

# RAW - IJtunnel

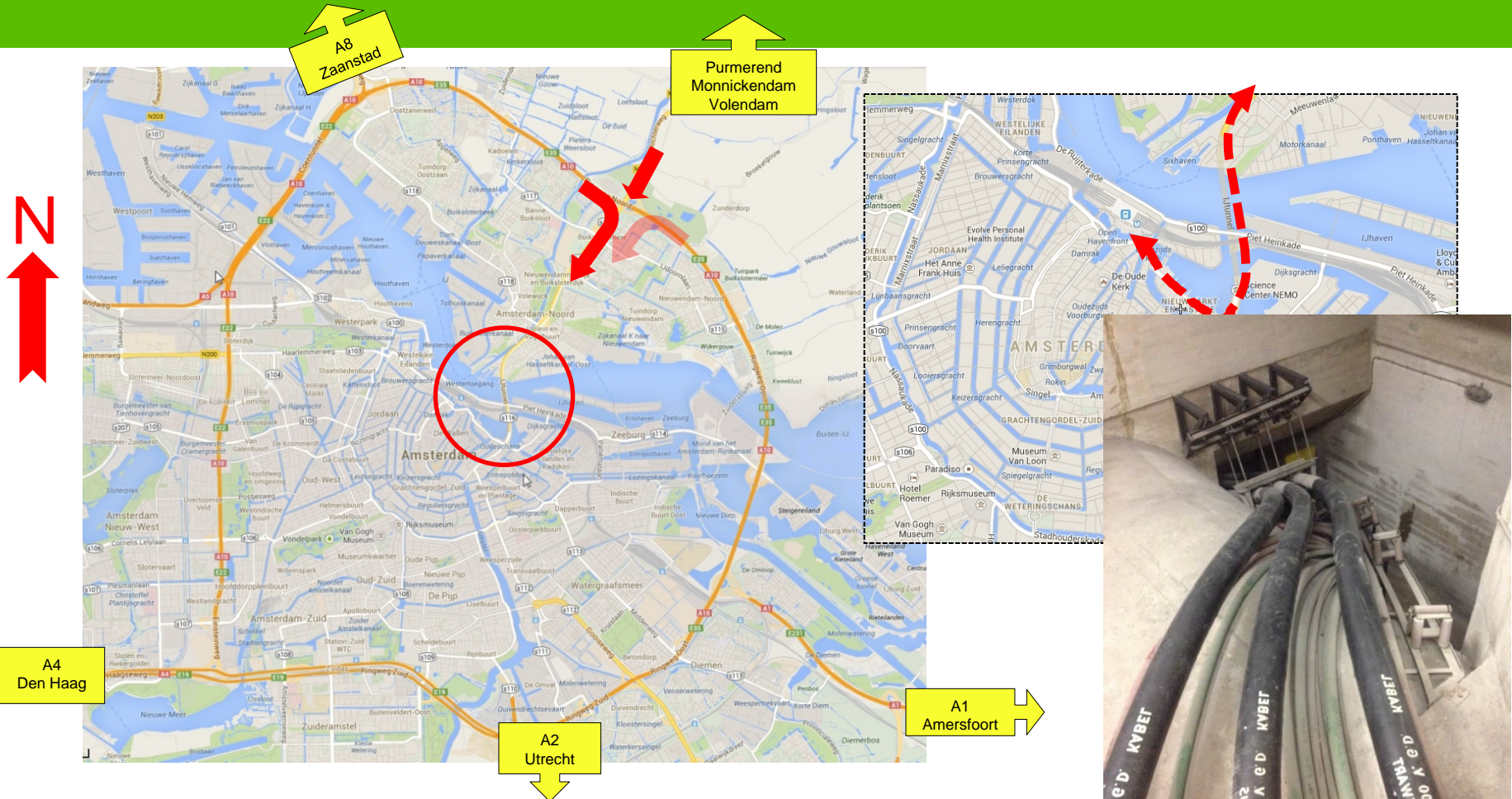
*Civiel*

*Zomerwerken  
2011 en 2012*

*Jelle van der Elsen  
Strategisch Adviseur  
Constructie Grote Projecten  
3 juni 2014 Delft*



# Locatie en functie IJtunnel



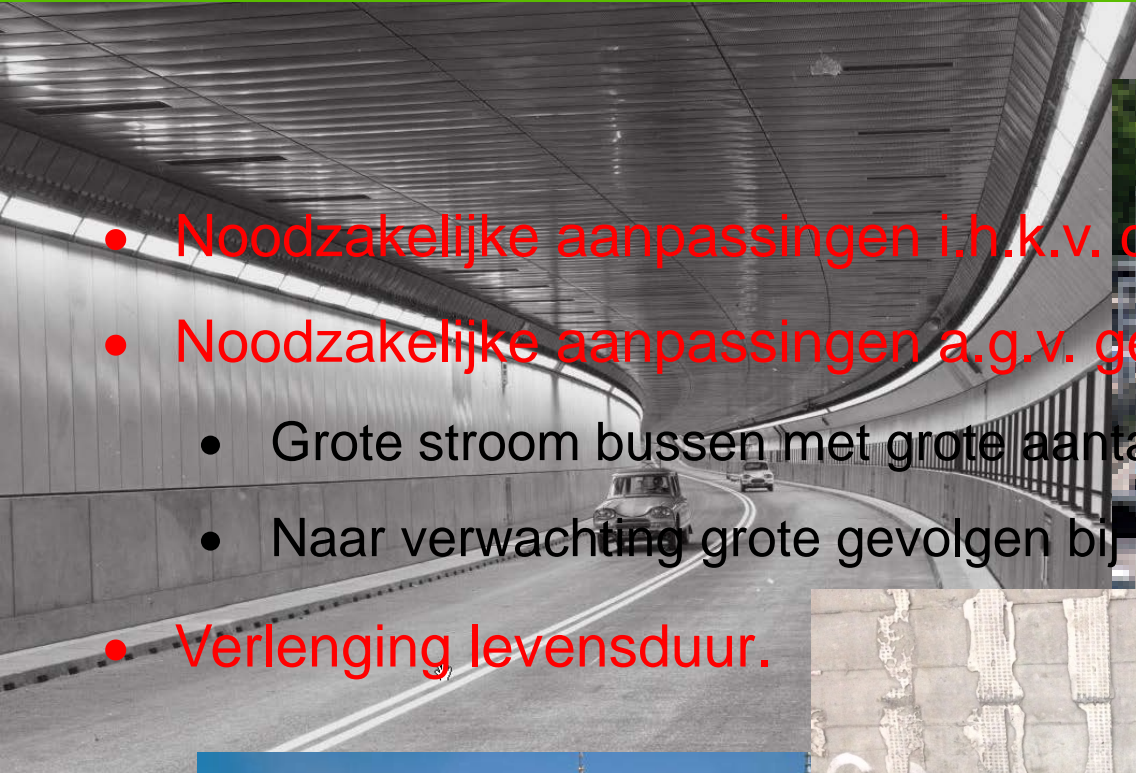
Noordelijke regionale verbinding naar Amsterdam centrum  
Autotunnel als cruciale binnenstedelijke verbinding voor OV en vrachtverkeer (bevoeding binnenstad);  
Faciliteert voor een h.s.p. verbinding (3x150kV) en een drinkwater transportleiding.





