

Vejrægthedstest af malinger og coatinger

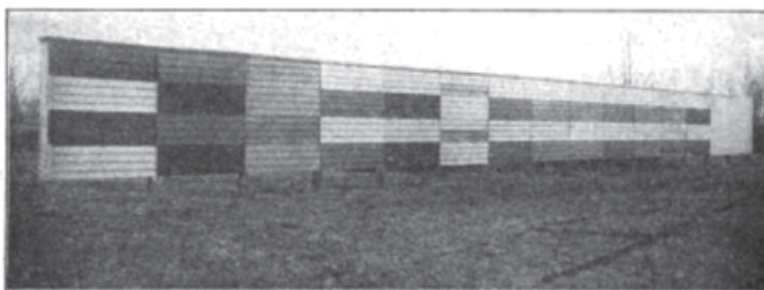
Af Allen Zielnik, seniorkonsulent, Atlas Material Testing Technology LCC

Vi har brugt maling nærmest siden civilisationens begyndelse, og i 1907 så man de første referencer til formelle malingstest.

Allerede i 1906 havde man konstrueret en række vertikale prøvestativer beklædt på begge sider med 4 typer af tømmer.

I 1907 afgav Paint Manufacturers Association bestilling på en eksponeringstest af forskellige formuleringer af hvide, grå og gule udendørsmalinger; alle ikke-kommercielle formuleringer så man ikke kom til at udhænge produkter fra en specifik producent. Stativerne blev opstillet i North Dakota og justeret nord-syd, og malingerne eksponeret såvel øst- som vestvendt (se Figur 1).

I dag foretages de fleste test i mere barske klimaer, fx subtropisk klima i det sydlige Florida, og panelerne vender mod syd eller nord (se Figur 2). Men ellers er der, som det kan ses i ASTM's *Paint and Coating Testing Manual*^[2], ikke sket de store forandringer i de mellemliggende 106 år hvad angår størstedelen af udendørs vejrpåvirkningstest af træoverfladebehandlingsmidler.



Figur 1: Det tidligst kendte prøvestativ til vejrpåvirkning af maling, 1906, Fargo ND, vendt mod øst og vest. Rustne søm plettede coatingerne.

Grundprincipper for vejrpåvirkning af maling

Uanset om det drejer sig om en basal husmaling, en højtydende lak til automobiler eller fly, en holdbar arkitektonisk maling eller en beskyttende bromaling hhv. funktionel antigraffiticoating, skal alle produkter leve op til 3 grundlæggende krav i forbindelse med vejrbestandighed: For det første skal bindemidlet (til filmdannerne) forblive intakt og ikke nedbrydes. For det andet skal coatingen forblive vedhæftet til underlaget. Og for det tredje skal coatingen bevare de vigtige kvaliteter "udseende" (fx farve og glans) og "funktionel ydeevne" (fx refleksionsfaktor i en tagmaling med kølende effekt, eller korrosionsbeskyttelse til broer eller industrianlæg). Udendørs er der mange faktorer som kan forringe disse 3 grundlæggende egenskaber, og få coatingen til at svigte. Det er vigtigt at teste produkter i forbindelse med forskning og udvikling for at forstå hvordan deres holdbarhed kan forbedres, og for at kunne fastsætte deres brugslevetid. Men test er også vigtige for at kunne forstå produkternes ydeevne i forskellige klimaer, med forskellige påføringsmetoder og på forskellige underlag samt andre kritiske variabler.



