

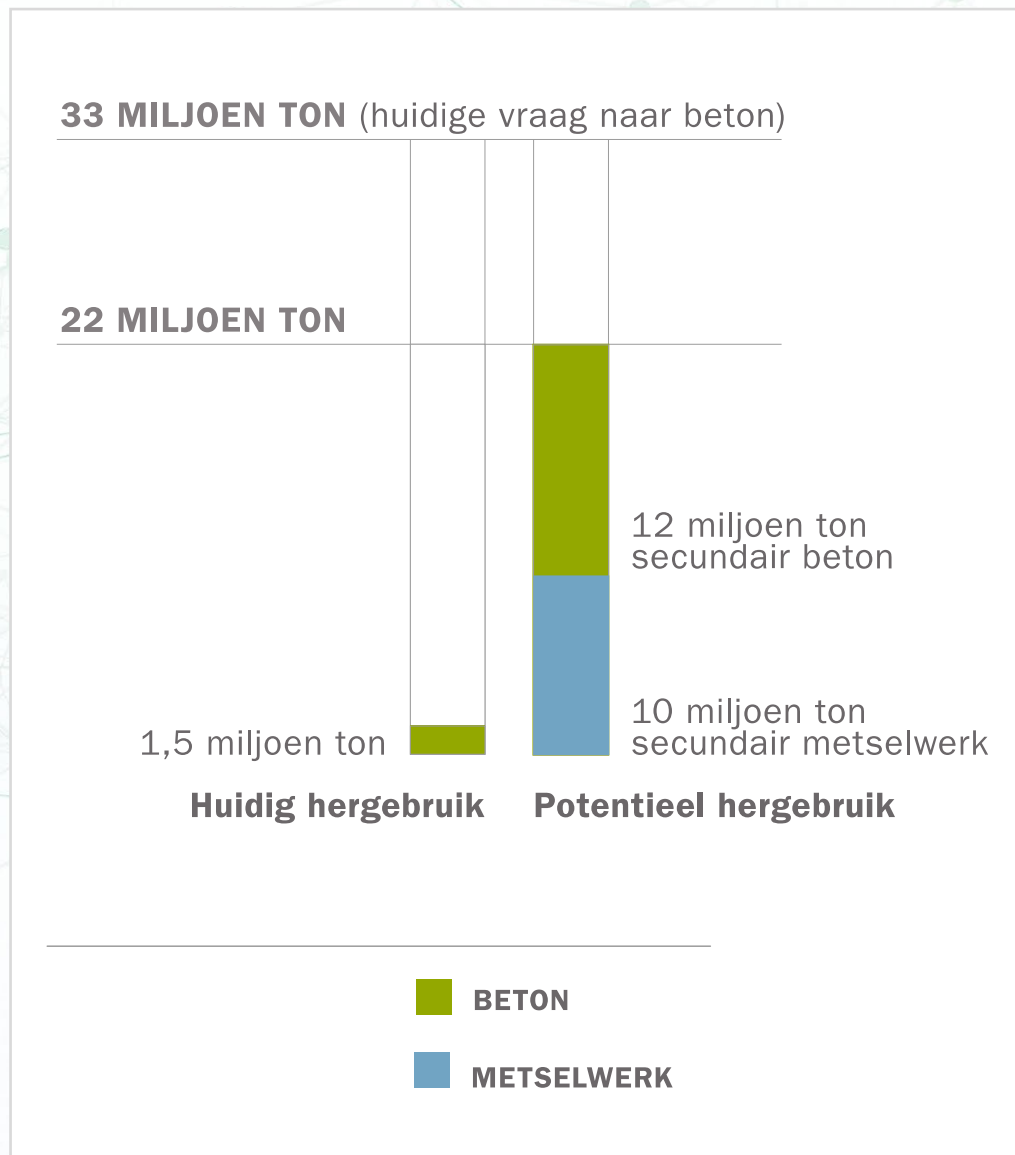
› Duurzaam in beton: van hype naar aanpak

DUURZAMERE BETON CONSTRUCTIES DIE VEILIG EN BETAALBAAR ZIJN



› Verduurzaming van beton: Waar staan we nu?

OPSCHALING IS NOG BEPERKT



VOORBEELD VANUIT MOGELIJKHEDEN HERGEBRUIK

- › 5% van het beton en metselwerk dat vrij komt bij sloop wordt hergebruikt in nieuwe betontoepassingen
- › Pilots tonen aan dat een deel van dit bouwen sloopafval ook geschikt is om bij te dragen aan CO₂ reductie

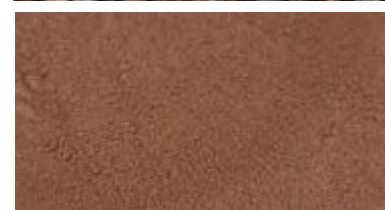
› **Uitdagingen**

OMGAAN MET MEER EN VERANDERLIJKE MATERIAALSTROMEN

› **NU PRIMAIRE GRONDSTOFFEN**



› **TOEKOMST MEER EN VERANDERLIJKE MATERIAALSTROMEN. OOK GEHELE ELEMENTEN!**



› Uitdagingen

1. VERANDERLIJKE MATERIAALSTROMEN

- › Normen, ontwerpregels en regelgeving niet altijd geschikt
- › **Gevolg:** extra veiligheidsmarges en daardoor meer beton, afvallen kansrijke duurzaamheidsopties

2. TOENEMENDE COMPLEXITEIT ONTWERPPROCES

- › Toenemend aantal prestatiecriteria rondom constructieve veiligheid, kosten en milieu
- › **Gevolg:** complexe multi-disciplinaire afwegingen nodig in verschillende ontwerpfasen

› Handvatten ontbreken om complexiteit te tackelen

VOORBEELD BOUWCONTRACTEN

DE OVERHEID STELT HOGE EISEN



› Materiaal gedreven Multi-criteria Optimalisatie

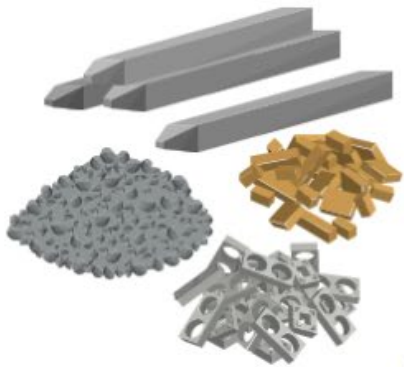
Er komen steeds meer
verschillende materiaalstromen

