605-2

Emneord

Radom

Maling

Avflassing

Undersøkelse

Vardø

Godkjent av

Kjetil Sager Longva

Prosjektleder

Jan Ivar Botnan

Avdelingssjef

Sammendrag

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) er kontaktet av Forsvarsbygg for å få undersøkt årsaken til at maling flasser av radomen i Vardø. Radomen ble malt i 2007 og det ble i 2008 oppdaget at malingen var flasket av i et betydelig omfang.

FFI har mottatt en rekke prøver av både avflasket maling og maling som er skrapet av radomen. Det er gjort undersøkelse av malingsflakene i vanlig lysmikroskop. I tillegg er det foretatt en undersøkelse av malingslagene i elektronmikroskop med røntgenmikroanalyse. Noen malingsflak er også analysert med røntgenfluorescensspektroskopi (XRF). I tillegg er det gjort enkle undersøkelser for å vurdere hvor godt de ulike malingsflakene sitter fast.

Ut fra de undersøkelsene som er gjort er det mulig å observere åtte malingslag. Tre av disse malingslagene består av klarlakk, mens de resterende er pigmenterte. Resultatene fra undersøkelsene viser at enkelte malingslag har veldig dårlig heft til denne klarlakk, mens andre malingslag har en noe bedre heft til klarlakk. Den dårligste heften til klarlakk finnes mellom malingslag 3 og klarlakk i malingslag 4. Det er også her en har observert de største problemene med avflassing av maling på radomen. Det er også påvist dårlig heft mellom malingslag 5 og klarlakk i malingslag 6. Det vil derfor også her være en fare for at malingen kan løsne og dermed flasse av radomen. I tillegg har kamuflasjemalingen som ble malt i 1981 også dårlig heft mot klarlakk som ble påført på 1970-tallet.

For å bli kvitt problemet med avflassing av maling vil det være behov for å fjerne all maling fra radomen før ny maling påføres. I denne prosessen bør en også være oppmerksom på at det kan finnes plastpest i glassfiberpanelene, noe som også vil være med på å redusere heften av maling på overflaten av radomen. Det anbefales at det ikke påføres klarlakk på radomen. Om radomen må overmales er det viktig å foreta en grundig forbehandling av overflaten for å sikre at den nye malingen får heft til underlaget.

English summary

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) was assigned by Forsvarsbygg in order to elucidate why paint on the surface of the radome in Vardø is flaking off. The radome was painted in 2007 and in 2008 a significant flake off were observed.

FFI has received several samples of flaked off paint from the radome. The samples have been examined under a light microscope and an electron microscope with X-ray microanalysis. Some samples have been analysed by a handheld X-ray fluorescence instrument. In addition a simple inspection of the adhesion between paint layers were conducted.

By use of microscope it is possible to observe eight layers of paint on the radome surface. Three of these layers are transparent lacquer and the rest is pigmented. The investigation shows that some of the pigmented paint layers have very low adhesion to the transparent lacquer underneath. The lowest adhesion is observed between layer 3 and the lacquer layer 4. This is also where the most flake off is observed on site. All layers of paint on top of a lacquer layer have low adhesion to the lacquer layer underneath. It is therefore a risk for flake off from several layers of paint on the radome.

To solve the problems with paint flake off on the radome in Vardø it is necessary to remove all paint layers on the radome. During this process one should be aware of that osmosis can have developed in the glass fibre panels. This will contribute to low adhesion of paint to the glass fibre panels. It is recommended to not use transparent lacquer on the radome. If the radome have to be repainted it is necessary to carry out a thorough pretreatment of the surface in order to ensure high adhesion of the paint to the surface.

Innhold

1	Innledning	7
2	Oppsummering av malingsarbeider på radomen	7
3	Gjennomførte undersøkelser	10
4	Resultater	10
4.1	Undersøkelser i lysmikroskop av malingsflak mottatt i januar 2009	10
4.2	Undersøkelser i elektronmikroskop av malingsflak mottatt i januar 2009	12
4.3	Undersøkelse av malingsflak mottatt i mars 2009	14
4.4	Bestemmelse av malingsfilmtykkelse	14
4.5	Tidsbestemmelse for påføring av de ulike malingslagene	15
4.6	Malingens vedheft til underlag	17
5	Konklusjon	18

1 Innledning

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) ble kontaktet av Forsvarsbygg Utleie Markedsområde Finnmark for å få bistand til å undersøke årsaken til at maling flasket av radomen i Vardø. Radomen ble malt i 2007 og det ble i 2008 oppdaget at malingen var flasket av i et betydelig omfang.

FFI har mottatt en rekke prøver av både avflasket maling og maling som er skrapet av radomen for å undersøke årsaken til den observerte avflissingen.

2 Oppsummering av malingsarbeider på radomen

I henhold til informasjon fra kaptein Vidar Falch ved FLO IKT DT Radar Vardø og Radom Service AS er det følgende historie på malingsarbeider på radomen i Vardø.

