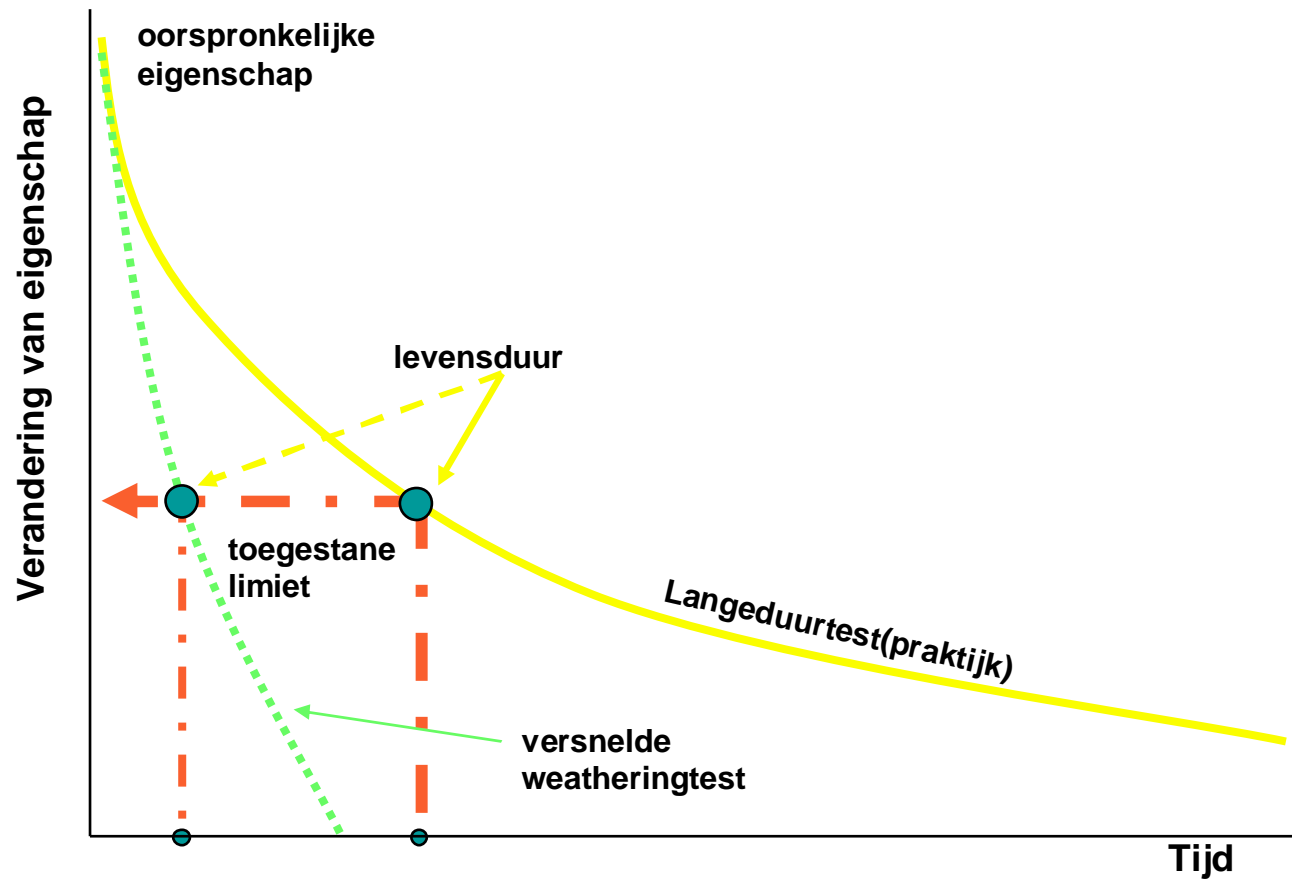


Teststrategie buitenduurzaamheid



testen van (buiten)duurzaamheid



Enkele definities

- **Weathering (verwering)**
Expositie van een materiaal aan buitenomstandigheden (natuurlijke verwering) of een gesimuleerde (artificial weathering) omgeving.
- **Accelerated weathering (versnelde verwering)**
Weatheringtest waarbij de intensiteit van de stressparameters is verhoogd.
- **Aging (veroudering)**
Het onomkeerbaar proces in de tijd van het verlies aan materiaaleigenschappen.
- **Photochemical aging (fotochemische veroudering)**
Veroudering ten gevolge van UV- en zichtbaar licht.
- **Photo-oxidation (foto-oxidatie)**
Fotochemische veroudering in de aanwezigheid van zuurstof.
- **Lifetime (levensduur)**
De tijdsduur waarin een materiaal voldoende van de oorspronkelijke eigenschap(en) houdt om nuttig te zijn voor de gekozen applicatie.
- **Acceleration factor A/B (versnellingsfactor)**
De factor in tijd tussen het verlies in eigenschap(en) in Test A en Test B.

Voorbeelden van verwerking

Onthechten van coatings

Papierveroudering



PVC verkleuring

Vergeling PC, PUR-schuim



Afbreekbare polymeren

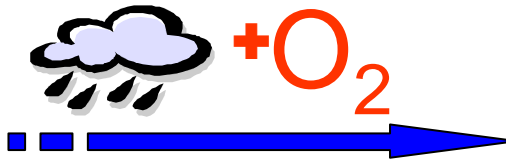


Verkrijting, barstvorming



Verwering, een universeel verschijnsel

Metaal



Corrosie

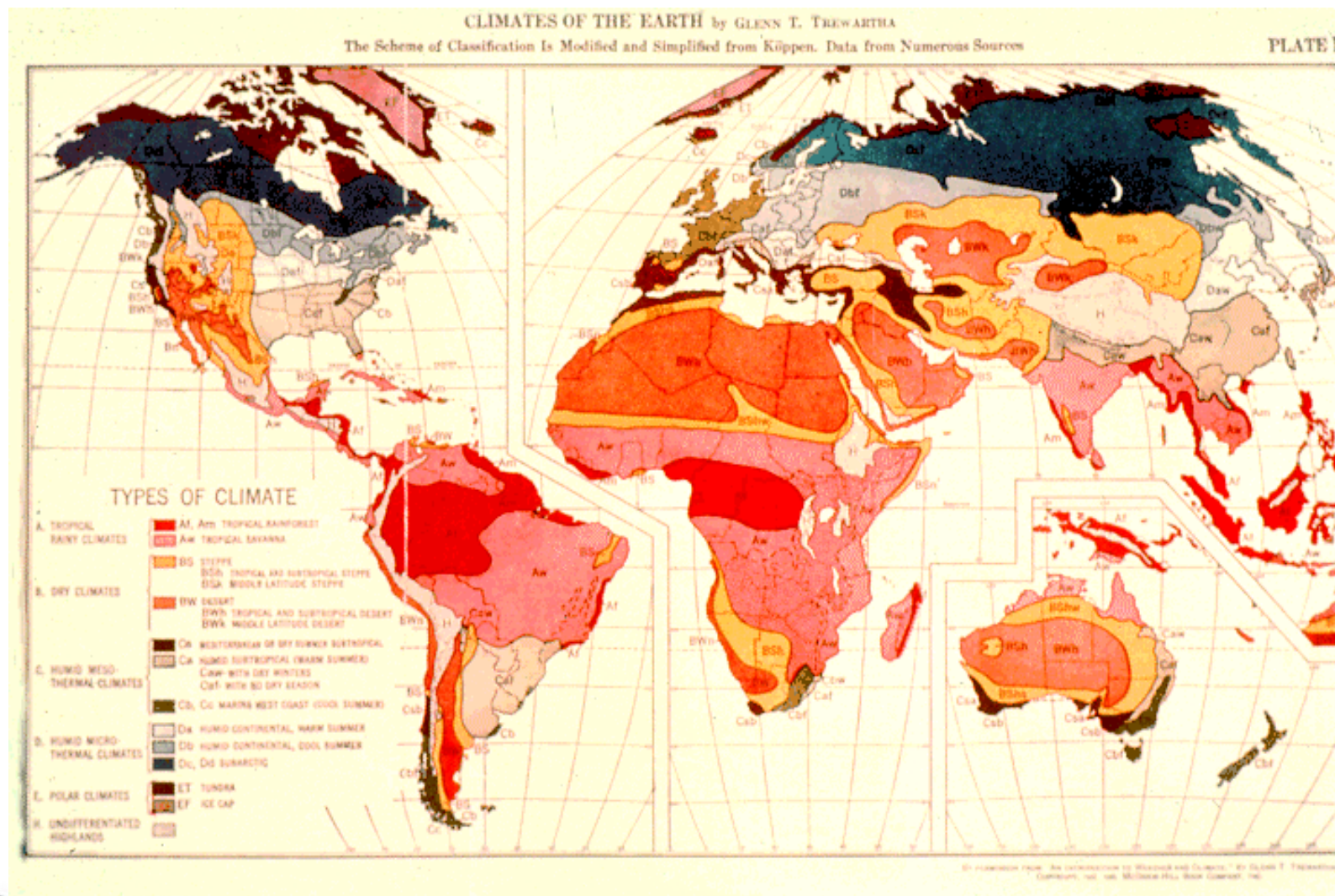


Polymeer



Foto-oxidatie

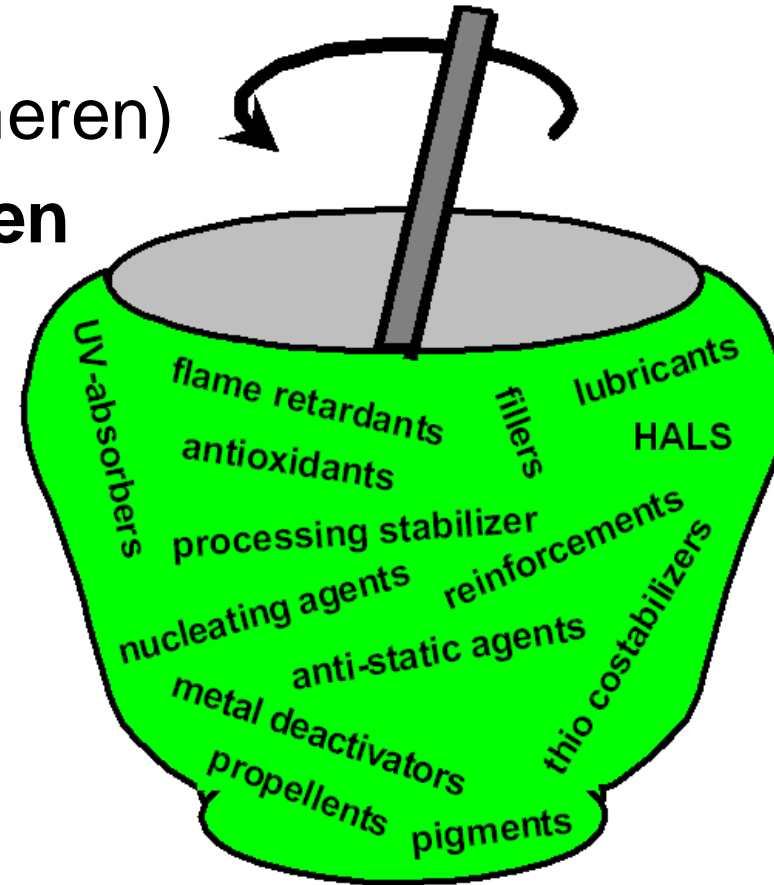
Verschillende klimaten



verschillende materialen

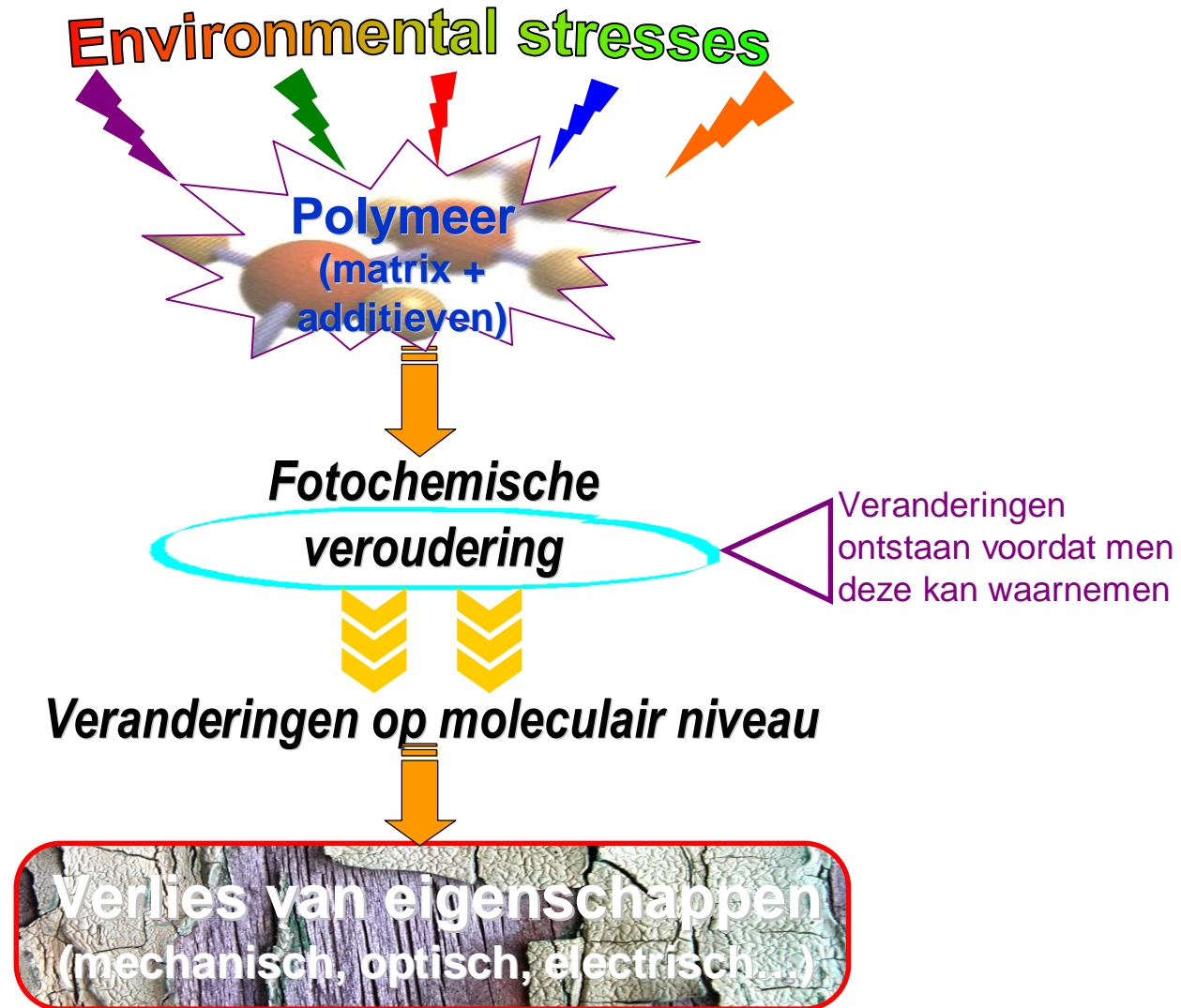
- zuivere stoffen(polymeren)
- **industriële polymeren**

+ historie van het
polymeer
+ regeneraties, etc.

