

Duurzame Geokunststoffen

Creatieve sessie NGO
14 april 2015

Creatieve sessie NGO 14 april
2015

Levensduur van geokunststoffen Wim
Voskamp

1

Programma

10.00	Opening en inleiding
10.10 van	Wim Voskamp: <i>Levensduur van geokunststoffen en functiebehoud geokunststofconstructies</i>
10.55	Max Nods: <i>Geokunststoffen en CO2 reductie.</i>
11.25	Piet van Duijnen: <i>Spelen met wapening; proefje doen in groepjes</i>
12.15	Discussie in groepjes: <i>Nieuwe ideeën om met geokunststoffen de CO2 productie verlagen.</i>
13.30	Lunch
14.30	Voortzetting discussies en voorbereiding presentaties in groepjes
15.45	Presentaties van groepjes
16.30	Samenvatting, discussie en sluiting
17.00	Borrel

Creatieve sessie NGO 14 april
2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

2

Begrippen

Durability = bestendigheid of levensduurverwachting

Levensduur of gebruiksduur van een geokunststof is een constructieve eis

Sustainability = duurzaamheid

Onder duurzaamheid verstaan we de uitstoot aan CO₂ en het energieverbruik tijdens winning van grondstoffen, fabricage, transport en inbouw van geokunststoffen (in vergelijking met alternatieve constructies)

Creatieve sessie NGO 14 april
2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

3

Creatieve sessie NGO 14 april
2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

4

Geosynthetics for Sustainable Solutions

Belangrijke effecten van het gebruik van geokunststoffen in:

- Onderhoud van wegen
 - Verlenging levensduur
 - Minder onderhoud
- Keermuren en gewapende taluds
 - Lange levensduur
 - Lokaal beschikbaar materiaal, geen geselecteerd granulair materiaal
 - Minder transport tijdens aanleg
- Watergangen en opslagbekkens
 - Minimaliseer lekkage
 - Reduceer evaporatie
- Hierdoor Lagere CO₂ uitstoot, besparing in energie en lagere kosten

Levensduur van geokunststoffen en functiebehoud van geokunststofconstructies

Creatieve sessie NGO 14 april
2015

Levensduur van geokunststoffen Wim
Voskamp

6

Inleiding

Image van kunststoffen:

Algemeen / consument:

- Kunststoffen breken niet af en blijven altijd in het milieu

Ontwerper:

- Kunststoffen in een constructie zijn slecht voor het milieu
- Zijn niet erg duurzaam, ze verouderen snel, je weet niet of ze hun functie lang genoeg behouden
- Ze verbruiken veel niet herwinbare grondstoffen
- Bij de fabricage wordt veel energie gebruikt

Creative sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

7

Veroudering van kunststoffen

- Kunststoffen verouderen o.i.v. zuurstof, water, ultraviolette straling en andere invloeden (afhankelijk van het soort polymeer)
- Veroudering is in feite het bros worden van het kunststof
- Molecuulketens gaan in de amorfe delen een reactie aan met zuurstof / water. Hierdoor worden de molecuulketens doorgesneden.
- Dit proces gaat door tot er hele kleine inerte deeltjes ontstaan

Creative sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

8

Toepassing in constructies

Belangrijk vragen:

- Hoe bepaal je de levensduur van een geokunststof
- Hoe ontwerp je ermee
- Hoe vergroot je de levensduur van een geokunststof
- Hoe controleer je het geleverde product en de inbouw ervan
- Hoe monitor je de levensduur tijdens de gebruiksfase

Creative sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

9

Levensduur van geokunststoffen

Wordt bepaald door verschillende factoren:

- Polymeer waarvan het gemaakt is

Polyester (PET),
Polypropyleen (PP),
Polyetheen (PE),
Polyamide (PA) enz.

- Additieven die aan het basispolymeer worden toegevoegd

Anti-oxidanten,
Carbon black,
Thermische stabilisatoren enz.