Radomen er laget av glassfiber og ble montert i 1962. Ved montering var radomen umalt. I 1975 ble radomen lakkert for første gang av Radom Service AS. Radom Service AS opplyser at glassfiberplatene da var angrepet av plastpest. Det var synlige blærer på utsiden og det luktet eddiksyre noe som er klassisk for plastpest. Det ble ikke gjort noen spesielle tiltak for å fjerne denne plastpesten før lakkering i 1975. I 1978 ble den på nytt lakkert av Radom Service AS. Lakken som ble benyttet var ikke pigmentert og fremstod som en klarlakk. I Figur 2.1 er det vist hvordan radomen så ut rundt 1980.



Figur 2.1 Bilde av radomen etter lakkering på 1970-tallet.

I 1981 ble radomen kamuflasjemalt av firmaet Radom Service AS og fikk et utseende som vist i Figur 2.2. Den fikk da et brunlig lag i kombinasjon med et hvitaktig lag på den øvre delen av radomen. I 1983 ble det ettermalt på kamuflasjemalingen. I 1985 ble radomen malt igjen av Radom Service AS usikkert i hvilken farge.



Figur 2.2 Utseendet til radomen etter kamuflasjemaling.

Radomen ble malt igjen av Radom Service AS i 1996 med ukjent farge, men sannsynligvis en annen farge enn kamuflasjemaling. I 1999 ble radomen malt ensfarget grå av Malemester H.J. Bønå AS som vist i Figur 2.3. I 2007 ble radomen malt ensfarget grønn av Radom Service AS som vist i Figur 2.4.

Det kan være at radomen ble malt en gang i perioden fra 1985 til 1996. Radom Service AS mener at radomen er blitt malt en gang i denne perioden av et annet firma enn deres, mens Vidar Falch er usikker på om dette er tilfelle.



Figur 2.3 Radomen ble påført en grå maling i 1999 av malemester Bønå.



Figur 2.4 Radomen ble malt ensfarget grønn i 2007 av Radom Service AS.

3 Gjennomførte undersøkelser

I januar 2009 mottok FFI to prøver av malingsflak fra radomen i Vardø. Den ene prøven bestod av små malingsflak som ble beskrevet å inneholde maling fra 1999 og 2007. Den andre prøven bestod av små malingsflak som ble beskrevet å inneholde alle malingslag på radomen.

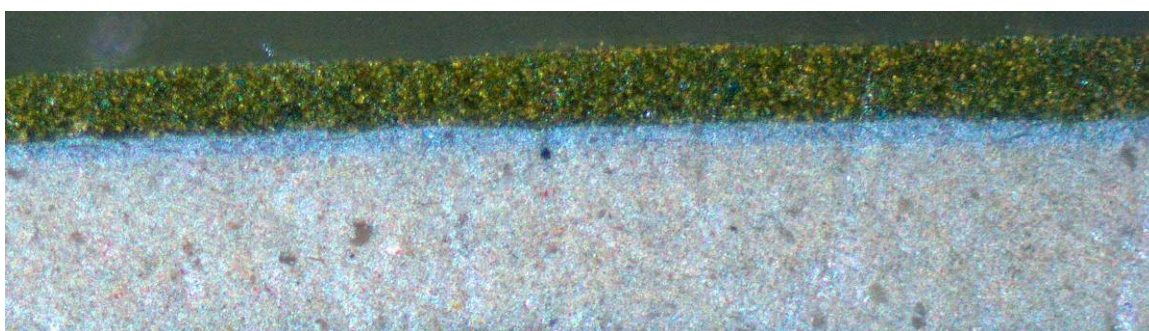
Det er gjort en undersøkelse av malingsflakene i vanlig lysmikroskop. I tillegg er det foretatt en undersøkelse av malingslagene i elektronmikroskop med røntgenmikroanalyse. Noen malingsflak er også analysert med røntgenfluorescensspektroskopi (XRF).

I mars mottok FFI nye malingsflak fra ulike sider av radomen og flak som skulle inneholde alle malingslag inn til glassfiberen på radomen. Disse malingsflakene ble også undersøkt i lysmikroskop. Det ble også støpt inn et malingsflak som deretter ble polert for en mer nøyaktig undersøkelse i lysmikroskop.

4 Resultater

4.1 Undersøkelser i lysmikroskop av malingsflak mottatt i januar 2009

Ved undersøkelse i lysmikroskop viser det seg at det som i hovedsak flasser av, er malingsflak som inneholder tre ulike malingslag og ikke bare to som antydnet ved levering av malingsflakene. Disse malingsflakene består av den grønne malingen som ble påført i 2007, den grå som ble påført i 1999 og en rødbrun maling påført under der igjen (se Figur 4.1). Laget med rødbrun maling er vesentlig tykkere enn det grå og grønne laget. Det var vanskelig å få en korrekt fargegjengivelse på fotografier av det rødbrune malingslaget, men bildet i Figur 4.2 viser en tilnærmet korrekt farge på dette malingslaget. En kan også se i lysmikroskop at dette laget består av en noe grovere struktur enn de to øverste lagene.