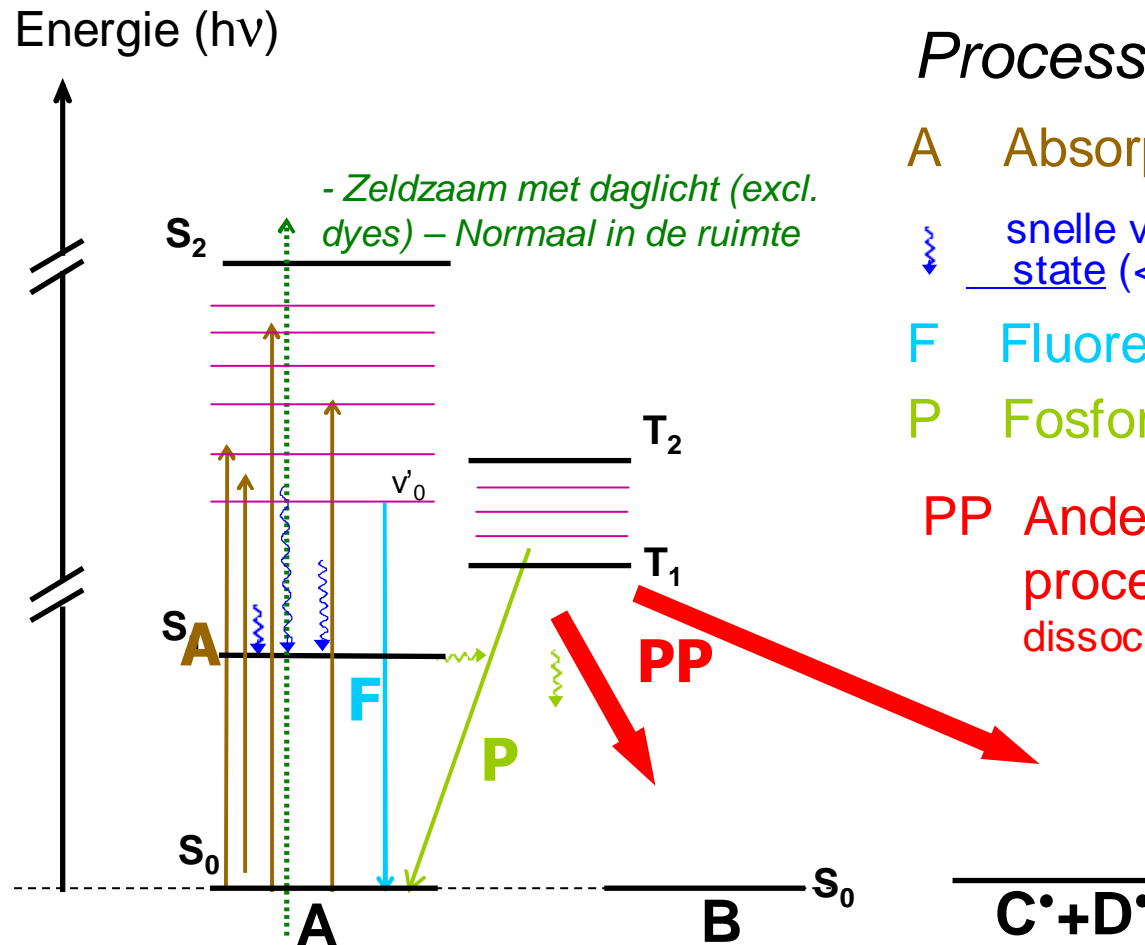


polymer soup

Van chemische veroudering tot “weathering”



Energieprofiel van een fotochemische reactie



Processen:

- A Absorptie (10^{-15} s)
- ↯ snelle vibratie in de solid state ($<10^{-12}$ s)
- F Fluorescentie (10^{-9} s)
- P Fosforescentie ($>10^{-7}$ s)
- PP Andere fotochemische processen (e.g. isomerisatie, dissociatie in radicalen)

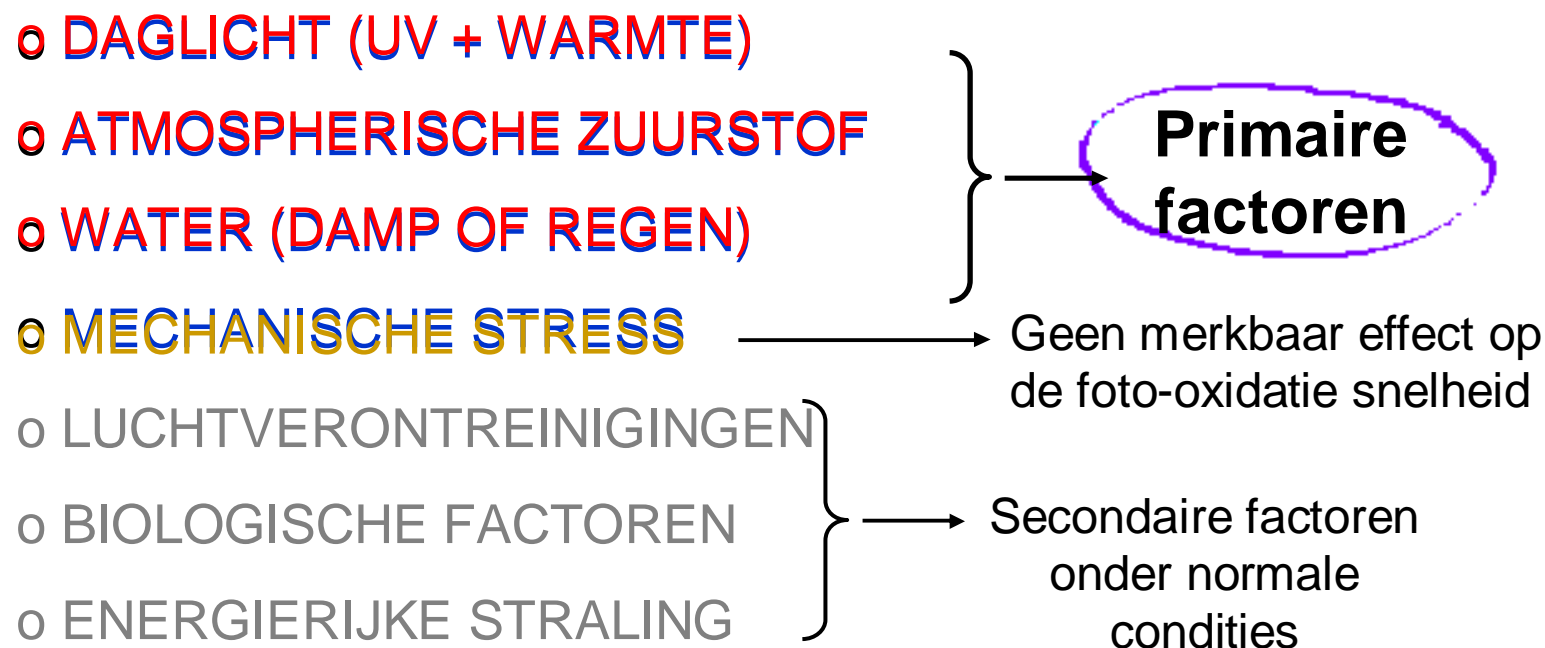
Het energieprofiel van een fotochemische reactie

Fotochemische activering en fotochemische veroudering

- ✓ De fotochemische activering is de **activering** van een “**aangeslagen toestand**” (**excited state**) door de absorptie van licht.
- ✓ Verschillende “**deactivation**” paden vanuit deze onstabiele staat zijn mogelijk, waaronder sommigen leiden tot een nieuw foto-oxidatie product.

De factoren van “weathering”

Het weer: Een reeks van omgevingsfactoren met een verschillende mate van invloed



De primaire factoren van verwerking

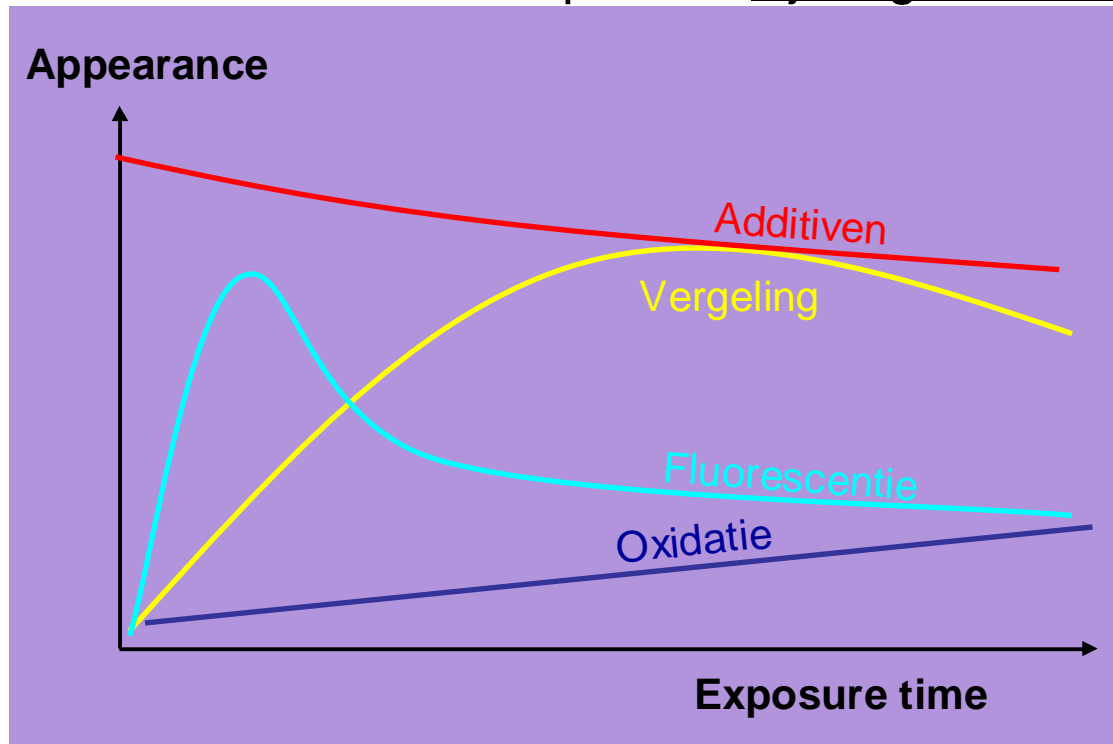
REACTIES MERKBAAR OP MOLECULAIR NIVEAU

- ✓ Fotochemische oxidatie: daglicht (UV+warmte)+zuurstof
- ✓ Fotolyse: daglicht
- ✓ Oxidatie: water+zuurstof
- ✓ Vergeling en bleken: daglicht+zuurstof
- ✓ Fluorescentieproducten en foto-oxidatie: daglicht+zuurstof
- ✓ Transformatie van additieven: daglicht+zuurstof

De primaire factoren van weathering en het effect op polymeren

WAT IS HET EFFECT OP MACROSCOPISCH NIVEAU?

- Verandering:
- Effect van verscheidene primaire processen
 - Ieder proces: zijn eigen kinetische wet



Zichtbare effect is resultaat van de optelsom van verschillende moleculaire processen.

Gekwantificeerd via colorimetrische methoden

De factor Licht

Wet van Grotthus-Draper:

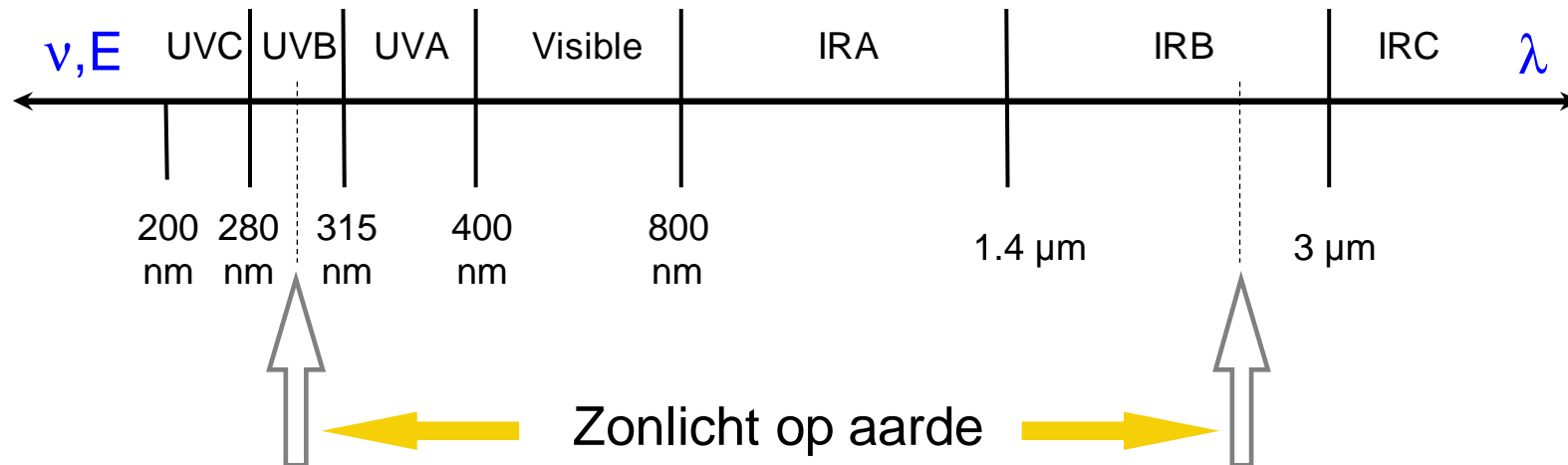
Iedere fotochemische reactie start met de absorptie van licht

Vergelijking:

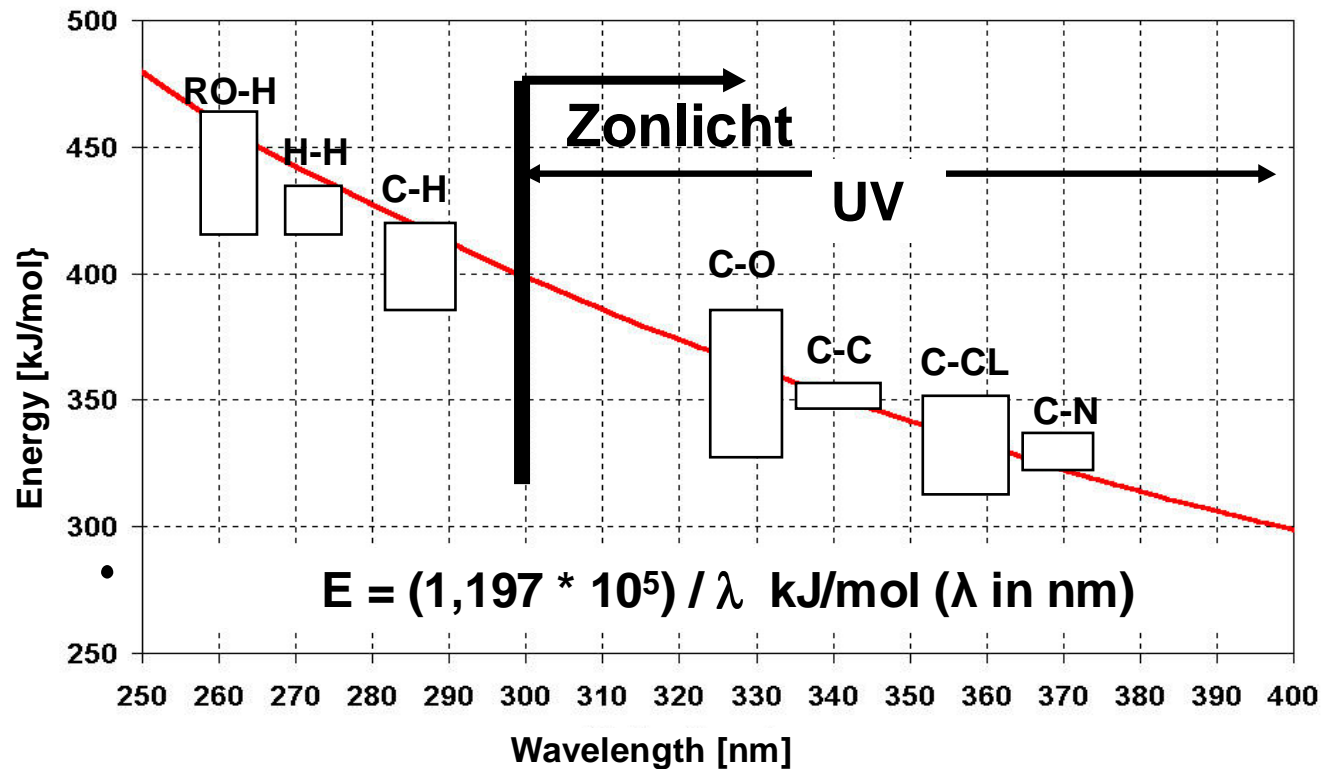
$\lambda = c/v$ waarbij λ : golflengte, c : lichtsnelheid, v : frequentie