Er komen steeds
meer prestatiecriteria

Primaire
materialen



Secundaire
materialen



**MIMO
verbindt**



Constructieve veiligheid



Milieu



Circulariteit



Kosten

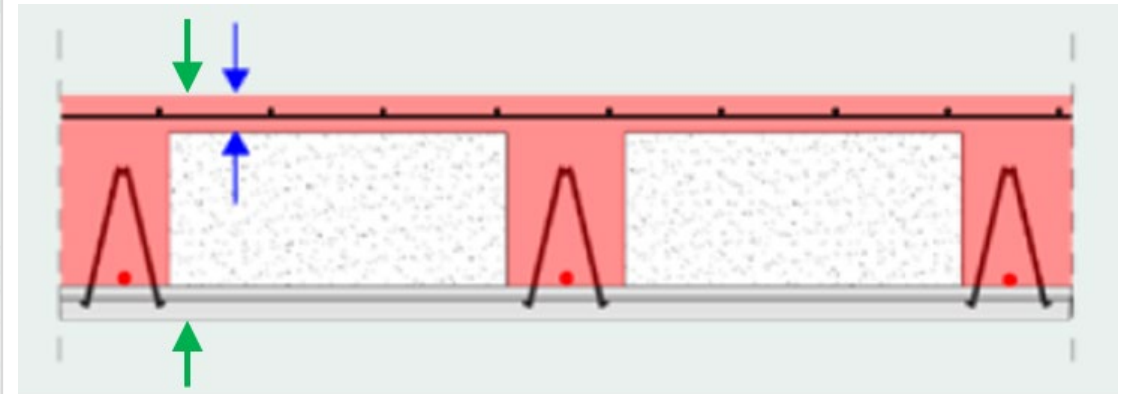
...

› **VOORBEELD gebruik data betongranulaat in ‘ontwerp’ vloer**



› MIMO aanpak - voorbeeld

VLOER MET TOEPASSING GERECYCLED BETONGRANULAAT



Doorsnede vloerconstructie

› **Betonggranulaat met verschillende eigenschappen**
AFHANKELIJK VAN MOEDERMATERIAAL EN RECYCLING TECHNIEK

BETONGGRANULAAT 2100 KG/M3



BETONGGRANULAAT 2400 KG/M3



› Materiaal gedreven Multi-criteria Optimalisatie

Eigenschappen uitgangsmaterialen

meer prestatiecriteria

IN TE VOEREN DATA DOOR GEBRUIKER:

- › Materiaaleigenschappen
 - Dichtheid betongranulaten
- › Transportafstand betongranulaten
- › ...

GEBRUIKER KIEST WAT MAG VARIËREN:

- › Dikte vloer
- › Hoeveelheid wapening
- › Hoeveelheid betongranulaat
- › ...

DATA UIT DATABASE:

- › Milieu-impact betongranulaat
- › Kosten betongranulaat
- › Transportkosten per kilometer
- › ...



**MIMO
verbindt**

1. DATA MATERIALEN



Constructieve veiligheid



Milieu



Circulariteit



Kosten

...

› Materiaal gedreven Multi-criteria Optimalisatie

Eigenschappen uitgangsmaterialen

meer prestatiecriteria

IN TE VOEREN DATA DOOR GEBRUIKER:

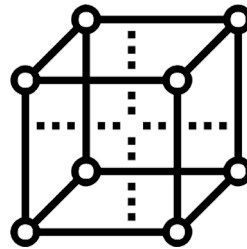
- › Materiaaleigenschappen
 - Dichtheid betongranulaten
- › Transportafstand betongranulaten
- › ...

GEBRUIKER Kiest WAT MAG VARIËREN:

- › Dikte vloer
- › Hoeveelheid wapening
- › Hoeveelheid betongranulaat
- › ...

DATA UIT DATABASE:

- › Milieu-impact betongranulaat
- › Kosten betongranulaat
- › Transportkosten per kilometer
- › ...



**MIMO
verbindt**

1. DATA MATERIALEN

2. MODELLEN



Constructieve veiligheid



Milieu



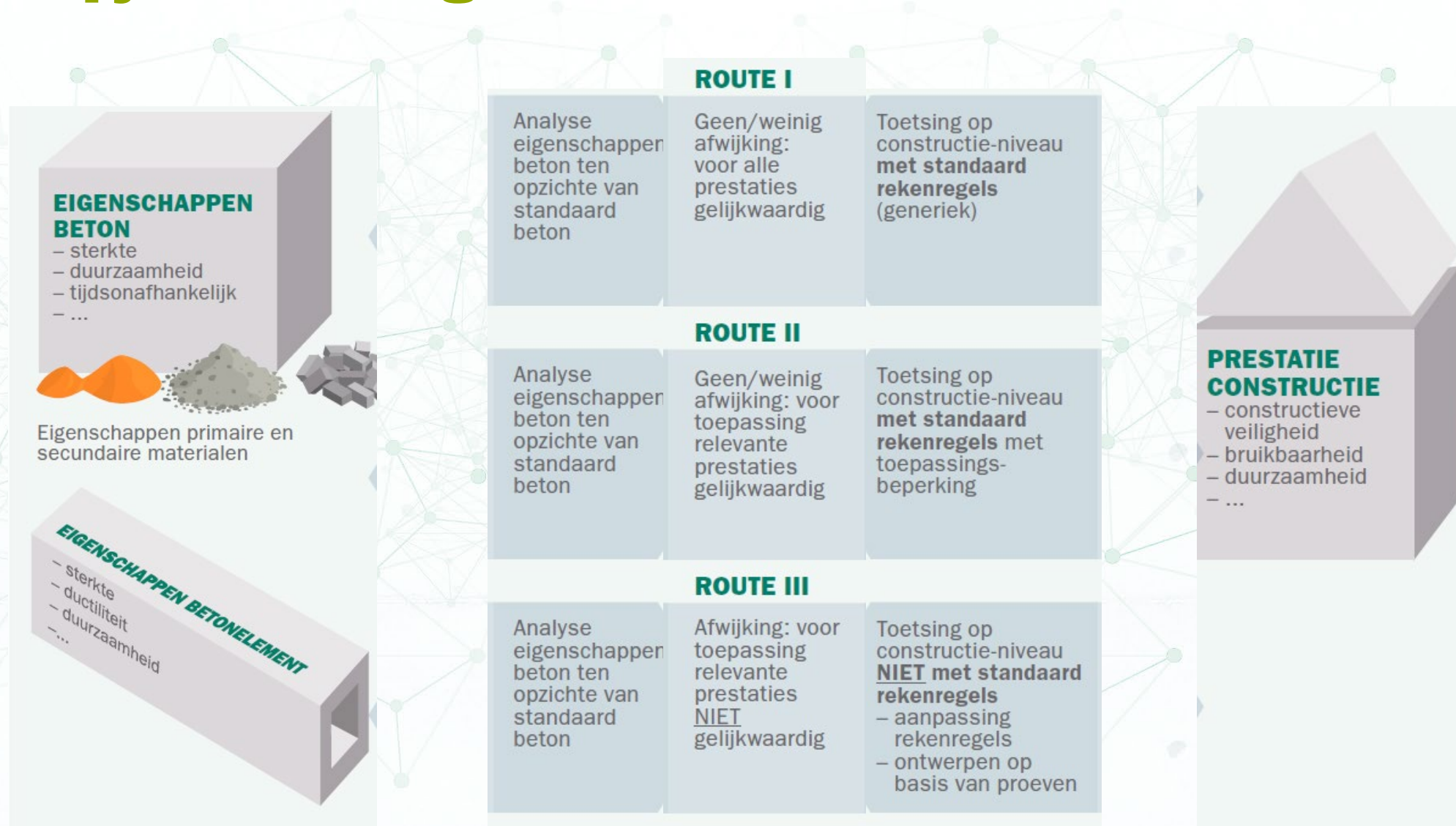
Circulariteit



Kosten

...