Creative sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

10

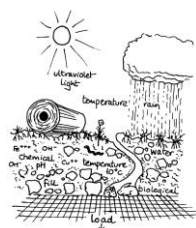
Levensduur van geokunststoffen

3. Omgevingsfactoren

- in of boven de grond,
- onder of boven water,
- temperatuur,
- grondsoort en deeltjes grootte,
- installatie methode,
- chemische samenstelling van de grond,
- UV intensiteit

4. Belastingen die op het geokunststof worden uitgevoerd.

- korte duur of lange duur belasting,
- beschadiging tijdens inbouw



Creative sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

11

Afbraakmechanismen

Belastingen en omgevingsfactoren kunnen leiden tot langzame afbraak van het polymeer:

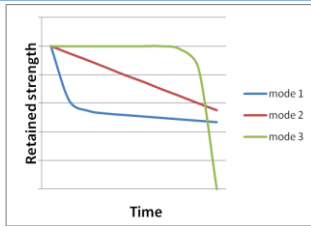
- Chemische reactie van het polymeer met zuurstof of water of in de grond opgeloste stoffen (Oxidatie c.q. Hydrolyse)
- Kruip o.i.v. trekkrachten
- Kruip door samendrukking
- Schade tijdens inbouw van het geokunststof
- Biologische aantasting

Creative sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

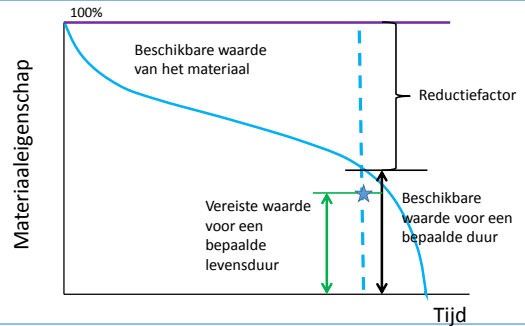
12

Effecten van afbraakmechanismen



- **Mode 1:** Installation damage
- **Mode 2:** Hydrolysis of a polyester geosynthetic
- **Mode 3:** Oxidation of a stabilized polypropylene

Waar gaat het om?



Creatieve sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen Wim Voskamp

14

De reductiefactor

- Reductiefactor = Indexwaarde / Waarde voor een bepaalde duur
- De reductiefactor (RF) is altijd gekoppeld aan een bepaalde gebruiksduur en is altijd groter dan 1.
- De indexwaarde (meestal QC) wordt gedeeld door de reductiefactor
- Er zijn reductiefactoren voor de chemische en UV bestendigheid, voor kruip en installatieschade

Het principe

- De ontwerper bepaalt de veilige ontwerpwaardes en de vereiste levensduur voor die kenmerken die levensduur afhankelijk zijn.
- De opdrachtgever beschrijft deze in het bestek.
- Het is nu aan de leverancier(s) om aan te tonen dat het product aan deze eisen kan voldoen, hetzij in waarde en duur, hetzij in duur alleen.

Creatieve sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen Wim Voskamp

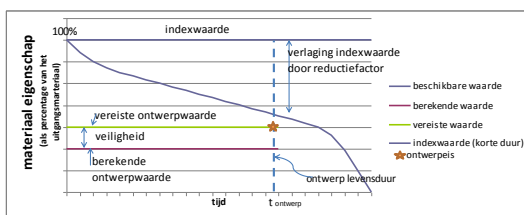
15

Creatieve sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen Wim Voskamp

16

Langeduur waarde vs. indexwaarde



Creatieve sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen Wim Voskamp

17

Assessment of beoordelingsrapport

Op basis van:

- Chemisch analyse
- Versnelde testen
 - Testen bij verschillende temperaturen
 - Polymeer eigenschappen mogen niet wijzigen voor verschillende temperaturen
 - Glasovergangstemperatuur T_g
- Analyse van de resultaten van de testen
 - M.b.v. chemische analyse technieken zoals Differential Scanning Calorimetry (DSC)
 - Bepaal teruggang in sterkte of andere parameter
 - Extrapolatie m.b.v Arrhenius plots
- Verificatie via opgegraven material

Durability assessment op basis van de testresultaten

- Geeft een overzicht van de toe te passen reductiefactoren en/of een maximale levensduur

Creatieve sessie NGO 14 april 2015

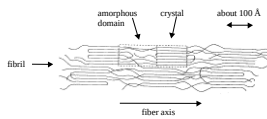
Levensduur van geokunststoffen Wim Voskamp

19

Chemische degradatie: Oxidatie

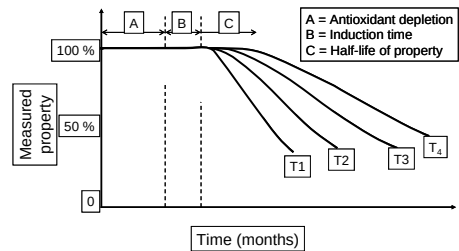
Treedt op bij PP, PE...