$E = hc/\lambda = 120,000/\lambda$ waarbij h : constante van Planck

Solar radiation:

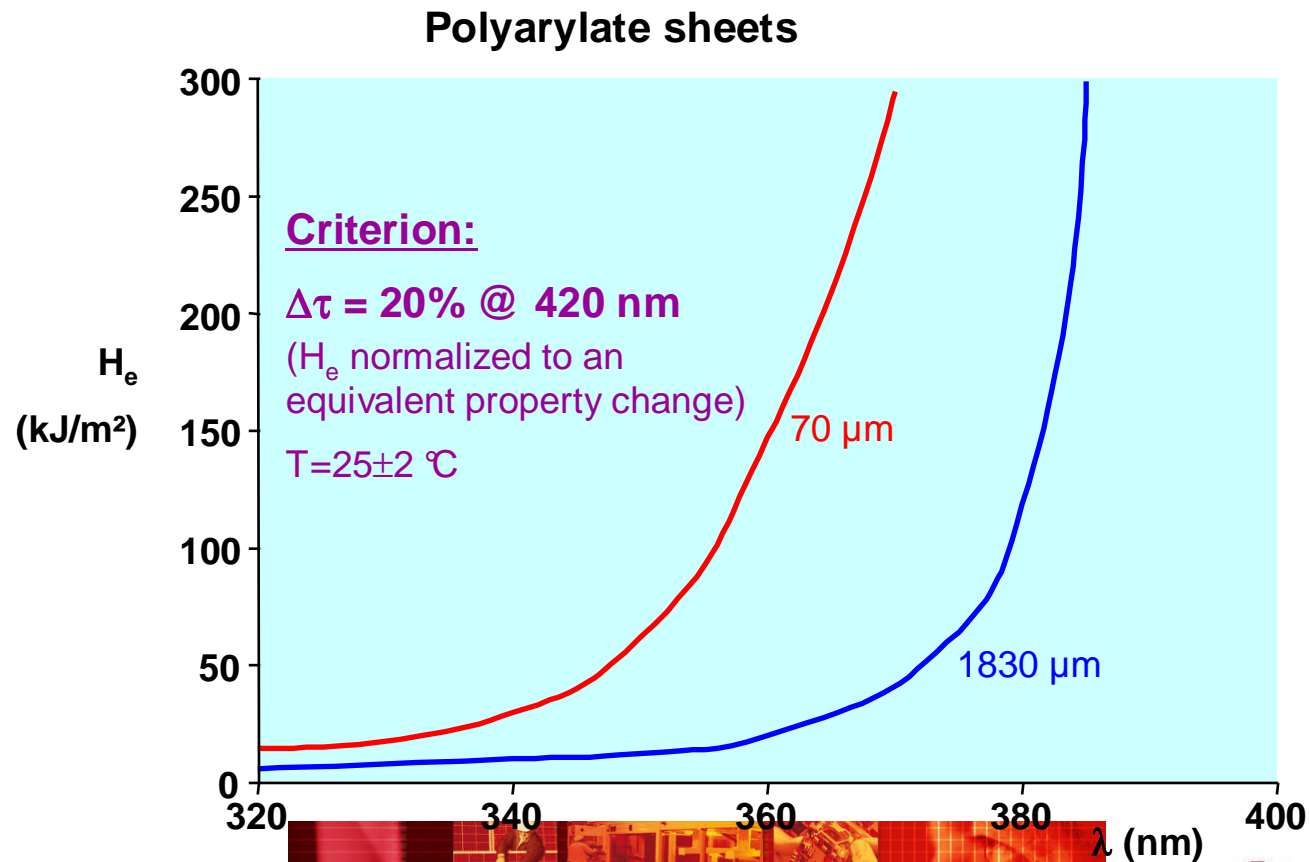


De factor Licht



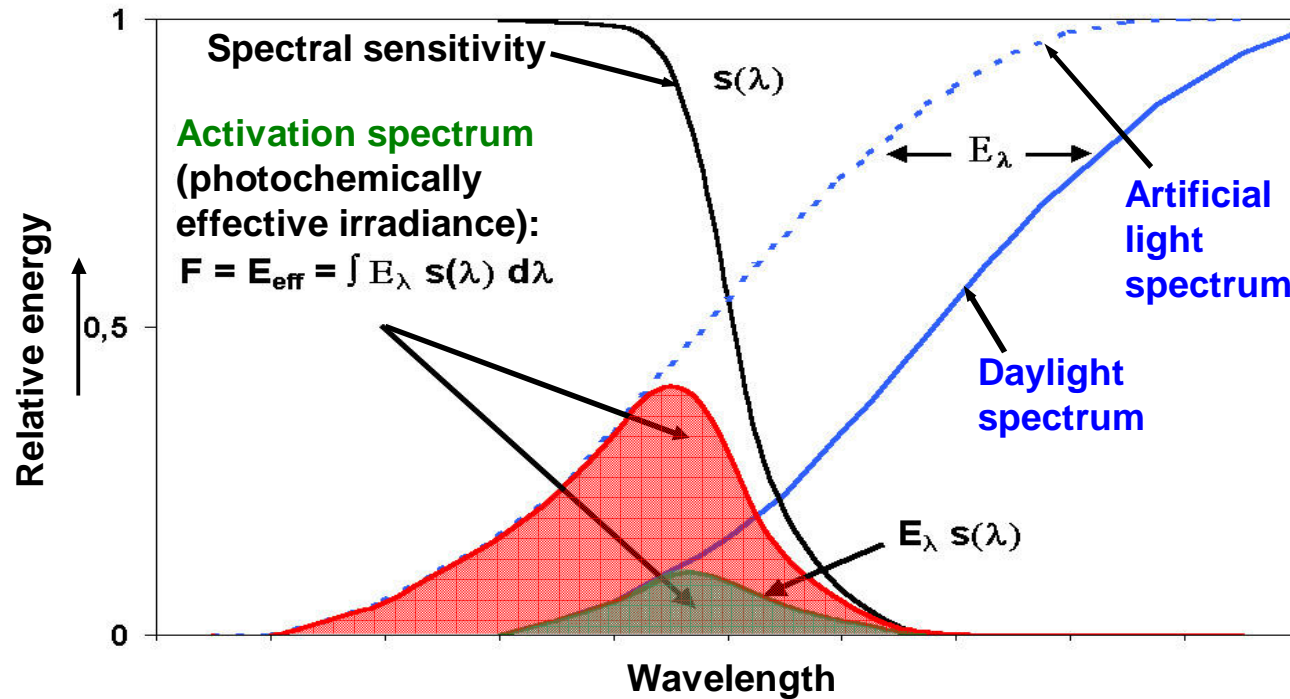
De factor Licht

Voorbeeld van de invloed van spectrale gevoeligheid



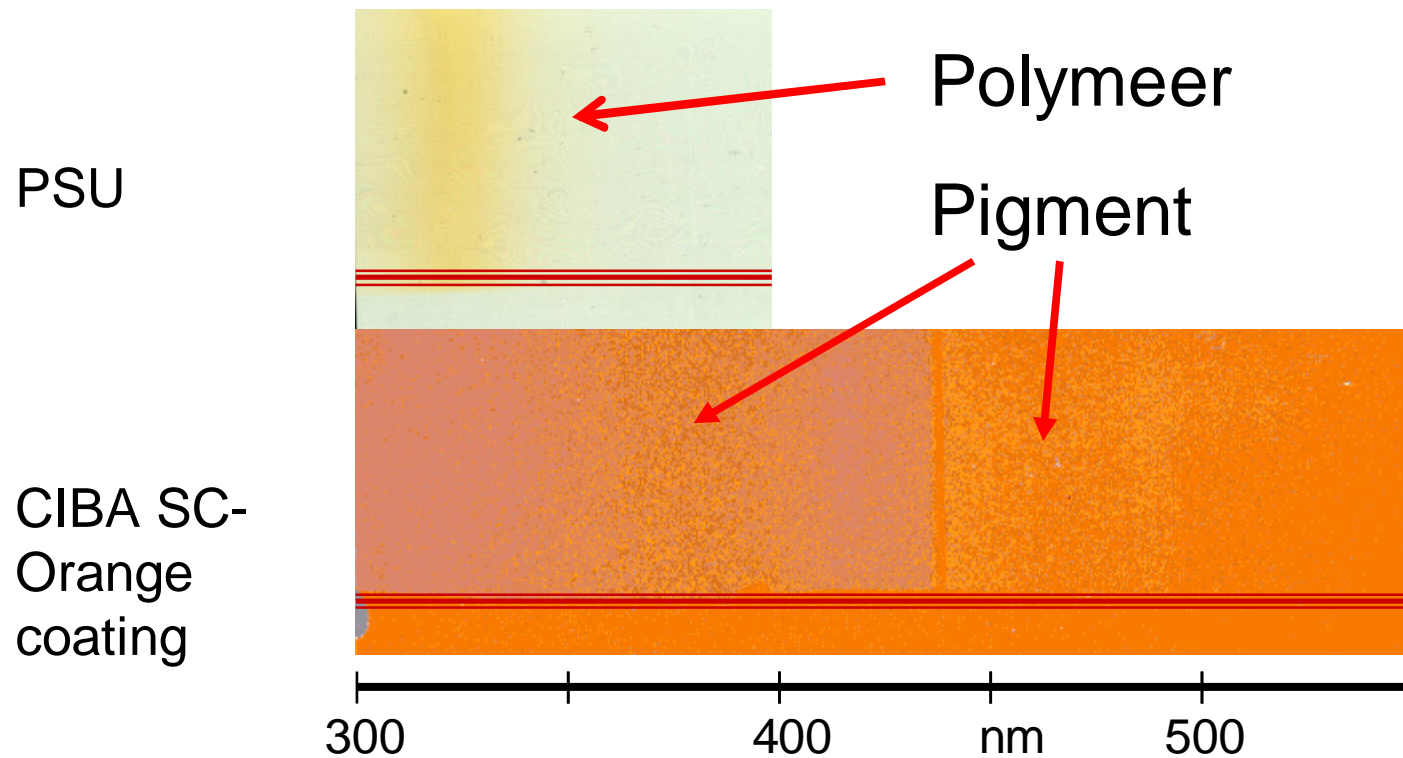
De factor Licht

Relatie tussen de spectrale gevoeligheid en het activeringsspectrum



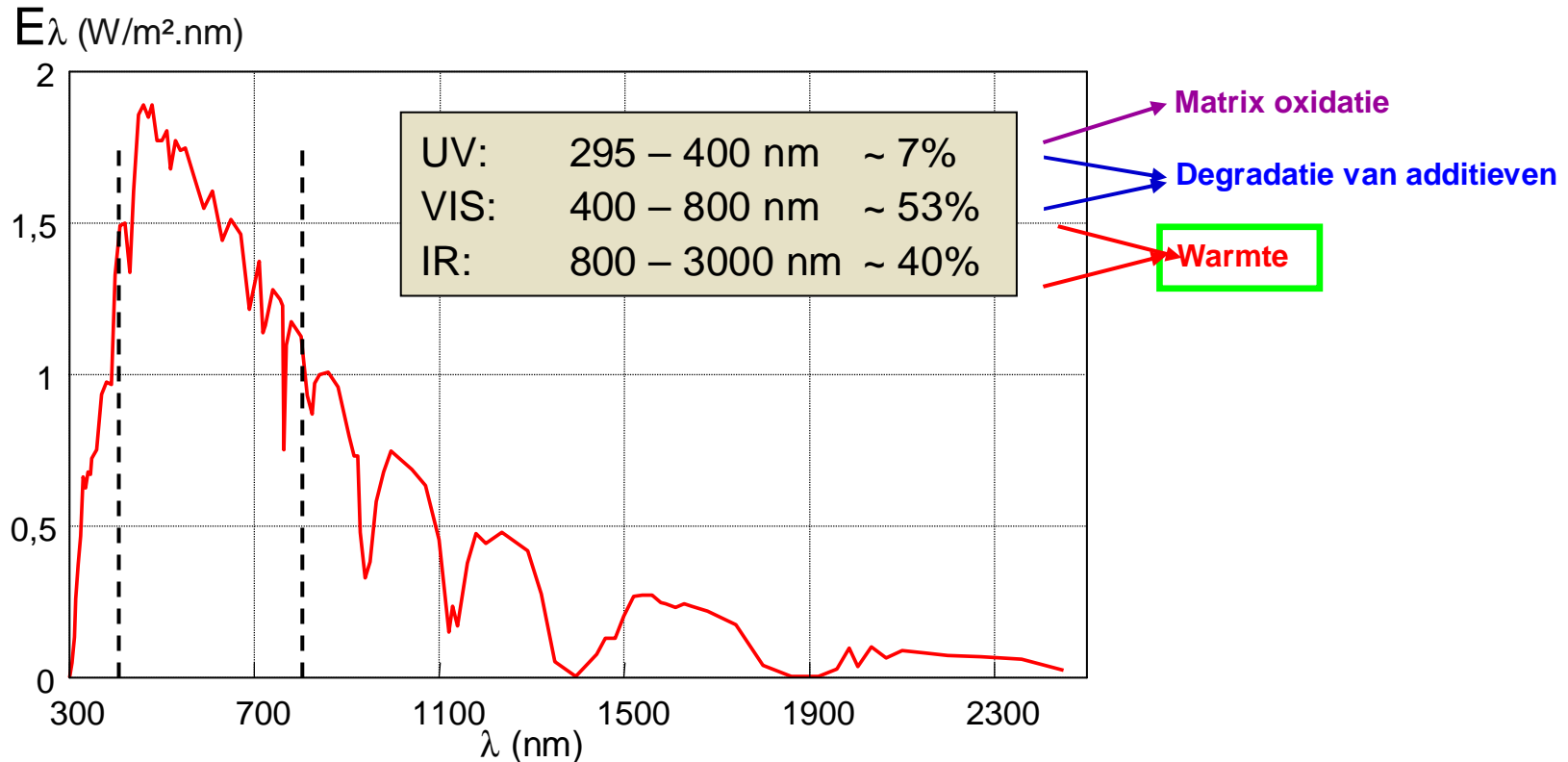
Het materiaal- voorbeeld

Spectrale gevoeligheid:



Het daglichtspectrum

Spectral energieverdeling van daglicht op zeeniveau:
CIE N°85; Table 4



De factor temperatuur

Thermoplastische polymeren: de hoogte van de temperatuur heeft een verschillend effect op polymeren