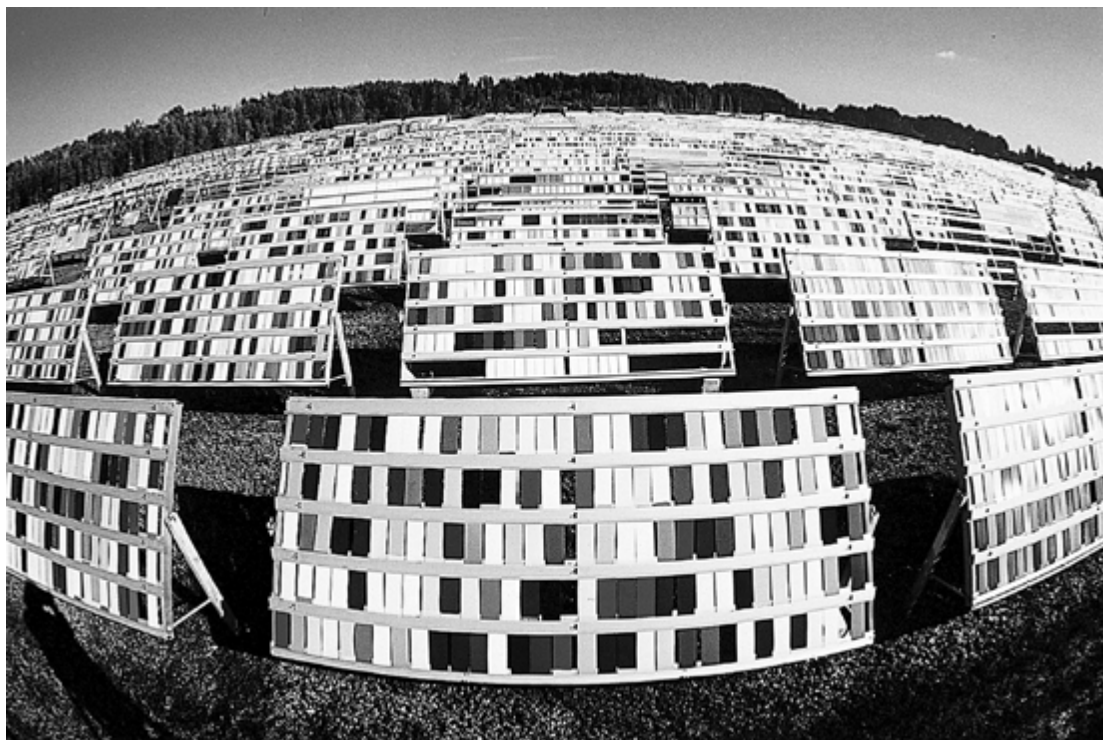
Figur 2: Syd- (vist) og nordvendte malingspaneler i Florida. Panelerne er forskudt for at undgå kontaminering ved afstrømning.

Effekten af vejret på coatinger

De mest skadelige vejr faktorer er solstråling, fugt og varme. Den ultraviolette (UV) del af sollyset indeholder nok energi til at bryde kemiske bindinger og starte de frie radikalers nedbrydningsmekanismer i de fleste organiske materialer. Dette gælder især for de korte UV-A- og UV-B-bølgelængder. Nogle kemiske coatingstoffer, såsom epoxy og polyester, er følsomme over for den type UV-stråling, og holder ikke længe udendørs, mens andre, som fx fluoropolymer, er ekstremt UV-bestandige. Mange coatingers UV-bestandighed kan forbedres væsentligt med stabiliseringsadditiver – men ikke ubegrænset. Mange stabiliseringsystemer lader i det store hele coatingoverfladen ubeskyttet, og det er herfra de fleste skader udspringer. Overfladenedbrydning ses ofte som glanstab, kridtning, mikrorevnedannelse og krakelering, falmning af pigmentfarven eller gulfarvning af bindemidlet.

UV-A med længere bølgelængde og synligt lys kan også aktivere fotonedbrydning, og mange farvestoffer, især de organiske, og fotonedbrydningsprodukter, såsom hydroperoxyd, er følsomme over for disse bølgelængder. Det nærinfrarøde område i sollys varmer mange farver op; et fænomen der kendes af alle som har haft en mørk bil i et varmt klima. Denne varme kan direkte forårsage nedbrydning på samme måde som en termisk-mekanisk bevægelse, men den kan også øge stabilisatorers tabsandel, og accelerere kemisk nedbrydning og mekanismer.

Fugt er en nøgelfaktor i forbindelse med nedbrydningen af en lang række coatinger og underlag, såvel organiske som uorganiske. Mange coatinger nedbrydes på grund af hydrolysereaktioner. Andre svigter pga. den fysiske påvirkning "hydrodynamisk hævelse" og krympning når tilstanden skifter fra våd til tør og tilbage igen. Fugt kan udvaske stabilisatorer og give grobund for biologiske organismer som mug og skimmel. Visse coatinger skal være fugtgennemtrængelige for at underlaget kan "ånde" (fx betonlag), mens andre skal være uigennemtrængelige for fugt og beskytte underlaget (fx rustbeskyttelsesmidler).



Figur 3: Fiskeøjeperspektiv af nogle af prøvestativerne hos South Florida Test Service i nærheden af Miami, verdens største eksponeringsanlæg og primære standardklima for coatinger.