› Uitstapje verbinding beton als materiaal en in constructies



› Modellen beton prestatie in constructie

EEN GREEP (EUROCODE, LITERATUUR)

Use case specifieke modellen

Weerstandsmodel:

$$M_R = A_{s,bot} f_y \left[h_{slab} - \left(c_{bot} + \frac{\phi}{2} \right) - \frac{A_{s,bot} f_y}{2 f_{c,cast}} \right]$$

Effect van belasting op ULS:

$$M_E = \frac{(g_0 + g_1 + q)L^2}{8}$$

$$P_{f,ULS}(x) = \theta_{MR} M_R - \theta_{ME} M_E$$

Constructief gedrag

ULS: effect van belasting en weerstandsmodel

Prestatie Beton

Effect van betongranulaat op sterkte

Beton sterkte:

$$f_c = a * Nn + \frac{b}{wcr} - c$$

cement type	a	b	c	Nn
CEM I 42.5N	0.85	33	62	42.5
CEM III/A 42.5N	0.8	25	45	42.5

Beton sterkte incl betongranulaat:

$$f_{c,RAC} = (1 - r) * f_{c,NA} + r a * f_{c,NA}$$

$$a = \frac{\rho_{RCA}}{\rho_{NA}} * k$$

Variabele ontwerp parameters:

Dikte, hoeveelheid wapening, WCR, hoeveelheid betongranulaat

Modellen beton prestatie in constructie

EEN GREEP (REFS CUR 127, EUROCODE 2, LITERATUUR)

Use case specifieke modellen

SLS model: doorbuiging

$$\frac{1}{r_{loads}(x)} = (1 - \alpha) \frac{1}{r_{I,loads}(x)} + \alpha \frac{1}{r_{II,loads}(x)}$$

Diagram showing the relationship between the load deflection $r_{loads}(x)$ and the deflection of the load $r_{I,loads}(x)$ and $r_{II,loads}(x)$. The deflection of the load is calculated as $\frac{M(x)}{E_c}$.

Op basis van kromming $r(x)$, kan doorbuiging van de vloer worden berekend

Variabele ontwerp parameters:

Dikte, hoeveelheid wapening, WCR, hoeveelheid betongranulaat

Constructief gedrag

- SLS: doorbuiging

Prestatie Beton

Effect betongranulaat op kruip, krimp, E-modulus

Note: krimp effecten niet vertoond op deze slide

$$\alpha = \frac{\rho_{RCA}}{\rho_{NA}} * k \quad \% \text{granulaat} = r = \alpha_{RA}$$

E-modulus incl granulaat (korte termijn)

$$E_{cm} = k_E \cdot \left(1 - \left(1 - \frac{7100}{k_E} \right) \cdot \alpha_{RA} \right) \cdot f_{cm}^{\frac{1}{3}}$$

$$E_{cm} = k_E \cdot (1 - 0.25 \cdot \alpha_{RA}) \cdot f_{cm}^{\frac{1}{3}}$$

Kruip coefficient incl. betongranulaat (lange termijn E-modulus):

$$\varphi_{RAC}(t, t_0) = (1 + 0.6 \cdot \alpha_{RA}) \cdot \varphi(t, t_0)$$

$$E_{c,eff} = \frac{E_c}{1 + \varphi_{RAC}(t, t_0)}$$

› Materiaal gedreven Multi-criteria Optimalisatie

Eigenschappen uitgangsmaterialen

meer prestatiecriteria

IN TE VOEREN DATA DOOR GEBRUIKER:

- › Materiaaleigenschappen
 - Dichtheid betongranulaten
- › Transportafstand betongranulaten
- › ...

GEBRUIKER KIEST WAT MAG VARIËREN:

- › Dikte vloer
- › Hoeveelheid wapening
- › Hoeveelheid betongranulaat
- › ...

DATA UIT DATABASE:

- › Milieu-impact betongranulaat
- › Kosten betongranulaat
- › Transportkosten per kilometer
- › ...



**MIMO
verbindt**

1. DATA MATERIALEN

2. MODELLEN

3. SOFTWARE



Constructieve veiligheid



Milieu



Circulariteit



Kosten

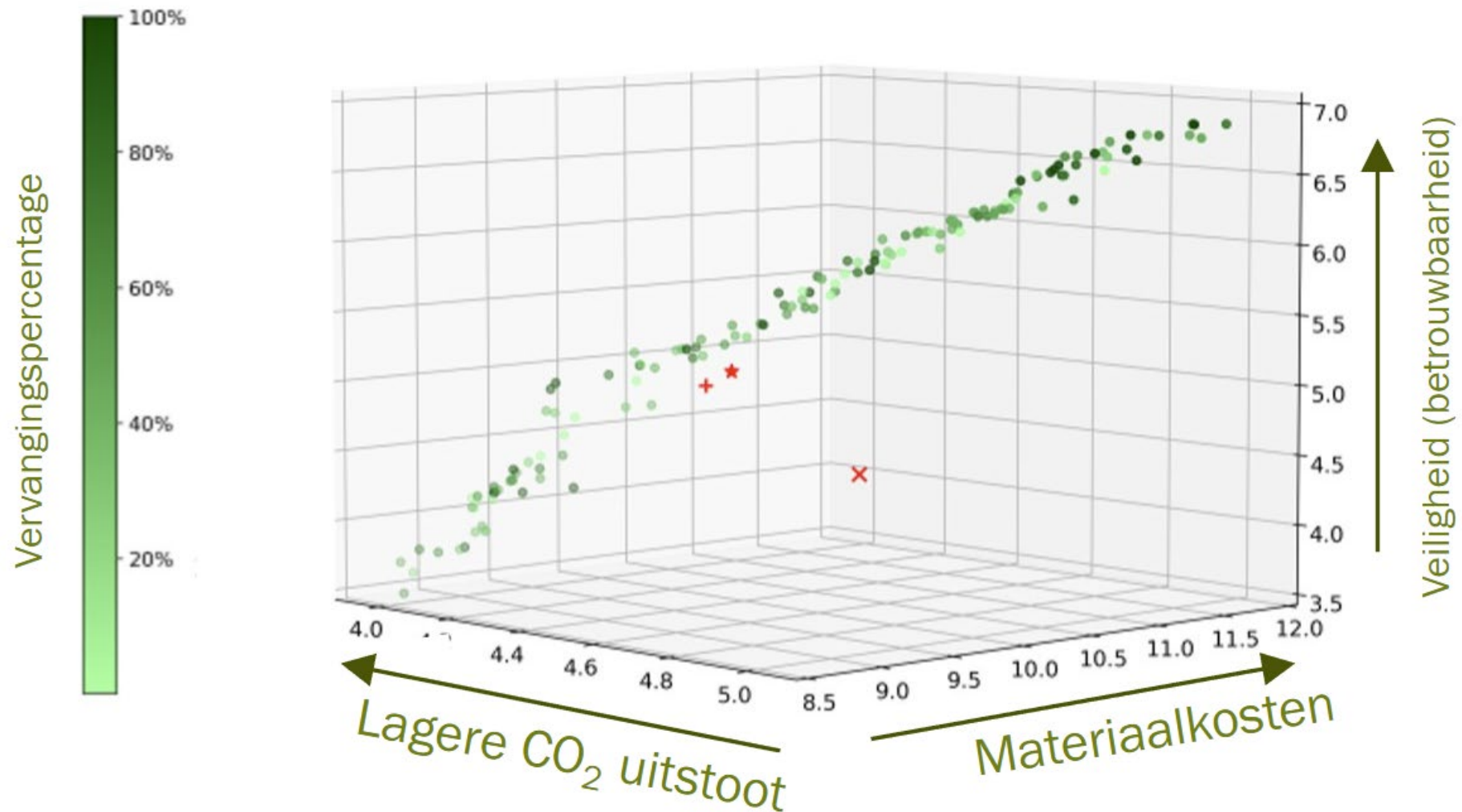
...



