



ALTEERRA  
WAGENINGEN UR

# ENBB; Beoordeling Enkadrain<sup>®</sup> op stortplaatsten i.r.t. levensduur van 100 jaar

D. Boels  
J. Breen  
C. van Ommeren  
W. van der Zon



Alterra-rapport 1592, ISSN 1566-7197



**Deltares**  
Enabling Delta Life



ENBB; Beoordeling Enkadrain<sup>®</sup> op stortplaatsten i.r.t. levensduur van 100 jaar

In opdracht van Colbond bv, Arnhem

**ENBB; Beoordeling Enkadrain® op stortplaatsten i.r.t.  
levenduur van 100 jaar**

**D. Boels (Alterra)**

**J. Breen (TNO)**

**C. van Ommeren (QSBV)**

**W. van der Zon (Geodelft)**

**Alterra-rapport 1592**

**Alterra, Wageningen, 2007**

## REFERAAT

Boels, D., J. Breen, C. van Ommeren, K. Versluijs, W. van der Zon, 2007. *ENBB; Beoordeling Enkadrain® op stortplaatsten i.r.t. levensduur van 100 jaar*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1592. 30 blz.; 1 fig.; 2 tab

De duurzaamheid van de Enkadrain® Zb en 5004C/5-2s/T110PP is op functionele aspecten (dikteafname door kruip, bovenbelasting, afschuifspanning, oxidatie) en het stelsel van kwaliteitborging (productie, ontvangst op het werk en aanleg) beoordeeld. Geconcludeerd kan worden dat de matten een duurzaamheid van 100 jaar hebben en voldoen aan de eisen van het stortbesluit m.b.t. de functionaliteit van een drainage systeem voor afvoer van de maatgevende neerslag van een talud van 20 m hoogte en een helling van 1:3..

Trefwoorden: oxidatie, kruip, kwaliteitsborging

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via [www.alterra.wur.nl](http://www.alterra.wur.nl). Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie [www.boomblad.nl/rapportenservice](http://www.boomblad.nl/rapportenservice)

© 2007 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl)

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

# Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
2 Toetsingskader	15
2.1 Eisen Stortbesluit	15
2.2 Het alternatief	15
2.3 Functionaliteit:	16
2.3.1 Transportcapaciteit	16
2.3.2 Ontwerp	16
2.3.3 Aanleg	17
2.4 Stabiliteit op hellingen	17
2.5 Duurzaamheid	17
2.6 Kwaliteitsborging	18
2.7 Eindbeoordeling	18
3 Toetsing	19
3.1 Transportcapaciteit	19
3.1.1 Enkadrian 5004C/5-2s/T110PP	19
3.1.2 Enkadrain ZB	21
3.2 Ontwerp	22
3.3 Aanleg	22
3.4 Stabiliteit op hellingen	22
3.4.1 Enkadrain 5004C/5-2s/T110PP	22
3.4.2 Enkadrain ZB	23
3.5 Duurzaamheid (Gebaseerd op rapportage van TNO-Industrie, J. Breen)	24
3.5.1 Enkadrain 5004C/5-2s/T110PP	24
3.5.2 Enkadrain ZB	26
3.6 Kwaliteitsborging	27
4 Samenvatting en beoordeling	29



## Woord vooraf

Het Expertisenetwerk Bodembescherming (ENBB) is een project van SenterNovem/Bodem+ en het IPO. Het projectteam bestaat uit een projectleider van Bodem+ en specialisten van Quality Services BV, Bennekom, Geodelft, Delft, TNO-Industrie & Techniek, Eindhoven, RIVM, Bilthoven en Alterra (penvoerder ENBB), Wageningen.

Het ENBB brengt niet-bindende adviezen uit over kwesties die gerekend worden tot het werkingsgebied van het Stortbesluit 2001 en de Leemtewet (nazorg). De adviezen betreffen beoordeling van de gelijkwaardigheid van alternatieve technieken, methoden, constructies of constructieonderdelen van bodembeschermende voorzieningen en aspecten van levensduurraming van constructies en constructieonderdelen.

Het ENBB baseert de adviezen op literatuur en door adviesaanvrager overlegde documenten.

Adviesaanvraag staat open voor overheden, bedrijfsleven en adviesbureaus en kan worden gericht aan Bodem+ (tel. 070 373 52 13 / 373 57 94).





## Samenvatting

In mei, 2006 is aan Colbond bv het BAM-certificaat verleend op de Enkadrain® voor toepassing als gas- en waterdrainagelaag in onderafdichtingen en bovenafdekkingen van stortplaatsen. De Enkadrain® bestaat uit een geribbelde laag PP die als drainagelaag fungeert en waartegen ter weerszijden een filterdoek is genaaid ter voorkoming van inzanding en afname van de functionaliteit. De mat geldt als alternatief voor de (gas- en water-)drainage die in het Stortbesluit zijn voorgeschreven. Colbond wil drainagematten van het type Enkadrain® ZB en de Enkadrain® 5004C/5-2s/T110PP op de Nederlandse markt aanbieden met een functionele levensduur van 100 jaar.

De primaire functie van de drainagemat is om neerslagoverschot af te voeren naar interceptordrains, waarbij de drukhoogte ten opzichte van de onderkant van de mat nergens een bepaald maximum overschrijdt.

Colbond heeft het Expertise Netwerk Bodembescherming verzocht om de voornoemde matten te toetsen op:

- (1) hun gelijkwaardigheid aan de referentieconstructie volgens het Stortbesluit, en
- (2) op het behoud van voldoende functionaliteit gedurende 100 jaar.

De functionaliteit van het drainagesysteem is in het Stortbesluit en onderliggende Richtlijnen gedefinieerd als de afvoer van 0.01 m/d neerslagoverschot en een maximale drukhoogte van 0.3 m, door een minerale drainagelaag van 0,3 m dikte. De voorgestelde alternatieven vervangen de minerale drainagelaag. Daartoe zijn interceptordrains (buisdrains) nodig om het afgevoerde water op te vangen en af te voeren. De combinatie drainagemat en drainbuis is in dit geval het beoordeelde alternatief. Om het aantal interceptor drains te beperken, is als eis geformuleerd dat de (uiteindelijke) afvoercapaciteit van de drainagematten zodanig zou moeten zijn, dat ze onder condities van het stortbesluit de maatgevende neerslag kunnen afvoeren van een talud van 20 m hoogte en een helling van 1:3 zonder tussenkomst van interceptordrains.