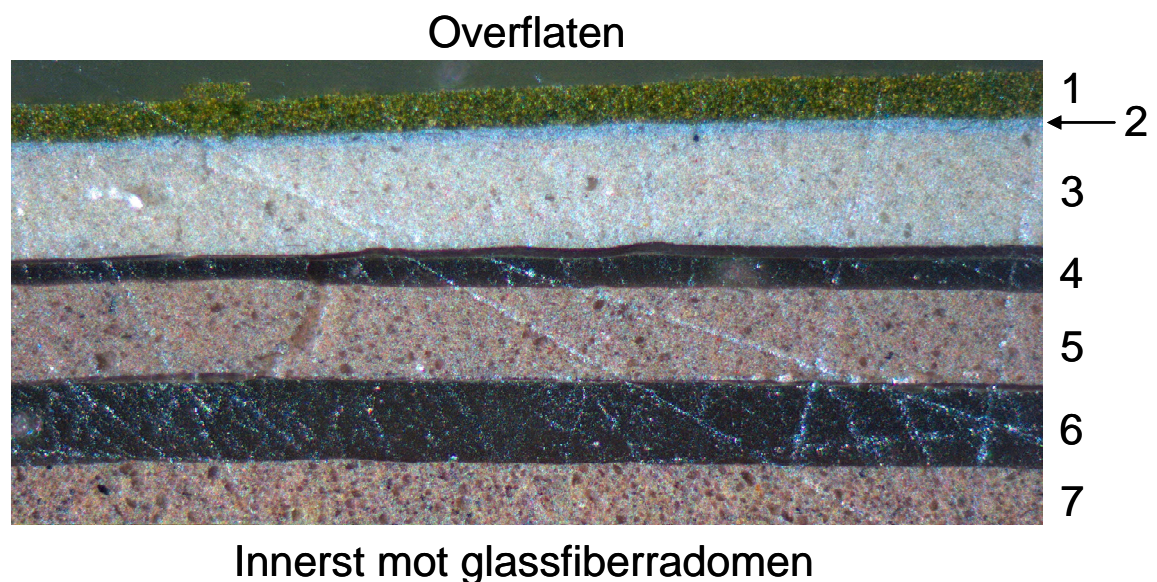


Figur 4.1 Bilde fra lysmikroskop som viser de tre ytterste lagene av maling som i hovedsak er det som flasser av på radomen i Vardø. Det grønne malingslaget er det som ble påført i 2007.



Figur 4.2 Omtrent korrekt farge på malingslag nummer tre talt fra ytersiden av radomen.

I den prøven som skulle inneholde alle malingslagene, var det mulig å se tilsammen syv ulike malingslag (Figur 4.4). Under de tre øverste lagene ser det ut til at det er et lag med upigmentert lakk, som vises som et mørkt felt under de tre øverste lagene. Under der er det et rødbrunt lag, noe mørkere enn lag 3, før det igjen kommer et lag med upigmentert lakk. Under denne lakken ses det samme rødbrune malingslaget som ses i lag 5. Fargen i malingslag 5 og 7 ligner på det mørke laget som ses på radomen i Figur 2.2.



Figur 4.3 Bilde fra lysmikroskop som viser de ulike malingslagene i malingsflak tilsendt i januar 2009 som skulle inneholde alle malingslagene.



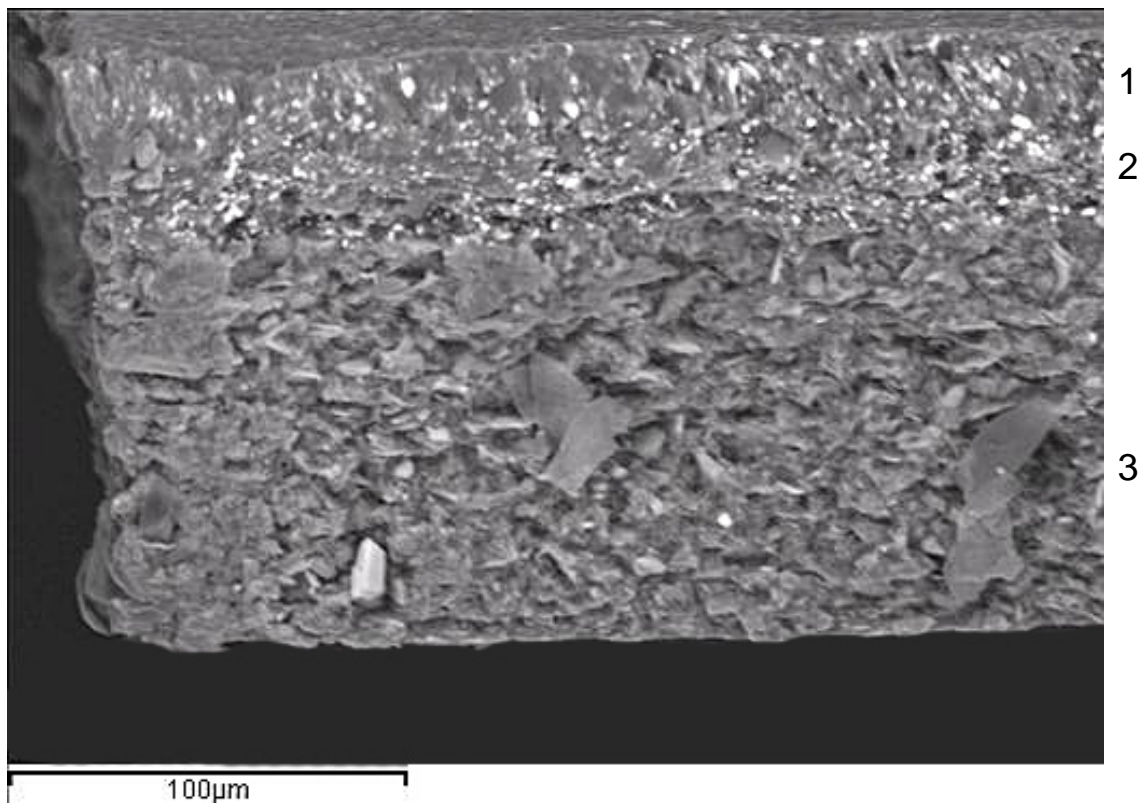
Figur 4.4 Omtrent korrekt fargegjengivelse av malingslag nummer 5 og 7.