› Geoptimaliseerde oplossingen

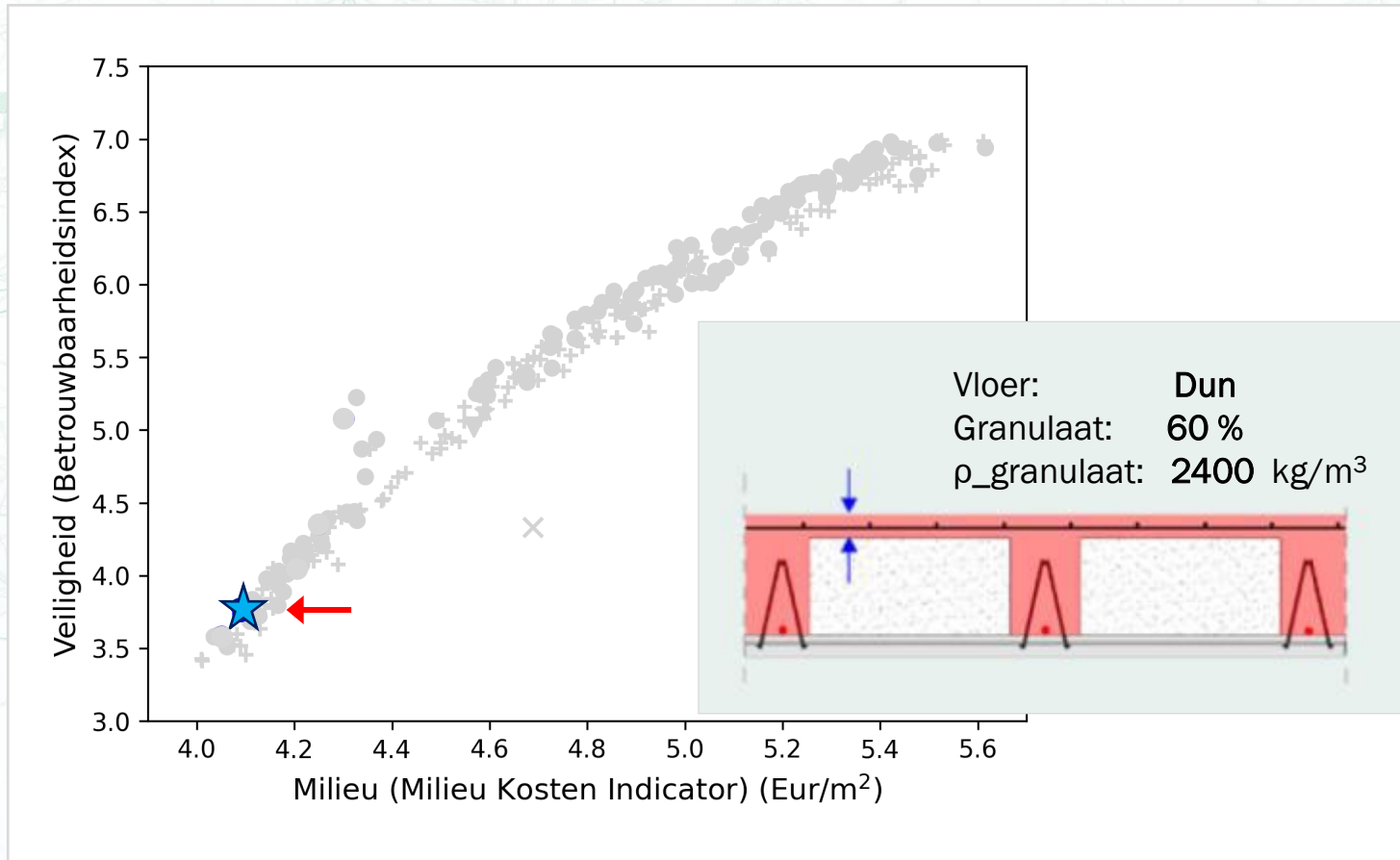
SCALA AAN MOGELIJKHEDEN MET PRESTATIES INZICHTELIJK

Dichtheid betongranulaat = 2400 kg/m³



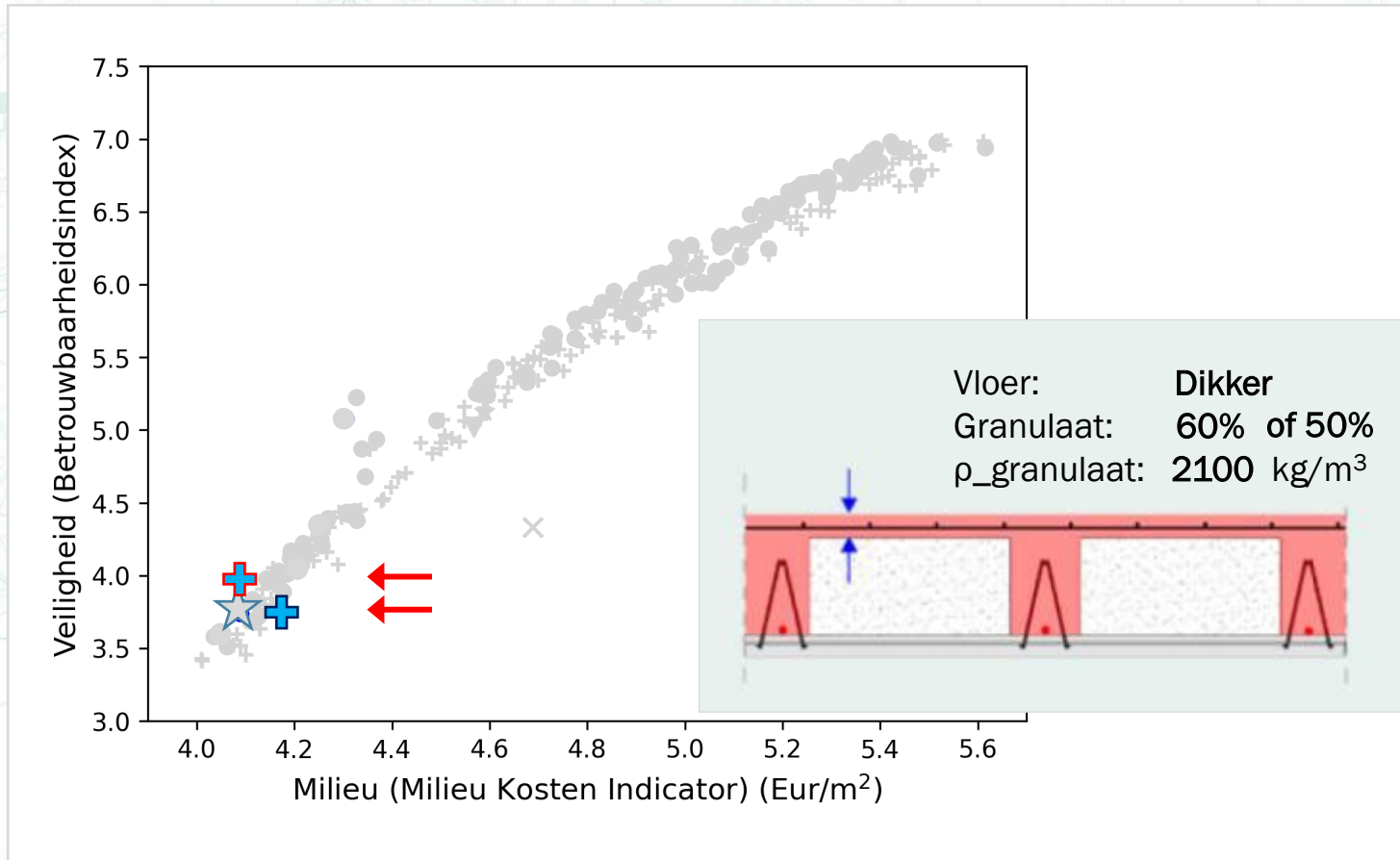
› De MIMO aanpak: verder verfijnen

OPTIMALISATIE VLOER IN WONING: 2 SOORTEN BETONGRANULAAT DICHTBIJ



› De MIMO aanpak: verder verfijnen

OPTIMALISATIE VLOER IN WONING: 1 SOORT BETONGRANULAAT DICHTBIJ



› Voorbeelden optimalisatievragen

- › Elementen hergebruik
- › Nieuwe bindmiddelen
- › Slanker construeren ultra hoge sterkte beton
- › Slanker construeren vorm optimalisatie
- › 3D printen



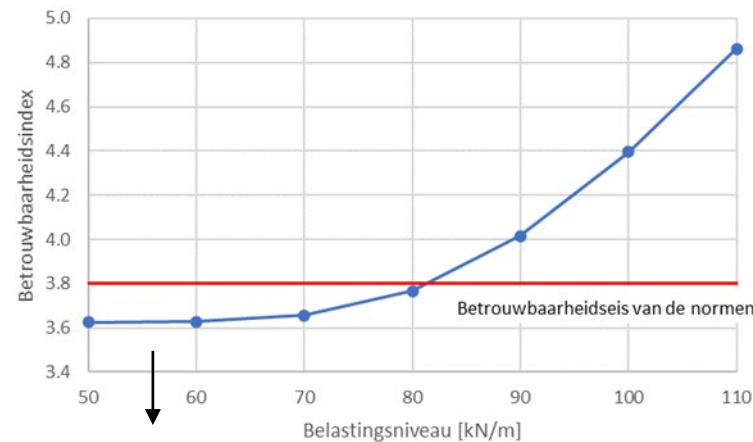
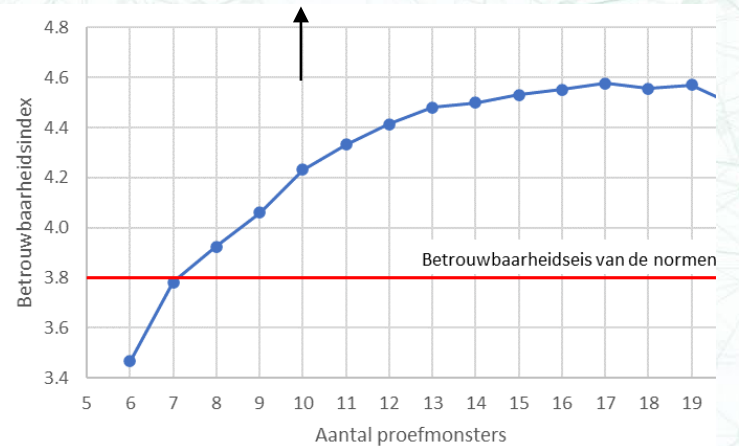