Niet bij PETP



- Zuurstof dringt binnen in de amorfie delen
- Reactie tussen polymer (Hydrocarbon = Koolwaterstof (C_nH_m)) en zuurstof, leidt tot ketenbreuk, speciaal kritisch bij de moleculen die de amorfie en kristallijne zone's verbinden
- Anti-oxidanten verhinderen oxidatie
- Proces is temperatuur afhankelijk
- Hydrocarbon + Energy $\rightarrow$ een Hydrocarbon-radical
 - Hydrocarbon-radical + Oxygen $\rightarrow$ Hydrocarbon-peroxy-radical
 - Hydrocarbon-peroxy-radical + Hydrocarbon $\rightarrow$ Hydrocarbon-Hydroperoxide + Hydrocarbon-radical: kettingreactie

Oxidatie van polyolefinen

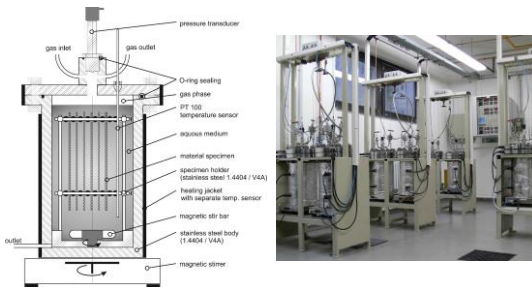


Creative sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen Wim Voskamp

22

Versnelde testen – verschillende temperaturen

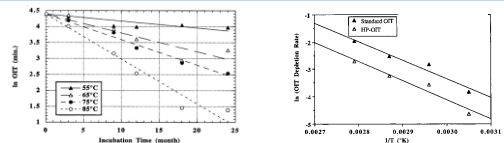


Creative sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen Wim Voskamp

23

Testen, Arrhenius plot en evaluatie



- Testen bij verschillende temperaturen en met verschillende verblijftijden
- Voor elke combinatie wordt de Oxidatie Inductie Tijd (OIT) bepaald d.m.v. bijv. Differential Scanning Calorimetry (DSC)
- Bepaal gradient $\ln(OIT)$ / incubatie tijd (OIT depletion rate) en zet die uit tegen $1/T$ (°K)
- Extrapoler naar gebruikstemperatuur

Chemische degradatie: Hydrolyse

Treedt op bij Polyester

Niet bij PP, PE

Interne hydrolyse:

De einden van de polymereemoleculen gaan een verbinding aan met water (hydrolyse is het omgekeerde proces van de synthese)

- Reactie tussen polymeer en water leidt tot ketenbreuk, lager molecuulair gewicht.
- Ketenbreuk leidt tot sterkteverlies
- Zeer langzaam maar continu proces
- Proces is temperatuur afhankelijk

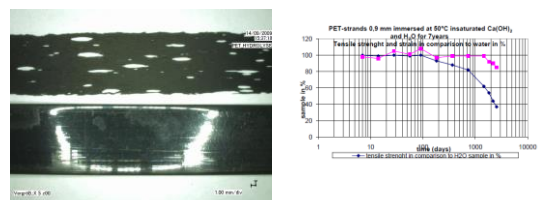
Creative sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen Wim Voskamp

25

Externe hydrolyse

Externe hydrolyse in alkalisch milieu (pH>11), alleen oppervlakte aantasting



Hydrolyse

- Onder normale condities (T, pH) zeer langzaam proces
- Als CEG <30 meq/g en het Mn > 25000, dan levensduur > 100 jaar (ISO TR 20432), zonder Reductie Factor
- Als hier niet aan voldaan wordt en default values gebruikt worden moet wel reductie factor toegepast worden

Creatieve sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

27

UV –weathering

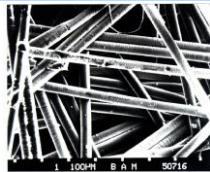
- Photo-oxidatie
 - Leidt bij PP tot start van het oxidatie proces => ketenbreuk
 - Kan bij PET leiden tot ketenbreuk en het vormen van Carboxyl end groups
- Proces is afhankelijk van de tijd van blootstellen en de intensiteit van de UV belasting
- Tegengaan door anti-oxidanten
 - Carbon black (roet)
- Testen in Xenon arc testers.