Het uitgangspunt voor een levensduur van 100 jaar is dat de hemelwaterafvoer die via drainagemat loopt, gedurende die periode volgens de eisen van het Stortbesluit blijft functioneren.

Om aan die eis te voldoen dienen de matten een voldoende afvoercapaciteit te behouden, terwijl de constructie zodanig is dat die afvoer capaciteit ook kan worden benut. Dat stelt dus ook eisen aan het ontwerp en de aanleg. Het uitgangspunt is dat de kwaliteit geborgd moet zijn in de gehele keten van productie van de matten, ontwerp van het drainagesysteem, acceptatie op het werk en leggen van de matten, terwijl de matten gedurende de beoogde levensduur voldoende functioneren.

De afvoercapaciteit van drainage matten neemt af wanneer de aanvankelijke porositeit en/of de dikte afneemt. Mechanismen die daartoe leiden zijn:

1. inzanding en ingroei van plantenwortels;
2. permanente bovenbelasting en schuifspanningen die leiden tot kruip en dikte afname van de mat;
3. oxidatie met als gevolg afname van de sterkte van het materiaal en daaraan gerelateerde dikte afname
4. microbiële aantasting met sterkte afname van het materiaal als gevolg.

Aan het functioneren van een drainagesysteem ligt een deugdelijk ontwerp ten grondslag. Ontwerpers hebben daarom inzicht nodig in:

1. De lange termijn transportcapaciteit;
2. De relatie tussen bovenbelasting, gradiënt en afvoercapaciteit

De transportcapaciteit van de matten wordt bepaald door de kwaliteit van de grondstoffen en de productie. Uitgangspunt is dan ook dat de productie van de matten plaats vindt onder een systeem van kwaliteitsborging (certificaat)

Om de verlangde kwaliteit te realiseren moeten de matten schadevrij op het werk worden afgeleverd. Maar ook moet gewaarborgd worden dat de verlangde kwaliteit wordt geleverd, dat de matten goed worden gelegd en de detailconstructies (aansluitingen, doorvoeren etc) conform het ontwerp worden uitgevoerd. Daarvoor is nodig:

1. Ingangscontrole van de mat op het werk;
2. Adequate leginstructies en aanwijzingen voor detailconstructies;
3. Deskundig personeel;
4. Steekproefsgewijze inspectie door directie;
5. Controle op gereede laag (directie, onafhankelijke inspecteur);
6. De aanwezigheid van een kwaliteitssysteem bij het bedrijf dat de matten legt.

Toetsing is gebaseerd op de door Colbond<sup>1</sup> samengestelde “Documentenmap voor gebruik van Enkadrain<sup>®</sup> op stortplaatsen”, aan de hand van geformuleerde criteria.

## Conclusies:

### I. *Functionaliteit*

#### a. Transportcapaciteit

De restafvoercapaciteit van beide type matten is voldoende groot, mits de normaallast en afschuifspanning respectievelijk niet groter zijn dan 50 en 16,7 kPa. Het lange duur afvoervermogen voldoet aan de norm die in het stortbesluit gesteld is voor een lengte van 20 m en een helling van 1:3..

Stabiliteit op hellingen

Aanbevolen is om de Enkadrain ZB en Enkadrain 5004C/5-2s/T110PP te gebruiken bij een maximale normaal belasting van 50kPa en een

---

<sup>1</sup> Colbond bv  
Westervoortsedijk 73  
Postbus 9600, 6800 TC ARNHEM

schuifspanning van minder dan 16,7kPa..Dit is gebaseerd op wrijvingsmetingen met veel voorkomende grond en folies. Bij toepassing van de matten op hellingen moet een stabiliteitonderzoek te worden uitgevoerd. Hierbij moet gerekend worden met de werkelijke (gemeten) wrijvingsfactoren tussen vlies en afdekgrond en vlies met folie.

## II. *Aanleg*

### a. Ontwerphandreiking

Een handreiking voor het ontwerpen van een systeem van drainagematten en interceptordrains ontbreekt. Aanbevolen wordt om zo'n handreiking op te stellen, aangezien voldoende kennis van het ontwerpen van drainagesystemen slechts beperkt aanwezig is.

### b. Aanleginstructie

Een leginstructie is opgesteld. Colbond toetst het legplan van de aannemer en de leginstructie dient vooraf met het verantwoordelijke personeel te worden doorgenomen. Schetsen zijn opgenomen voor de aansluiting van de mat op interceptiedrains en voor het aanbrengen van overlap.

## III. *Duurzaamheid*

### a. Kruip

Van de Enkadrain<sup>®</sup> ZB en 5004C/5-2s/T110PP is de relatie tussen afvoer en kruip goed onderzocht. Deze mat blijkt te mogen worden belast tot hooguit 50 kPa (~maximaal 5 m gronddekking) normaallast en 16,7 kPa afschuifspanning.

### b. Oxidatie

De kern van beide matten bestaat uit polypropeen (PP) en heeft op basis van oxidatie een bestendigheid van zeker 100 jaar. De duurzaamheid van het vlies van de Enkadrian<sup>®</sup> ZB en 5004C/5-2s/T110PP is zeker 100 jaar.

## IV. *Kwaliteitborging*

### a. Productie

De productie van de Enkadrain<sup>®</sup> vindt plaats onder certificaat 0799-CPD-11 (TDU, d.d. 06/07/2005) door Colbond. Het vlies van de Enkadrain<sup>®</sup> 5004C/5-2s/T110PP, Typar SF32, wordt door Dupont onder certificaat 0799-CPD-12 (TDU, d.d. 31/10/2005) geproduceerd. Het vlies van de Enkadrain<sup>®</sup> ZB wordt onder 0799-CPD-14 (tBU d.d. 28.06.2007) geproduceerd

### b. Eisen mbt. kwaliteitssysteem bedrijf die de mat aanlegt

Er worden geen specifieke eisen aan het uitvoerende bedrijf gesteld. Wel controleert Colbond het legplan van de aannemer, schrijft voor dat de medewerkers van de aannemer vooraf worden geïnstrueerd en dat Colbond aanwezig is bij de aanleg van de eerste banen.