› **VOORBEELD effect data balken op betrouwbaarheidsindex**



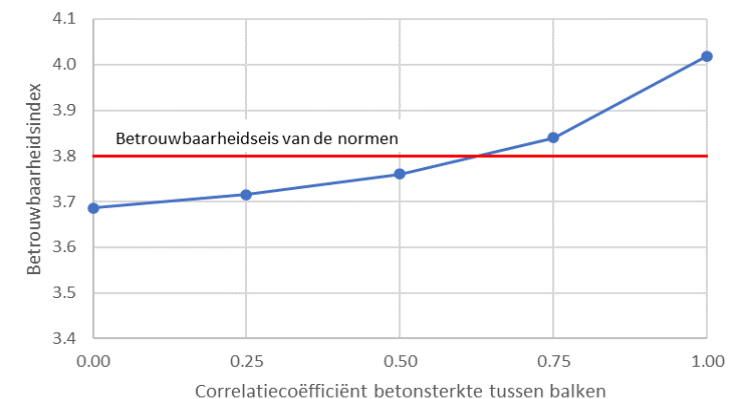
› Hoe data en metingen helpen bij hergebruik elementen

Effect DATA & kennis v spreiding voor hergebruik 10 balken

- › Met enkel bestaande gegevens van oorspronkelijk ontwerp kan veiligheid niet onderbouwd worden
- › Met nieuwe data zoals voldoende metingen van sterkte met een NDT Schmidt hamer wordt het betrouwbaarheidsniveau voor constructieve veiligheid gehaald



- › Als met NDT testen de gewenste betrouwbaarheid niet wordt bereikt, kan ook nog aangevuld worden met destructieve testen van 1 balk die dan gecorreleerd wordt aan de andere balken



