

1

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

**Snel een nieuwe weg met minder hinder:  
Waarom kies je dat?  
Hoe ontwerp je dat?**

Suzanne van Eekelen, Deltares  
15 mei 2008

2

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

- Sneller bouwen
- Waarom
- Wanneer
- Op weg naar een ontwerprichtlijn
- Leren van innovaties

3

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

**Bouwen – sneller bouwen – snelst bouwen**

a. Bouwen			
b. Sneller bouwen			
c. Snelst bouwen			

4

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

**Bouwen – sneller bouwen – snelst bouwen**

		Uitvoeringsduur case	Verkeershinder case
a. Bouwen	Zandophoging + drains + extra overhoogte	12 mnd	12 mnd
b. Sneller bouwen	Zandophoging + Beaudrain / IFCO	6 mnd	6 mnd
c. Snelst bouwen	Paalmatras / EPS	1 maand	2 weekenden

5

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

**EPS**

6

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

**Paalmatrasen**

1. Werkvloer
2. Paalen
3. Paaldeksels
4. Wapening (geogrid)
5. Granulair materiaal voor matras
6. Rest van de ophoging
7. Fundering en asfalt/spoorlijn

7

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen met kennis**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

Palen (AuGeo, HSP, hout, prefab, geotextiel omhulde kolom, MIP)

Matras

Wapening: meestal een geogrid: Huesker (Fortrac), Tensar, Colbond, Tencate/Bidim, Naue



8

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen met kennis**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

**Waarom een paalmatras of lichtgewicht?**

- Snelle bouw tijden (en daarmee minder fileeeld)
- Strengere restzettingseisen
- Strengere eisen beïnvloeding omgeving
- Lage kosten levenscyclus

9

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen met kennis**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

**Waarom niet?**

A2 Holendrecht - Maarssen

**Paalmatras kent te veel risico's** *Cobouw 28 dec 2007*

Rijkswaterstaat durft innovatie bij A2 niet aan

Bas van Steijn

Den Haag - Het innovatieve paalmatras wordt niet grootschalig aangelegd bij het noorderlijk deel van de A2. Er kleven te veel risico's aan.

Dat schrijft verkeersminister Eurlings aan de Tweede Kamer. Het paalmatras is een innovatieve zettingsarme funderingsoplossing. Bij een wegpakket gewapend met geogrid als trampolien hangt het matras over een dicht palenveld. Eurlings concludeert dat de voordelen (minder onderhoud) niet opwegen tegen de risico's. De A2 Holendrecht-Maarssen wordt vervroegd opgeleverd: van 2012 naar 2010. Volgens twee Delftse onderzoekers kan dat nog een jaar vroeger bij gebruik van het paalmatras. Rijkswaterstaat heeft dat onderzocht, meldt Eurlings. Volgens de minister is het realiseerbaar, maar zijn de risico's te groot. Zo kan door de verdergaande zetting van de ondergrond een lege ruimte onder het matras ontstaan. Ook zijn er veel onzekerheden over het gedrag van het paalmatras. Eventuele toekomstige uitbreidingen van een weg zijn minder goed te regelen. Eurlings waarschuwt dat een reparatie veel langer duurt dan bij een traditionele weg. Extra risico is dat grootschalige toepassing niet verzekeraar is. Rijkswaterstaat overweegt nog wel het paalmatras beperkt toe te passen bij de A2.

10

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen met kennis**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

**Eurlings (in brief dd 27-12-2007):**

Voordelen

- + (Mogelijk) minder onderhoud,
- + Belang van innovaties bij infra

Nadelen:

- Uitval door risico's:
  - Holte onder matras
  - Onzekerheden constructief gedrag → marges = duurder
  - Bouwen langs en onder matras moeilijk
  - Drempelvorming
  - Reparatie duurt langer
  - Niet verzekeraar

11

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen met kennis**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

**Reactie op nadelen Eurlings:**

Nadelen:

- Uitval door risico's:
  - Holte onder matras
  - ...
  - ...
  - ...
  - ...
  - ...
  - ...

**‘Eurlings had nachte langer moeten slapen over paalmatras’**

Constructie van weg op paalmatras versneld

Diverse constructiemethoden

Ervaring



12

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen met kennis**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

**Reactie op nadelen Eurlings:**

Nadelen:

- Uitval door risico's:
  - Holte onder matras
  - ...
  - ...
  - ...
  - ...
  - ...
  - ...

13

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

Holte onder matras

14

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

### Reactie op nadelen Eurlings:

Nadelen:

- Uitval door risico's:
  - Holte onder matras → geen probleem, wordt op ontworpen
  - Onzekerheden constructief gedrag → gevalideerde ontwerprichtlijn belangrijk!!
  - ...
  - ...
  - Niet verzekeraar → Discussie geeft vertraging

geldt voor alle civiel-technische constructies, is ook niet het gebruik

15

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

### Reactie op nadelen Eurlings:

Nadelen:

- Uitval door risico's:
  - ... → langs: let op horizontale belasting palen
  - ... → onder: is lastig
  - Bouwen langs en onder matras moeilijk
  - Drempelvorming → overgangsconstructies
  - Reparatie duurt langer → worden niet verwacht voor onderbouw en zijn goed mogelijk
  - ...