# Aanleiding renovatie IJtunnel

- Noodzakelijke aanpassingen i.h.k.v. de tunnelwetgeving;
- Noodzakelijke aanpassingen a.g.v. gewijzigd gebruik;
  - Grote stroom bussen met grote aantallen passagiers
  - Naar verwachting grote gevolgen bij calamiteit
- Verlenging levensduur.



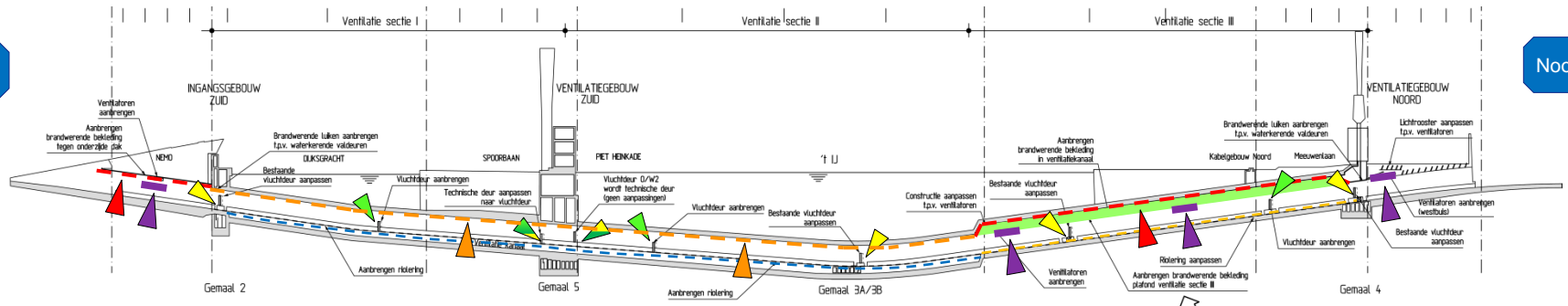


# Renovatie werkzaamheden 2011 en 2012

## Civieltechnische maatregelen

Centrum

Noord



Brandwerende bekleding sectie I&II (2011)

Slopen sectie III (2012)

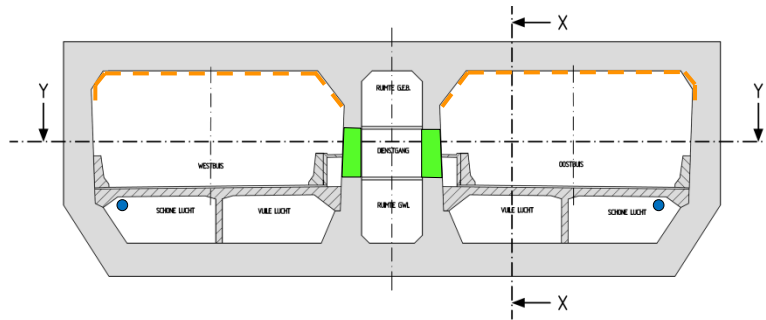
Brandwerende bekleding sectie III & NEMO(2012)

Upgrade vluchtdoeren bestand (2012)

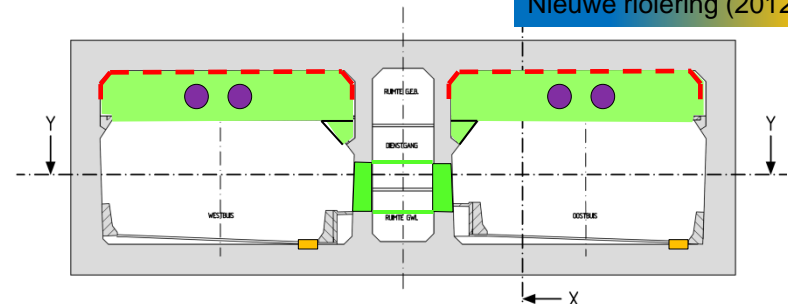
Uitbreiding met nieuwe vluchtdoeren (2012)

Stalen ophangconstructie nieuwe ventilatoren (2012)

Nieuwe riolering (2012)



