

HOVEEL ADDITIONELE WAPENING IS BENODIGD?

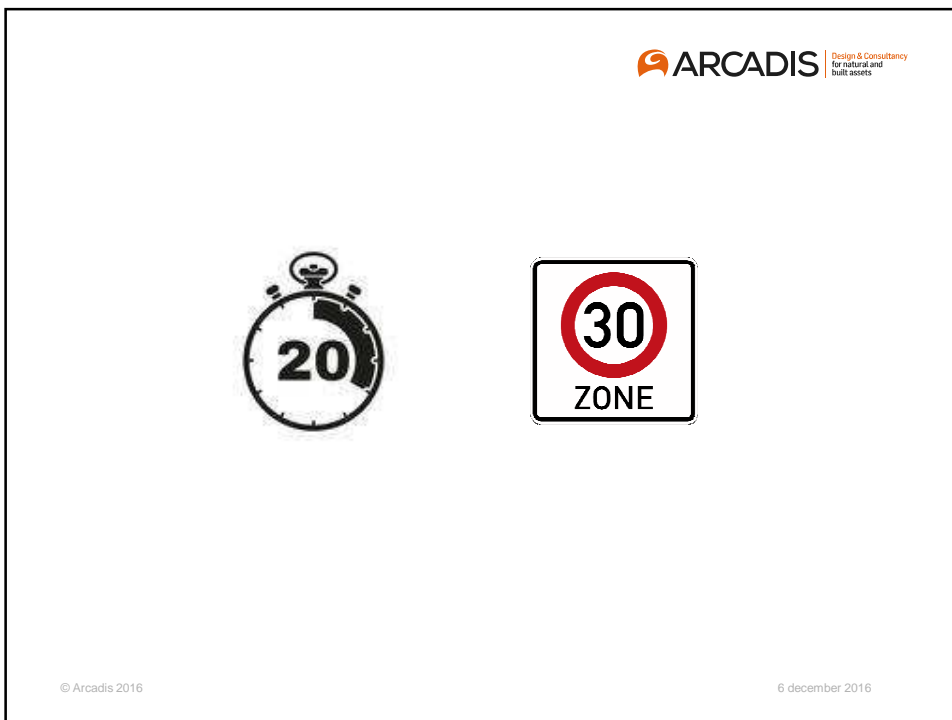
Casus explosiebelasting in de Ketheltunnel

6 december 2016

HOVEEL ADDITIONELE WAPENING IS BENODIGD?

Casus explosiebelasting in de Ketheltunnel

Ricky Tai
Coen van der Vliet



Titel: How much additional reinforcement is required?

Datum: 6 december 2016

 **ARCADIS** | Design & Consultancy
for natural and built assets

Casus van bestaande Ketheltunnel

Casus: hoeveel additionele wapening is benodigd voor de Ketheltunnel, indien naast de andere relevante statische belastingen ook een explosiebelasting in rekening is gebracht?

 Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Dat kunnen wij bepalen!