Temperatuur	Effect
$T < T_{\text{glass}}$	<ul style="list-style-type: none">vergroot de foto-oxidatiesnelheid- Geen effect op de aard van de chemische reacties
$T_{\text{glass}} < T < T_{\text{melt}}$	<ul style="list-style-type: none">Verdere verhoging van de snelheid door een snellere O_2 diffusie- structurele veranderingen
$T_{\text{melt}} < T$	<ul style="list-style-type: none">- Compleet verlies van de materiaalstructuur

→ Een temperatuurverhoging heeft effect op de foto-oxidatie snelheid en leidt verder tot thermische decompositie

De factor temperatuur

Het effect van temperatuur op het foto-oxidatie- proces

- Primaire processen (absorptie van licht + deactivatieprocessen)
→ **Temperatuuronafhankelijk**
- Secundair proces (degradatie in foto-producten)
→ **Temperatuurafhankelijk**

Hierdoor is het “total aging process” **temperatuursafhankelijk**.
Foto-oxidatie heeft het meeste effect op de toplaag, de oppervlaktetemperatuur is daarom de cruciale parameter

$$v = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} [I_a(\lambda)]^\alpha \cdot e^{-E_a/RT}$$

$I_a(\lambda)$: intensiteit geabsorbeerd licht bij λ
 α : coëfficiënt vaak dicht bij 1
 E_a : aanwezige activeringsenergie
 T : absolute temperatuur van het oppervlak

De factor temperatuur

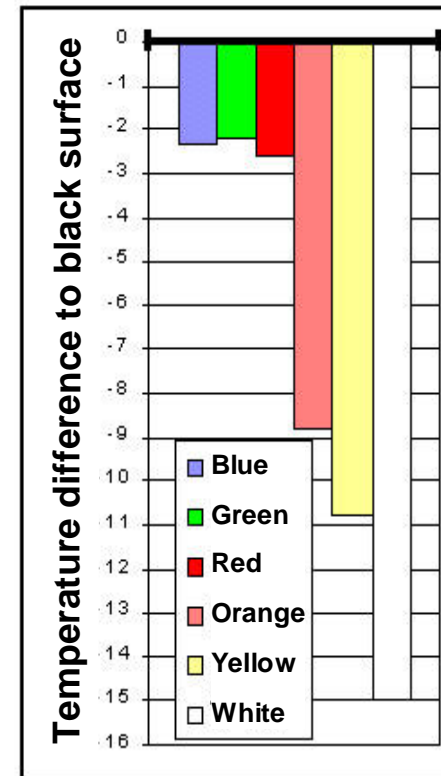
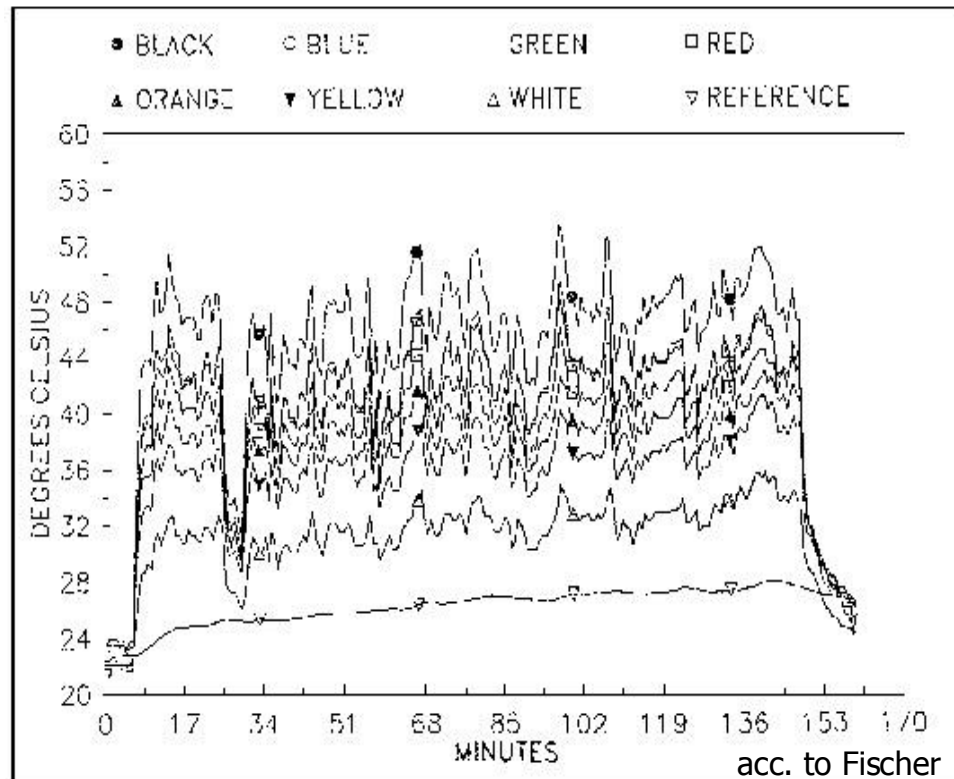
Parameters, die de oppervlaktetemperatuur beïnvloeden:

- Absorptie-coëfficiënt van een materiaal (kleur + chemische samenstelling)
- Spectrale eigenschappen van de lichtbron (SPD)
- Isolatie, aard van de isolatie, afstand
- Ruimtetemperatuur + luchtcirculatiesnelheid
- Relatieve vochtigheid

De factor temperatuur

Voorbeeld: Gemeten oppervlaktetemperaturen buiten

PVC folie, verschillende kleuren



wit: $\Delta T = 15^\circ\text{C}$

De factor temperatuur

Voorbeeld: Gemeten oppervlaktetemperaturen

Het effect van de chemische samenstelling van een polymeer

Polymer and pigmentation		Surface temperature
PVC	white	35.4
PVC	dark brown	46.1
PMMA	white	44.1
PMMA	black	49.1
PE	black	51.7

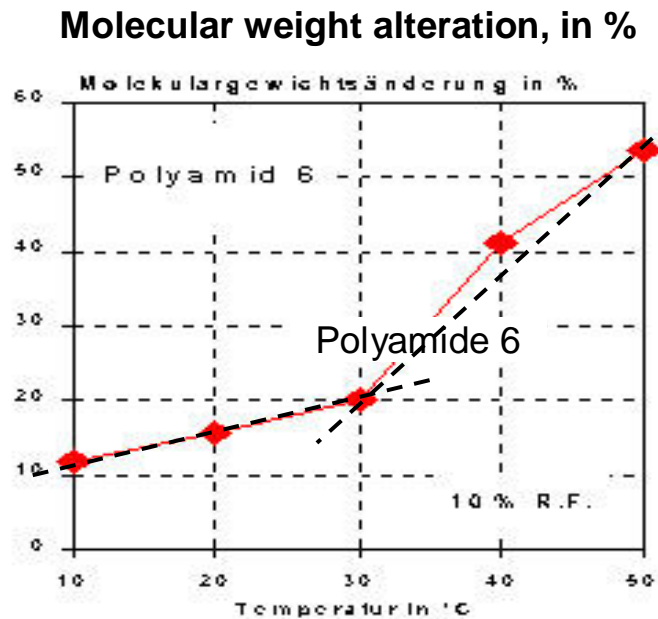
Condities

Lucht T: 33°C

BPT : 50°C

De factor temperatuur

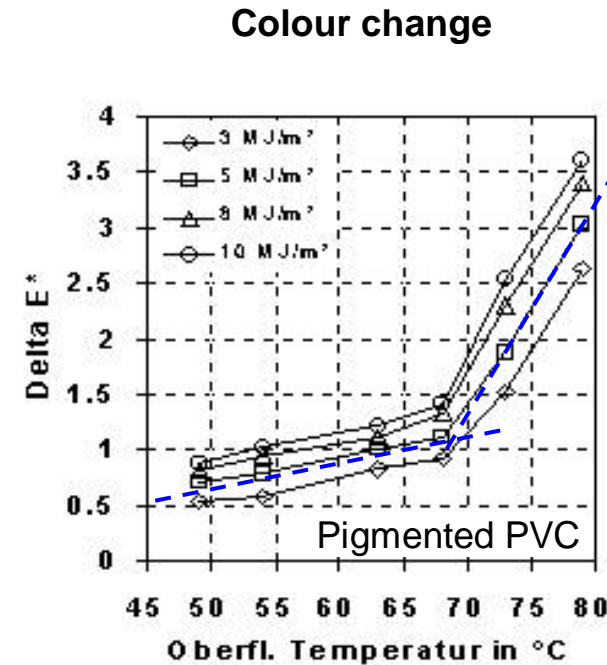
Het effect van de temperatuur op materiaaleigenschappen



10% RH

Temperature (°C)
Constant radiant exposure

Acc.to Trubiroha



Surface temperature [°C]

Acc. to Boxhammer

De factor temperatuur

Het effect van de temperatuur op materiaaleigenschappen

Voorbeeld:

De UV radiant exposure (in MJ/m²) om een glansverlies van 25% (hoek: 20°) te verkrijgen op een clear coat

Weathering conditions: Weather-Ometer, norm: SAE J1960

25% gloss loss	BST	
	70°C	80°C
Acrylic melamine UVA + HALS	1190	202
Acrylic urethane UVA + HALS	1270	835

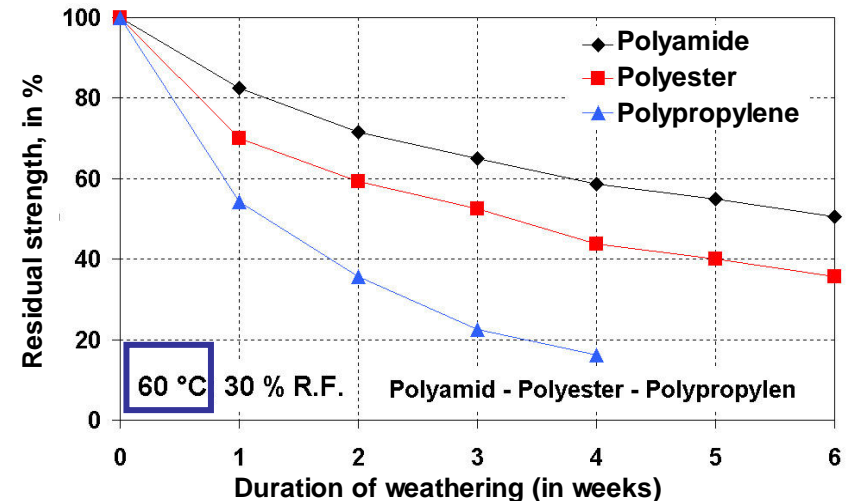
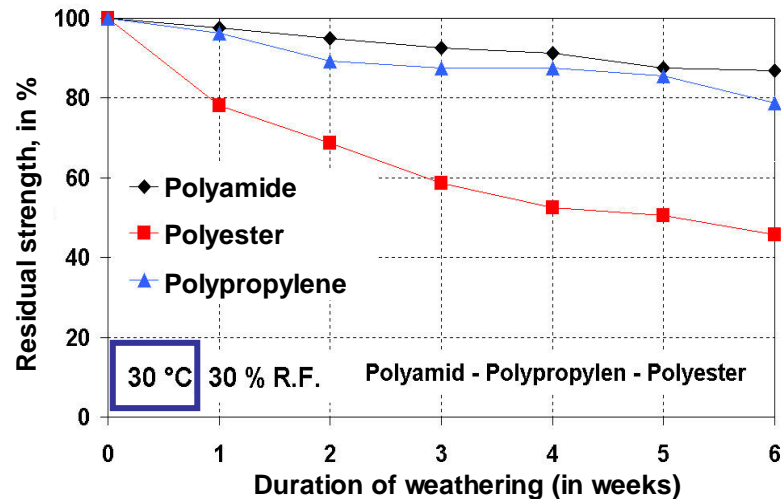
MJ/m²

Acc. to Wernstahl and Carlsson

De factor temperatuur

Het effect van de temperatuur op materiaaleigenschappen

Fluorescent UV lamp, 45W/m² (300-400 nm)

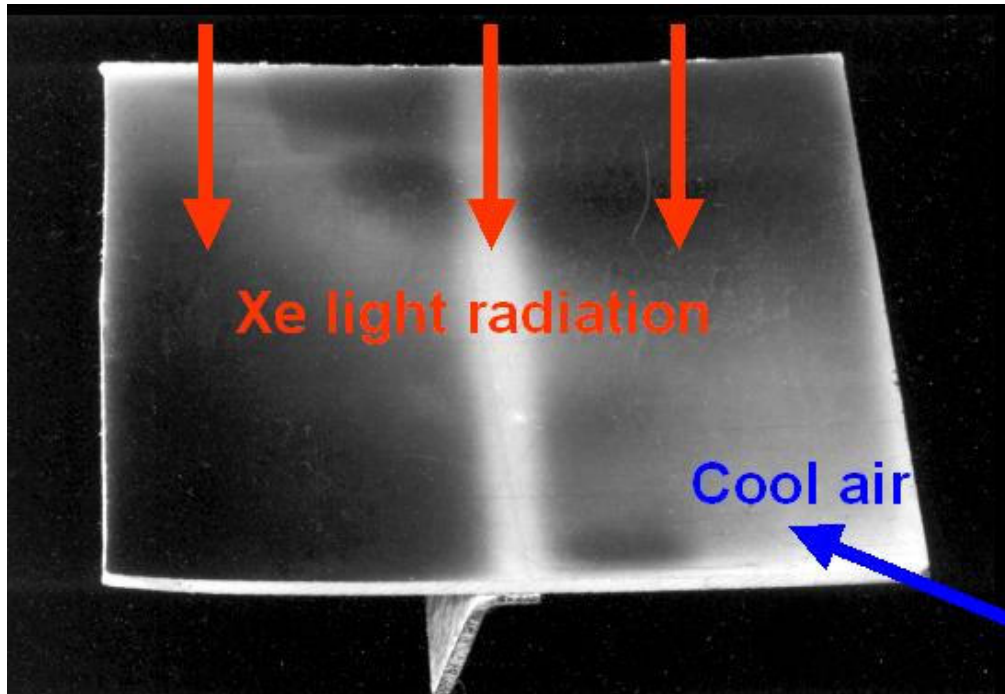


Acc. to Tabor and Wagenmakers

De factor temperatuur

Het effect van de temperatuur op materiaaleigenschappen

Verkleuring van een 3 mm dikke, lichtgrijze PVC-plaat met een aluminiumprofiel geplaatst aan de achterzijde (Xenotest 250, flat bed)



klein T-verschil tussen
geïsoleerde en niet-
geïsoleerde zones
→ ΔT vergroot en niet-
geïsoleerde delen
verkleuren

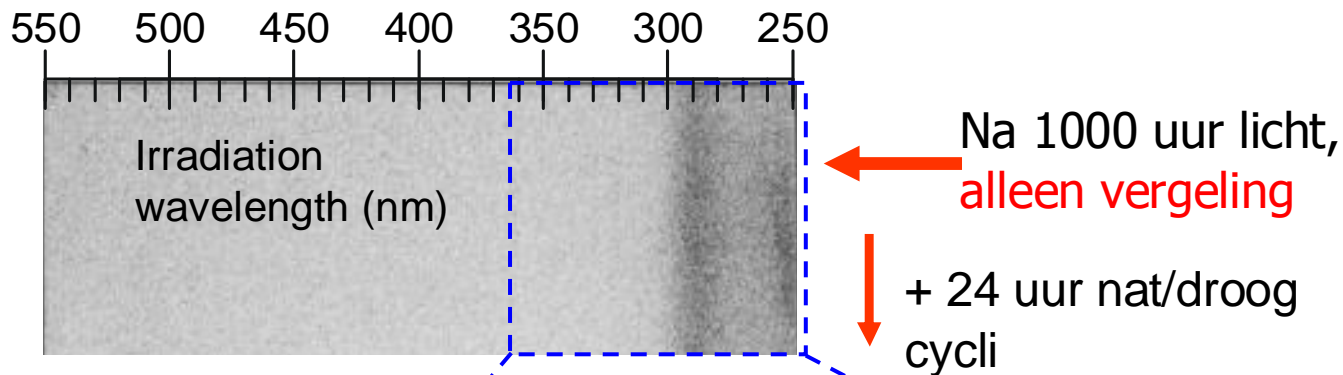
De factor water

Een grote verscheidenheid van fysische en chemische effecten:

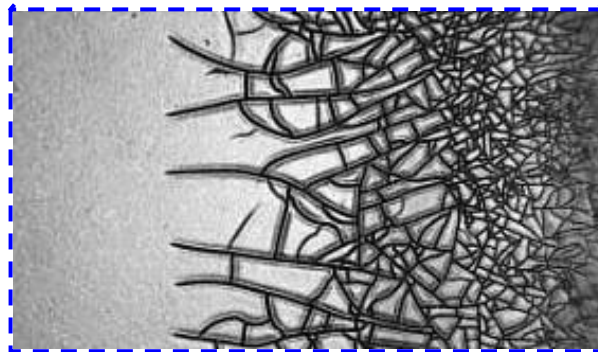
- Slijtage van geoxideerde lagen (oppervlak)
- zwellen/krimpen van het materiaal
- extractie van additieven
- hydrolyse van geoxideerde producten
- “pro-degrading” rol met foto-actieve pigmenten

Het effect van water

Voorbeeld hoe water de chemische reactie omzet naar een fysische verandering



Aanwezigheid van water veroorzaakte geen barsten, wel de mechanische stress (+ hydrolyse van oxidatie producten)

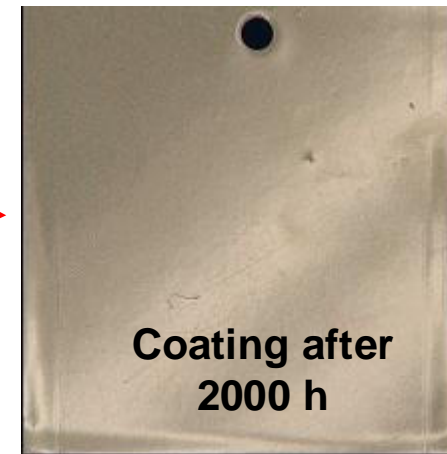
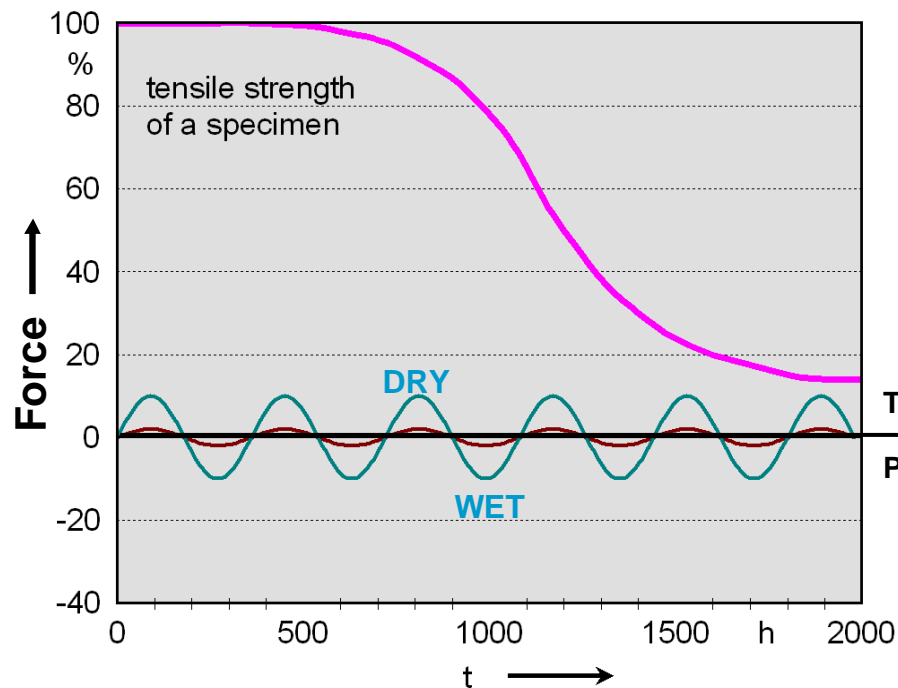


Acc. to Geburtig

Het effect van water

De invloed van de nat/droog cycli op materiaaleigenschappen

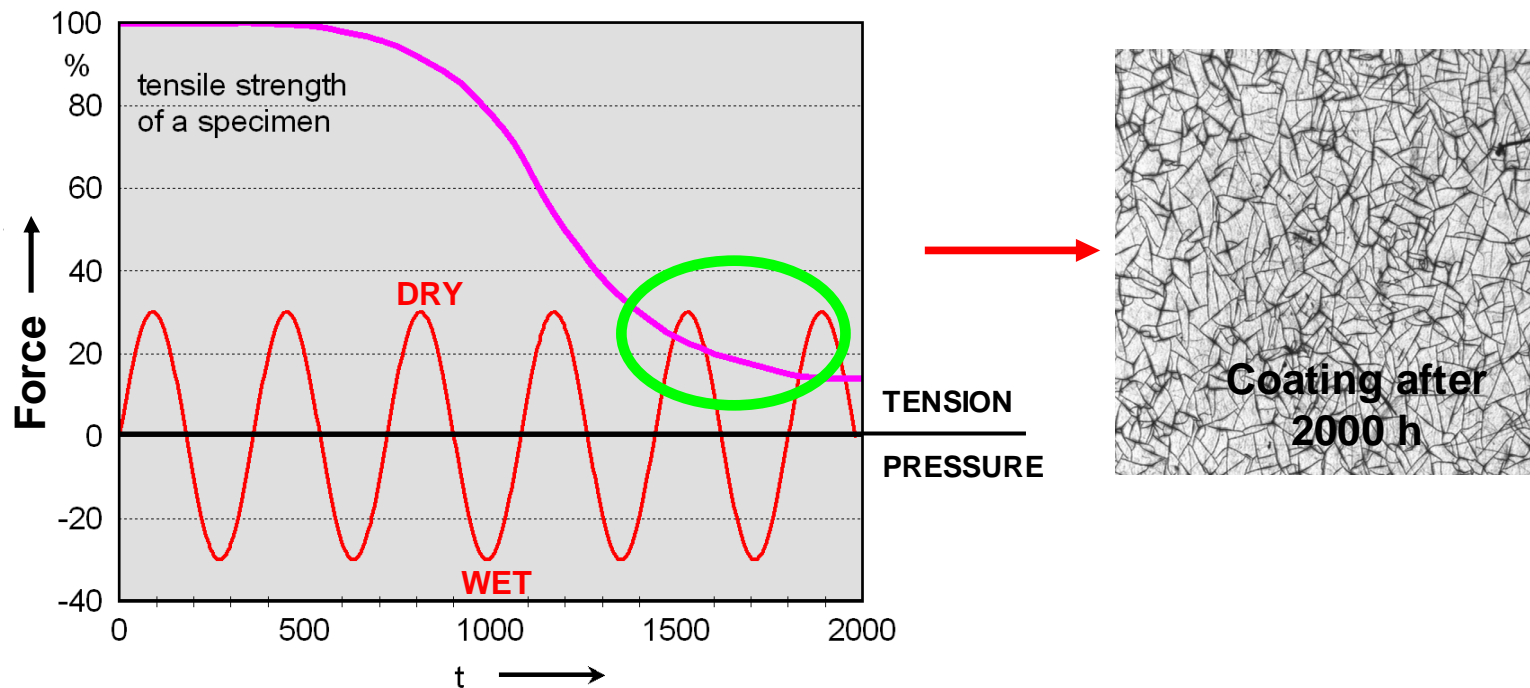
Een kleine amplitude ofwel korte cycli: er ontstaat onvoldoende spanning door adsorptie/verdamping van water om tot problemen te leiden (<TS)



Het effect van water

De invloed van de nat/droog cycli op de materiaaleigenschappen

Grote amplitude of langere cycli: de gegenereerde spanning wordt groter dan de TS



Het effect van water

De invloed van de “natte tijd” (time of wetness)

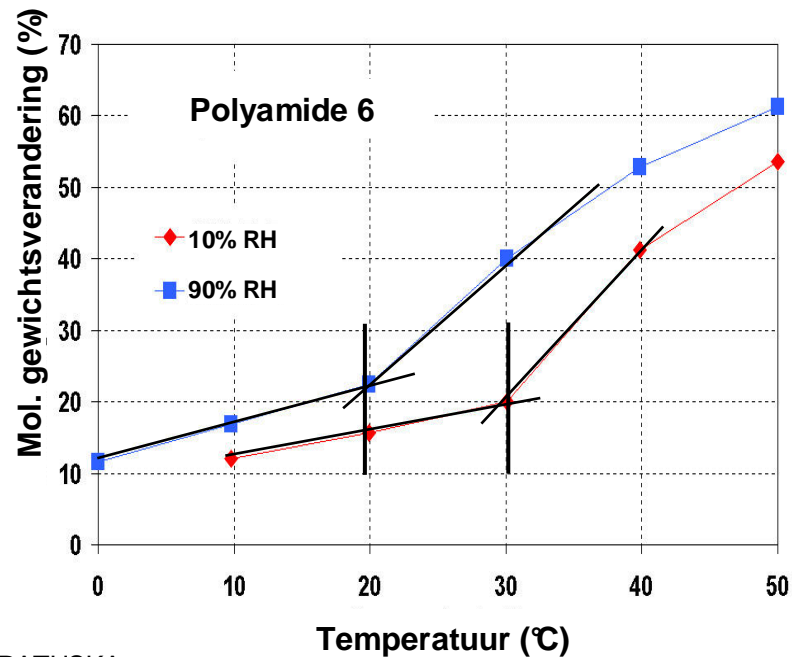


Verkeersbord

De natte tijd is langer
aan de beide zijkanten
van het bord:
geen isolatie →
snellere afkoeling →
snellere condensatie

Het effect van water

De invloed van de relatieve vochtigheid



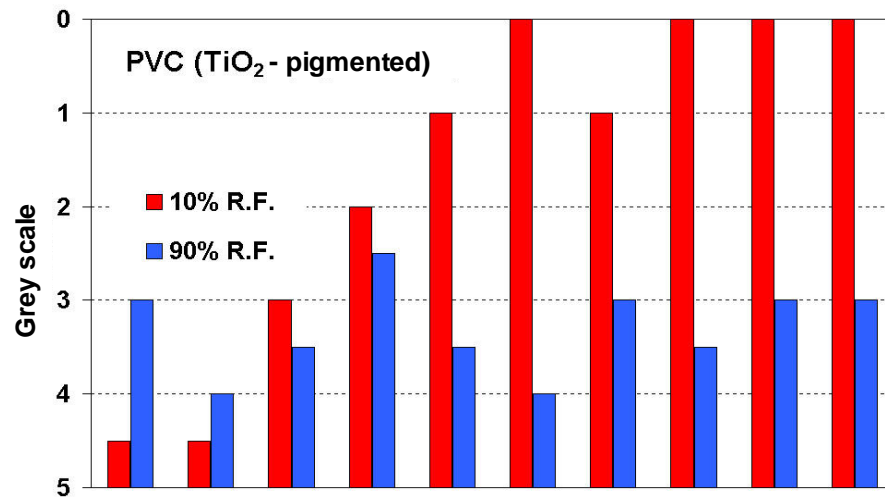
Het vocht verlaagt de T_g van polyamide 6 (50°C onder droge condities)

Acc. to TRUBIROHA and PATUSKA

Het effect van water

De invloed van de relatieve vochtigheid (10% en 90%)

10 TiO₂ gepigmenteerd, verschillend gemodificeerd PVC (vensterprofielen)



bij de meeste profielen is de verkleuring minder in een vochtig klimaat dan in een droog klimaat



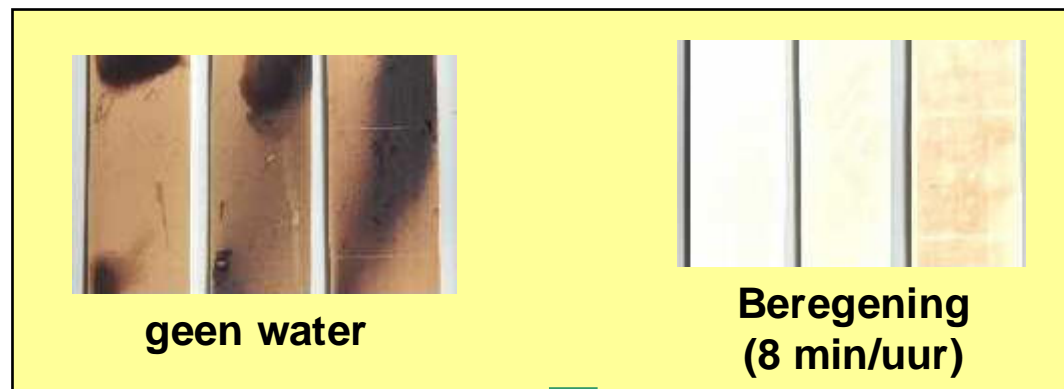
TiO₂ katalyseert de productie van HO• and HOO• radicalen door H₂O. Hierdoor oxideren of verbleken de gekleurde delen

Acc. to TRUBIROHA

Het effect van water

De invloed van de relatieve vochtigheid

3 TiO₂ gepigmenteerd PVC-delen geexposeerd g in Arizona



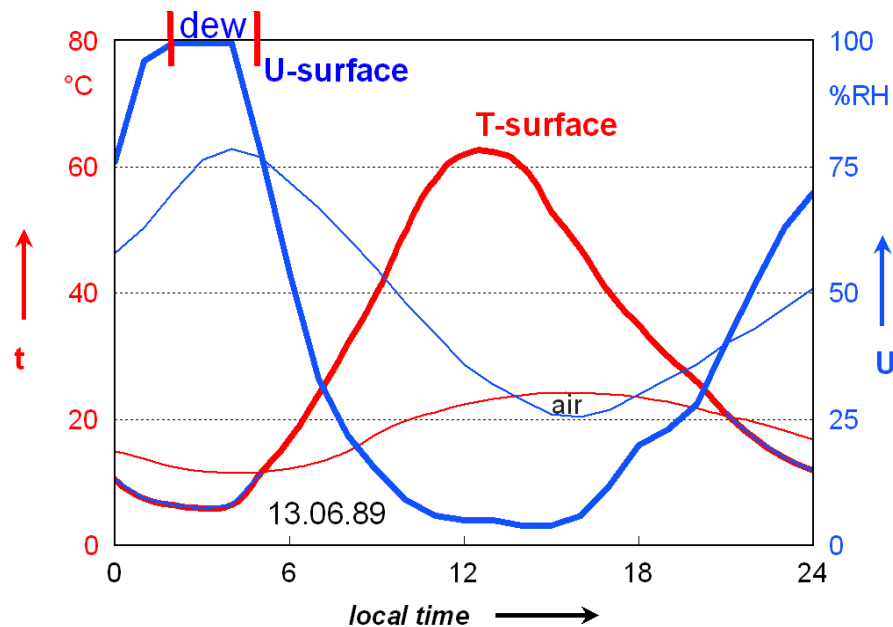
HO• en HOO• radicalen worden gevormd onder vochtige condities → Oxidatie van gekleurde monsters naar kleurloze monsters

Het effect van water

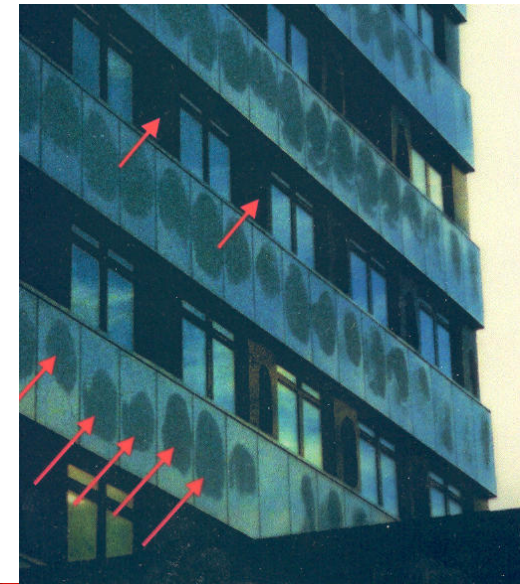
- condensatie

Time of wetness (natte tijd):

De temperatuur T en de bijbehorende rel. vochtigheid U van het microklimaat bij een donkergekleurd oppervlak op een wolkeloze dag



De formatie van dauw en rijp in heldere nachten verhoogt de “natte tijd” enorm.