PRINCIPE BESTAANDE DOORSNEDE t.p.v. VENTILATIESECTIE I en II  
SCHAAL 1: 100



PRINCIPE BESTAANDE DOORSNEDE t.p.v. VENTILATIESECTIE III  
SCHAAL 1: 100





# Renovatie werkzaamheden 2011 en 2012

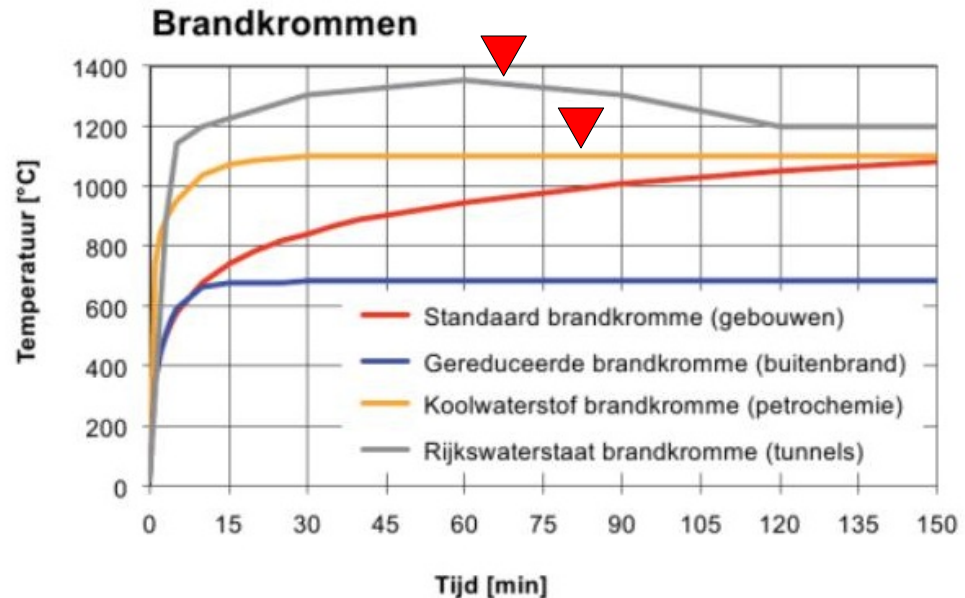
## Brandwerende bekleding

Wanneer brandwerende bescherming constructie volgens Bouwbesluit

- Wettelijke eis voor tunnels gelegen onder water (Bouwbesluit):
- Instandhoudingstermijn draagconstructie <
  - Bestaande bouw: min. **1**uur (of 'rechtens verkregen niveau')
  - Nieuwbouw: min. **2** uur;
- Bovenwettelijke eisen, beperkte schade, snel herstel

Te hanteren brandkromme

- Gesloten deel: RWS;
- Open deel: KWS (HC);





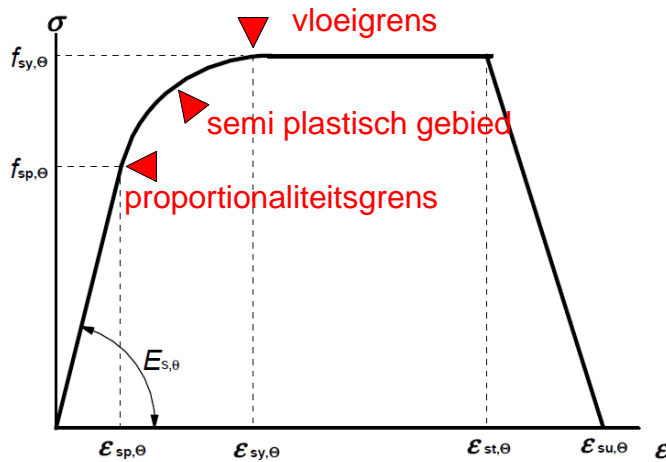




# Renovatie werkzaamheden 2011 en 2012

## Brandwerende bekleding - invloed brand op materiaaleigenschappen

Invloed brand op materiaaleigenschappen (Eurocode – wapenings/voorspanstaal)



afname sterkte bij 100°C

Staaltemperatuur $\theta$ [°C]	$f_{py,\theta} / (\beta f_{pk})$		$f_{pp,\theta} / (\beta f_{pk})$		$E_{p,\theta} / E_p$		$\epsilon_{pt,\theta} [-]$	$\epsilon_{pu,\theta} [-]$	
	cwv		q & t		cw		q & t	cw, q & t	
	klasse A	klasse B							
1	2a	2b	3	4	5	6	7	8	9
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,050	0,100
100	1,00	0,99	0,98	0,68	0,77	0,98	0,76	0,050	0,100
200	0,87	0,87	0,92	0,51	0,62	0,95	0,61	0,050	0,100
300	0,70	0,72	0,86	0,32	0,58	0,88	0,52	0,055	0,105
400	0,50	0,46	0,69	0,13	0,52	0,81	0,41	0,060	0,110
500	0,30	0,22	0,26	0,07	0,14	0,54	0,20	0,065	0,115
600	0,14	0,10	0,21	0,05	0,11	0,41	0,15	0,070	0,120
700	0,06	0,08	0,15	0,03	0,09	0,10	0,10	0,075	0,125
800	0,04	0,05	0,09	0,02	0,06	0,07	0,06	0,080	0,130
900	0,02	0,03	0,04	0,01	0,03	0,03	0,03	0,085	0,135
1 000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,090	0,140
1 100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,095	0,145
1 200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,100	0,150

OPMERKING Voor tussenliggende waarden van de temperatuur mag lineair zijn geïnterpoleerd.

Staaltemperatuur $\theta$ [°C]	$f_{sy,\theta} / f_{yk}$		$f_{sp,\theta} / f_{yk}$		$E_{s,\theta} / E_s$	
	warm-gewalst	koud- vervormd	warm- gewalst	koud- vervormd	warm- gewalst	koud- vervormd
1	2	3	4	5	6	7
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
100	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00
200	1,00	1,00	0,81	0,92	0,90	0,87
300	1,00	1,00	0,61	0,81	0,80	0,72
400	1,00	0,94	0,42	0,63	0,70	0,56
500	0,78	0,67	0,36	0,44	0,60	0,40
600	0,47	0,40	0,18	0,26	0,31	0,24
700	0,23	0,12	0,07	0,08	0,13	0,08
800	0,11	0,11	0,05	0,06	0,09	0,06
900	0,06	0,08	0,04	0,05	0,07	0,05
1 000	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,03
1 100	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02
1 200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