 **ARCADIS** | Design & Consultancy
for natural and built assets

© Arcadis 2016 6 december 2016

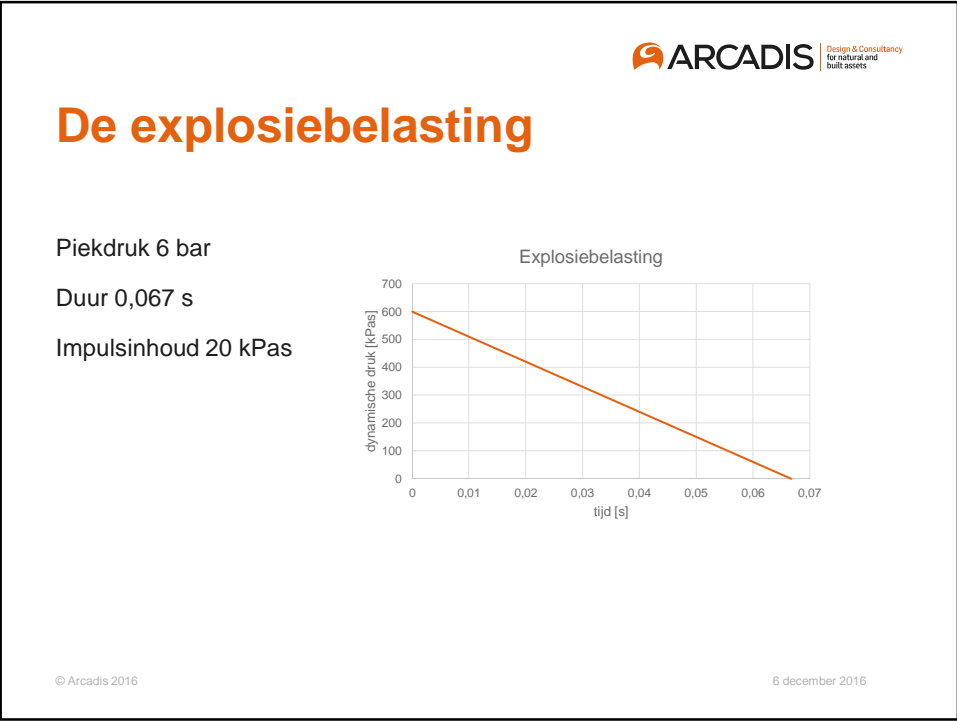
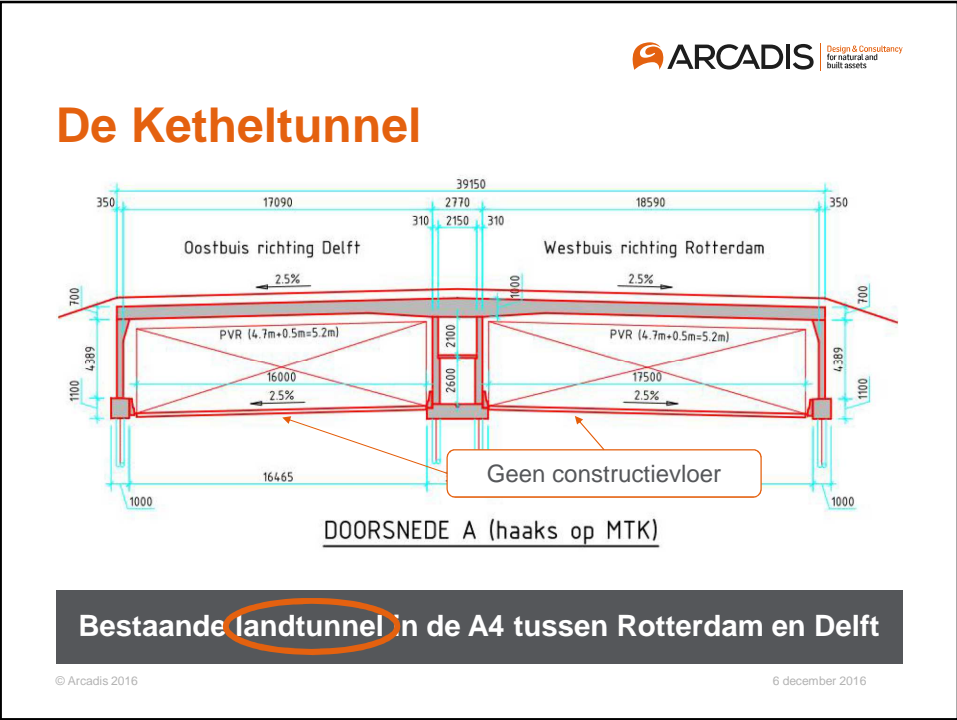
 **ARCADIS** | Design & Consultancy
for natural and built assets

Waarom?

- Groeiend aantal landtunnels
- Huidige ROK: geen 'explosiebelasting'
- Beperking van vervoer van gevaarlijke grondstoffen minimaliseren

Wat zijn de meerkosten voor explosiebestendigheid?

© Arcadis 2016 6 december 2016

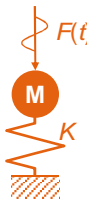


ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Verkennde analyses

1-massa-veersysteem

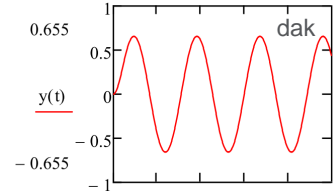
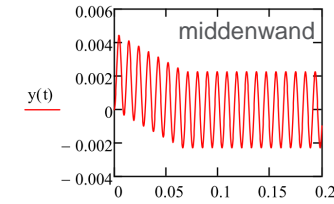
- dak / wand
- eenzijdig / tweezijdig ingeklemd