4.2 Undersøkelser i elektronmikroskop av malingsflak mottatt i januar 2009

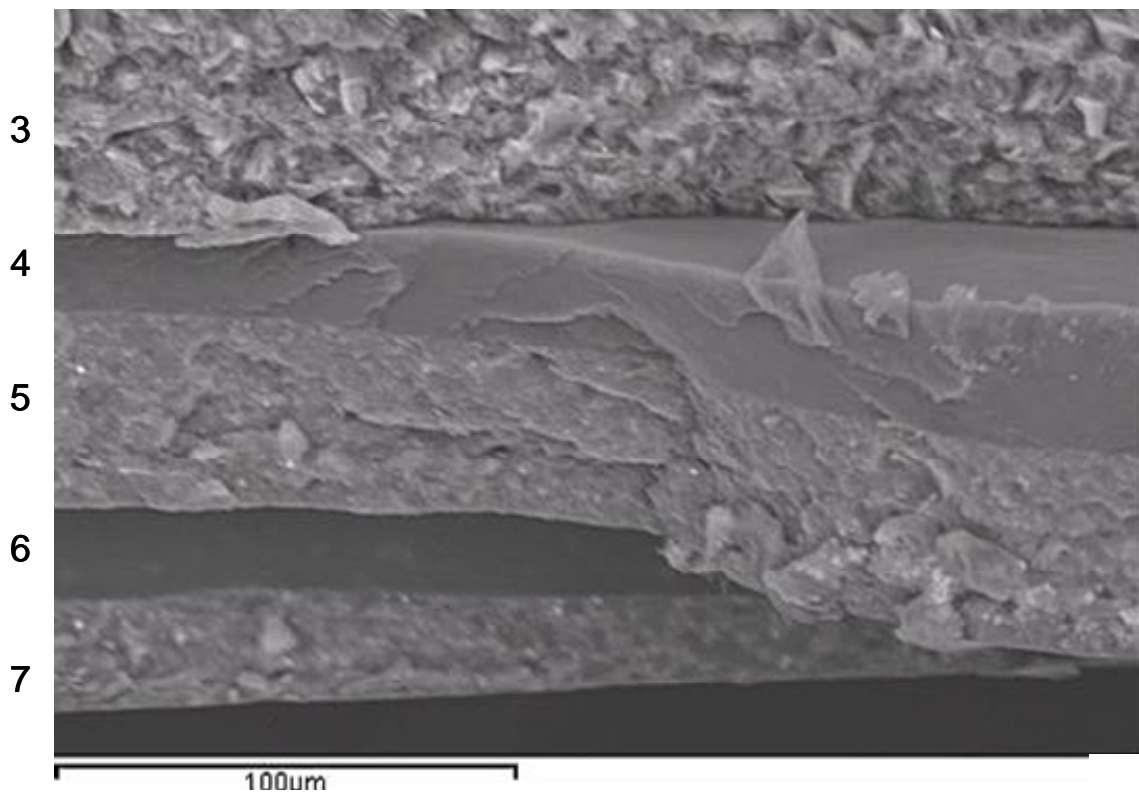
Malingslagene ble undersøkt i lavvakuum elektronmikroskop med røntgenmikroanalyse hos Forsvarets laboratorietjeneste (FOLAT) på Kjeller. Dette ble gjort for å studere strukturen i malingen nærmere og se på elementsammensetningen til de ulike malingslagene.