Als secundaire factoren van primair belang worden

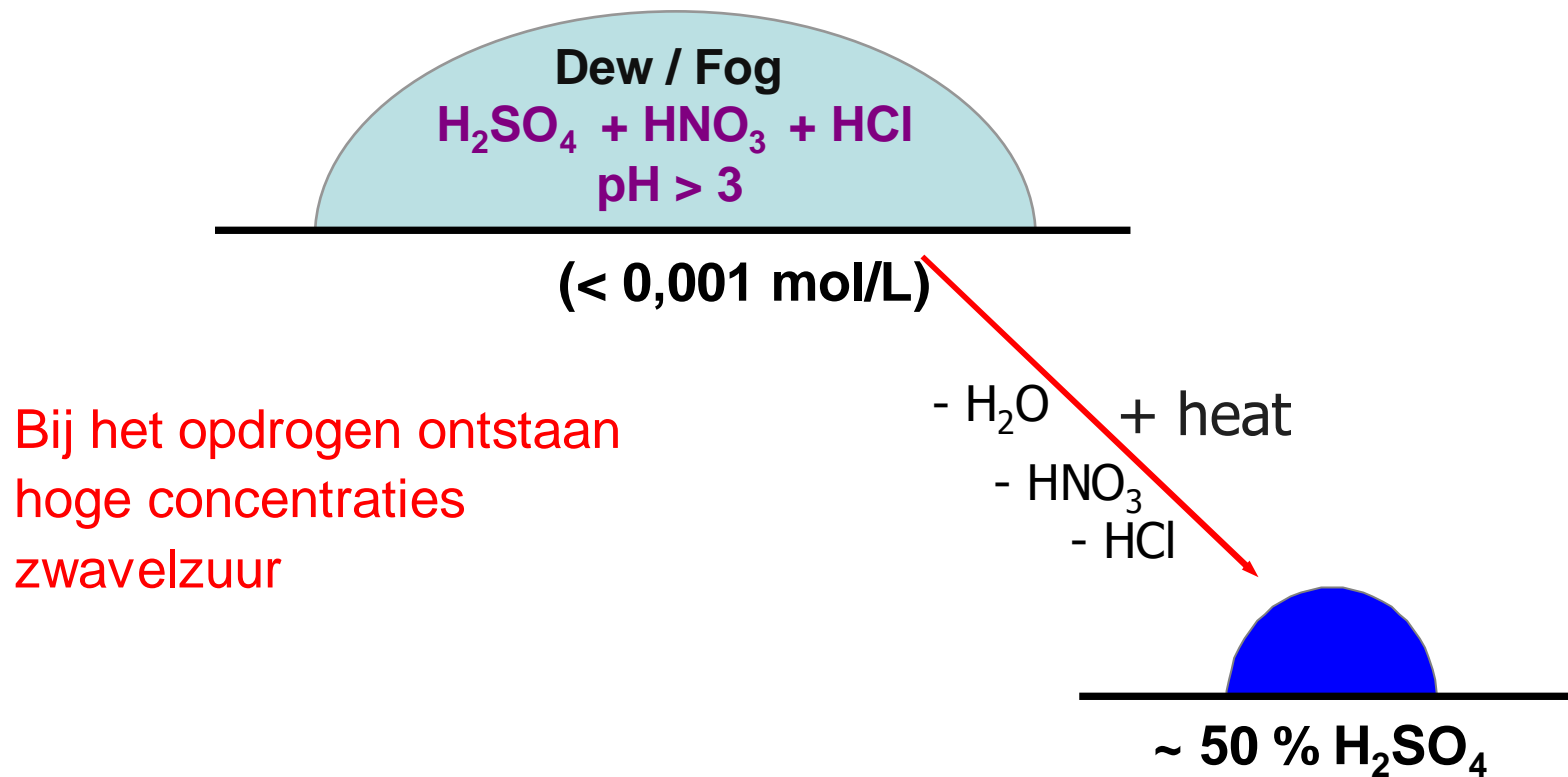
Verontreinigingen en zure regen



- Directe invloed op organische materialen, zonder enige invloed van andere verweringsfactoren
- Effecten in combinatie met UV-licht en de overige verweringsfactoren

Als secundaire factoren van primair belang worden

Effecten zure regen



Als secundaire factoren van primair belang worden

Effecten zure regen

Schade aan coatings door oliedeeltjes (1% H_2SO_4)

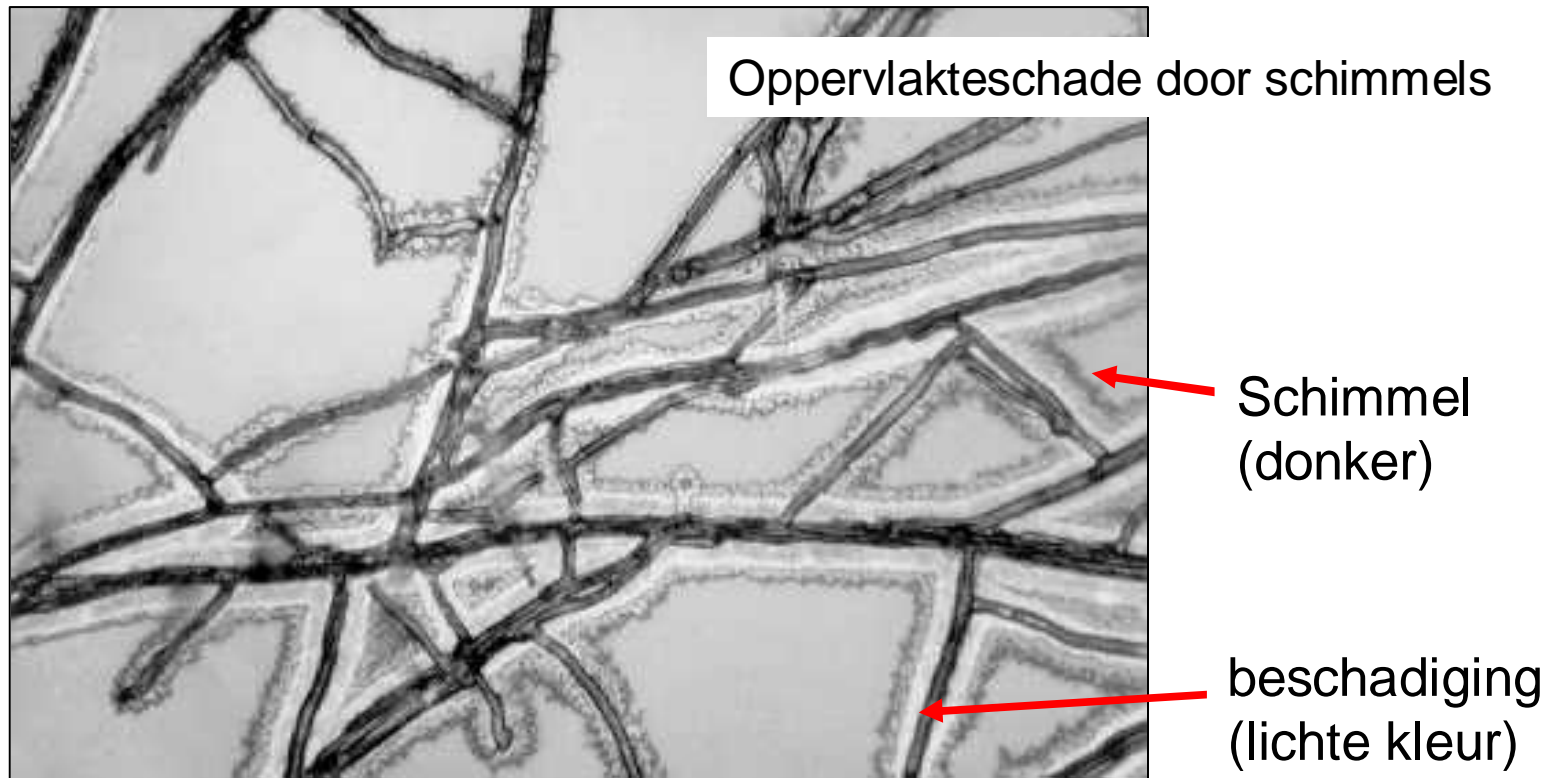


Schade aan coatings door zuren

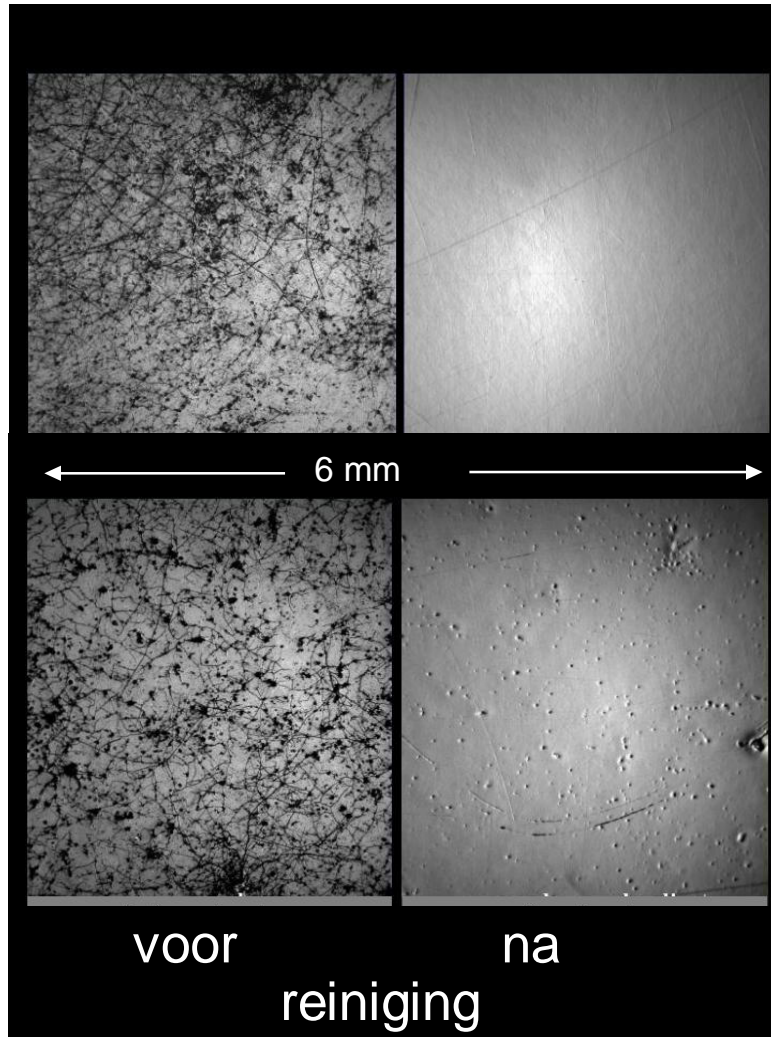
Als secundaire factoren van primair belang worden

Biologische stress

Ieder oppervlak van een materiaal heeft een biofilm



Als secundaire factoren van primair belang worden



Biologische stress

Natuurlijke verwerking,
schimmels op automotive
coatings

→ NIET GEVOELIG VOOR SCHIMMEL

→ GEVOELIG VOOR SCHIMMEL

Weathering en duurzaamheid

Coatingindustrie en weathering: een reeks van omgevingsfactoren met verschillende invloed

- o UV-stabilisatoren (UV+warmte)
- o Vergeling clearcoats (zuurstof)
- o Barstvorming clearcoats (water + UV)

Optische eigenschappen

kostprijs

- o watergedragen systemen
- o reductie lood en zware metalen
- o verhindering alg(vuil)hechting

Milieucondities

Testmethoden voor duurzaamheid

- Natuurlijke veroudering op een testveld
- Versnelde natuurlijke veroudering
- Laboratoriumtesten

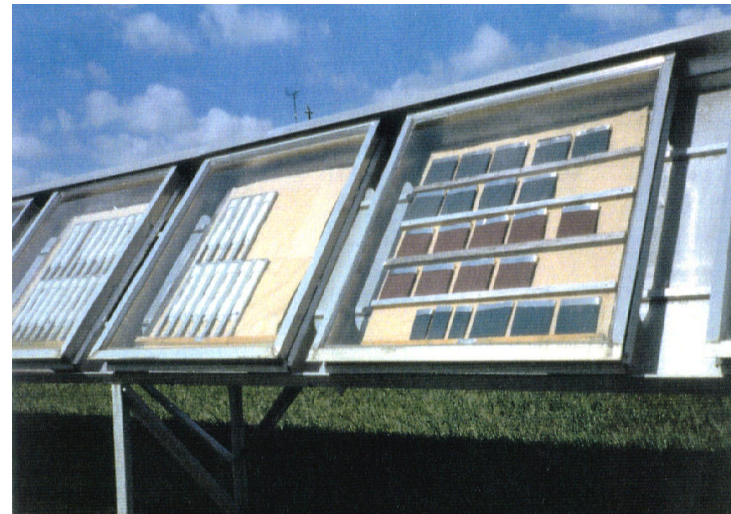


Direct weathering

ASTM G7, ISO 877, ISO 2810



ASTM G24



45° South Exposure Rack

Woestijnklimaat

120.000 m²



DSET in Arizona USA



Automotive -outdoor / Indoor

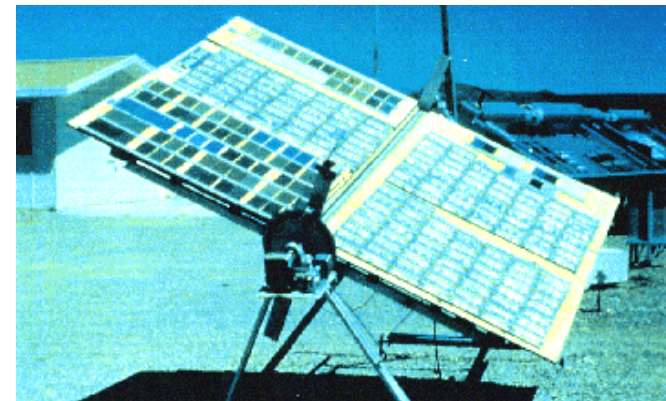
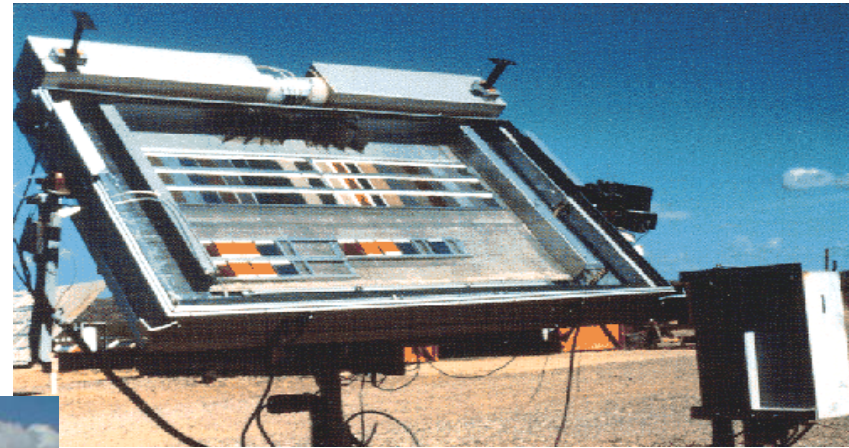
Gebruiksomstandigheden // Zonsimulatie