Creatieve sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

28

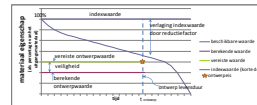
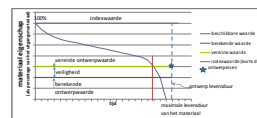
Testapparatuur voor UV – weathering testen



Oppervlakte aantasting na 3 mnd PA/PP nonwoven

Retained strength after testing to EN 12224	Maximum exposure duration (uncovered) during installation
>80 %	1 month
60 %-80 %	2 weeks
<60 %	1 day
Untested material	1 day

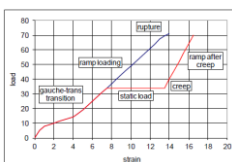
Resultaat van chemische degradatie



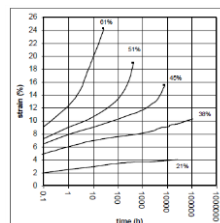
- Product voldoet wel of niet aan de levensduur eis
- Reductiefactor alleen mogelijk als product voldoet aan de levensduureis.
- Levensduur hoofdzakelijk afhankelijk van type en hoeveelheid anti-oxidanten

Kruip o.i.v. trekkrachten

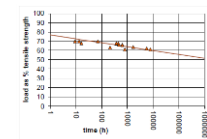
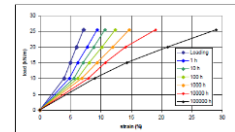
Kruip: visco elastische verlenging van polymeer



Kruip o.i.v. trekkrachten

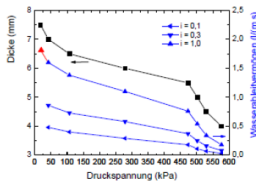


Reductiefactor bepalen op basis van stress-rupture line



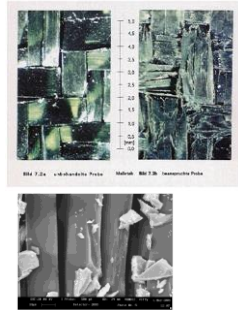
Samendrukkingskruip

Dikte van een geokunststof neemt af in de tijd o.i.v. samendrukking
Daarmee ook het waterafvoerendvermogen bij drainagematten



Mechanische beschadiging

Beschadiging tijdens installatie



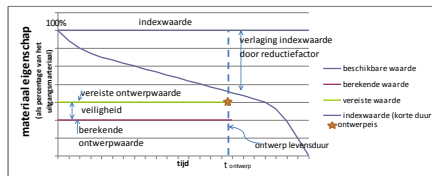
Simulatietesten



Reductie in sterkte in ontwerp
verwerken via reductiefactor
(afhankelijk van type
aanvulmateriaal)

Reductiefactor

Index waarde / lange duur waarde = Reductiefactor
Reductiefactor is altijd afhankelijk van vereiste levensduur



Reductiefactoren

Wapening

$$T_{LT} = T_{index} / RF_{CH} \times RF_{WE} \times RF_{CR} \times RF_{ID} \times f_s$$

Afvoervermogen

$$Q_{LT} = Q_{index} / (RF_{CR} \times RF_{IN} \times RF_{CC} \times RF_{BC} \times RF_{ID})$$

Doorlatendheid

$$k_{LT} = k_{index} / (RF_{IN} \times RF_{CC} \times RF_{BC} \times 1/(RF_{ID} \times RF_{CR}))$$