Equivalentente massa & stijfheid

Analytische oplossing van de differentiaalvergelijking

Slimme keuze randvoorwaarden → Conservatieve Rayleigh-factoren voor EEM;
Referentie resultaten voor EEA;

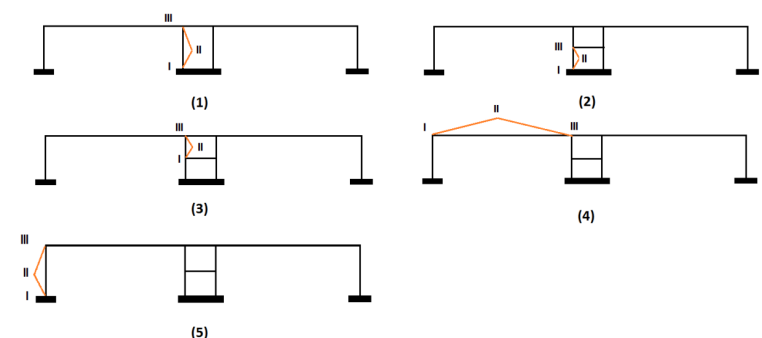



Maar onderlinge beïnvloeding van de tunnelonderdelen wordt verwaarloosd

© Arcadis 2016 6 december 2016

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Staaftmodel met plastische knopen



explosie → impulsbalans → initiële snelheid
↓
kin. energie → energiebalans → plastische rotaties

© Arcadis 2016 6 december 2016

Staaftmodel met plastische knopen

plastische rotaties → plastische rek $\epsilon_{pl} \leq$ uiterste rek ϵ_{su}

bepaal minimaal benodigde hoeveelheid wapening

Mechanisme	Wapening huidig ontwerp			Benodigde wapening ontwerp met explosiebelasting		
	Doorsnede I	Doorsnede II	Doorsnede III	Doorsnede I	Doorsnede II	Doorsnede III
1	Φ16-200 + Φ12-200	Φ14-135	Φ16-200 + Φ12-200	Φ25-110 + Φ25-110	Φ25-110+ Φ20-110	Φ25-110 + Φ25-110
2	Φ16-200 + Φ12-200	Φ16-200 + Φ12-200	Φ16-200 + Φ12-200	Φ25-100 + Φ16-100	Φ16-100 + Φ16-200	Φ25-100 + Φ25-200
3	Φ16-200 + Φ12-200	Φ14-135	Φ16-200 + Φ12-200	Φ25-90 + Φ20-180	Φ25-140 + Φ20-140	Φ25-90 + Φ20-180
4	Φ20-270 + Φ16-270	Φ14-270 + Φ12-270	Φ14-270 + Φ12-270	Φ32-80	Φ25-140	Φ32-80
5	Φ14-135	Φ25-270 + Φ20-270 + Φ20-270	Φ14-270 + Φ12-270	Φ20-160	Φ25-120	Φ25-100 + Φ25-100