### c. Ingangscontrole

In de "Leginstructie" staan richtlijnen voor het uitvoeren van de ingangscontrole. In de praktijk zal de directie op het werk op de naleving ervan moeten toezien, maar dit is niet voorgeschreven.

### d. Oplevercontrole

Er zijn geen criteria voor de oplevercontrole gegeven. Deze kunnen uit de “Leginstructie” worden afgeleid en door de directie op het werk worden toegepast

e. Onafhankelijke inspecties/inspecties door directie

Dit aspect van de kwaliteitsborging is niet benoemd en zal in voorkomende gevallen moeten worden geregeld.

Geconcludeerd kan worden dat de matten een duurzaamheid van 100 jaar hebben en voldoen aan de eisen van het stortbesluit m.b.t. de functionaliteit van een drainage systeem voor afvoer van de maatgevende neerslag van een talud van 20 m hoogte en een helling van 1:3..

# 1 Inleiding

In mei, 2006 is aan Colbond bv een eerste versie van het BAM-certificaat verleend op de Enkadrain<sup>®</sup> voor toepassing als gas- en hemelwaterdrainagelaag in onderafdichtingen en bovendafdekkingen van stortplaatsen. In maart 2007 is een ongeclausuleerde goedkeuring door BAM verstrekt. De Enkadrain<sup>®</sup> bestaat uit een geribbelde laag PP die als drainagelaag fungeert en waartegen ter weerszijden een filterdoek is genaaid ter voorkoming van inzanding en afname van de functionaliteit. De mat geldt als alternatief voor de (gas- en water-)drainagelagen die in het Stortbesluit zijn voorgeschreven.

Colbond wil drainagematten van het type Enkadrain<sup>®</sup> ZB en de Enkadrain<sup>®</sup> 5004C/5-2s/T110PP op de Nederlandse markt aanbieden met een functionele levensduur van 100 jaar. Voor gebruik van de mat op stortplaatsen heeft Colbond in samenwerking met de Grontmij te Arnhem, een protocolmap is samengesteld.

Colbond bv heeft het ExpertiseNetwerk Bodembescherming (ENBB) verzocht om de gelijkwaardigheid van deze mat aan de drainagelaag te toetsen die conform het stortbesluit geldt als “stand der techniek”. Daarnaast heeft Colbond het ENBB verzocht om te toetsen of uit de uitgevoerde metingen een levensduur van 100 jaar kan worden afgeleid.

In hoofdstuk 2, is een overzicht is gegeven van de beoordeelde aspecten en toetsingcriteria. Hoofdstuk 3 bevat per beoordeeld aspect het oordeel en in hoofdstuk 4 zijn het eindoordeel en aanbevelingen geformuleerd.



## 2 Toetsingskader

### 2.1 Eisen Stortbesluit

In de “Richtlijnen voor ontwerp en constructie van eindafdekkingen van afval- en reststofbergingen” (Hoeks et al, 1990, Staring Centrum Rapport 91), is de referentie constructie van de drainagelaag met bijbehorende drainagebuizen omschreven.

Het materiaal bestaat uit humusarm cohesieloos zand, met een grote doorlaatfactor (“drainagezand”). Het poriënvolume van het materiaal is minder dan 40% (droogvolume gewicht  $> 1600 \text{ kg/m}^3$ ) om ingroei van plantenwortels te voorkomen en de laagdikte is minstens 0.25 m. In de drainagelaag worden drainage buizen aangelegd op een zodanige onderlinge afstand dat de opbolling midden tussen de drains minder is dan 0.3 m bij een maatgevende afvoer van 0.01 m/d. De toelaatbare helling moet worden berekend.

De drainage laag heeft als functie:

- (1) transport neerslagoverschot naar interceptordrains (KD:  $2 - 3 \text{ m}^2/\text{d}$ )
- (2) beveiliging tegen ingroei van plantenwortels

Hellingen tot 1:3 moeten haalbaar zijn.

De duurzaamheid van de drainagelaag is eeuwigdurend, zolang deze niet wordt gemengd met de toplaag door bijvoorbeeld gravende dieren of de mens.

### 2.2 Het alternatief

Het alternatief betreft:

A. Enkadrain<sup>®</sup>5004C/T110PP (5 m brede, 100 m lange banen)

- een kern van v-vormige polypropylene flexibele monofilamenten. De ribbels lopen in de lengterichting van de mat, waardoor de afvoercapaciteit in die richting het grootst is;
- de kern is aan weerszijden bekleed met thermisch gebonden polypropyleen nonwoven filter (vlies, T110PP (Tylar SF32)). Het vlies is aan de drainagekern vastgestikt. Zomen van de stiksels lopen in lengterichting.
- De vliezen steken ca. 100 mm uit, elk aan een kant van de kern en fungeren als overlap met aansluitende banen.
- Productie van Enkadrain 5004C/5-2/T110PP is gecertificeerd door een onafhankelijk instituut (0799-CPD)

B. Enkadrain<sup>®</sup> ZB (5 m brede, 100 m lange banen)

- Drainagekern met V-structuur, polypropyleen monofilamenten;
- Ribbels in de lengte richting van de mat. Hoogste afvoercapaciteit in de lengterichting;



- De kern is aan weerszijden bekleed met mechanisch gebonden polypropyleen filtervlies. Het vlies is aan de kern vastgestikt, naden in de lengte richting van de mat.
- De vliezen steken ca. 100 mm uit, elk aan een kant van de kern en fungeren als overlap met aansluitende banen.
- Productie van Enkadrain® ZB is gecertificeerd door een onafhankelijk instituut (0799-CPD)

## 2.3 Functionaliteit:

### 2.3.1 Transportcapaciteit

De transportcapaciteit dient gemeten te zijn volgens een starre of zachte plaatmethode. Daarnaast dient de lange termijn doorlatendheid te zijn opgegeven. Dat kan via correctiefactoren voor de actuele doorlatendheid. Voor bovenafdichtingen hanteert BAM een range van 13 – 70% van de actueel gemeten doorlatendheid.