Bepaling levensduur m.b.v. reductiefactoren

Mechanisme:	Oxidatie	Hydrolyse	UV en weersinvloeden	Kruip	Samendrukkingskruip	Installatie schade
Hoofdstuk:	1.7.4.1.1	1.7.4.1.2	1.7.3.1.1	1.7.1.1.4	1.7.1.1.5	1.7.1.1.6
Belangrijkste eigenschap	RF _{OX} (%)	RF _{HY} (%)	RF _{UV} (%)	RF _{KR} (%)	RF _{SK} (%)	RF _{IS} (%)
Opvoeringsoort	Kleur goed en pas een RF _{OX} toe /keur af	Kleur goed en pas een RF _{HY} toe /keur af	Tijd waarin het ontguldigt mag liggen	Verhoging de indexwaarde indien van toepassing (2)	Pas RF _{SK} toe	Verhoging de indexwaarde indien van toepassing (2)
Doortatendheid	Kleur goed en pas een RF _{OX} toe /keur af	Kleur goed en pas een RF _{HY} toe /keur af	Tijd waarin het ontguldigt mag liggen	Verhoging de indexwaarde indien van toepassing (2)	Pas RF _{SK} toe	Verhoging de indexwaarde indien van toepassing (2)
Afvoervermogen in het vlak	Kleur goed en pas een RF _{OX} toe /keur af	Kleur goed en pas een RF _{HY} toe /keur af	Tijd waarin het ontguldigt mag liggen	Check of RF _{CR} nodig is	Pas RF _{SK} toe	Kleur goed en pas een RF _{OX} toe /keur af
Tekstuur	Kleur goed en pas een RF _{OX} toe /keur af	Pas RF _{HY} toe	Tijd waarin het ontguldigt mag liggen	Pas RF _{KR} toe	N/A	Pas RF _{IS} toe
Pak	Kleur goed en pas een RF _{OX} toe /keur af	Pas RF _{HY} toe	Tijd waarin het ontguldigt mag liggen	Pas RF _{KR} toe	N/A	Pas RF _{IS} toe
Doordruk voorstand	Kleur goed en pas een RF _{OX} toe /keur af	Pas RF _{HY} toe	Tijd waarin het ontguldigt mag liggen	Pas RF _{KR} toe	N/A	Pas RF _{IS} toe

Ontwerp

1. Bepaal de waarde van de vereiste langeduur eigenschap
2. Pas reductiefactor toe op indexwaarde om de bij een specifiek product behorende langeduur waarde te krijgen
3. Als geen productspecifieke reductiefactoren bekend zijn moeten zij bepaald worden of moeten (hoge) default values gebruikt worden.
4. Default values leiden tot dure producten

Daarom:

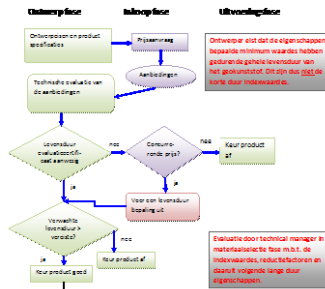
1. Eis in specificatie de langeduur waarde
2. Leverancier moet d.m.v. certificaten aantonen wat de product specifieke reductiefactoren zijn
3. Heeft hij ze niet => assessment laten maken of defaultvalues gebruiken
4. Vergelijk gevonden waarde (indexwaarde / RF's) met de vereiste langeduur waarde.

Creative sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

39

Selectie en goedkeuring product



Creative sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

40

Levensduurbepaling

- Zonder kennis van de degradatieprocessen en van de extrapolatiemethodes kan geen goede levensduurbepaling gemaakt worden
- Dus niet een testrapport van een leverancier van een uitgevoerde test bij een temperatuur maar:
- Lange duur testen bij verschillende temperaturen en verschillende verblijftijden en
- Een assessment / beoordeling hiervan door een onafhankelijke, hiervoor geaccrediteerde expert. Minimale gebruiksduur wordt aangegeven.
- Screening test voor 50 en 100 jaar in voorbereiding (CEN)

Creative sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

41

Levensduurbepaling

Alleen uit te voeren door ervaren, geaccrediteerde instituten

- Identificeer het product
- Bepaal de belangrijkste degradatiemechanismen in relatie tot de toepassing
- Voer testen uit en/of evalueer beschikbare testresultaten:
 - Oxidatie $f(T,t,p)$
 - Hydrolyse $f(T,t)$
 - Photo-oxidatie (UV)
 - Installatieschade afhankelijk van het aanvulmateriaal
 - Kruip (compressie kruip)
- Bepaal de reductiefactoren / maximale levensduur
- Leg het vast in een levensduurbeoordeling (durability assessment)

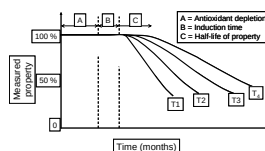
Creative sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