Det er veldig vanskelig å se forskjell på malingslag 1 og malingslag 2 i elektronmikroskopet (Figur 4.5). Dette betyr at de har omtrent samme struktur og elektrontetthet. Bildet leses på samme måte som et røntgenbilde man er vant til å se av mennesker. Elektrontette substanser (f eks beinvev i mennesker) vises med lyse partier, mens mindre elektrontette substanser (f eks muskelvev i mennesker) er mørkere. En kan tydelig se små hvite partikler i de to øverste malingslagene som indikerer at de sannsynligvis inneholder metallforbindelser. Den lyse fargen indikerer at dette er en metallforbindelse med relativt stor tetthet. Når det blir tatt mikrorøntgenanalyse av de to øverste malingslagene, viser det seg at det ikke er mulig å påvise noen forskjell i elementsammensetningen. Begge viser seg å inneholde titan, silisium, krom, jern, kobolt og svovel.

Malingslag 3 skiller seg ut med en grovere struktur og en noe lavere elektrontetthet sammenlignet med de to øverste malingslagene. Ved undersøkelse med mikrorøntgenanalyse viser det seg at også denne malingen inneholder titan, silisium og jern, men ikke krom og kobolt. I tillegg inneholder denne malingen magnesium og sannsynligvis aluminium.



Figur 4.5 De tre øverste lagene sett i elektronmikroskop.



Figur 4.6 De fire nederste malingslagene og litt av malingslag 3 sett i elektronmikroskop.

Et bilde av malingslag 4 – 7 er vist i Figur 4.6. Malingslag 4 er et homogent lag uten strukturer. I dette laget blir det påvist lite tunge elementer med mikrorøntgenanalyse. Det er stort sett bare silisium og svovel som kan påvises. Det betyr at dette malingslaget stort sett består av organiske forbindelser og dermed ingen pigmenter. Dette stemmer godt overens med det som blir observert i lysmikroskop, der dette laget ser ut som en klarlakk. Det en også kan legge merke til er at overflaten til dette lakklaget ser ut til å være veldig glatt (til høyre i Figur 4.6).

Malingslag 5 inneholder finere strukturer enn malingslag 3 og ligner dermed mer på malingslag 1 og 2. I dette malingslaget blir det påvist titan, silisium og jern med mikrorøntgenanalyse. Det ser ut til å være mer jern i denne malingen enn malingslagene over dette laget. I lysmikroskop er det tydelig å se at dette laget er mer rødbrunt enn malingslag 3. Et større innhold av jern er sannsynligvis årsaken til dette.

Malingslag 6 ser ut til å være helt likt malingslag 4, altså en type klarlakk. Analyse med mikrorøntgenanalyse viser at det er ingen forskjeller i elementsammensetningen i dette laget sammenlignet med malingslag 4.

Malingslag 7 ser ut til å være lik malingslag 5 og ut fra mikrorøntgenanalyse kan det ikke påvises noen forskjell i elementsammensetningen i dette laget sammenlignet med malingslag 5.

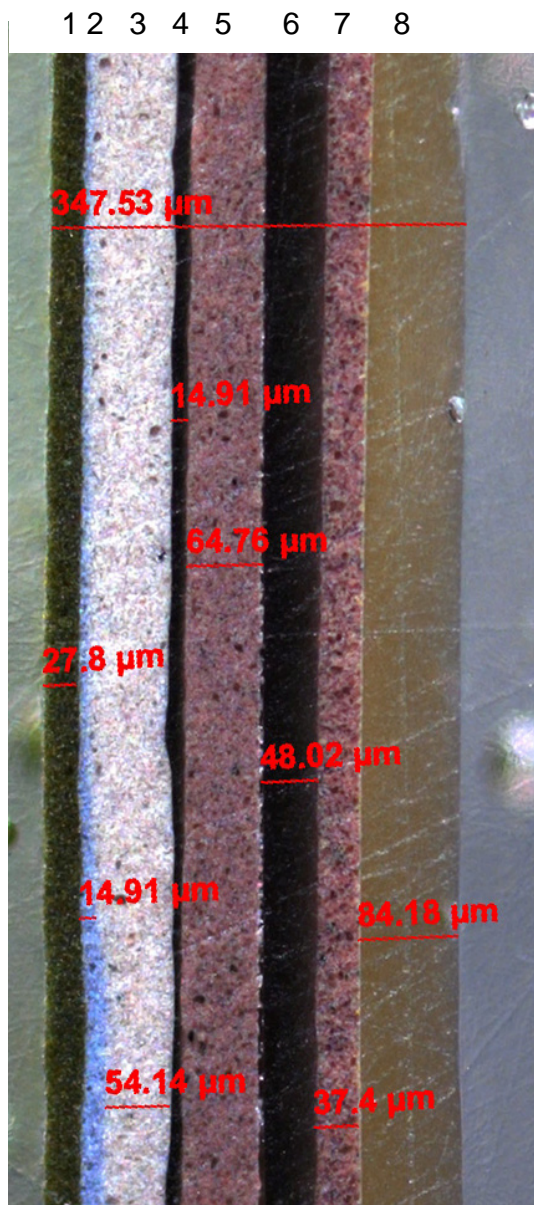
4.3 Undersøkelse av malingsflak mottatt i mars 2009

Malingsflakene ble undersøkt i mikroskop for å se om det kunne observeres noen forskjeller i forhold til det som var observert i malingsflakene mottatt i januar 2009. For de malingsflakene der det var forsøkt å få med alle lag på radomen, så ble det observert et nytt lag med klarlakk helt innerst mot radomen. Denne klarlakken ser ut til å være lik det som ses i malingslag 4 og 6. Dette laget med klarlakk er en del tykkere enn de andre to lagene med klarlakk.