Disse 3 vigtige vejr faktorer (varme, lys, fugt) er ikke indbyrdes uafhængige: lys kan påvirke temperatur som på sin side påvirker fugt. Desuden er udendørsforhold ikke stationære: faktorerne ændres alle steder i cyklusser og intervaller der varierer time for time, dag for dag og år for år i komplekse, ikke-reproducerbare mønstre. Coatinger til servicebrug som fx rørbeklædning i et industri anlæg eller offshore skibsmalinger og -lakker, kan blive udsat for mange andre væsentlige stressfaktorer. Til denne liste føjes mange sekundære klimatiske faktorer såsom vind, luftforurenende stoffer m.fl., og der er en lang række stressfaktorer som coatinger skal kunne holde til.



Figur 4: EMMAQUA® solkoncentrator til accelererede vejrtest.

Vigtige vejrtestklimaer



Figur 5: EMMAQUA® vandspray skaber termisk chok eller befugtning som fra nattedug.

Der er mange klimaer i verden. De 3 klimaer der gennemgående anses for at have størst nedbrydningseffekt på materialer, inkl. coatinger, er: varm/våd (subtropisk/tropisk), varm/tør (ørken) og tempereret (højere breddegrader, frys/tø). En specifik coating kan, afhængigt af dens kemi og funktionelle krav, præstere meget forskelligt i hvert af disse miljøer. Derfor skal der generelt foretages udendørs test i mere end ét klima. Når dette er sagt, så er det varme/våde subtropiske klima på Floridas sydlige spids historisk blevet brugt som det primære standardmiljø til vejrpåvirkningstest af alle typer coatinger.

Dette skyldes kombination af kraftig solstråling, høje temperaturer og ekstrem fugt som har vist sig at være stærkt nedbrydende for organiske materialer. Eksponeringsanlæg andre steder i verden (fx Atlas' anlæg i Chennai, Indien) har samme klima, men det sydlige Florida har vist sig at være den faktiske primære standard til sammenlignende coatingtest.



Figur 6: Xenonapparaterne Weather-Ometer® model Ci5000 med roterende prøveholder og SUNTEST® XXL+ flatbed.

Mange præstationsstandarder fastslår at coatinger skal eksponeres i det sydlige Florida. Derfor har mange globale coatingvirksomheder testanlæg i det sydlige Florida ligesom kommercielle testvirksomheder på linje med Atlas' South Florida Test Service (se Figur 3). Atlas har dog etableret et verdensomspændende eksponeringsnetværk med over 25 globale testanlæg til producenter der kræver test i andre regionale klimaer.

Eksponering i det sydlige Florida kan foretages i forskellige retninger. I dag er det normal praksis at vende prøveemnerne direkte mod ækvator (fx stik syd på den nordlige halvkugle), og de fleste globale testanlæg ligger i området 15-35 breddegrader hvor solstrålingen er kraftig, og temperaturerne er høje. Men der findes også anlæg i tempererede og kolde klimaer, og disse kan være vigtige for coating/underlag-systemer der er følsomme over for fugt og fryse/tø-betingelser.

Også varme, tørre steder bruges til coatingtest, især af autolakker (sammenholdt med det sydlige Florida). Disse steder er fx Atlas' DSET Laboratorier i den amerikanske Sonoran ørken i nærheden af Phoenix, Arizona eller Kalahari ørkenen i Sydafrika. I gennemsnit bestråles Arizona med ca. 20 % mere total UV end det sydlige Florida, men har mindre end 5 % af den "våde tid" og meget højere sommer- og lavere vinter- (under frysepunktet) temperaturer. Eksponeringer i Arizona kan være mere barske i tilfælde hvor UV-nedbrydning er den dominerende fejlårsag, og ved farvefalmning hvor nedbrydning af farvestof primært er en direkte fotoabsorptionsproces.

Et spørgsmål om grader

Mens de originale Fargo-prøvestativer fra 1906 var lodrette, er der siden kommet andre eksponeringsvinkler til. Da malet træ oftest bruges vertikalt, er det mest almindelige en 90° skrå eksponering mod ækvator, dog med vekslende eksponering vendt væk fra ækvator og den direkte solstråling for at kunne teste for skimmel. Men træ der bruges horisontalt (fx plankegulv) eller coatinger på andre horisontale underlag (såsom betonbejdse, vejmarkeringer osv.) eksponeres typisk ved en næsten vandret 5° hældning for at undgå stagnerende vand. Fordi solen står så højt på himlen, får en vertikal eksponering ca. halvt så meget solstråling som en horisontal eksponering (dette afhænger dog i høj grad af breddegraden og andre faktorer). I Florida varer den våde tid længere hos et vandret placeret prøveemne end hos et lodret.