#### *criterium:*

1. Blijvende transportcapaciteit, gemeten bij een bovenbelasting van 25 kPa, gecorrigeerd voor eventuele inzanding etc., voldoende om de maatgevende neerslag op een talud van 20 m hoogte en een helling 1:3, zonder extra interceptor drain af te voeren. Dat betekent een maatgevende afvoer van 600 l/dag bij een gradiënt van 3. De vereiste minimum afvoercapaciteit dient dus meer te bedragen dan 0.00231 l/(m.s). rekening houdend met inzanding hanteren we een veiligheidsfactor 3, zodat de minimum afvoercapaciteit minstens 0.007 l/(m.s) dient te bedragen
2. Werking op een proefveld bewezen.

### 2.3.2 Ontwerp

De drainagemat vervangt de referentie zand-drainagelaag en de relevante functie is de afvoercapaciteit. Om de maatgevende neerslag af te voeren, mag de opbolling niet meer bedragen dan 0.3 m. Indien de opbolling meer zou zijn, moeten interceptordrains worden aangebracht. Het drainagesysteem in de boven afdichting moet dus worden ontworpen. De ontwerper dient daarom te beschikken over een relatie tussen helling, transportcapaciteit van de drainagemat en de afstand tussen interceptordrains.

#### Uitgangspunten:

- blijvende transportcapaciteit, bij maximale dikteafname tgv. kruip;
- afname blijvende transportcapaciteit tgv, inzanding en eventueel incidentele wortelgroei: 25 - 50%
- maatgevende neerslag 0.01 m/d
- maximale opbolling tussen evenwijdige drains < 0.30 m
- hellingen: vlak, 1:100, 1:50, 1:5, 1:3

***criterium:***

Aanwezigheid ontwerpadvies of de doorlatendheid op lange termijn onder aangegeven condities, is in de certificaten weergegeven

### **2.3.3 Aanleg**

Een advies over:

- (1) Oriëntatie t.o.v. hellingen;
- (2) Aansluiting van banen onderling: langs zijde; kopse einden; op convexe en concave terreinvormen;
- (3) Afwerking kopse einden boven aan hellingen;
- (4) Aansluiting interceptor drain en drainagemat;
- (5) Vervangbaarheid interceptordrains;
- (6) Opleidingsbehoefte uitvoerend personeel

Het uitvoerende bedrijf dient aantoonbaar het werk onder een systeem van kwaliteitsborging uit te voeren.

***criterium:***

- (1) Leginstructie aanwezig
- (2) Instructies voor leggen, afwerking en aansluitingen, ook op convexe en concave terreinen.
- (3) Eisen te stellen door opdrachtgever t.a.v. kwaliteitstelsysteem van het uitvoerend bedrijf

## **2.4 Stabiliteit op hellingen**

*Bovenbelasting*

Uitgangspunt is een bovenbelasting van 25 kPa bij een helling van 1:3.

*Verschillende schuifvlakken*

- (1) PE-HD folie v.s. onderzijde mat (vlies)
- (2) Vlies v.s. kern
- (3) Kern
- (4) Vlies bovenzijde v.s. toplaag

***criterium:***

Stabiliteit op helling tot 1:3 bij eindafwerking volgens stortbesluit of anderszins geclausuleerd.

## **2.5 Duurzaamheid**

De levensduur wordt bepaald door aan aantal factoren. Deze dienen benoemd te zijn voor de materialen die in de mat worden gebruikt. Een omschrijving van gebruikte

materialen en de omgeving waarin ze (kunnen) worden toegepast of tijdelijk verblijven.

Uit onderzoek moet blijken in hoeverre de afvoercapaciteit van de mat wordt aangetast door een bovenbelasting en gelijktijdige schuifspanning (kruip). De extrapolatie van metingen die hierbij worden uitgevoerd, moet aannemelijk zijn gemaakt.

Ook de verandering van sterkte-eigenschappen onder invloed van oxidatie en UV-licht op de kern en vlies dient onderzocht te zijn. Een prognose van de veranderingen van die eigenschappen na 100 jaar dient te zijn gemaakt. Tot slot dient de gevoeligheid voor microbiologische aantasting te zijn onderzocht en gekwantificeerd.

***criterium:***

- Transportcapaciteit bij verwachte dikte afname en invloed van andere factoren voldoet aan criterium sub 2.3.1
- Sterkte eigenschappen gedurende 100 jaar niet aangetast.

## **2.6 Kwaliteitsborging**

De borging van de uiteindelijke in het werk geleverde kwaliteit betreft de gehele keten van productie, ingangscntrole, ontwerp en de aanleg.

***criterium:***

- Productie onder geldig certificaat;
- Instructies en eisen ingangscntrole (eventueel afkeurcriteria?)
- Aanwezigheid leginstructies, beschrijving constructiedetails (zie sub. 2.3.3.)
- Eisen t.a.v. kwaliteitssysteem van bedrijf dat matten aanlegt
- Eisen t.a.v. controle op uitvoering (directie, onafhankelijke inspecteur)

## **2.7 Eindbeoordeling**

Het eindoordeel over voornoemde alternatieven is gebaseerd op gelijkwaardigheid van het drainagesysteem volgens het stortbesluit, de geconstateerde functionaliteit gedurende 100 jaar en de zekerheid dat een juist ontwerp wordt gemaakt en de constructie conform het ontwerp onder kwaliteitsborging is aangelegd. Daarnaast zal worden gelet op de productie onder certificaat van de mat en de individuele componenten.

Er is ten aanzien van het laatste sprake van een gesloten systeem van kwaliteitsbewaking: productie, ontwerp, ingangscntrole, oplevercontrole.

### 3 Toetsing

De informatie voor de beoordeling van gelijkwaardigheid en duurzaamheid, is gebaseerd op een door Colbond<sup>2</sup> samengestelde “Documentenmap voor gebruik van Enkadrain<sup>®</sup> op stortplaatsen”. In deze map is informatie aangetroffen die in tabel 1 is weergegeven.