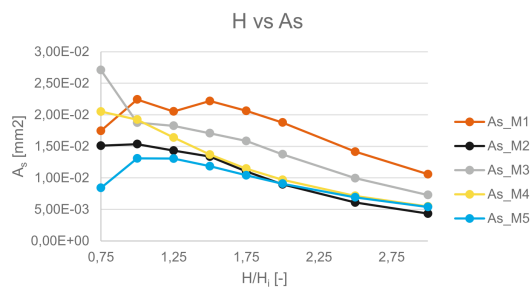
Wapening past niet in betondoorsnede

© Arcadis 2016

Staaftmodel met plastische knopen

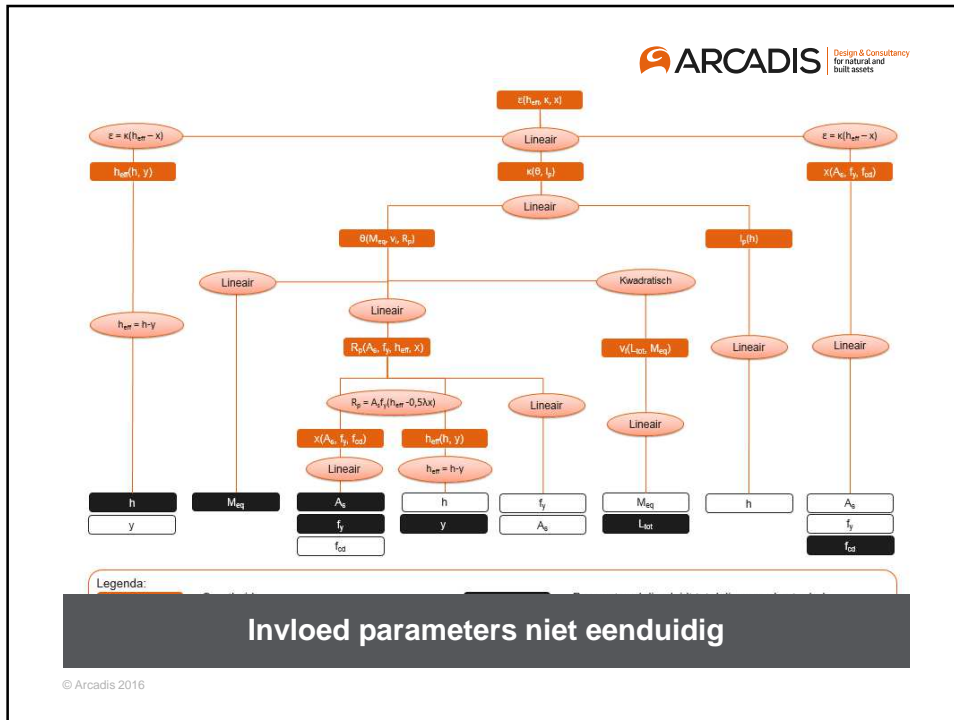
Varieer wanddikte

Formules i.c.m. de min. en max.
wapeningspercentages volgens
de Eurocode:



Meer dikte niet altijd gunstig

© Arcadis 2016



ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Conclusies verkennende analyses

Randvoorwaarden?
Onderlinge beïnvloeding tunnelonderdelen?
Effect parameter niet-eenduidig?

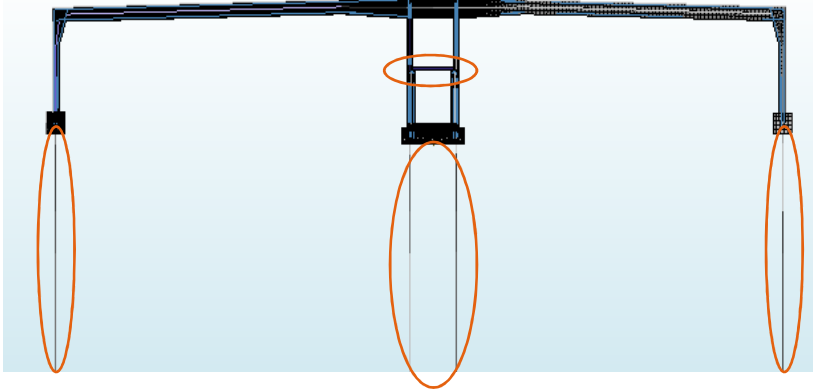
Huidige dikte tunnelonderdelen onvoldoende;
Rayleigh factoren;
Referentie voor resultaten EEA;

EEA biedt een oplossing!

© Arcadis 2016 6 december 2016

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and built assets

EEA met lineaire materiaalparameters

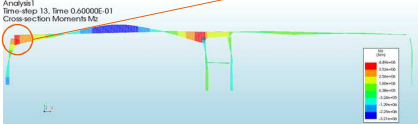


© Arcadis 20166 december 2016

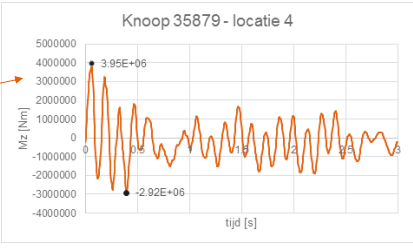
ARCADIS Design & Consultancy
for natural and built assets

EEA met lineaire materiaalparameters

Bepaal verloop verplaatsingen en snedekrachten in de tijd op verschillende snedes

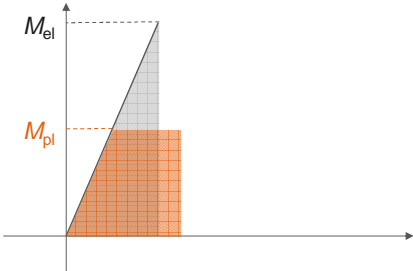


Analysis 1
Time-step 13, Time 0.650000E-01
Cross-section Moments Mz



Knoop 35879 - locatie 4

Equivalent plastisch moment:
dissipatie elastische energie d.m.v.
plastische vervormingen
Analoog aan 'behavior factor' bij
seismische analyses