16

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

### Reactie op voordelen Eurlings:

Voordelen

- + (Mogelijk) minder onderhoud → Ondergrond-gerelateerd onderhoud wordt nihil
- + Belang van innovaties bij infra → Dan moeten we er maximaal van leren

Wat Eurlings niet noemt:

- + Snelle aanleg
- + Geen omgevingsbeïnvloeding

Bijvoorbeeld invloed op:

- bestaande weg
- leidingen

Een voorbeeld

17

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

### case wegverbreding

keerwand  
watertransport-leidingen  
bestaande weg

a. standaard: zandophoging + drains + extra overhoogte  
b. alternatief 1: zandophoging + Beaudrain

c. alternatief 2: ophoging op matras op (AuGeo) palen

0 10 m

18

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

### case wegverbreding

	standaard	Beau-drain	AuGeo
aanleg onder- en bovenbouw	11%	15%	29%
schade aan bestaande weg			
bescherming leidingen			
overige + toeslagen			
grondverwerving			
verkeersmanagement			
<b>totaal</b>			

19

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen met kennis**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

### case wegverbreding

A2 Breukelen



20

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen met kennis**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

### case wegverbreding

	standaard	Beau-drain	AuGeo
aanleg onder- en bovenbouw	11%	15%	29%
schade aan bestaande weg	5%	4%	-
bescherming leidingen			
overige + toeslagen			
grondverwerving			
verkeersmanagement			
<b>totaal</b>			

21

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen met kennis**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

### case wegverbreding

	standaard	Beau-drain	AuGeo
aanleg onder- en bovenbouw	11%	15%	29%
schade aan bestaande weg	5%	4%	-
bescherming leidingen	7%	7%	-
overige + toeslagen			
grondverwerving			
verkeersmanagement			
<b>totaal</b>			

22

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen met kennis**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

### case wegverbreding

	standaard	Beau-drain	AuGeo
aanleg onder- en bovenbouw	11%	15%	29%
schade aan bestaande weg	5%	4%	-
bescherming leidingen	7%	7%	-
overige + toeslagen	39%	40%	43%
grondverwerving			
verkeersmanagement			
<b>totaal</b>			

23

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen met kennis**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

### case wegverbreding

	standaard	Beau-drain	AuGeo
aanleg onder- en bovenbouw	11%	15%	29%
schade aan bestaande weg	5%	4%	-
bescherming leidingen	7%	7%	-
overige + toeslagen	39%	40%	43%
grondverwerving	32%	32%	32%
verkeersmanagement			
<b>totaal</b>			

24

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen met kennis**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

### case wegverbreding

	standaard	Beau-drain	AuGeo
aanleg onder- en bovenbouw	11%	15%	29%
schade aan bestaande weg	5%	4%	-
bescherming leidingen	7%	7%	-
overige + toeslagen	39%	40%	43%
grondverwerving	32%	32%	32%
verkeersmanagement	5%	5%	3%
<b>totaal</b>	<b>100%</b>	<b>103%</b>	<b>107%</b>

25

**case wegverbreding**

	standaard	Beau-drain	AuGeo
kosten totaal	100%	103%	107%
uitvoeringsduur	12 mnd	6 mnd	1 mnd
verkeershinder	12 mnd	6 mnd	2 week- enden

Kosten aanleg + verkeersmaatregelen  
 (3 km wegverbreding)

26

- Sneller bouwen
- Waarom
- Wanneer
- Op weg naar een ontwerprijtlijn
- Leren van innovaties

27

**Wanneer wel of niet een paalmatras of EPS**

Afhankelijk van contracten / eisen

	A15	Gorin- chem	Zuid- Tan- gent	Pa- pen- drecht	N210	A2	N475
Tijd							
Omgevingsbeïnvloeding/ complexe constructies							
Restzettingen							
Onderhoud							
Kosten							

28

A15 Sliedrecht en Hardinxveld Giessendam, '04-'06

- AuGeo hoh 0,9 à 1,2 m
- 20.000 m2
- Lage restzetting
- Tijdsdruk
- Concurrerende prijs



29

Kyotoweg Zuiderlingedijk Gorinchem, juni 2007

- Houten palen, hoh 1,20 m
- Paaldeksels 0,6 m
- Strenge restzettingseisen



30

Overtoom Papendrecht '05-'06

- Prefab palen, 10 m veen



31

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

Zuid-Tangent NH (2007)