voorspanstaal

afname stijfheid/rek(relatie) bij 200°C

afname sterkte bij 500°C

minimale reststerkte bij 900°C

wapeningsstaal





# Brandwerende bekleding sectie I t/m III



Uitgevoerd met Promatect T – platen 20mm dik

RVS verankering aan ondergrond

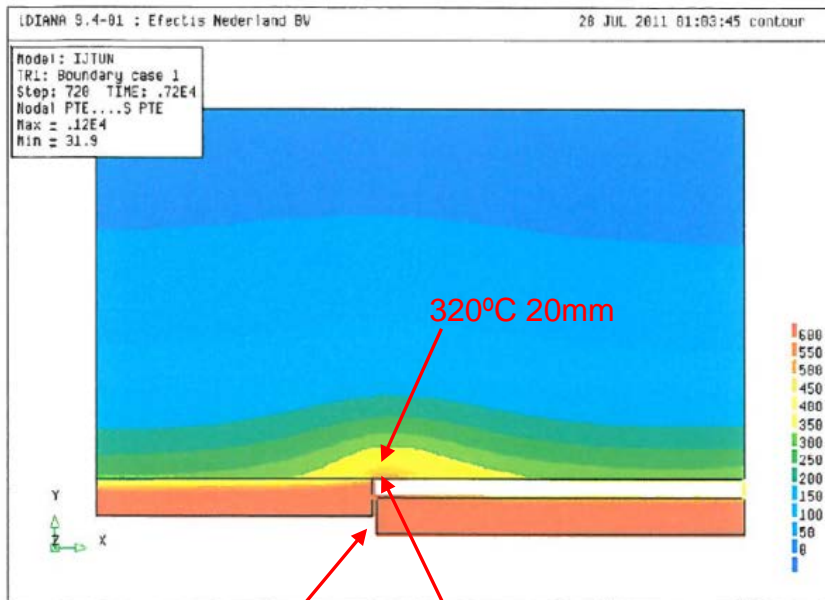
Schuifconstructie ter plaatse van dilatatievoegen



# Renovatie werkzaamheden 2011 en 2012

## Brandwerende bekleding - Beplating

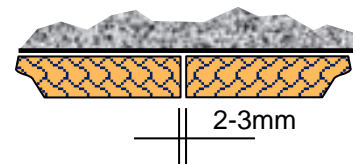
Uitvoeringsaspecten brandwerende platen  
(bijgestelde) eisen plaatdikte 20mm t.a.v. plaatnaden



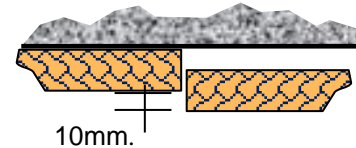
Figuur 6: Temperatuurscontouren na 120 minuten bij 2 mm kier

Overlap 15-10mm  
Naad 0-3mm  
570°C opp.

1. Maximale horizontale naadwijdte:  
platen 'koud' tegen elkaar aan -> 2-3mm



2. Minimale verticale aansluiting:  
over gehele plaatdikte -> 10mm



1. Verticale overlap relatief geringe invloed (convectie);
2. Horizontale naad relatief grote invloed i.v.m. directe aanstraling;
3. Geringe horizontale spreiding.

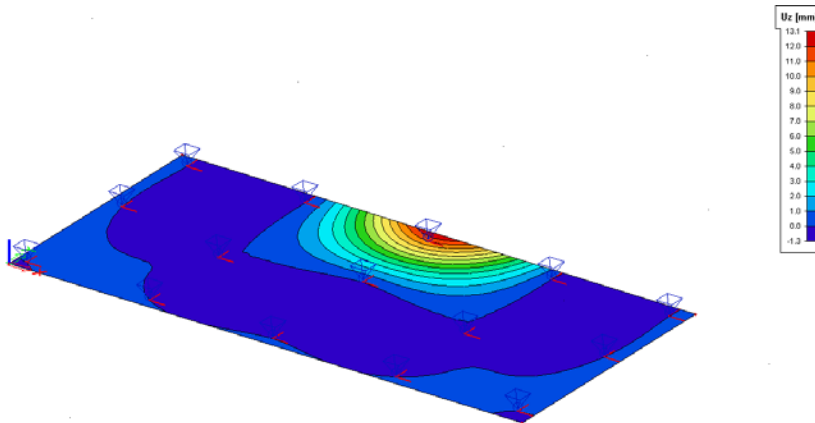


# Renovatie werkzaamheden 2011 en 2012

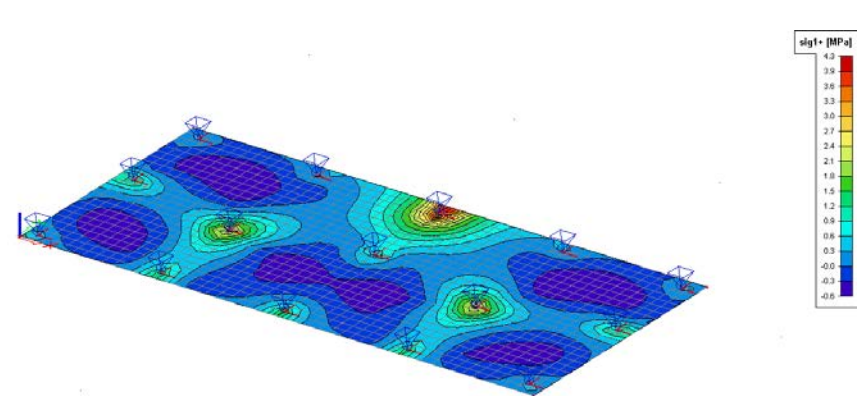
## Brandwerende bekleding - Beplating

Uitvoeringsaspecten brandwerende platen  
(bijgestelde) eisen plaatdikte 20mm t.a.v. oneffenheid

- Opgelegde vervormingen
- Additionele plaatspanningen
- Additionele ankerkrachten