Tabel 1 aangetroffen informatie in de documentenmap van Colbond

Informatie	Enkadrain <sup>®</sup> 5004C/5- 2s/T110PP	Enkadrain <sup>®</sup> ZB
Datablad CE Productinformatie	x	x
CE-verklaring composiet	x	x
Levensduurverwachting oxidatie vlies	TT110PP(Typar SF32)	M200PP
Levensduur oxidatie kern	x	x
Interne wrijving	x	x
Afschuifproef	x	x
Kruipproef intern	x	x
Kruipproef	x	x
Microbiologische bestendigheid	x	x
Afvoervermogen	x	x
Beschermkracht	x	x
Monster	x	x
Leginstructie Enkadrain <sup>®</sup> Wide op stortplaatsen	x	x
Correspondentie / Vraag & Antwoord		x

#### 3.1 Transportcapaciteit

##### 3.1.1 Enkadrian 5004C/5-2s/T110PP

De transportcapaciteit is gemeten met aan een zijde een laag schuim en de andere zijde een starre plaat (EN ISO 12958, opt R/F).

---

<sup>2</sup> Colbond bv  
Westervoortsedijk 73  
Postbus 9600, 6800 TC ARNHEM

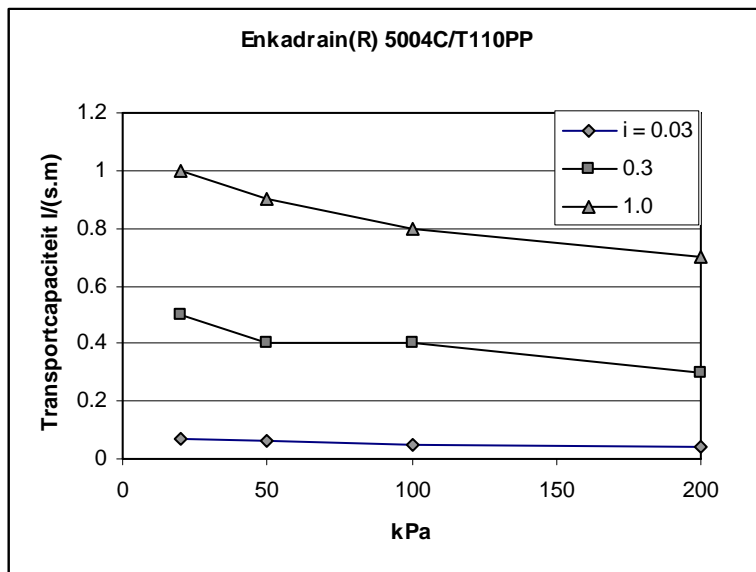


Fig. 1 Resultaten meting transportcapaciteit bij verschillend verhang en bovenbelasting.

De transportcapaciteit bij een bovenbelasting van 25kPa, en bij een gradiënt 0.3 bedraagt 0.48 l/(s.m) en bij een gradiënt 0.03, 0,068 l/(s.m).

Het verloop van de dikteafname (t.o.v. de dikte bij een belasting van 2kPa) is onderzocht van de mat 5004C/2s/T110PP, bij verschillende verticale belastingen en opgelegde afschuifspanningen (i.c. kruipeffecten) (05/05/2006, rdb050506, R. –D. Bötcher) om het effect van kruip te simuleren bij normaallasten van 2 kPa (referentie), 20, 50, 100 en 200 kPa. De aangelegde afschuifspanning bedroeg steeds 1/3 van de normaalspanning.

De relatieve afname van de dikte is direct na het aanbrengen van de belasting resp. 20, 12, 12 en 16% en na 1000 dagen belasting resp. 28, 17, 18, 21%. De lage belastingen lijken een grotere dikte afname te bewerkstelligen.

De dikteafname na 1000 dagen bij een belasting van 20kPa en een schuifkracht van 6.7 kPa bedraagt ca 10% van de situatie op dag 1. Uitgaande van een logaritmische verloop van de dikteafname met de tijd, zou dat een dikte afname betekenen van minder dan 15% in 100 jaar ten opzichte van dag 1. Dat betekent dat die afname overeenkomt met (geëxtrapoleerd) een belasting van ca. 180-200 kPa op dag 1. De doorlatendheid op termijn zou ten opzichte van dag 1 nog afnemen met 25%.

Als we uitgegaan van een afname tot 25% van de transportcapaciteit door inzanding en wortelingroei en bovendien aan afname van de transportcapaciteit tgv. kruip met 50% (een extra veiligheid), resteert een blijvende transportcapaciteit van 0.06 l/(m.s) bij een  $i=0.03$ . De geformuleerde eis bedraagt 0.007 l/(m.s), zodat aan deze eis is voldaan.

De doorlatendheid van het vlies, is voldoende groot en zal de transportcapaciteit niet limiteren.

***Criterion:***

- Blijvende transport capaciteit, gecorrigeerd voor eventuele inzanding etc., voldoende groot om maatgevende neerslag op een talud van 20 m hoogte en een helling 1:3, zonder extra interceptordrain af te voeren.
- Werking op een proefveld bewezen;

***Conclusie:***

- (1) Het lange duur afvoervermogen voldoet aan de eis van 100 jaar

### **3.1.2 Enkadrain ZB**

In het onderliggend rapport van BAM: “Die Eignung des Kunststoff-Dränelements Enkadrain® ZB für die endgültige Oberflächenabdichtung von Deponien“ staat ZB voor de codering 5006C/5-2/M200PP). Dat rapport is een grondige compilatie en interpretatie van uitgevoerd onderzoek.

De transportcapaciteit is gemeten voor verschillende gradiënten en normaalbelastingen. Daarnaast is het verloop van de dikte gemeten bij verschillende normaallasten en simultaan aangelegde afschuifspanningen (1:3) om het effect van kruip (afname dikte van de drainagemat bij continue belasting) te simuleren. Die proeven worden uitgevoerd voor een duur van minimaal 1000 dagen en via extrapolatie vertaald naar een belastingduur van 100 jaar. Samenvattend is een relatie weergegeven tussen de doorlatendheid, dikte en gradiënt (Fig. 3.6 in BAM-rapport).

Een dikte afname na 100 jaar t.o.v. de dikte op dag 1 door een constante bovenbelasting en gelijktijdige schuifspanning (1:3) bedraagt geëxtrapolerd ca. 15%, wat een afname van de aanvankelijke doorlatendheid betekent van ca. 40% ( $i = 0.3$ ). De door TBU, Greven, gemeten doorlatendheid bij  $i=0.3$  bedraagt geïnterpoleerd naar een bovenbelasting van 25 kPa, 0.833 l/(m.s).