Outdoor > versneld outdoor > Indoor

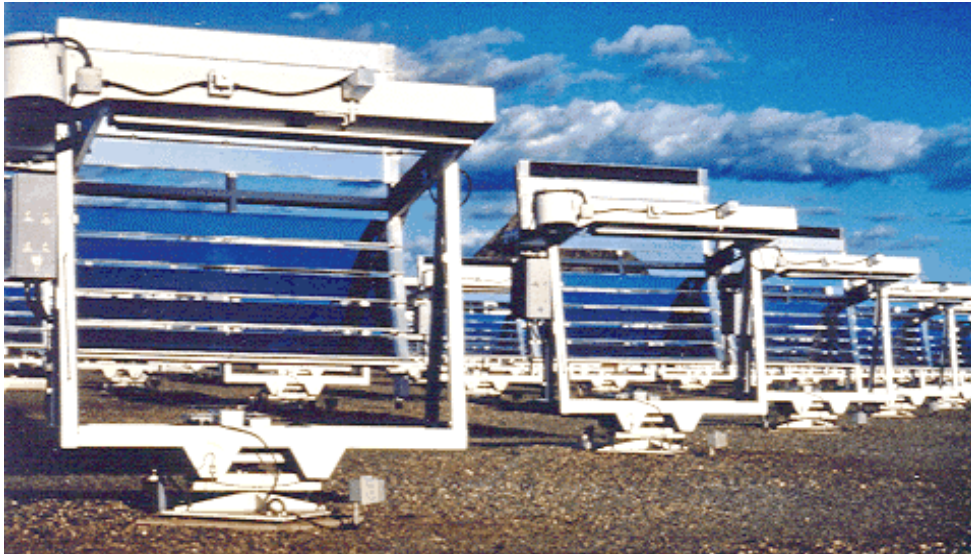


Versnelde buitentesten tracking

- 20-50 % meer
zonlicht



Versnelde buitentesten Emmaqua



- 5-10 spiegels
- Luchtkoeling
- Tracking
- Berekening

Intensiteit tot 5 x max. zonlicht

Automotive lakken

- Koetslak. Verf op lijnoliebasis.
In vele lagen met de kwast verwerkt.
De laklagen hadden wel **een week** nodig om te drogen.
Het duurde drie tot zes weken, voordat een auto compleet gelakt was!
- Na de Eerste Wereldoorlog werd snel drogende, spuitbare lak ontwikkeld, de nitrocelluloselak.
Het duurde **15 uur** tot de nieuwe automobielen glanzend gelakt waren.
Nitrocelluloselak had grote nadelen.
Een **slechte hechting** en **niet erg weerbestendig**.
- In de jaren dertig kwamen kunstharslakken op de markt (bijv. alkydhars). Deze producten waren harder en bestendiger.
Droogtijd was nu nog **maar vier uur**.
Voor autoschadeherstel gebruikte men nitrolak, die ook zonder verwarmen droogde.

Automotive lakken

- Begin jaren zeventig werden de alkydharslakken afgelost door **twee-componenten-lak van acryl en polyurethaan**. Deze producten waren nog bestendiger, droogden nog sneller en werden gekenmerkt door een uitstekende **weerstand** tegen invloeden van buiten, zoals het weer, **UV-licht, zure regen** of steenslag.
- Vooral in de VS en de UK, maar ook bij Opel werd tot in de jaren tachtig thermoplastische acryllak (TPA) verwerkt. Deze lakmethode is uiterst **gevoelig** voor temperatuurafwijkingen en **oplosmiddelen**. Bij een oplosmiddeltest zwelt TPA-lak op of wordt zelfs opgelost.
- Het toenemende milieubewustzijn in de jaren tachtig leidde ertoe, dat **schadelijke pigmenten** in lak niet meer gebruikt mochten worden en organische oplosmiddelen steeds verder gereduceerd werden.
- In 1992 bracht men de eerste **watergedragen** laksystemen voor autoschadeherstel op de markt. De voordelen voor de carrosseriebedrijven zijn enorm: het laksysteem is milieuvriendelijk en eenvoudig in de verwerking, zuinig in het verbruik en van uitstekende kwaliteit.

Testen van autolakken

met goede correlatie

(bron: Volkswagen, Audi, Skoda, Seat) :

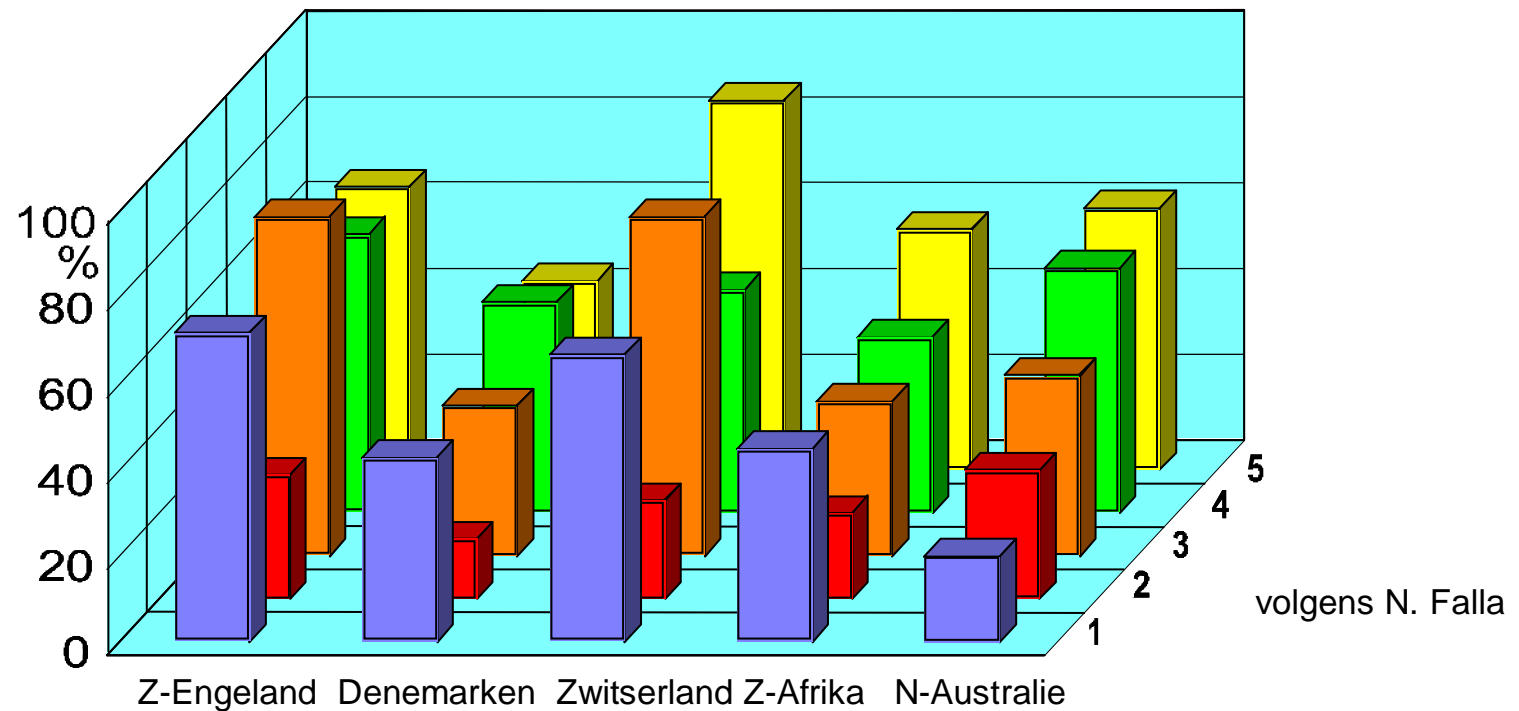
- **Materiaal** : **metallic coating/ verschillende systemen**
- **Criteria** : kleurverandering, afkrijten, glansverlies
- **Testinstrumenten** : Ci65 Weather-Ometer, Xenotest 1200
- **Testcondities** : 55 W/m²(300-400nm); 63 °C BlackPanelT;
20/10 regencyclus; 50% rel. vochtigheid
- **Outdoor test** : Florida, Europa, Kalahari (> **22 jaar**)

- **versnellingsfactor** 1 : 6 (Florida)
1 : 27 (Europa)
1 : 9 (Kalahari)

Rangorde: voorbeeld (Grafisch)

Glansbehoud van 5 verschillende topcoats na 2 jaar "outdoor exposure" in:

De rangorde wordt beïnvloed door het klimaat



volgens N. Falla

Toekomst: nanotechnologie

- Aanhechting van vuil verminderen
- Verlaging van milieubelastende componenten
- Verhogen duurzaamheid
- Verlagen prijs
- Uitspraak: “The customer demand for better quality and more durable powder coatings has increased. In order **to meet all** or most of these requirements **binders** for thermosetting powder coatings carboxylic polyester and hardener (solid epoxy resins) were prepared containing organically modified natural halloysite **aluminosilicate clay**”.

zonnecellen

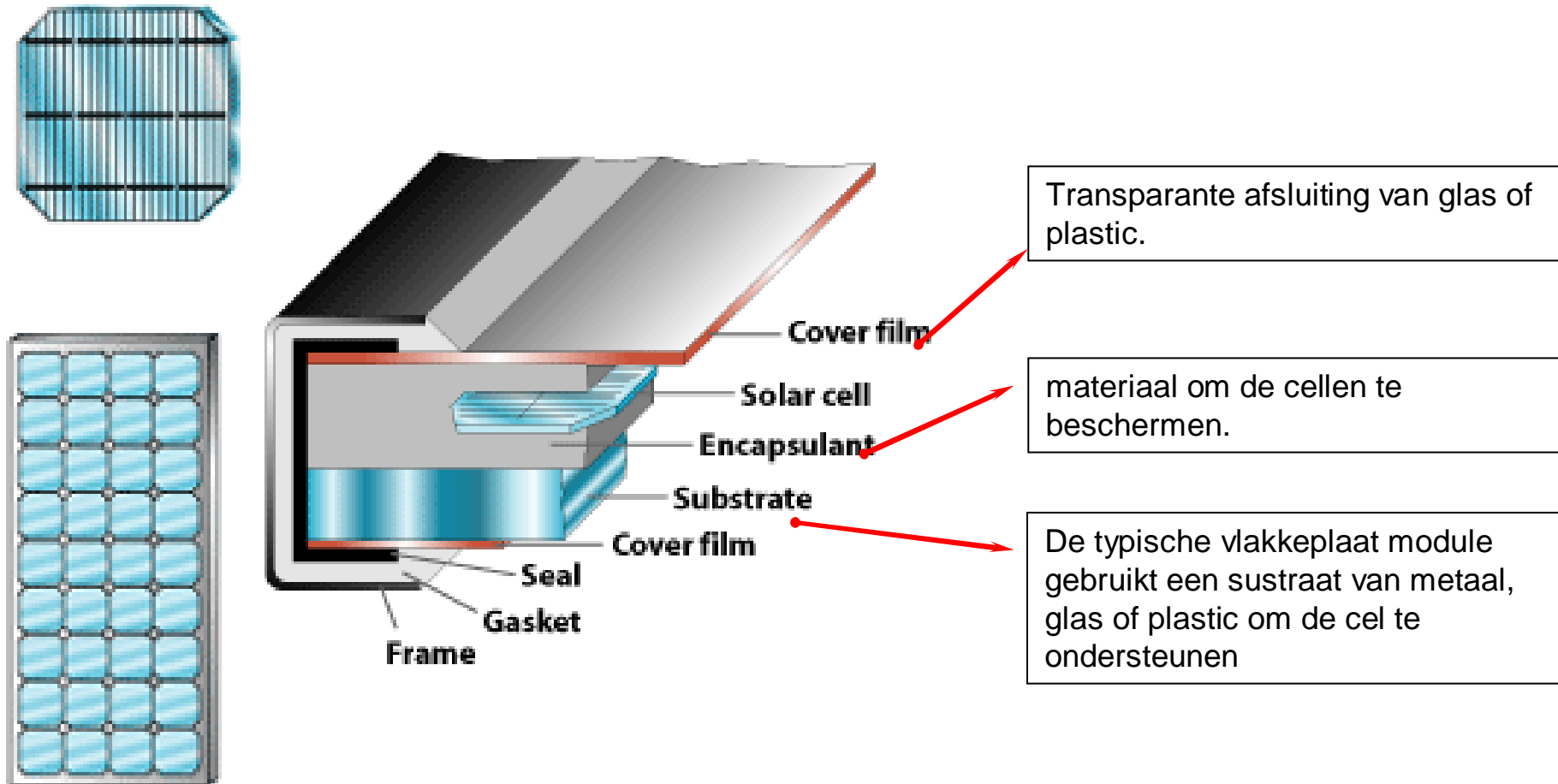
Is een levensduur van 50 jaar
mogelijk ?
En hoe testen we dat?

Duurzaamheid van zonnecellen



Solar panelen moeten voor vele jaren hitte, koude, regen en hagel weerstaan. Vele fabrikanten van deze “[crystalline silicon](#)” modules bieden nu garanties dat de elektrische productie na 10 jaar minimaal 90% blijft en **na 25 jaar** minimaal 80%

Testen van solarcells



Historie en achtergronden

- **1839** - Franse wetenschapper Edmond Becquerel ontdekt het fotovoltaïc effect
- **1921** - Albert Einstein wint de Nobelprijs voor de verklaring van het photoelectric effect
- **1954** - Daryl Chapin, Calvin Fuller, and Gerald Pearson ontwikkelen de zonnecel(PV).
Bell Telephone Laboratories produceert een zonnecel met 6% efficiëntie.
- **1964** - NASA lanceert de eerste Nimbus ruimtevaartuig— een sateliet met een 470-watt zonnecelsysteem
- **1977** - De Energy Research and Development Administration opent het Solar Energy Research Institute (nu NREL).