› Voorbeelden uit de praktijk die verdere ontwikkeling van MIMO kunnen voeden



› Hergebruik van prefab betonnen brugliggers

Hergebruik brugliggers in een nieuwe brug

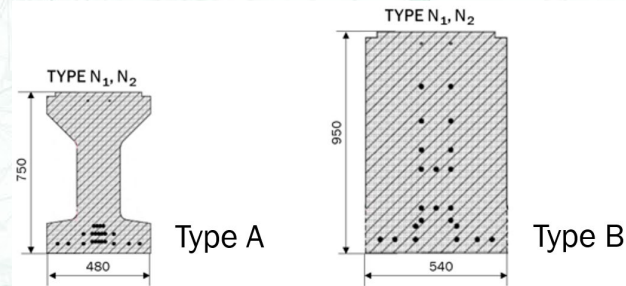
Lengte = 100 m

Breedte = 8 m



› Hergebruik van prefab betonnen brugliggers

› Bepaal informatie liggers



› Bepaal een set liggers

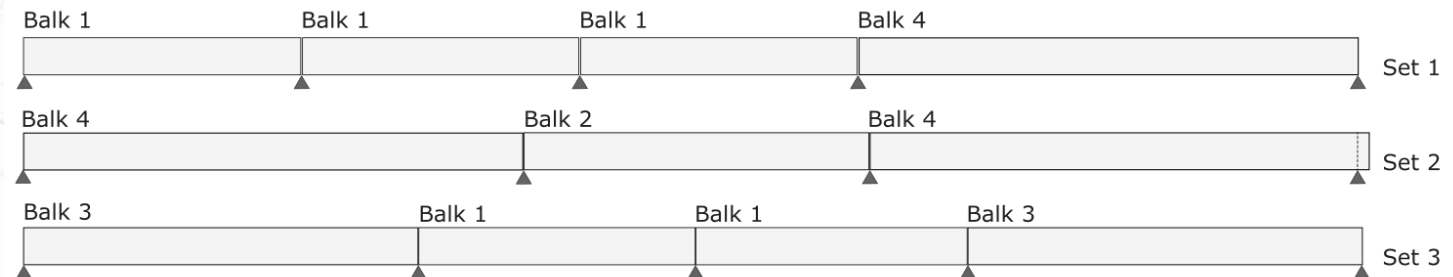
Beschikbare balken

Balk 1: 10x

Balk 3: 31x

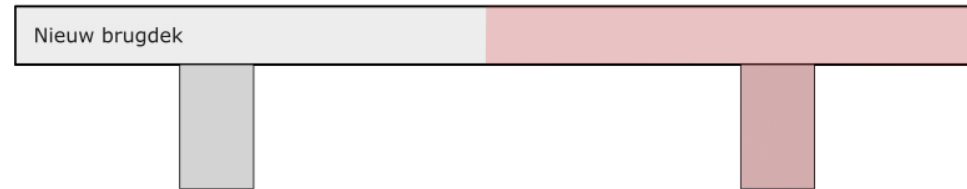
Balk 2: 16x

Balk 4: 17x

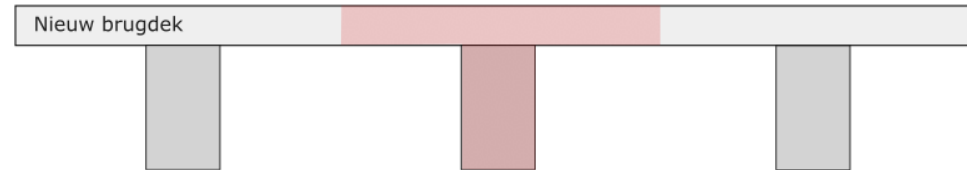


› Hergebruik van prefab betonnen brugliggers

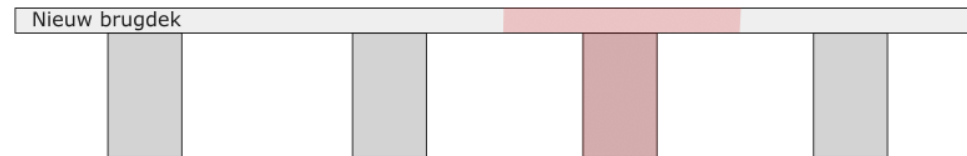
› Het brugdek



Ontwerp 1
Nieuw ontwerp brug op basis van 2 rijen bestaande brugliggers



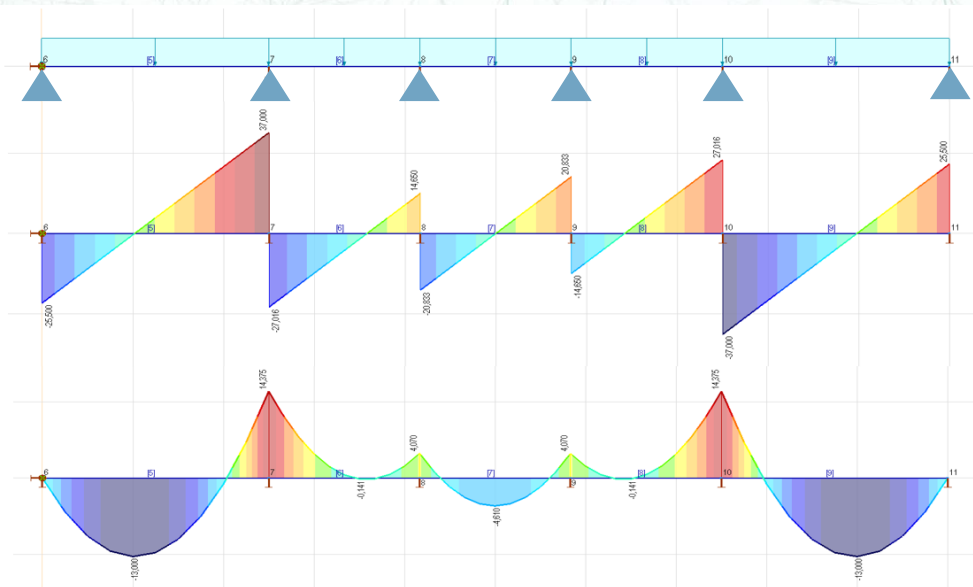
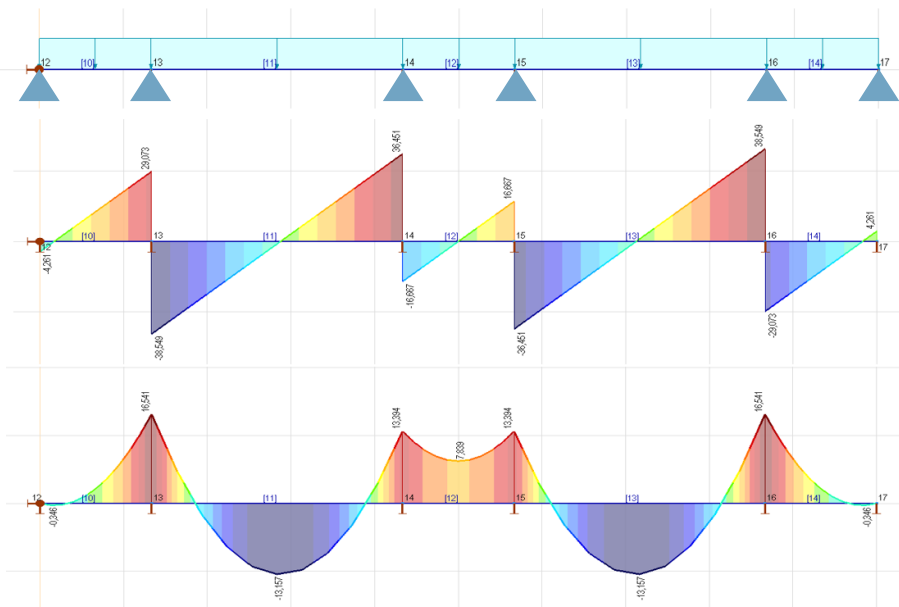
Ontwerp 2
Nieuw ontwerp brug op basis van 3 rijen bestaande brugliggers