De gecombineerde invloed van kruip, inzanding en ingroei van wortels leidt dan tot een restdoorlatendheid na 100 jaar van ca. 0.1 l/(m.s). De geformuleerde eis bedraagt 0.007 l/(m.s), zodat aan deze eis is worden voldaan.

***Criterion:***

- Blijvende transport capaciteit, gecorrigeerd voor eventuele inzanding etc., voldoende groot om maatgevende neerslag op een talud van 20 m hoogte en een helling 1:3, zonder extra interceptordrain af te voeren.

***Conclusie:***

Het lange duur afvoervermogen voldoet aan de eis van 100 jaar

## 3.2 Ontwerp

De verantwoordelijkheid voor het ontwerp van een concreet drainage systeem berust bij opdrachtgever en het raadgevende ontwerpbureau. Het is van belang dat men zich verzekert van een deskundige ontwerp(er).

## 3.3 Aanleg

Een advies voor het leggen van de drainagematten is aanwezig (bijlage 2). Aandacht wordt besteedt aan de legrichting, overlap en afwerking van de kopse einden. Ook is aandacht besteed aan de aansluiting op interceptordrains.

Geen aandacht is besteed aan inspecties en onderhoud. Evenmin is aandacht besteed aan de noodzaak en mate van scholing van het uitvoerend personeel. In de leginstructie is opgenomen dat vooraf aan het werk de instructie moet worden doorgenomen (verantwoordelijkheid aannemer) en dat Colbond toezicht houdt op de aanleg van de eerste banen.

### *criterium:*

- Leginstructie aanwezig
- Instructies voor leggen, afwerking en aansluitingen, ook op convexe en concave terreinen.

### *Conclusie:*

1. Het advies over aanleg van drainagematten is bruikbaar
2. Eisen ten aanzien van aanleg onder kwaliteitsborging behoren door opdrachtgever te worden geformuleerd

## 3.4 Stabiliteit op hellingen

### 3.4.1 Enkadrain 5004C/5-2s/T110PP

Onderzoek is verricht door MPA van de universiteit Weimar (Prüfbericht B 50/04/008 (3) voor de bepaling van de afschuifweerstand tussen vlies (T110PP) en de kern 5006H. De bepaling is in 5-voud uitgevoerd met normaalbelastingen 20, 30, 40, 60 en 120 kPa en een afschuifsnellheid van 0.167 mm/min. De proefstukken waren droog.

Voor de schuifweerstand tussen vlies en kern kan worden uitgegaan van een rest-inwendige wrijvingshoek van 20.2° en 22.1° bij breuk en geen adhesie.

### *criterium:*

Stabiliteit op helling 1:3 bij eindafwerking volgens stortbesluit.

De stabiliteit van een constructie behoort in voorkomende gevallen te worden beoordeeld door een deskundige in opdracht van opdrachtgever en maakt deel uit van het ontwerpproces. Daarbij dienen de verschillende potentiële schuifvlakken in

ogenschouw te worden genomen: (1) tussen folie en onderzijde drainage mat; (2) tussen bovenzijde drainagemat en de aangrenzende minerale laag.

De aanbieder van de drainage matten dienen de uiterste waarden voor afschuif- en bezwijkparameters te geven.

***Conclusie:***

- (1) Afschuifweerstand kern-vlies op basis van ontbreken van adhesie en inwendige wrijvingshoek van 20.2° en 22.1° bij breuk.
- (3) In voorkomende gevallen dient een analyse van stabiliteit nader te worden onderzocht.

### **3.4.2 Enkadrain ZB**

Onderzoek is onder andere verricht door SKZ, Würzburg, (Prüfbericht 67732/05-VIII, d.d. 25/04/2006) voor de bepaling van de inwendige afschuifsterkte. De bepalingen zijn uitgevoerd bij normaalspanningen van 20, 50 en 100 kPa.

Voor de inwendige afschuifsterkte kan worden uitgegaan van een hoek van inwendige wrijving van 26.2° bij bezwijken en een rest hoek van inwendige wrijving van 21.5° en verder geen adhesie.

Daarnaast is de druksterkte als functie van de tijd bepaald, waarbij de mat door een hogere temperatuur kunstmatig is verouderd. De lange duur schuifsterkte is bepaald door eerst de bestendigheid tegen vertering te onderzoeken en vervolgens schuif/kruipproeven uit te voeren. Uit deze schuif/kruipproeven blijkt dat het materiaal bij hoge druk wordt geplet, maar dat dit een omkeerbaar proces is. Bij wat minder hoge druk klappt het materiaal na enige tijd in elkaar, maar ook dit is omkeerbaar. Het materiaal is vervolgens weer bij hogere temperatuur kunstmatig verouderd en daarna is de hoek van inwendige wrijving bepaald, zowel bij kleine vervormingen als bij grotere. Het materiaal heeft geen cohesie maar wel een wrijvingshoek. Deze wrijvingshoek is kleiner wanneer het materiaal plastisch vervormt.

Het gevaar van geconcentreerde puntlasten wordt aangegeven, maar ook hiervoor geldt, dat niet precies is aangegeven waar de grenzen liggen.

Tenslotte is alleen aangegeven hoe het materiaal kan worden toegepast op hellingen tot 1 : 3. De eventuele geschiktheid voor steilere hellingen is niet beschreven.

Het BAM-rapport beveelt aan om deze mat te gebruiken bij een maximale normaal spanning van 50kPa (langdurig) en een maximale schuifspanning van 16,7 kPa en dat de eindwaarde van de dikte omstreeks 5 mm zal zijn. Ook beveelt het BAM-rapport (pag 20) veldonderzoek aan en mant tot voorzichtigheid bij de aanleg van matten en aanbrengen van de toplaag.



***criterium:***

Stabiliteit op helling 1:3 bij eindafwerking volgens stortbesluit.

***Conclusie:***

- (1) Voor inwendige wrijving uitgaan van wrijvingshoek 21.5° en ontbreken van adhesie;
- (2) De aanbieder van drainage matten beschikt over indicatieve waarden voor de wrijvingshoek tussen de mat en aangrenzende folie en minerale materialen.