© Arcadis 2016

Conclusies EEA met lineaire materiaalparameters

Indicatie consequenties voor wapening en dikte

Maar:

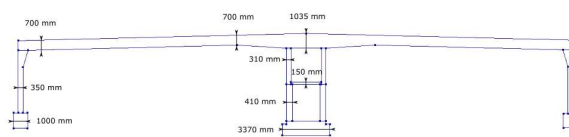
- dikte verhogen → stijfheidstoename → andere respons
- in realiteit niet-lineair gedrag → stijfheidsafname → lagere eigenfrequentie → andere respons
- dwarskracht?
- interactie normaalkracht – moment correct meegenomen?
- alleen lokale energiebeschouwing, geen uitwisseling steunpunt - veld

Niet-lineaire EEM-berekening is een must

© Arcadis 2016

EEA met niet-lineaire materiaalparameters

Fase 1 (as-built geometrie)



In overeenstemming met de RWS tunnel aangepast

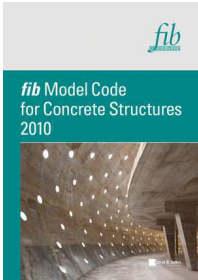
© Arcadis 2016

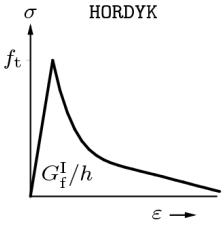
6 december 2016

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

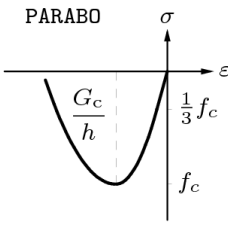
Niet-lineariteit beton

Total strain based crack model

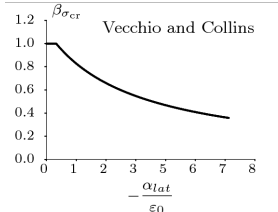




HORDYK



PARABO



Vecchio and Collins

Reductie poisson's ratio t.g.v. scheurvorming

© Arcadis 20166 december 2016

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Niet lineariteit staal

STANDAARD NIET-LINEAIRE WAPENING

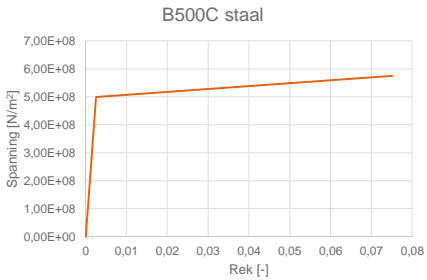
YOUNG 2.00000E+11
 DENSIT 7.85000E+03
 YIELD VMISES
 TRESSH EPSSIG
 HARDEN STRAIN
 EPSSIG
 0.00000E+00 0.00000E+00
 2.50000E-03 5.00000E+08
 7.49000E-02 5.75000E+08
 7.50000E-02 1.00000E+02
 7.51000E-02 1.00000E+02

UITBREIDING MET BOND-SLIP

DSNY 2.00000E+11
 DSSX 9.24700E+07
 BONDSL2
 SLPVAL 2.44250E+08 4.00000E-01 1.00000E-05

UITBREIDING MET TIP-STIFFNESS

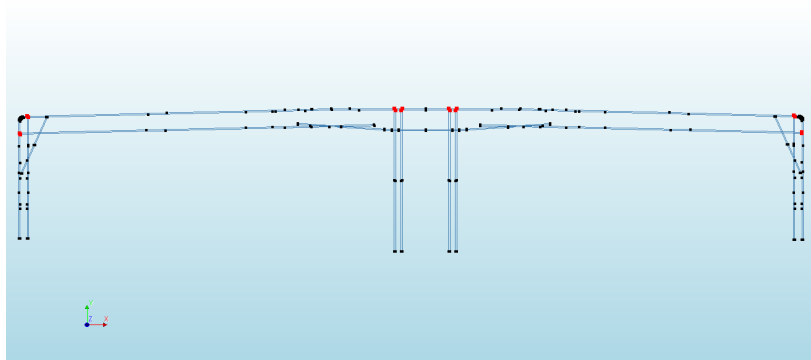
ASPECT ANCHOR
 TIPOC END
 DTIPNX 1.00000E+12
 DTIPSY 5.00000E+11