- Busbaan
- HSP palen
- 430 m weglengte
- Restzettingen
- Omgevingsbeïnvloeding





32

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen met kennis**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

- Betonnen prefab palen hoh ca. 2.35 m Krimpenerwaard N210, start zomer 2007
- 14 km lang
- Beïnvloeding huidige weg
- Beheer en onderhoud voor 20 jaar



Bron: 't Hart, Geotechniek, okt 2007, pp 26-29

33

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen met kennis**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

**N475 EPS** Snelheid, restzettingen



34

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen met kennis**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

**A2 Holendrecht – Maarsse?**



35

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen met kennis**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

**Wanneer wel of niet een paalmatras of EPS**

Afhankelijk van contracten / eisen

	A15	Gorinchem	Zuid-Tangent	Paapendrecht	N210	A2	N475
Tijd	+					?	+
Omgevingsbeïnvloeding/ complexe constructies		+	+	+	+	?	
Restzettingen	+	+	+	+	+	?	+
Onderhoud					+	?	+
Kosten	+				+		

36

**Delft Cluster**  
CUR BOUW & INFRA Deltares Enabling Delta Life

**Bouwen met kennis**  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

**Op weg naar een ontwerprichtlijn**

CUR werkgroep Ontwerprichtlijn paalmatrasen

- Bijdragen van:
  - Marijn Brugman (Arthe Civil & Structure B.V.)
  - Jeroen Dijkstra (Cofra)
  - Almer vd Stoel (CRUX)
  - Suzanne van Eekelen (Delft Cluster)
  - Hein Jansen (Fugro)
  - Rudolf Andringa (Gem. werken R'dam)
  - Constant Brok (Huesker)
  - Theo Huybregts (ingenieursbureau Geologics BB)
  - Martin de Kant (Grontrijl)
  - Piet van Duijnen (Movares)
  - Jan van Dalen (T&E Consult BV, Strukton)



Overige leden: Joop Bastiaans (DVS), Henkjan Beukema (DVS), Gert-Jan Kommers (Tencate Geosynthetics), Dick Eerland (Eerland Bouwstoffen Management), Wouter Hating (INFRA Consult + Engineering), Ton Siemerink (CURB&I), Jan van Liempot (Vlam Consult), Wim Voskamp (Colbond Geosynthetics), André de Lange, (Voton-hsp.nl, Voorbij), Aat Baks (Intercodam), Bas Snijder (Breijn)

37

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

### Op weg naar een ontwerprichtlijn

Eisen en ontwerp van

- Palen
- Matras (wapening)
- Paalmatras
- Details

boogwerking

38

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

### Ontwerp matras: keuze uit bestaande modellen

- 1 laag wapening 'hangmatprincipe'
- meer lagen wapening 'interlocking effect'

Brits: BS8006

Nieuwe Duitse EBGE0

2008 Bush-Jenner

39

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

### Keuzes maken en aanscherpen op basis van:

- Wiskunde

Voorbeeld: beschouwen Britse norm

full arching:  $H = 1.4(s-a)$

from partial to full arching

$$W_T = s \left( \frac{p'_c}{\sigma'_v} \right) \frac{s^2 - a^2}{s^2 - a^2} \rightarrow W_T = 1.4s\gamma(s-a) \frac{s^2 - a^2}{s^2 - a^2}$$

$p = 0$  → This gives a strange jump as H increases → Marston

40

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

### Keuzes maken en aanscherpen op basis van:

- Wiskunde
- Validatie met
  - Numerieke berekeningen

case 1

Trekspanning in geotextielwapening f/wegas (kN/m<sup>2</sup>)

hart op hart afstand (m)

41

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

### Keuzes maken en aanscherpen op basis van:

- Wiskunde
- Validatie met
  - Numerieke berekeningen
  - Veldproeven

Average vertical load on geotextile reinforcement (kN/m<sup>2</sup>)

Brits

Duits 1

Duits 2

meten

6 m

1.15 m

ca. 9 m

42

Delft Cluster  
CUR BOUW & INFRA  
Deltares Enabling Delta Life

Bouwen met kennis  
Snel een nieuwe weg met minder hinder

- Wiskunde
- Validatie met
  - Numerieke berekeningen
  - Veldproeven
  - Laboratoriumproeven?

## Conclusies

Versnellen dialoog opdrachtgever/aannemer door ontwerprichtlijn

Ontwerprichtlijn optimaliseren met oa monitoring

Kansen voor het aanleggen van innovatieve constructies vergroten:

- Vorm van contract belangrijk (D&C, optimalisatie binnen alliantiecontract)
- Opdrachtgever stelt functionele eisen en heeft geen bemoeienis met constructie
- Eisen in contracten zijn bepalend (bonus/malus)

Leerrendement van toepassing vergroten:

- Verplicht meten (percentage van aanneemsom)
- Metingen verplicht openbaar