### **3.5 Duurzaamheid (Gebaseerd op rapportage van TNO-Industrie, J. Breen)**

De beoordeling van de levensduur is gebaseerd op het optreden van processen die leiden tot vermindering van de afvoer functie. Aangezien zowel voor de kern als het vlies polypropreen (PP) is toegepast, gelden voor beide de mogelijke degradatieprocessen:

- Oxidatie door langdurige inwerking van temperatuur en zuurstof;
- Versnelde oxidatie in aanwezigheid van zuurstof en UV straling van de zon;
- Inwerking door organische stoffen
- Microbiële aantasting
- Mechanisch falen onder hoge/langdurige belasting

De invloed van UV straling is alleen van belang voor de maximale blootstellingduur aan zonlicht. De invloed van zuurstof is aanwezig in de omstandigheden waaronder de matten worden toegepast. Aanwezigheid van organische stoffen die de PP verweken, lijkt gelet op de omgeving waarin de matten worden toegepast, uitgesloten. Dit proces wordt dan ook niet in de beoordeling meegenomen.

Significante microbiële aantasting van PP is nooit waargenomen en geldt niet als faalkans.

Als faalmechanismen zijn oxidatie en mechanisch falen als relevant voor de beoordeling aangemerkt.

#### **3.5.1 Enkadrain 5004C/5-2s/T110PP**

***Oxidatie***

*PP-vlies*

Het onderzoek van het vlies is beschreven in BAM rapport IV.1901/4663/01. Daaruit is geconcludeerd dat het voldoet aan de eis voor een levensduur van 100 jaar.

### *PP-kern*

Aangenomen is dat de kern van Enkadrain® 5004C/5-2s/T110PP en Enkadrain® ZB identiek is.

In het BAM rapport IV.32/1338/05 is de mate van oxidatie na 100 jaar afgeleid uit de OIT (zuurstofinductietijd) na 450 bij 80° in lucht en in water. De conclusie is beperkt kwantitatief omdat meting van achteruitgang van de mechanische sterkte van de kern na versnelde oxidatie niet is uitgevoerd.

Niettemin mag worden verwacht dat de duurzaamheid van het kernmateriaal onder de verwachte temperatuur en zuurstofconcentratie minstens 100 jaar bedraagt.

### ***Foto-oxydatie onder invloed van UV straling tijdens aanleg***

Uit de documentatie kon niet duidelijk worden afgeleid aan welke UV belasting het vlies Typar SF32 mag worden blootgesteld. De brochure vermeldt een duur van twee weken zonder sterkte verlies.

Mits de drainage matten op het werk (en daarvoor) voldoende tegen zonlicht zijn afgeschermd, is deze invloed niet levensduur beperkend.

### ***Kruip vs waterafvoercapaciteit***

Geen metingen zijn aangetroffen van de afname van de 3 mm dikte van de kern.

### ***Hechting vlies en kern***

De hechting tussen vlies en kern is vooral van belang in de eerste periode (enkele jaren) na de aanleg. Nadat de bovenliggende bodemlagen voldoende geconsolideerd zijn, is de hechting minder belangrijk. Onvoldoende hechting of ongelijkmatige hechting resulteert in het lokaal afnemen van de nuttige doorsnede voor waterafvoer en afname van de transportcapaciteit.

### ***Criterium:***

- Transportcapaciteit bij verwachte dikte afname voldoet aan criterium sub 2.3.1
- Functionaliteit minstens 100 jaar.
- 

### ***Conclusie:***

- (1) Het vlies heeft een verwachte duurzaamheid van 100 jaar.
- (2) De kern heeft op basis van de oxidatie bestendigheid een verwachte duurzaamheid van 100 jaar;
- (3) Het knikken van de kern door gronddruk is levensduur bepalend bij overschrijding van de aanbevolen belastingen.

### 3.5.2 Enkadrain ZB

#### ***Oxidatie***

##### *PP-vlies*

Het onderzoek van het vlies is beschreven in BAM rapport IV.32/1338/05. Daaruit is geconcludeerd dat het voldoet aan de eis voor een levensduur van 100 jaar.

##### *PP-kern*

Zie opmerking hierover in paragraaf 3.5.1.

#### ***Foto-oxydatie onder invloed van UV straling tijdens aanleg***

In het BAM rapport IV.32/1338/05, is aangegeven dat het vlies voldoende gestabiliseerd is voor UV straling. In de brochure van de Enkadrain® ZB wordt aangegeven dat deze mat binnen 4 weken afgedekt moet worden.

Mits de drainage matten op het werk (en daarvoor) voldoende tegen zonlicht zijn afgeschermd, is deze invloed niet levensduur beperkend.

#### ***Kruip vs waterafvoercapaciteit***

Het BAM rapport IV.32/1338/05 gaat uitvoering in op de afname van de dikte van de kern van deze mat.

De stabiliteit op hellingen vraagt extra aandacht. Aanbevolen is dat de normaal belasting hooguit 50kPa bedraagt en dat de schuifspanningen minder zijn dan 16,7 kPa.

Het knikken van de kern en de daaruit voortvloeiende verdichting van de drainagemat bij uitzonderlijke hoge gronddrukken wordt als een reëel faalproces aangemerkt, afgaande op de resultaten die in het BAM rapport zijn gegeven.

#### ***Hechting vlies en kern***

De hechting tussen vlies en kern is vooral van belang in de eerste periode (enkele jaren) na de aanleg. Nadat de bovenliggende bodemlagen voldoende geconsolideerd zijn, is de hechting minder belangrijk. Onvoldoende hechting of ongelijkmatige hechting resulteert in het lokaal afnemen van de nuttige doorsnede voor waterafvoer en afname van de transportcapaciteit.

#### ***Criterium:***

- Transportcapaciteit bij verwachte dikte afname voldoet aan criterium sub 2.3.1
- Functionaliteit minstens 100 jaar.

#### ***Conclusie:***

- (1) Het vlies heeft een verwachte duurzaamheid 100 jaar;
- (2) De kern heeft op basis van de oxidatiebestendigheid een verwachte duurzaamheid van 100 jaar;
- (3) Het knikken van de kern door gronddruk is levensduur bepalend bij overschrijding van de aanbevolen belastingen.