Ontwerp 3
Nieuw ontwerp brug op basis van 4 rijen bestaande brugliggers

› Hergebruik van prefab betonnen brugliggers

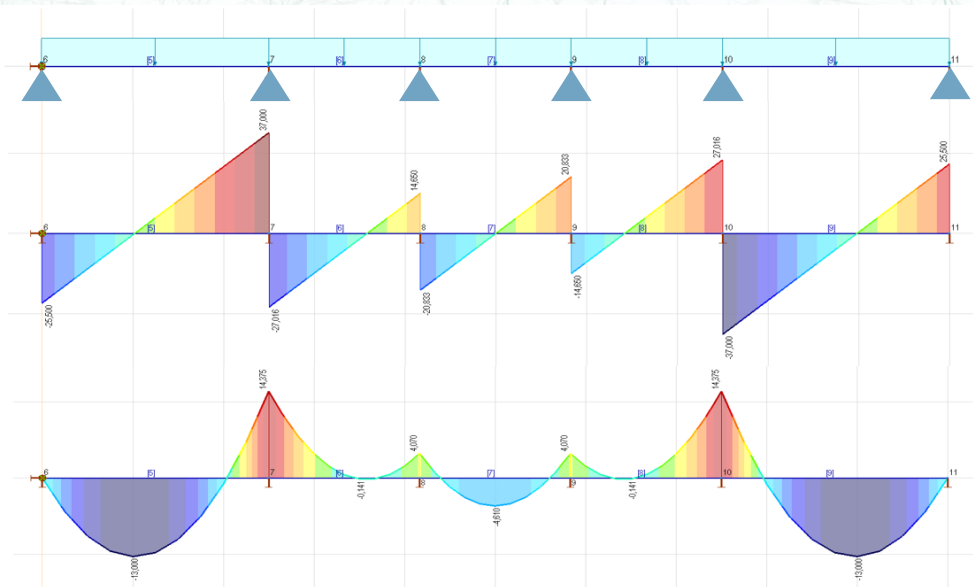
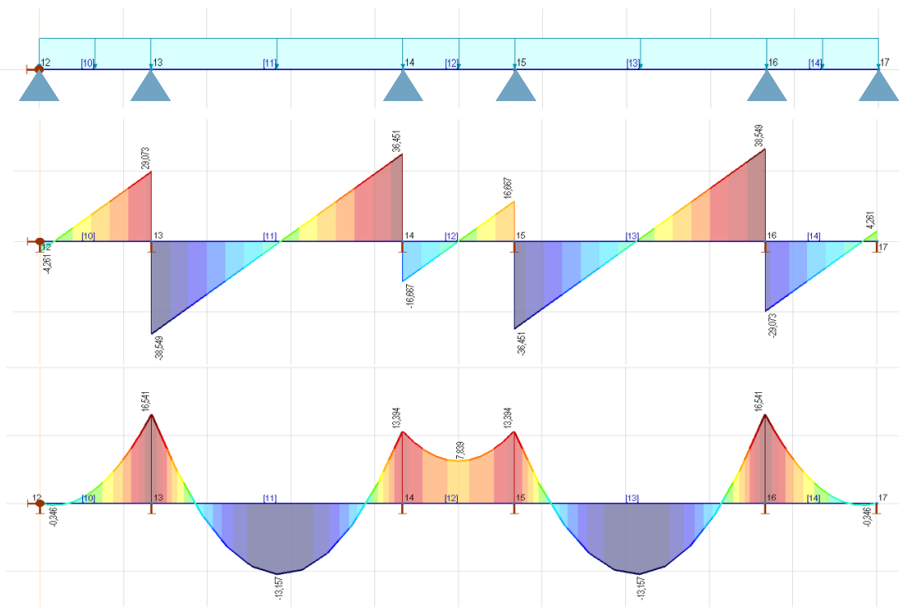
› Optimalisatie



› Hergebruik van prefab betonnen brugliggers

› Optimalisatie

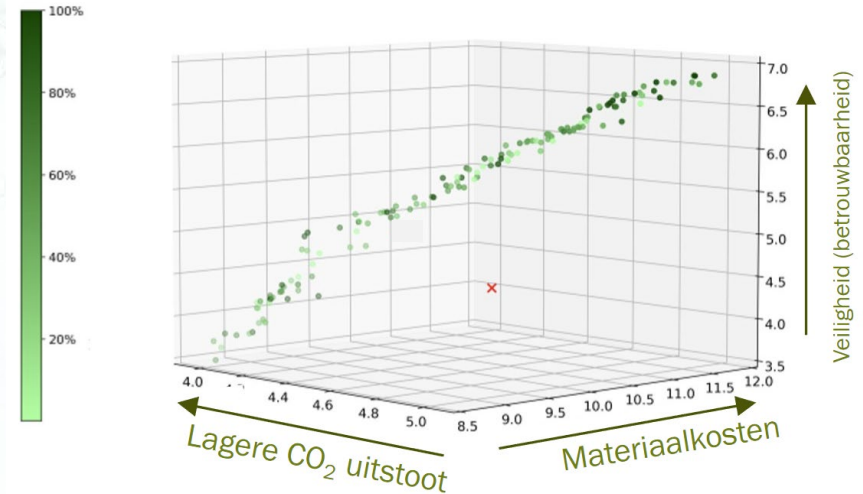
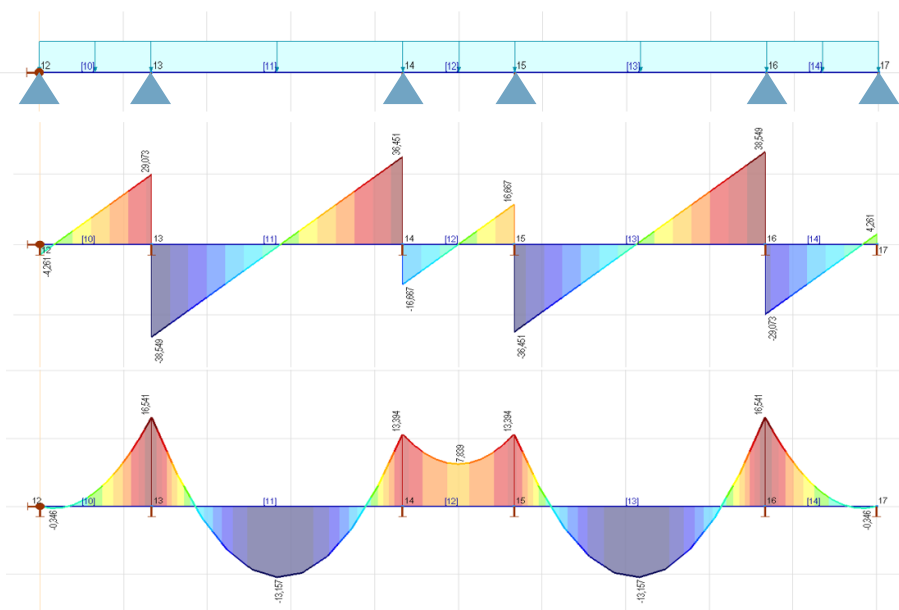
Betonkwaliteit brugdek
Dikte brugdek
Ligger set
Wapening dwarsrichting
Wapening langsrichting (koppeling ligger-dek)