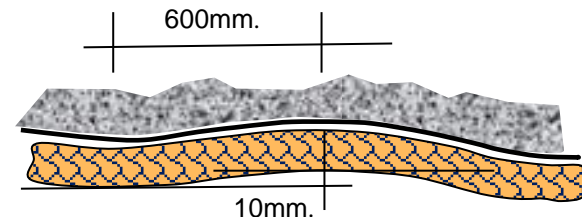
Opgelegde vervormingen



Additionele plaatspanningen en ankerkrachten



Maximale interne vervorming:  
10mm bij  $\Delta L=600\text{mm}$

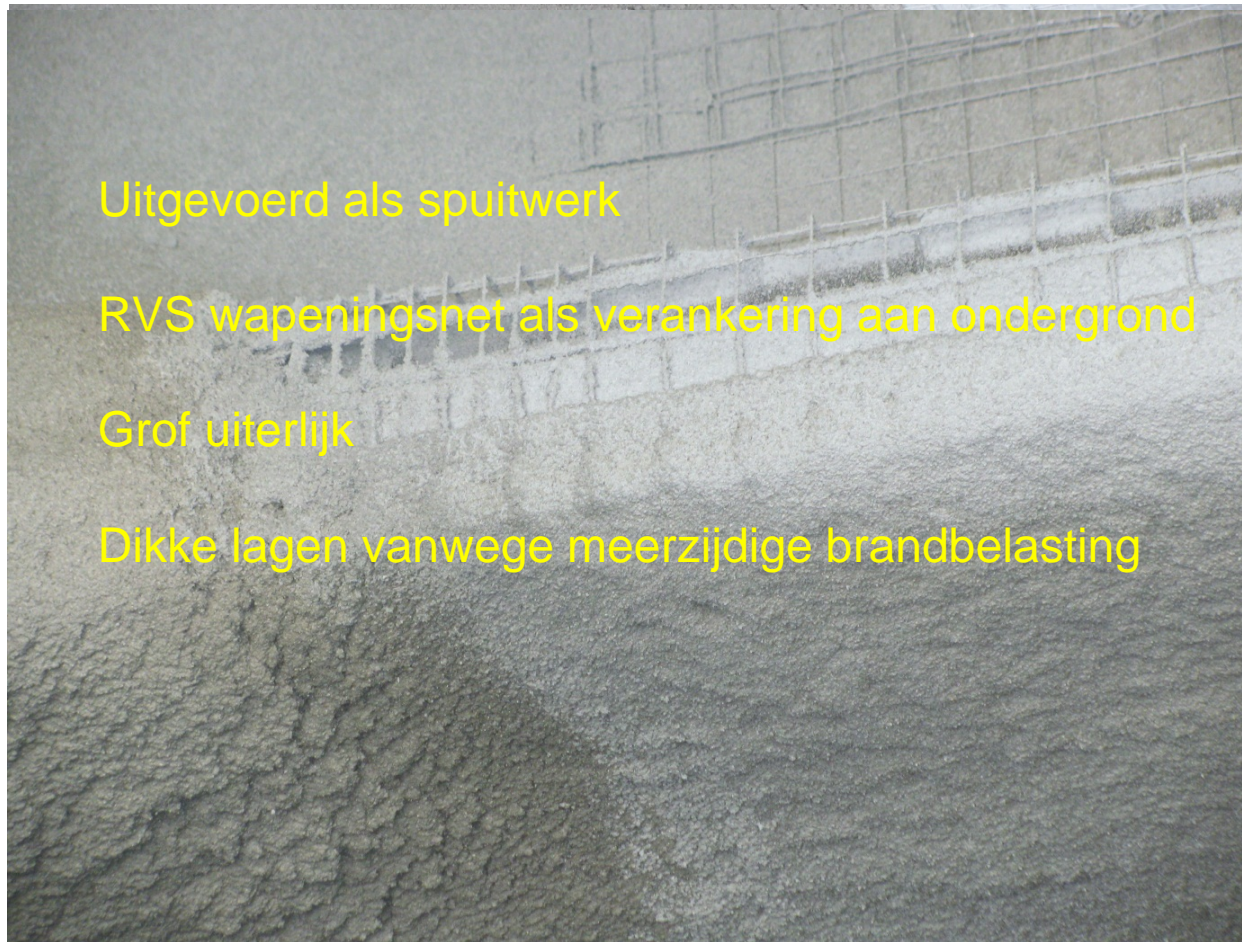






# Brandwerende bekleding NEMO

## Brandwerende bekleding - Spuitpleister



# Renovatie werkzaamheden 2011 en 2012

## Brandwerende bekleding - Spuitpleister

(reken) parameters materiaaleigenschappen brandwerende spuitpleister

1. Rekenparameters, niet (traditioneel) statistisch te bepalen uit beproeving
2. Proefresultaten met grote spreiding, zowel binnen proef zelf, als onderling in diverse proeven
3. Vochtpercentage in mortel heeft grote invloed, maar is niet bevredigend te modelleren
4. Tweezijdige brandbelasting veroorzaakt geen significant afwijkend materiaal gedrag

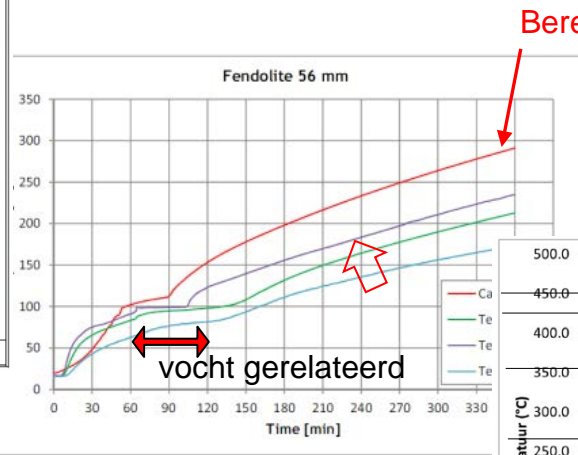
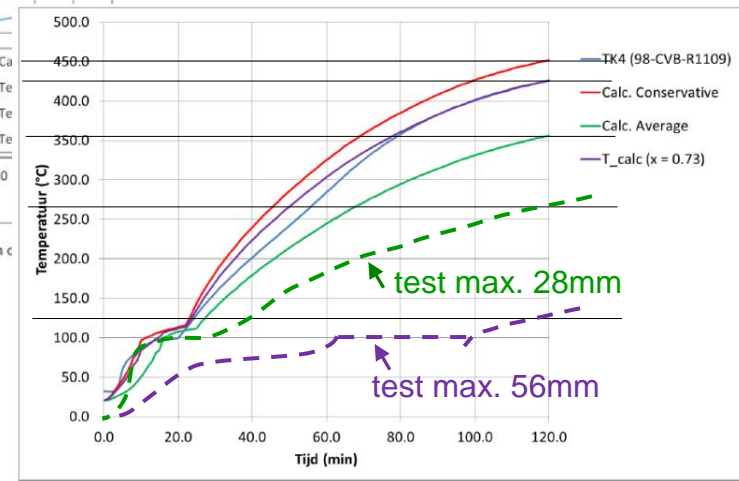