### 3.6 Kwaliteitsborging

#### *Borging kwaliteit in de productie*

De kwaliteit van de productie van de Enkadrain® vindt plaats onder certificaat 0799-CPD-11 (TBU, d.d. 06/07/2005). Die van het vlies van de Enkadrain® ZB vindt plaats onder certificaat 0799-CPD-12 (TBU, d.d. 31/10/2005). Van het vlies van de Enkadrain® 5004C/5-2s/T110PP Vindt plaats onder certificaat nr. 0799-CPD-14

#### *Constructie*

Het ontwerp van een drainagesysteem met drainagematten en interceptordrains eist specifieke kennis en vaardigheden. Opdrachtgever dient zich te verzekeren van een deskundige ontwerper..

#### *Ingangscontrole*

De ingangscontrole is beschreven in de “Leginstructie”. De verantwoordelijkheid van de daadwerkelijke ingangscontrole berust mogelijk bij de opdrachtgever (of zijn gedelegeerde).

#### *Aanleg*

De aanleg is beschreven in de “Leginstructie”. Colbond controleert het legplan van de aannemer, schrijft de instructie van medewerkers van de aannemer voor en ziet toe op het leggen van de eerste banen. Er zijn geen eisen gesteld aan het kwaliteitssysteem van de aannemer.

#### *Oplevercontrole*

Er zijn geen criteria of beoordelingsprocedures beschreven voor de oplevercontrole en acceptatie van het werk. Deze dienen te worden ontleend aan de “Leginstructie”.

#### **criterium:**

- Productie onder geldig certificaat;
- Instructies en eisen ingangscontrole (eventueel afkeurcriteria?)
- Aanwezigheid leginstructies, beschrijving constructiedetails (zie sub. 2.3.3.)
- Eisen te stellen door opdrachtgever t.a.v. kwaliteitssysteem van bedrijf dat matten aanlegt
- Eisen te stellen door opdrachtgever t.a.v. controle op uitvoering.

#### **Conclusie:**

- productie vindt plaats onder certificaat, zowel de drain als de componenten.
- Het ontwerp van het drainage systeem op basis van drainemat en interceptordrain moet volgens de geldende normen uitgevoerd worden.
- De ingangscontrole is beschreven. Dit moet door een door de opdrachtgever aangewezen organisatie gedaan worden
- De aanleg is goed beschreven. Van het uitvoerende bedrijf wordt niet dwingend een kwaliteitssysteem verlangd. Colbond houdt deels toezicht.
- De oplevercontrole en acceptatie criteria vallen onder de verantwoordelijkheid van opdrachtgever.



## 4 Samenvatting en beoordeling

De aanleg van een drainagesysteem met een levensduur van minstens 100 jaar is mogelijk in een keten waarin enerzijds de duurzaamheid van de drainagemat is gewaarborgd, anderzijds kwaliteitsborging van de aanleg.

In tabel 2 is een samenvatting gegeven van de beoordeling van de alternatieven. Geconcludeerd kan worden dat de matten een duurzaamheid van 100 jaar hebben, en voldoen aan de eisen van het stortbesluit m.b.t. de functionaliteit van een drainage systeem voor afvoer van de maatgevende neerslag van een talud van 20 m hoogte en een helling van 1:3.

Om in de praktijk de potentie van deze duurzaamheid te benutten, dienen opdrachtgevers zorg te dragen voor een deskundig ontwerp. In voorkomende gevallen dienen opdrachtgevers een stabiliteitanalyse uit te (laten) voeren in de potentiële glijvlekken tussen de mat en folie en minerale materialen. Daarnaast dienen opdrachtgevers de aanleg te voorzien van een sluitend systeem van kwaliteitborging voor de ingangscntrole, de aanleg en oplevercontrole van de drainage matten.

Tabel 2 Samenvatting beoordeling alternatieven voor drainagelaag

Aspect	Eis	Alternatief	
		Enkadrain® 5004C/5-2s/T110PP	Enkadrain® ZB
<b>Functionaliteit</b>			
*Blijvende transportcapaciteit	>0.007 l/(m.s)	0.06 l/(m.s)	0.1 l/(m.s)
* Stabiliteit helling	Helling 1:3, of ontwerpeisen	Normaallast <50 kPa schuifsp. <16,7 kPa. Glijvlakken vlies-grond en vlies-folie controleren per project	Normaallast <50 kPa schuifsp. <16,7 kPa. Glijvlakken vlies-grond en vlies-folie controleren per project
<b>Aanleg</b>			
* Ontwerp	Advies/uitgangspunten	Geen instructieblad	
* Leginstructie	Advies/detaillering	Aanwezig	
* Scholing personeel	Aanwezigheid kennis en vaardigheid	Instructie personeel voorgeschreven. Colbond is aanwezig bij aanleg eerste banen	
<b>Duurzaamheid</b>			
* kern	100 jr.	Aantasting door oxidatie aanvaardbaar Normaallast < 50kPa Schuifspanning <16,7 kPa. Risico voor knik en dramatische functieverlies bij hogere belastingen	
* vlies	100 jr.	OK	Ok
<b>Kwaliteitborging</b>			
* Certificering product	Geldig	Certificate 0799-CPD-11 factory Production Control (TBU), d.d. 06/07/2005 (o.a. Enkadrain, geproduceerd door Colbond) Certificate 0799-CPD-12 Factory Production Control (TBU) d.d. 31-10-2005 (o.a. vlies Typar SF32, geproduceerd door Dupont) Vlies van Enkadrain® ZB, Tiptex T200PBL,0799-CPD-14, Factory Production Control (tBU), d.d. 28.06.2007	
* Ingangscontrole	Advies/aanbeveling	Advies in COLBOND; Enkadrain® Wide Leginstructie	
* Oplevercontrole	Advies/aanbeveling	Af te leiden uit Leginstructie	
*Eisen kwaliteitsysteem bedrijf		Geen specifieke eisen. Colbond toetst legplan aannemer	
<b>Eindoordeel</b>			
* Functionaliteit	<i>Gelijkwaardig</i>	ja	ja
* duurzaamheid	<i>100 j</i>	ja Stabiliteit op helling en niet overschrijden maximale normaal- en afschuifspanning, en voldoende hechting vlies op kern	ja Stabiliteit op helling en niet overschrijden maximale normaal- en afschuifspanning en voldoende hechting vlies op kern