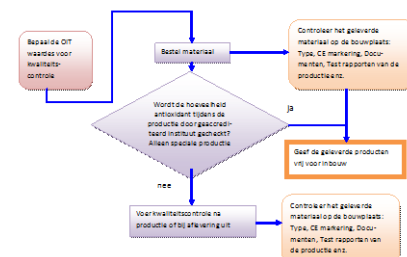
42

Bepaal OIT waarden voor kwaliteitscontrole

- Type en hoeveelheid anti-oxidant in het polymeer bepaalt de tijd tot start van de oxidatie
- Bepaal tijdens de initiële productkeuring de OIT bij verschillende temperaturen en bij verschillende verblijftijden
- Leg een paar kenmerkende OIT's vast voor hoge temperaturen en relatief korte verblijftijden
- Controleer deze waarden bij het geleverde product



Kwaliteitscontrole tijdens productie of na aflevering

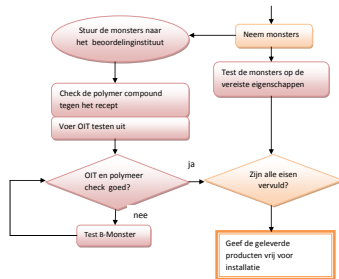


Creative sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

44

Kwaliteitscontrole op levensduur materiaal



Creatieve sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

46

Samenvatting

- CE normen gaan tot een levensduurverwachting van ≥ 25 jaar. Er wordt gewerkt aan screeningtest-eisen voor 50 en 100 jaar
- Bij langere vereiste levensduren moet een beoordelingscertificaat (dat de levensduur aangeeft) overlegd worden, of moet op basis van langeduur testen een evaluatie door een daarvoor geaccrediteerd instituut gemaakt worden
- Bij PET producten is 100 jaar verzekerd als voldaan wordt aan CEG en M_n eisen
- Anti-oxidanten zijn duur, daarom alleen toegepast bij speciale producten of to-order productie
- Kwaliteitscontrole kan uitgevoerd worden via fingerprinting of directe controle van productie

Creatieve sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

47

Monitoring

- Moeilijk uit te voeren daar het materiaal in de constructie ingebouwd is
- Als monitoring vereist wordt, moet het materiaal onder volledige belasting ingebouwd worden, zodanig dat het (eventueel met moeite) weg te halen is
- Indien alleen chemische degradatie gecontroleerd moet worden hoeft het alleen onder in situ condities ingebouwd te worden (uitsluiting installatie schade)
- Als monitoring vereist wordt moet altijd uitgangsmateriaal dat niet ingebouwd is, onder speciale condities bewaard (temperatuur, UV) worden als vergelijkingsmateriaal

Creatieve sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

48

Beoordeling bij monitoring

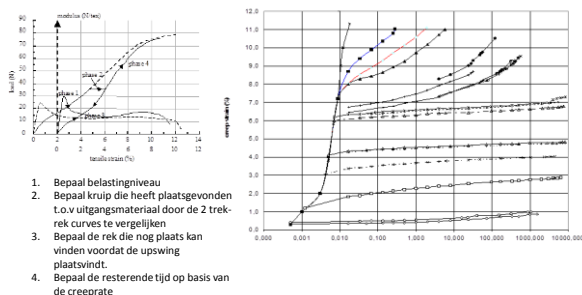
1. Bepaal de reductie door inbouwschade, of elimineer inbouwschade door op een speciale manier in te bouwen
2. Indien oxidatie gecontroleerd moet worden: doe OIT en sterkte metingen bij verschillende temperaturen en vergelijk met OIT / sterkte van het uitgangsmateriaal. Voer Arrhenius extrapolatie uit. Bepaal restlevensduur
3. Indien kruip gecontroleerd moet worden: bepaal de kruip die plaatsgevonden heeft. Bepaal restlevensduur op basis van de creep rate (kruip per tijdseenheid) bij het relevante belastingniveau

Creatieve sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

49

Bepaal rest levensduur PET – kruip

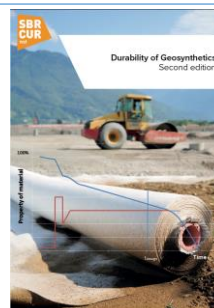


Creatieve sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

50

CUR 243 Durability of geosynthetics



Durability of Geosynthetics

CUR-publication 243

Nederlandse bewerking hoofdstuk 1

W. Voskamp M.Sc.
Dr. J. H. Greenwood
Dr. H.F. Schroeder

Creatieve sessie NGO 14 april 2015

Levensduur van geokunststoffen
Wim Voskamp

51