Figure 5 Temperature development on the slab interface protected by 56 mm c

Proef-&reken resultaat  
Alle proeven



Proef-&reken resultaat  
laatste proef

Vershil test rekenwaarde  
 'A' – 28mm test  $\Delta T=80^{\circ}\text{C}$   
 'C' – 28mm test  $\Delta T=180^{\circ}\text{C}$   
 'A' – 56mm test  $\Delta T=230^{\circ}\text{C}$   
 'C' – 56mm test  $\Delta T=330^{\circ}\text{C}$

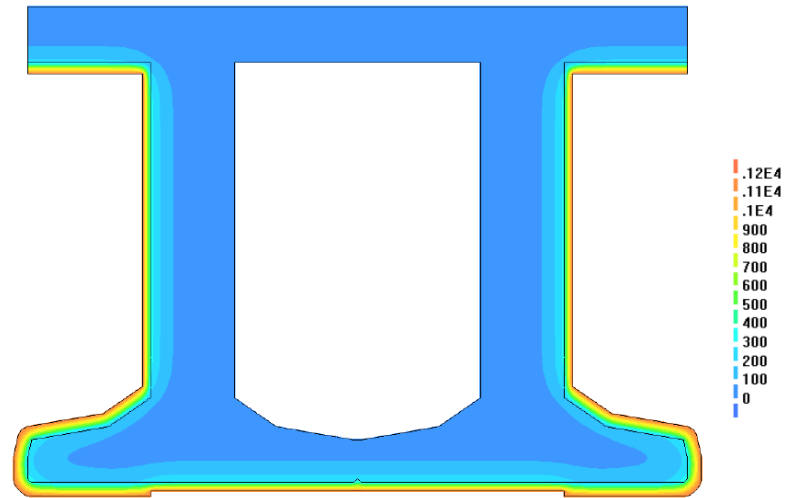
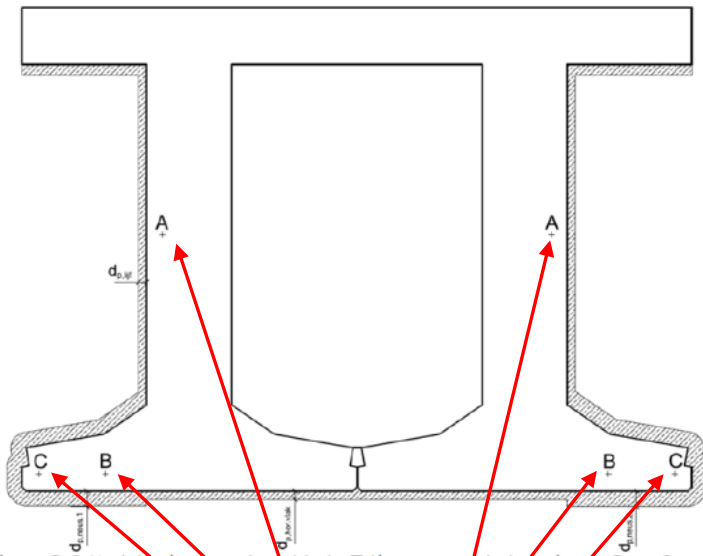




# Renovatie werkzaamheden 2011 en 2012

## Brandwerende bekleding - Spuitpleister

### Doorsnede berekeningen balken onder NEMO



Figuur D.2 Modellering van de dubbele T-ligger, met de locaties A, B en C.

Onderzochte  
Voorspanstreng  
locaties

Voldoet  
(theoretisch) ►  
aan functionele  
eis

Tabel D.2 Temperatuurontwikkeling dubbele T- liggers bij verschillende laagdikten  $d_{p,neus}$  in het beton

Dubbele T-ligger	Temperaturen (°C) na 2 uur verhitting volgens de RWS brandkromme			
Laagdikte $d_{p,neus}$ (mm)	Hoek (H) - hoogste temperatuur	Positie A	Positie B	Positie C
55	355	151	85.4	127
53	376	151	88.8	134
50	410	151	94.4	145
45	463	151	104	168
40	527	151	114	203
35	596	151	127	243
30	683	151	144	290
26 (minimum)	752	151	162	331

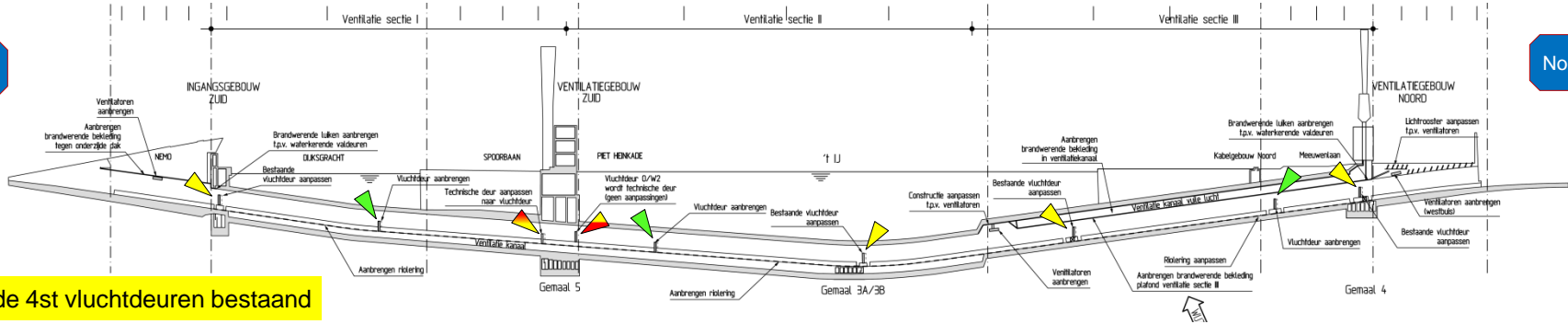


- Materiaaleigenschappen bepalen
- Bepalen Mu
- Bepalen doorbuiging balk i.v.m. gebouw NEMO