Arkitektoniske coatinger og coatinger på andre underlag end træ, inklusive metal og syntetisk træplast, eksponeres ofte ved enten 45° hældningsvinkel eller den "lokale" breddegrad som er 26° for det sydlige Florida og 34° for Arizona. Globalt set er 45° eksponering den mest udbredte da den stemmer godt overens med "direkte normal forekomst" i løbet af et år. Det skyldes at solens højde varierer efter årstiden med en rimelig våd tid selvom 5° og 26° giver ca. 10 % mere UV årligt. I Arizona hvor der pga. den lille mængde atmosfærisk fugt er mere UV i den direkte solstråle, giver 5° ca. 7 % højere UV-dosis, mens 34° giver næsten 11 % højere UV-dosis.

Sammenlignet med Tyskland, eksponeres et prøveemne for ca. 75 % kraftigere solstråling i det sydlige Florida og ca. 100 % kraftigere i Arizona. 2 års eksponering på disse anlæg svarer altså ca. til 4 års UV i Tyskland. Naturligvis er andre faktorer som fx fugt og temperatur ikke sammenlignelige.

Accelerer vejret



Figur 7: Inde i en Atlas UVTest ses UV-lamper, Black Panel temperaturkontrol og ergonomisk designede klemmer til fastholdelse af prøveemner.

I forbindelse med FoU samt ved test af coatinger kan man ikke altid vente på naturlige udendørs eksponeringstest der tager for lang tid hvis der skal tages beslutninger om formuleringen. Derfor er der behov for accelererede test, og de 2 primære metoder er: accelereret udendørs test med koncentreret sollys og laboratorietest med simuleret sollys og klima.

Atlas var i 1958 pioner inden for brugen af koncentreret sollys til coatingtest. Dette var i kraft af apparater som fx EMMA® og EMMAQUA® (se Figur 4) som bruger 10 specialiserede Fresnel reflektorer til at koncentrere sollyset, inklusive UV, på prøveemnerne.

Apparaterne sporer solen i løbet af dagen, og reflekterer 10 billeder af solen ned på testmålet. Prøveemnerne køles samtidig ned så deres temperaturer ligger tæt på hvad de ville være på et statisk prøvestativ. Periodisk vandspray kan programmeres så den giver befugtning eller termisk chok i løbet af dagen og/eller simulerer nattedug som er typisk for det sydlige Florida. Der kan også køres en tør test (se Figur 5).

Da kun den direkte solstråle er fokuseret, er den faktiske koncentrationsfaktor ca. 8x højere end ved naturlig eksponering. Denne acceleration er sæsonbestemt, og afhænger af solen. Testaccelerationen er derfor størst om sommeren. Der er mulighed for specielle variationer af temperatur og fugtkontrol for bedre korrelation med statiske eksponeringer til disse faktorer. Teknikken anvendes i vid udstrækning til autolakker og arkitektoniske coatinger på metal; den ringe varmeledningsevne og træets følsomhed over for temperatur/fugt er ikke optimale for denne metode. Grundet de specielle krav til tør atmosfære er disse apparater kun egnede til brug i tørre klimaer som fx Arizona.

Flyt vejret ind i laboratoriet

Laboratorieinduceret vejrpåvirkning blev introduceret i 1916 med Atlas' lancering af testapparater med kulbuelamper til UV-test af farvefalmning. Efterfølgende udviklede man teknikken inden for kilder til simuleret sollys og miljøkontroller, og i dag er den primære metode til accelererede coatingtest specielle xenonlamper der sammen med optiske filtre simulerer udendørs eller indendørs (bag vinduer) sollys. Sammen med avancerede kontroller af temperatur, fugt og vandforsyning, udgør disse xenonapparater den "gyldne standard" inden for accelereret laboratorievejrpåvirkning (se Figur 6), især hvad angår deres evne til at matche fuldspektret solstråling. Dette spektrale match har, mere end alle andre faktorer, været en teknisk udfordring for udviklere af testapparater.