› Hergebruik van prefab betonnen brugliggers

› Optimalisatie

Betonkwaliteit brugdek
Dikte brugdek
Ligger set
Wapening dwarsrichting
Wapening langsrichting (koppeling ligger-dek)



› Hergebruik van prefab betonnen elementen



› Hergebruik van prefab betonnen elementen



EU Horizon 2020 programma

Hergebruik van prefab beton
voor een circulaire economie



› Hergebruik van prefab betonnen elementen



EU Horizon 2020 programma

Hergebruik van prefab beton
voor een circulaire economie



Finland



Duitsland



Nederland



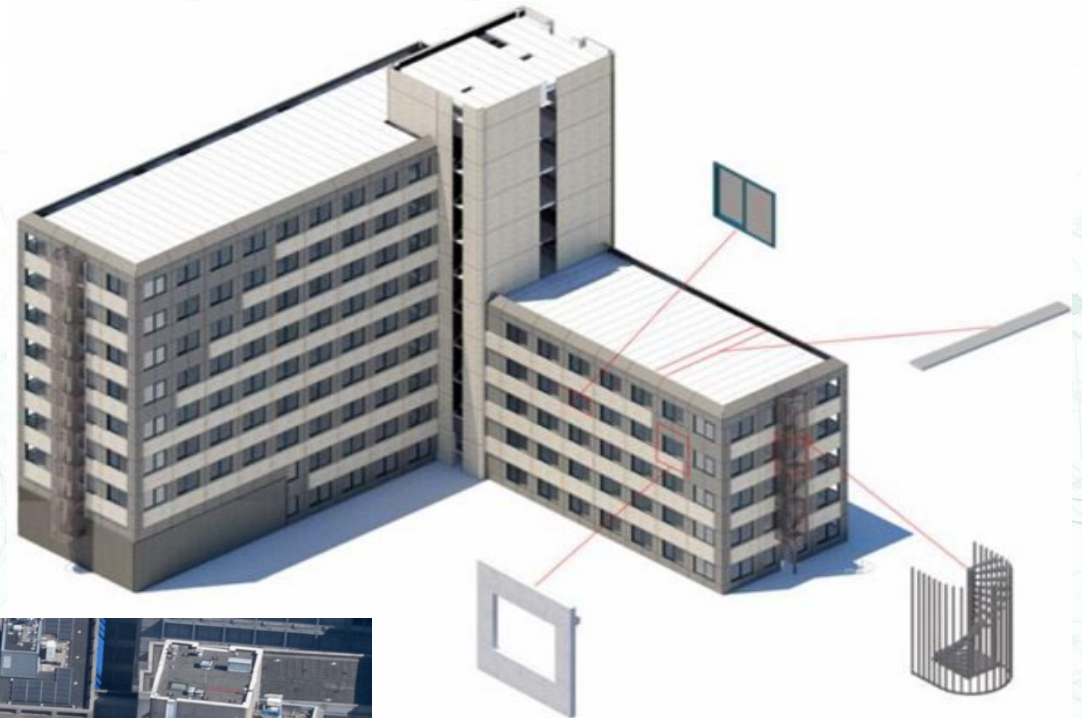
Zweden

› Hergebruik van prefab betonnen elementen

ReCreate

EU Horizon 2020 programma

Hergebruik van prefab beton
voor een circulaire economie



Nederland (Prinsenhof Arnhem)

› Hergebruik van prefab betonnen elementen

ReCreate



Gebouw met prefab beton constructie



Opslag losse prefab betonnen elementen

› Hergebruik van prefab betonnen elementen

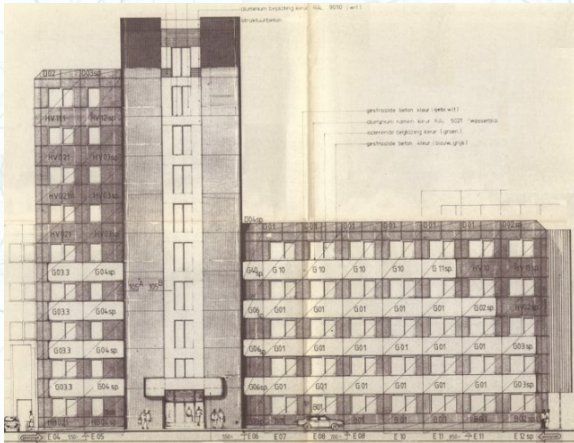
ReCreate



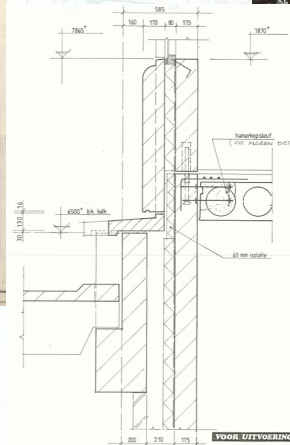
Opslag losse prefab betonnen elementen

› Hergebruik van prefab betonnen elementen

ReCreate



Verzamelen data



PRINSENHOF ARNHEM
=====

Statische berekening

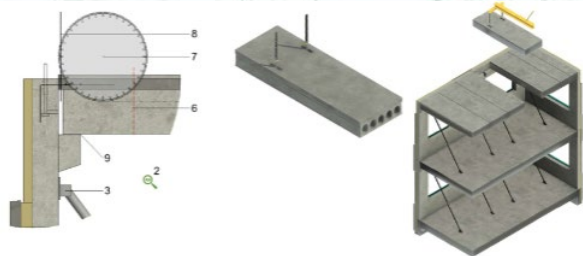
Onderdeel: GEWICHTSBEREKENING
 GEBOUW B.



BIM model elementen

› Hergebruik van prefab betonnen elementen

ReCreate



› Hergebruik van prefab betonnen elementen

ReCreate



› Hergebruik van prefab betonnen elementen



WP_1	Analysis of precast concrete systems
WP_2 ^(*)	Deconstruction
WP_3	Logistics and processing
WP_4	Quality management
WP_5 ^(*)	Redesign and reassembly
WP_6	Potential to reach energy and climate targets
WP_7	Exploitation, business model development and business case
WP_8	Policy support and social acceptability