# Vluchtdeuren

Centrum

Noord

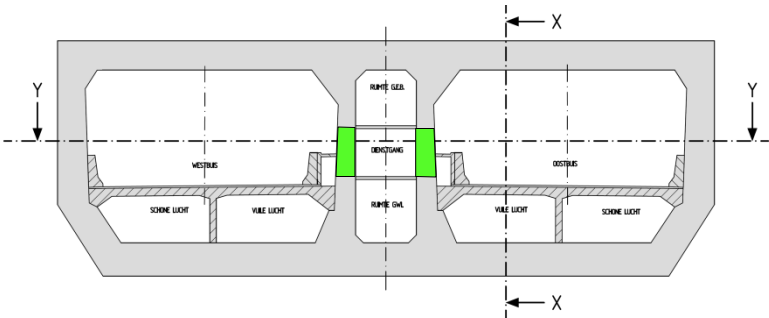


Upgrade 4st vluchtdeuren bestand

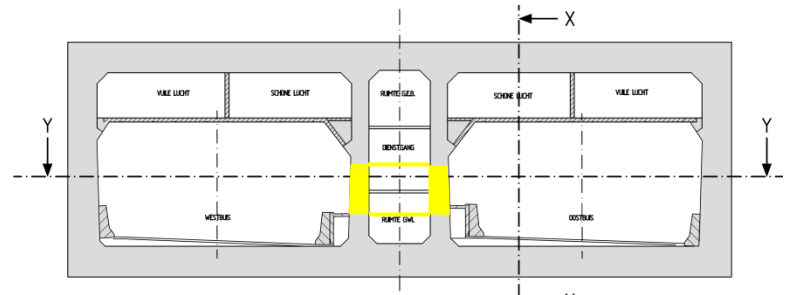
Verbouw 1st vluchtdeur naar technische deur

Ver-/nieuwbouw 1st technische deur naar vluchtdeur

Uitbreiding met 3st nieuwe vluchtdeuren



PRINCIPE BESTAANDE DOORSNEDE t.p.v. VENTILATIESECTIE I en II  
SCHAAAL 1: 100



PRINCIPE BESTAANDE DOORSNEDE t.p.v. VENTILATIESECTIE III  
SCHAAAL 1: 100

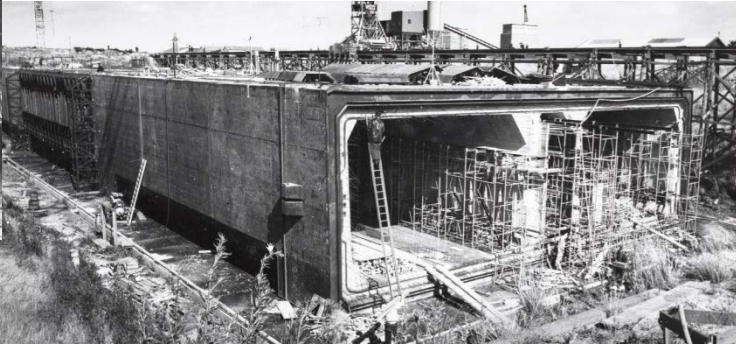
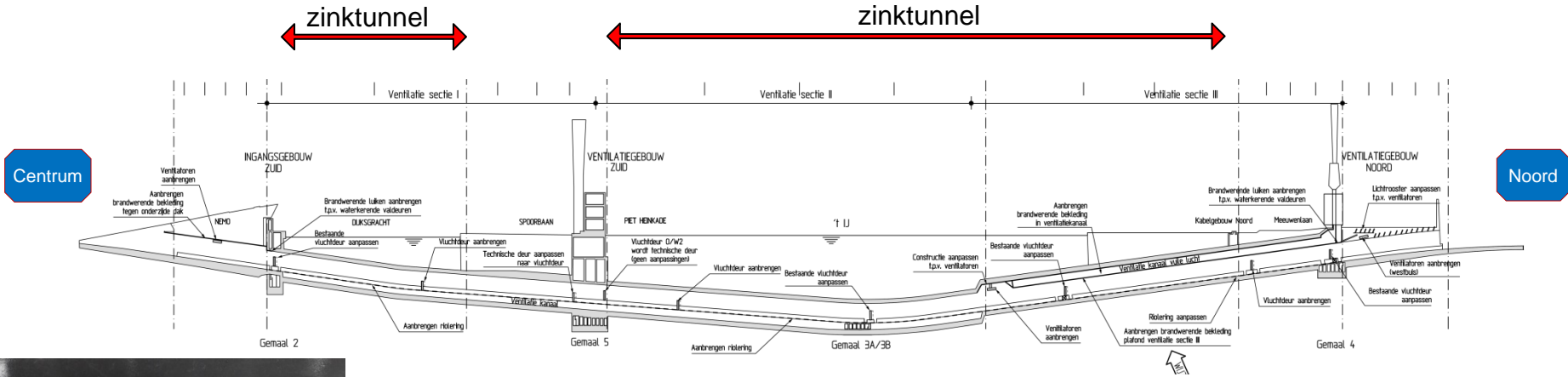