Et alternativt eksponeringsapparat kendt som et "fluorescerende kondenserende"-apparat, er baseret på UVA-340 fluorescerende UV-lamper (se Figur 7). Lyseeksponering veksler typisk med en mørk kondens-periode. Disse apparater, som fx Atlas UVTest, anvendes ofte inden for FoU af coatinger. Teknikken er relativt billig og velegnet til test af UV- og fugtbestandigheden hos et stort antal bindemiddelformuleringer. Da korrelationen med udendørs vejrpåvirkning kan være dårlig hvad angår egenskaber for udseendet, fx falmning af glans og farve, anses UV-testapparater generelt ikke for at være vejrpåvirkningsapparater. Mangel på korrelation med udendørs forhold skyldes for

en stor del UV-lampernes begrænsede spektrum og temperaturkontrol sammenlignet med xenon-apparater.

Det spektrale match med faktisk solstråling kombineret med god temperaturkontrol og fugttilførsel, har gjort xenontest uundværlig iht. ISO, DIN ASTM og andre standarder, og metoden er en nøglekomponent til forskning og udvikling af coatinger samt estimering af deres levetid. Xenonapparater til vejrpåvirkning først blev introduceret af Atlas i 1954, og efter 1979 vandt teknikken udbredelse med indførelsen af automatisk overvågning og kontrol af irradians (lysintensitet). Særligt automobilindustrien indførte denne teknik til udvendig maling og udsmykning i kølvandet på nogle fundamentale svigt hos tidlige baselak/klarlak-systemer. Senere blev teknikken også taget i brug til test af interiør hvor der var problemer med instrumentpaneler og tekstiler.

Forbedrede testmetoder

I dag er de autolakker der anvendes blandt de højst ydende systemer. Der er krav til at deres udseende forbliver uændret i 10 år, og de skal kunne holde til mange forskellige klimaer verden over – og dette endda på et vanskeligt underlag. For at understrege deres vigtighed, er malingslinjen den dyreste del af en automobilfabrik og malingssystemet er den dyreste del af vognen.

I kølvandet på den vigtige forskning med EMMAQUA®-apparater, eksperimenterede en sammenlutning af forskere fra bl.a. Ford Motor, Boeing og Atlas med forbedrede xenonbuefiltre med spektralt match samt testcyklusser til auto- og flylakker. Målet var en bedre korrelation med eksponeringer i det sydlige Florida^[3]. For især autolakker har såvel det spektrale match som mængden og formen af vandtilførsel vist sig at være vigtig. Det skyldes at jo mere en kunstig test afviger fra de naturlige processer, jo mindre sandsynligt er det at resultaterne stemmer overens med realtid. Dette arbejde har resulteret i en væsentligt forbedret testmetode (i det mindste for autolakker med høj ydeevne) som kan anbefales som international standard. Denne videnskabsbaserede tilgang skulle være model for alle organisationer der udvikler coatingsstandarder.

Sammendrag

Kun udendørs vejrpåvirkning i forskellige faktiske klimaer er "virkelighedstro". Men med de meget modstandsdygtige coatingsystemer der findes i dag, vil det tage alt for lang tid at udføre udendørs test der overholder de krav der er i forbindelse med forskning og udvikling. Derfor er der behov for accelererede test som generelt kan give op til 5-10x acceleration i forhold til realtid (afhængigt af testmetode og materiale). Dette behov har affødt 2 accelererede metoder til vejrpåvirkningstest: Fresnel sollyskoncentratorer og xenonapparater. Begge teknikker kræver en høj grad af teknologi, men som redskaber kræver de stadig god videnskab og testmetoder hvis de skal anvendes korrekt. Alle accelererede testresultater skal i sidste ende valideres op imod udendørs test i realtid i mere end et klima.

Referencer

- ^[1] Edwin F. Ladd, *Practical Paint Tests In 1907*; 81. udgave af nyhedsbrevet (North Dakota Agricultural Experiment Station, Fargo), North Dakota Agricultural College, Government Agricultural Experiment Station for North Dakota, 1908.
- ^[2] Joseph V Koleske, redaktør, *Paint and Coating Testing Manual: 15th Edition of the Gardner-Sward Handbook*, ASTM International, 2012.
- ^[3] Mark Nichols, et al, *Accelerated Weathering Testing: A new approach to anticipating Florida weathering results*, præsentation 2011 Coatings Science International, Noordwijk, Holland, 30. juni 2011.