Det ble ikke observert noen forskjeller for de andre malingsflakene som ble mottatt i mars 2009 i forhold til dem som ble mottatt i januar 2009. Det ble forsøkt å få tatt prøve fra det området som er malt i en lys farge i Figur 2.2. Det var imidlertid ikke mulig å komme til dette området av radomen for prøvetaking.

4.4 Bestemmelse av malingsfilmtykkelse

Tykkelsene av de ulike malingslagene ser ut til å variere noe. Det er bare ett malingsflak som er støpt inn og polert for å kunne gjøre mer nøyaktige målinger av tykkelsen til de ulike lagene (Figur 4.7). Tilsammen utgjør alle malingslagene en tykkelse på omkring 350 μm . De tynneste malingslagene er omkring 15 μm , mens det tykkeste er i overkant av 80 μm . Radom Service AS mener at de har benyttet en Starodur to-komponent polyuretanbasert maling fra Star Maling og Lakk AS. For denne typen maling vil det være



Figur 4.7 Bilde fra lysmikroskop som viser alle malingslagene og omtrentlig tykkelse av de ulike lagene.

I elektronmikroskop ses det at det i malingslag 3 er en grovere struktur enn i de andre malingslagene. Årsaken til dette kan være tilsatsen av magnesiumforbindelser som fyllstoff i malingen.

4.5 Tidsbestemmelse for påføring av de ulike malingslagene

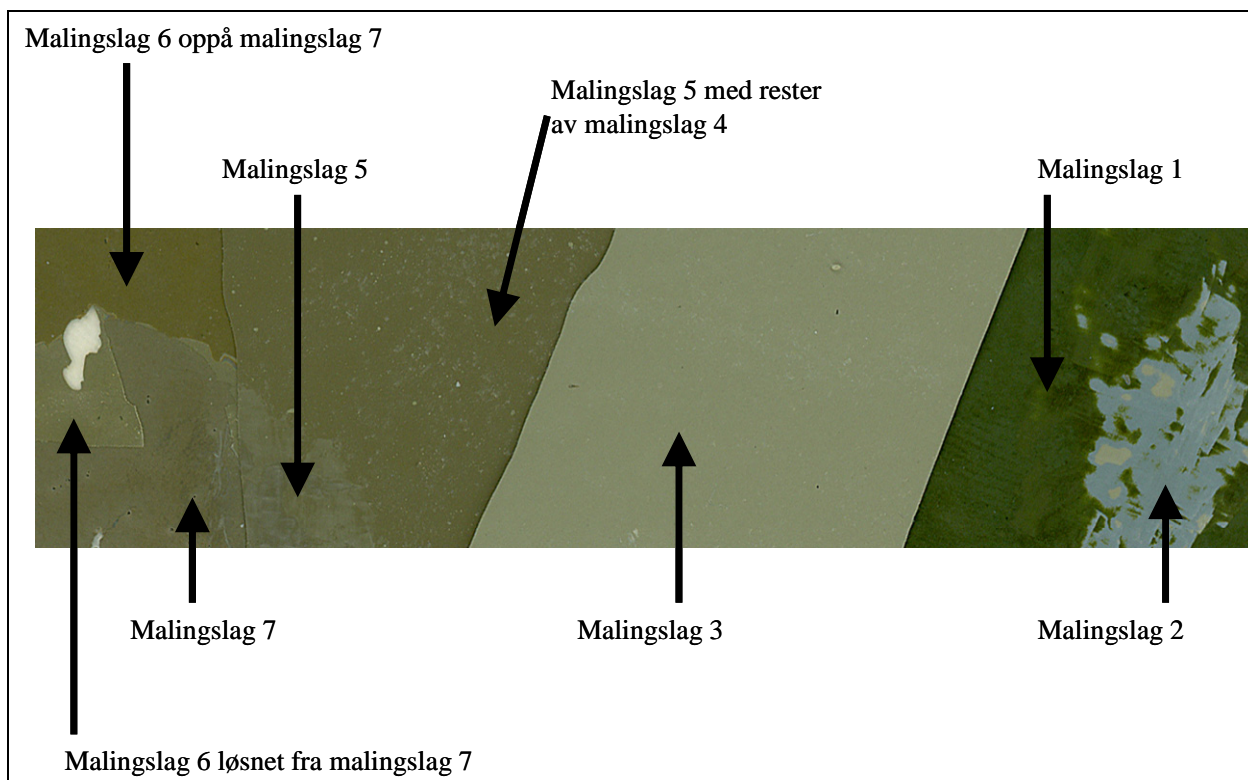
Ut fra de opplysninger som finnes av hvor mange ganger en er sikker på at radomen har vært påført maling skal det være åtte malingslag, men en kan ikke utelukke ni malingslag ut fra opplysninger fra Radom Service AS. Ut fra bilde av radomen tatt i 1980 (Figur 2.1) er det tydelig at radomen ikke har vært påført noen pigmentert maling på 1970-tallet. Etter som Radom Service AS mener at radomen er blitt lakkert både i 1975 og i 1978, sammen med at malingslag 8 er en