Historie en achtergronden

- **1985** – Wetenschappers van de University of South Wales ontwikkelen een zonnecel met 20% efficiëntie.
- **1992** – Wetenschappers op de University of South Florida ontwikkelen een thin-film zonnecel met 15,9% efficiëntie gemaakt van cadmium telluride.
- **1993** - Pacific Gas & Electric installeert het eerste 500 kW systeem als energiecentrale.
- **1999** - Spectrolab, Inc., en de NREL ontwikkelen een solarcel met 32.3% efficiëntie. Deze cel bestaat uit 3 lagen en is geschikt voor installaties met lenzen en spiegels. Ook wordt bij het NREL een dunnefilmcel ontwikkelt met 18.8% efficiëntie.
- **2001** - Home Depot begint met de verkoop van huisinstallaties in San Diego. In 2002 zijn er al 61 winkels geopend in de VS.

Normen

- ISO
 - [ISO 9553:1997](#) → Solar energy -- Methods of testing preformed rubber seals and sealing compounds used in collectors
 - [ISO 9488](#) Solar energy—Vocabulary.
- ASTM
 - E782-95(2001)
 - Standard Practice for Exposure of Cover Materials for Solar Collectors to Natural Weathering Under Conditions Simulating Operational Mode
 - E881-92(2003)
 - Standard Practice for Exposure of Solar Collector Cover Materials to Natural Weathering Under Conditions Simulating Stagnation Mode
 - E 927
 - Specification for Solar Simulation for Terrestrial PV Testing
 - E 948
 - Test Method for Electrical Performance of PV Cells using Reference Cells under Simulated Sunlight
 - E 1171
 - Test Method for PV Modules in Cyclic Temperature and Humidity Environments
 - E 1596
 - Test Methods for Solar Radiation Weathering of PV Modules
 - E 1597
 - Test Method for Saltwater Pressure Immersion and Temperature Testing of PV Modules for Marine Environments

Normen

- IEEE
 - ANSI/IEEE Std 928-1986
 - IEEE Recommended Criteria for Terrestrial PV Power Systems
 - IEEE Std 1262-1995
 - Recommended Practice for Qualification of PV Modules
 - IEEE Std 1361-2003
 - Recommended Practice for Determining Performance Characteristics and Suitability of Batteries in PV Systems
 - IEEE Std 1526-2003
 - IEEE Recommended Practice for Testing the Performance of Stand-Alone Photovoltaic Systems
- IEC
 - IEC 60904-2
 - Photovoltaic devices. Part 2: Requirements for reference solar cells
 - IEC 60904-9
 - Photovoltaic devices - Part 9: Solar simulator performance requirements
 - IEC 61345
 - UV test for photovoltaic (PV) modules
 - IEC 61701
 - Salt mist corrosion testing of photovoltaic (PV) modules

Solar t.o.v.conventioneel

voordelen	nadelen
<ul style="list-style-type: none">• Reductie van emissies• Zeer lage gebruikskosten• stabiele prijzen• De levenscyclus kan meer dan 30 jaar bedragen, zodat het meer energie oplevert dan het kost om het te maken (energy payback)• Eenvoudig te installeren en uit te breiden	<ul style="list-style-type: none">• Nog duurder dan conventionele energiebronnen• De opbrengst hangt af van de weerscondities• Het gebruikt meer oppervlakte.• De levensduur van de panelen is (nog) niet bekend

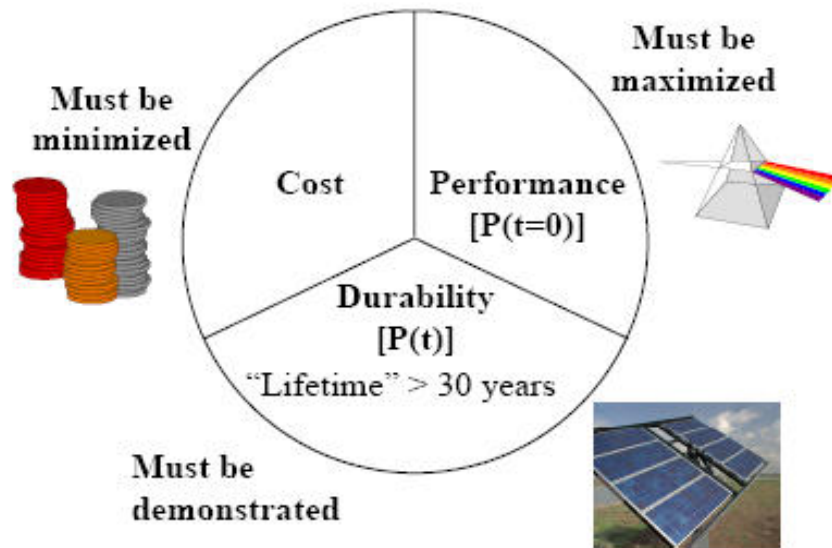
Degradatiefactoren

- Degradatiefactoren:
 - Biologische (micro-organismen, schimmels)
 - Incompatibiliteit (fysische of chemische interactie van materialen)
 - Stressfactoren (systeemontwerp, normale slijtage, installatie en onderhoud, schade)
- Verwerking
 - Irradiance (speciaal UV)
 - Temperatuur
 - Atmosferische gassen (O_2 , O_3 , CO_2)
 - Verontreinigingen (gassen, deeltjes)
 - Dagelijkse en jaarlijkse cycli van het weer
 - High-intensity solar irradiance (in concentrating systems)
 - Regen, hagel, condensatie en verdamping van water, stof, wind, vries-dooi cycli en thermische expansie tussen onderdelen



Duurzaamheidstesten

Waarom testen?



- De grootste zorg is niet de omzetting naar electriciteit, maar de duurzaamheid en levenscyclus van de systemen.
- Als men de zgn. Service Lifetime Prediction (SLP) kent dan kan men beter concurreren.

(25) Accelerated Life Testing and Service Lifetime Prediction for PV Technologies in the Twenty-First Century. NREL, A.W. Czanderna and G.J. Jorgensen

Duurzaamheidstesten

- Waarom versneld testen? ⁽²⁷⁾
 - PV systemen moeten 20 tot 30 jaar meegaan. Men kan dus niet alleen uitgaan van standaard buitenexpositietesten om de duurzaamheid vast te stellen
 - De versnelde testen kunnen de ontwikkelingskosten reduceren.
- Versnelde testen op PV-modules tot nog toe ⁽²⁸⁾
 - Hoewel er betere polymeren bestaan, wordt meestal ethylene vinyl acetate (EVA) gebruikt voor het inkapselen van de cellen, omdat dit materiaal goedkoper is. Maar uit de testen blijkt ook, dat dit minder weersbestendig is.

(27) Accelerated Life Testing and Service Lifetime Prediction for PV Technologies in the Twenty-First Century. NREL, A.W. Czanderna and G.J. Jorgensen

(28) Accelerated Life Testing and Service Lifetime Prediction for PV Technologies in the Twenty-First Century. NREL, A.W. Czanderna and G.J. Jorgensen

Degradatiefactoren en testen

- Waarom Real-time Testing (RTT)?
 - Sommigen van de degradatiemechanismen kunnen bij versnelde testen niet opgemerkt worden (secundaire factoren)
 - De huidige versnelde testen van PV-modules testen niet op delaminatie, barsten van het glas of in substraten, breuken in soldeerverbindingen en andere langzaam optredende degradatieverschijnselen. ⁽³⁰⁾
 - Er is nog steeds niet genoeg informatie over de correlatie tussen de praktijk en de versnelde testen.
- RTT voor PV-modules
 - Commercieel geproduceerde modules worden nu getest onder de verschillende klimaatomstandigheden (Florida, New Mexico, Arizona, enz.)

(30) Overview of PV Module Durability and Long Term Exposure Research at FSEC. Neelkanth G. Dhere, Mandar B. Pandit, Anant H. Jahagirdar, Vivek S. Gade, Ankur A. Kadman, Sachin S. Kulkarni, Neil S. Mehta, Sachin M. Bet, and Harshard P. Patil

Laboratoriumtesten van PV-modules

- Versnelde testen worden meestal uitgevoerd in Weather-Ometers, UV-testers en klimaatkamers met zonlichtsimulatoren
- Belangrijk is de correcte wijze van zonlichtsimulatie.
- Wetenschappers van de NREL gebruiken nu ook hun xenon zonlichtsimulators voor het testen van de duurzaamheid van zonnecellen.

(31) Ultra Accelerated Testing of PV Module Components.
J.R. Pitts, D.E. King, C. Bingham, and A.W. Czaderna.

(32) Accelerated Life Testing and Service Lifetime
Prediction for PV Technologies in the Twenty-First
Century. NREL, A.W. Czaderna and G.J. Jorgensen



Laboratoria, testen en instrumenten

NREL

Accelerated Exposure Testing Laboratory (FTLB/158-03)

Temperature and Humidity controlled chambers to test for weathering durability, corrosion on mirrors, delamination of polymers under controlled conditions.

Equipment

- Blue M Temperature/Humidity Oven (85°C, 85% relative humidity)
- Bench-top Blue M temperature-only ovens (2)
- Lab-line vacuum oven (85°C with nitrogen purge)
- **UV-chamber** → Thermal moisture cycles (UV at 50°C; dark cycle at 30°C with condensation)
- **Atlas Ci65** → Accelerated weathering machine (1 sun, 60°C and 60% relative humidity)
- Oriel 1000W Solar Simulator → Accelerated weathering machine (70°C, 70% relative humidity)
- Oriel 1400W Solar Simulator → Accelerated weathering machine 8-chamber system; half exposed to UV light, the other half dark; can do four combinations of temperature (high or low) and relative humidity (high or low)
- **Atlas Ci5000** → Accelerated weathering machine (2 suns or equivalent of six times outdoors; 60°C, 60% relative humidity)
- **Atlas SUNTEST** Chambers (2) → Accelerated weathering chambers (1.3 suns, ambient relative humidity, 75°C, 40°C)

Laboratoria, testen en instrumenten

NREL

High-Bay Accelerated Testing Laboratory (OTF)

The OTF accelerated testing equipment, which can be used to weather PV modules in environments with Controlled temperature, UV exposure, and relative humidity.

Testinstrumenten

- **Atlas XR260** → Accelerated Xenon weathering system (2.5 suns full spectrum; temperature-humidity cycling; light soaking; 6' X 4' module capacity)
- **Tenney/Vortek** → Accelerated metal-halide weathering system (0.9 suns full spectrum; temperature-humidity cycling; light soaking; 6' x 4' module capacity)
- **Atlas 1600** → Accelerated metal-halide weathering system (1 sun full spectrum; temperature-humidity cycling; light soaking; 1' x 4' module capacity)
- **UV exposure unit** → UVA fluorescent light-soaking (4' x 8' test plane)
- **BMA Environmental chambers (2)** → Temperature-humidity cycling; electrical module biasing during cycling; 31 cu. ft. and 80 cu. Ft.

ATLAS 25 plus program

- De IEC kwalificatietesten, volgens de IEC 61215 en de IEC 61646, zijn ontworpen om de **zwakheden in het ontwerp** vast te stellen (defecten binnen de 2-3 jaar).
De verschillende testmethoden zijn HALT (Highly Accelerated Lifetime Testing) testen, specifiek bedoeld voor dit type relatief snel optredende defecten.
- Om de duurzaamheid te bepalen worden deze testen soms **vaker herhaald** of delen van bestaande testen.
- Er bestaan echter nog **geen normen** voor het testen van de duurzaamheid onder zonlichtcondities.
Deze cyclische testen zijn echter nodig om de voorspelling van de levensduur beter te maken.
- Het ATLAS 25 plus-programma komt tegemoet aan de eisen voor een zinvolle lange duur test. (namelijk zonlicht, hoge temperatuur, hoge % RV en regensimulatie).
Hierdoor ontstaat **het synergie-effect**, dat de complexiviteit van de buitenexpositie benadert.

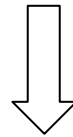
Atlas 25 plus

- One Year program
- UV-conditioning
- Salt Spray Testing
- Condensing Humidity
- Solar/thermal/humidity cycle
- Solar/thermal/humidity/freeze cycle
- Solar tracking Arizona
- Inspections and measurements



Samenvatting

correlatie



acceleratie



**Levensduur-
voorspelling**

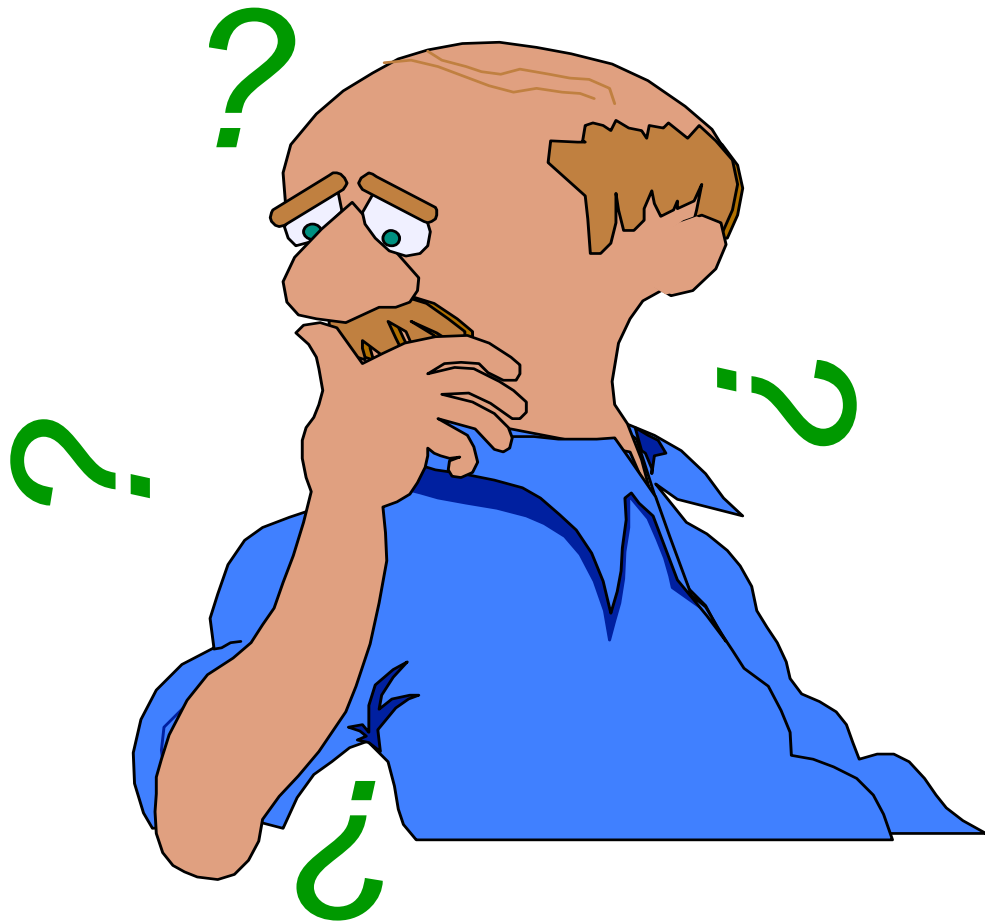
Is goede correlatie mogelijk?

De criteria zijn:

- Het lichtspectrum (UV, VIS, IR)
- De lichtenergie (speciaal in UV)
- De oppervlaktetemperatuur (BP, BST)
- De relatieve vochtigheid
- De regencyclus (natte tijd)
- De monstervoorbereiding
- De beoordelingsmethode
- De testmethode, testlocatie

Conclusies:

- Voor het verduurzamen van producten zijn (versnelde)verwerkingstesten onmisbaar
- Het testen naar de praktijksituatie is essentieel
- Het bepalen van de (primaire) oorzaken van degradatie is noodzakelijk



NOVEMBER 23RD 2010	PLOT CONFERENCE 2010
CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY	TESTING FOR SUSTAINABILITY
LOCATION: OFFICIERSCASINO	
SOESTERBERG	