B500C staal

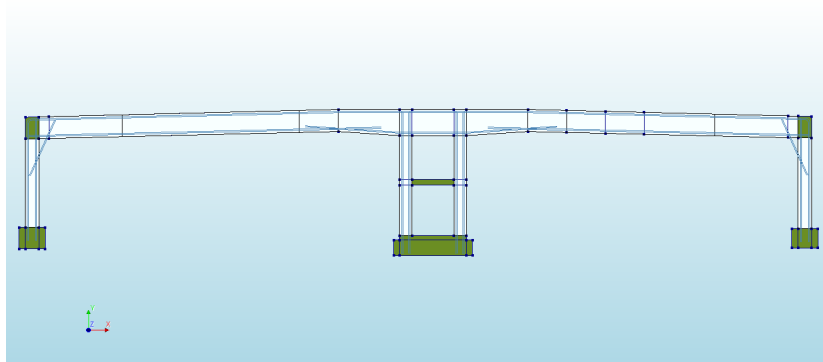
© Arcadis 20166 december 2016

Langswapening

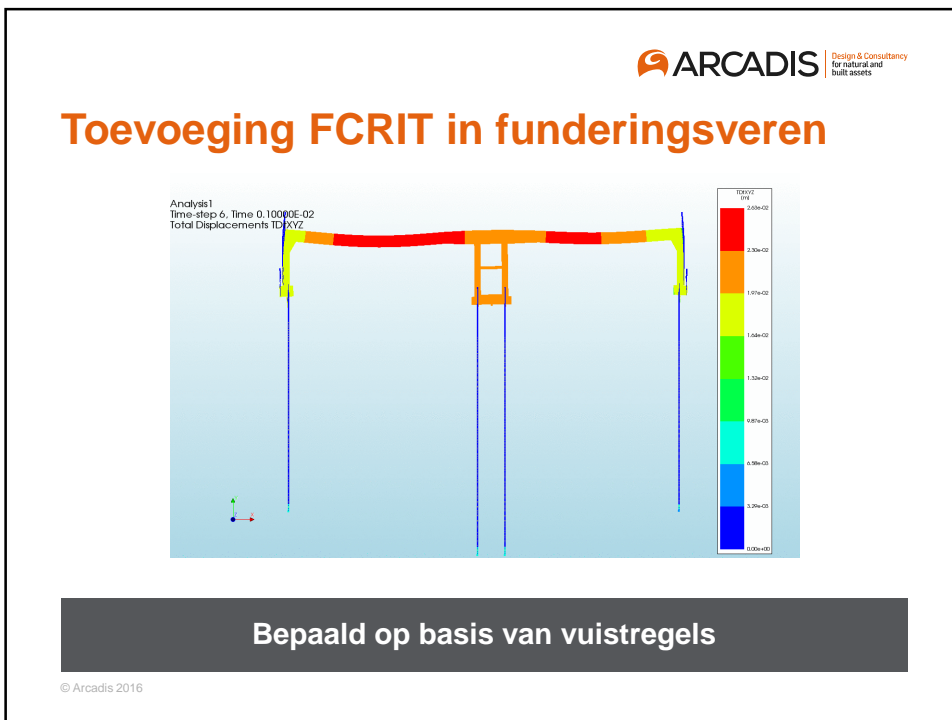


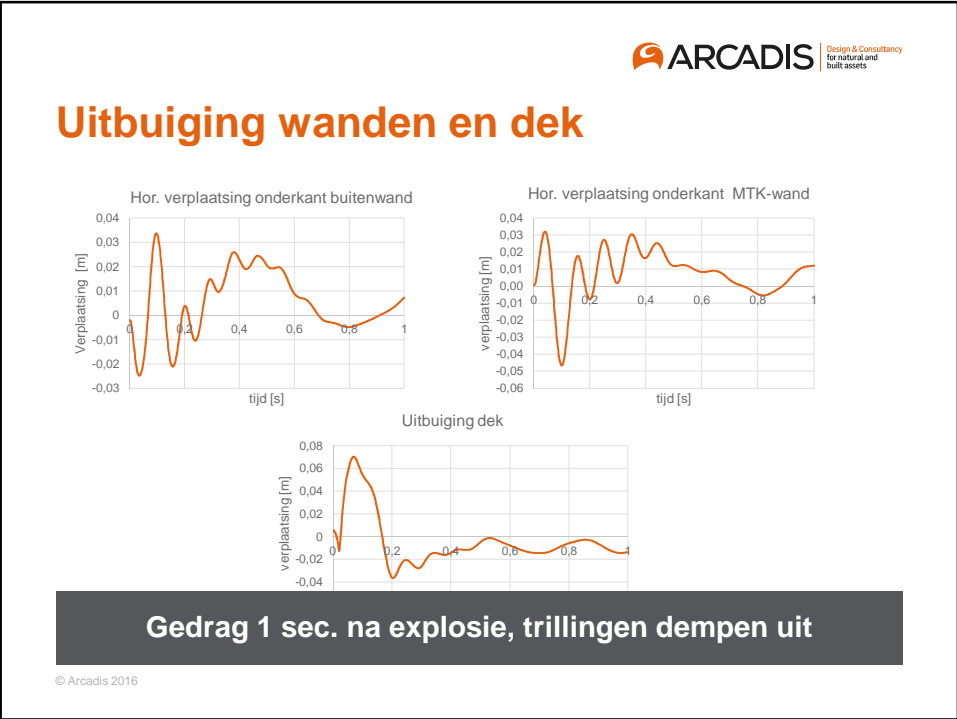
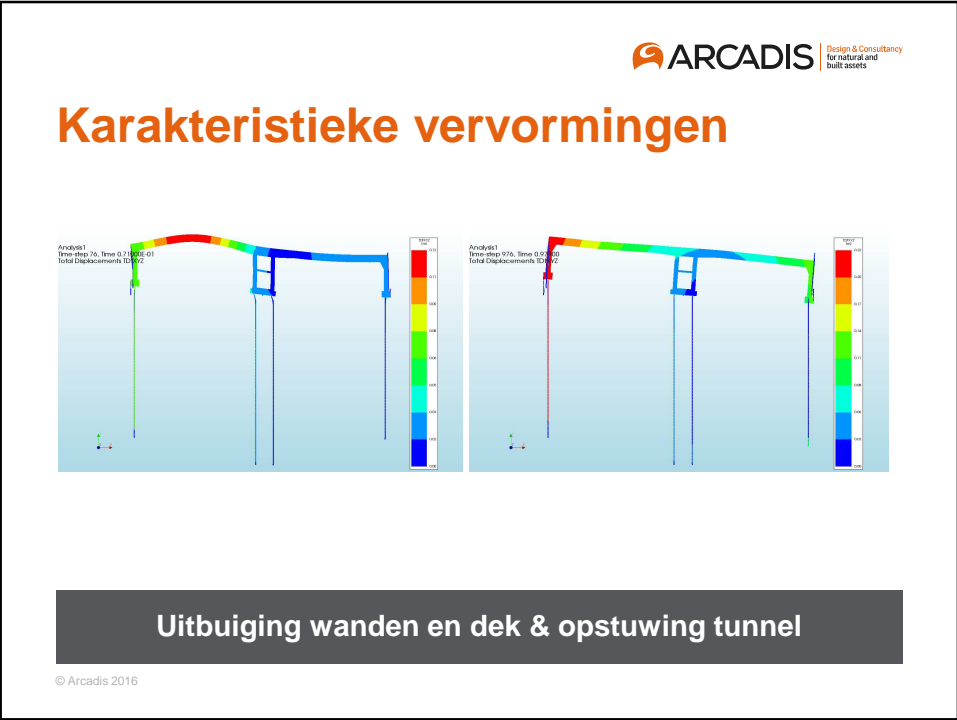
© Arcadis 2016

Dwarswapening



© Arcadis 2016





ARCADIS Design & Consultancy
for natural and
built assets

Conclusie



Tunnel doorstaat explosiebelasting

A.d.h.v. resultaten maakt RWS een kostenberekening

© Arcadis 2016

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and
built assets

Aanbevelingen



Optimalisering ontwerp?
Niet-lineariteit fundering?
Betongedrag onder dynamische
belasting?
Protocol voor explosiebestendig
ontwerpen?

6 december 2016

Bedankt voor uw aandacht



Arcadis.
Improving quality of life.