normalt med en tørr filmtykkelse på 20 – 40 µm. Det kan derfor tyde på at det innerste laget består av flere strøk. Ut fra tykkelsen på malingslagene kan en ikke utelukke at også malingslag 3 og 5 består av flere strøk, men dette kan også skyldes at påføringen har vært ujevn etter som tykkelsen av disse lagene varierer i malingsflakene som er mottatt. Malingslag 4 og 6 er f.eks. omtrent like tykke i Figur 4.6, og tykkelsen er der rundt 20 µm. Dette stemmer med at det er et strøk med maling. For ingen av malingslagene er det mulig å observere at det er påført flere strøk maling.

Malingslag 3 har i alle malingsflak som er blitt undersøkt vært en del tykkere enn malingslag 1 og 2. Dette malingslaget kan derfor bestå av to strøk. Men det kan også være at det er brukt en annen maling som er tykkere enn det som er tilfellet for de andre malingslagene. I denne malingen er det i motsetning til de andre funnet innhold av magnesium. Magnesiumsilikat eller magnesiumoksid tilsettes ofte i maling som fyllstoff, men kan også fungere som fargestoff.

del tykkere enn de andre malingslagene er det sannsynlig at malingslag 8 består av alle påførte lag på 1970-tallet.

I 1981 ble det påført kamuflasjemaling på radomen som vist i Figur 2.2. Malingslag 7 representerer med all sannsynlighet dette laget. Fargen på dette malingslaget samsvarer med den mørke malingen som ses i Figur 2.2. I 1983 skal det være ettermalt på kamuflasjemalingen og dette kan være malingslag 6 som er en type klarlakk. I 1985 ble radomen malt igjen og dette er sannsynligvis malingslag 5. Dette laget er helt identisk med malingslag 7, så det er stor sannsynlighet for at den samme malingen som i 1981 er benyttet i 1985. Malingslag 4 er en type klarlakk. Malingslag 7 og 5 er identiske og malingslag 6 og 4 ser også veldig like ut. I henhold til Radom Service AS ble det påført et lag med klarlakk oppå kamuflasjemalingen for å beskytte denne. Det er derfor ikke usannsynlig at ettermalingen som ble gjennomført i 1983 kan være påføring av klarlakk, mens det ved påføring av maling i 1985 ble påført et lag med klarlakk kort tid etter påføringen av kamuflasjemaling. Om klarlakken ble påført samtidig med kamuflasjemalingen i 1981 betyr det at ettermalingen som skal være gjort i 1983 ikke synes på de malingsflak som er mottatt. Malingslag 3 må være malingen som ble påført av Radom Service AS i 1996, mens malingslag 2 består av den grå malingen som ble påført av Malemester H.J. Bønå AS i 1999. Malingslag 1 består av den grønne malingen som ble påført i 2007 av Radom Service AS. I Figur 4.8 vises de ulike lagene som finnes i de mottatte malingsflak fra radomen i Vardø.



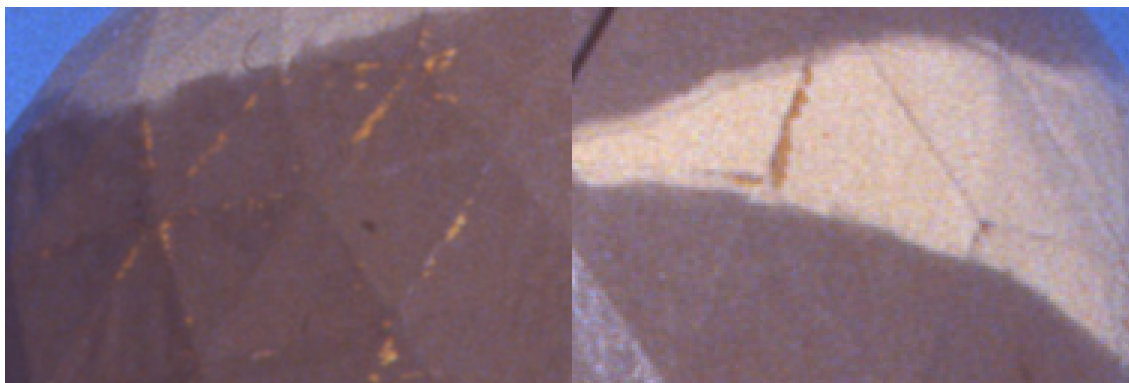
Figur 4.8 De ulike lagene som kan ses i de mottatte malingslag fra radomene i Vardø. Malingsflaket er skannet og fargenyansen avviker noe fra virkeligheten.

4.6 Malingens vedheft til underlag

Ved undersøkelse av de mottatte malingsflakene viser det seg at avflissingen av maling i hovedsak skyldes at malingslag 3 slipper fra sitt underlag som er klarlakk i malingslag 4. Ved forsøk på å separere de ulike malingsflakene viser det seg at malingslag 1, 2 og 3 sitter godt festet til hverandre, og det var ikke mulig å separere disse. Derimot var det veldig enkelt å separere malingslag 3 fra klarlakk i malingslag 4. Klarlakk i malingslag 4 satt relativt godt fast i malingslag 5, noe som tyder på at denne klarlakk ble påført relativt raskt etter at kamouflasjemalingen ble påført. Det var ikke noe problem å separere malingslag 5 fra klarlakk i malingslag 6, men imidlertid noe vanskeligere enn tilfellet for malingslag 3 og 4. Klarlakk i malingslag 6 var lettere å separere fra malingslag 7 enn det som var tilfellet for klarlakk i malingslag 4 og malingslag 5. Det var relativt lett å løsne malingslag 7 fra klarlakk i malingslag 8.

Med bakgrunn i disse resultatene er det tydelig at avflissingen av maling på radomen i Vardø skyldes dårlig heft mellom maling og klarlakk. Det vil derfor være mulig med avskallinger av maling fra radomen fra flere lag. Det er mulig at nærmest all maling løsner på grunn av at malingslag 7 løsner fra klarlakk under. Det er også mulig at malingslag 5 løsner fra klarlakk i malingslag 6. Størst avskalling vil forekomme ved at malingslag 1, 2 og 3 løsner fra klarlakk i malingslag 4, da det er enklest å separere malingslag 3 fra malingslag 4.

Ved å studere bildet i Figur 2.2 tatt etter at kamouflasjemalingen ble påført på 80-tallet, så er det tydelig at det allerede da flasket av maling fra radomen. Avflissingen vises der det er en knekk i radomoverflaten. Avflissingen ses både der det er lys og mørk maling. Mellom glassfiberpanelene er det brukt tettemasse av silikon i henhold til Radom Service AS. Dette kan være årsaken til at maling og lakk har fått dårlig feste, men det vil også være her det vil kunne være størst spenninger og ytre påkjenninger som gjør at det flasket av først i disse områdene. Når det først blir sår i overflatebehandlingen er mulig for vann å trenge ned, noe som ytterligere vil medvirke til en avskalling av maling.



Figur 4.9 Utsnitt av radomoverflaten etter kamouflasjemaling på 80-tallet som viser at det har flasket av maling der det er knekk i overflaten. Dette ses som lys brune områder på overflaten.

5 Konklusjon

Ut fra de undersøkelsene som er gjort er det mulig å observere åtte malingslag. Tre av disse malingslagene består av klarlakk, mens de resterende er pigmenterte. Resultatene fra undersøkelsene viser at enkelte malingslag har veldig dårlig heft til denne klarlakk, mens andre malingslag har en noe bedre heft til klarlakk. Den dårligste heften til klarlakk finnes mellom malingslag 3 og klarlakk i malingslag 4. Det er også her en har observert de største problemene med avflassing av maling på radomen. Dette betyr at malingslag 1, 2 og 3 slipper fra klarlakk i malingslag 4 som vist i Figur 2.4, der lyse partier er et resultat av at malingslag 1, 2 og 3 er løsnet fra klarlakk i malingslag 4. Det er også påvist dårlig heft mellom malingslag 5 og klarlakk i malingslag 6. Det vil derfor også her være en fare for at malingen kan løsne og dermed flasse av radomen. I tillegg har kamuflasjemalingen som ble malt i 1981 også dårlig heft mot klarlakk som ble påført på 1970-tallet.

Ettersom det er dårlig heft mellom den malingen som er påført oppå klarlakk er det sannsynlig at overflaten til klarlakk ikke er blitt forbehandlet godt nok til å gi god heft. Klarlakk gir en veldig glatt overflate som også observeres i elektronmikroskop. Sannsynligvis burde klarlakk vært rubbet for å gi tilstrekkelig heft mot påført maling.

For å bli kvitt problemet med avflassing av maling vil det være behov for å fjerne all maling fra radomen før ny maling påføres. I denne prosessen bør en også være oppmerksom på at det kan finnes plastpest i glassfiberpanelene, noe som også vil være med på å redusere heften av maling på overflaten av radomen. Det anbefales at det ikke påføres klarlakk på radomen. Om radomen må overmales er det viktig å foreta en grundig forbehandling av overflaten for å sikre at den nye malingen får heft til underlaget.