# Kenmerken tunnel en bouwmethodiek

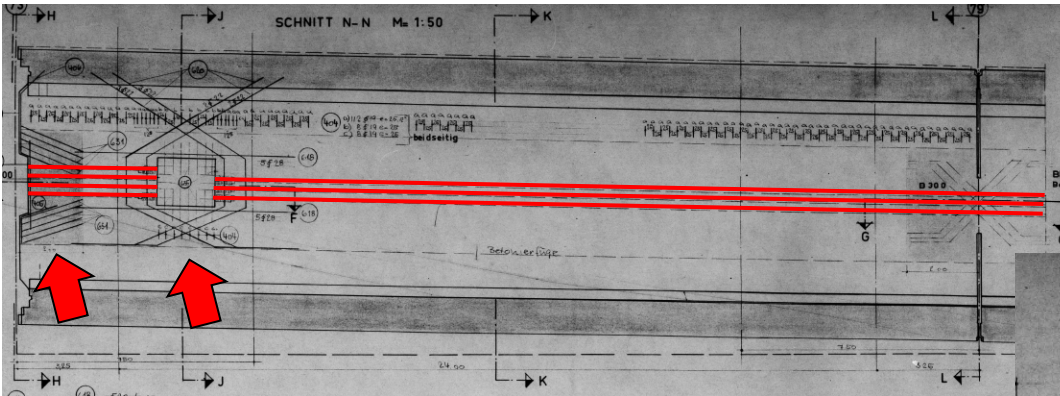
## Invloed zinktunneldeel op locatie vluchtdeuren



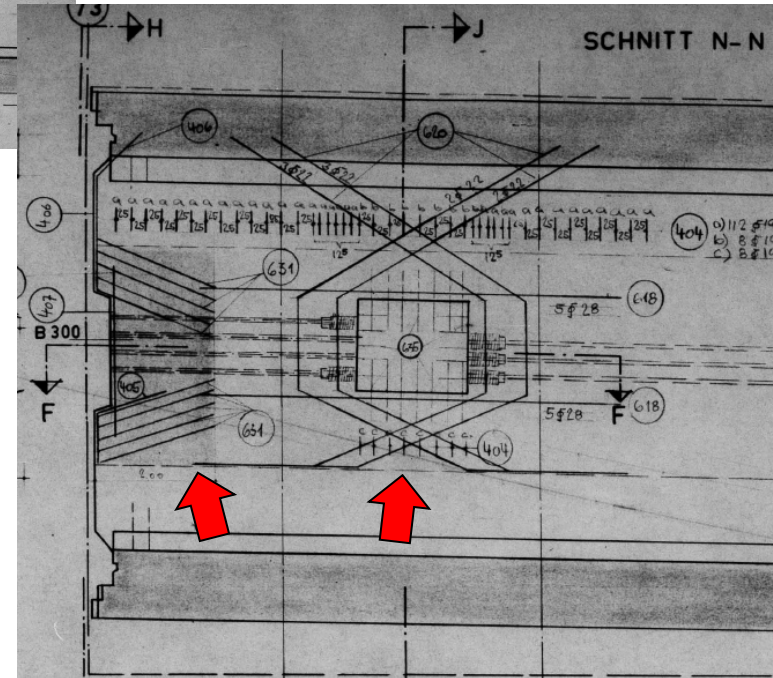
# Kenmerken tunnel en bouwmethodiek

## Invloed zinktunneldeel op locatie vluchtdeuren

Voor- en nagespannen voegen



Voorspanning over meerder elementen

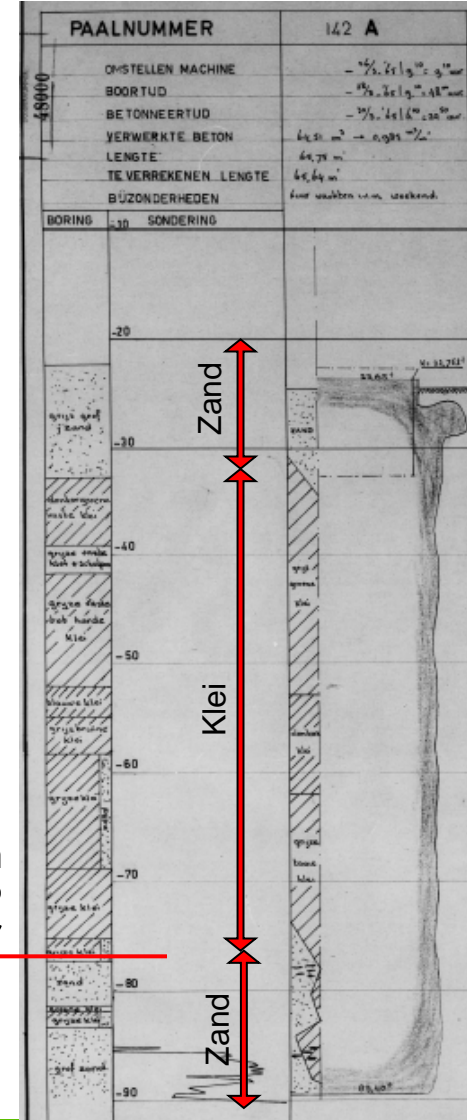
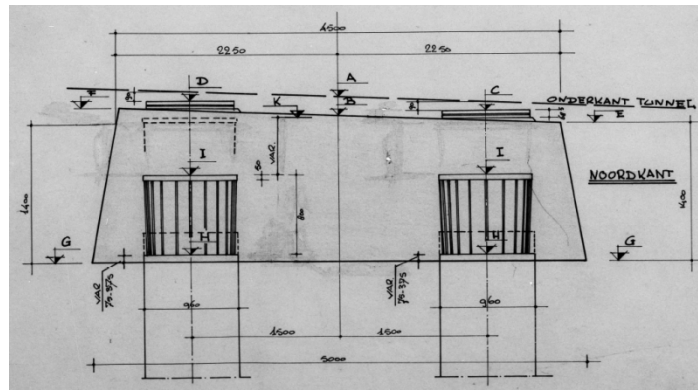
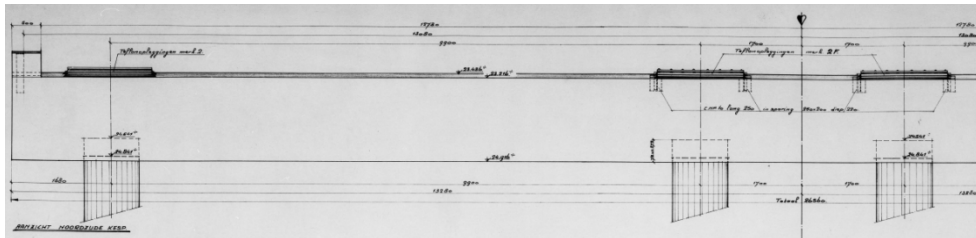
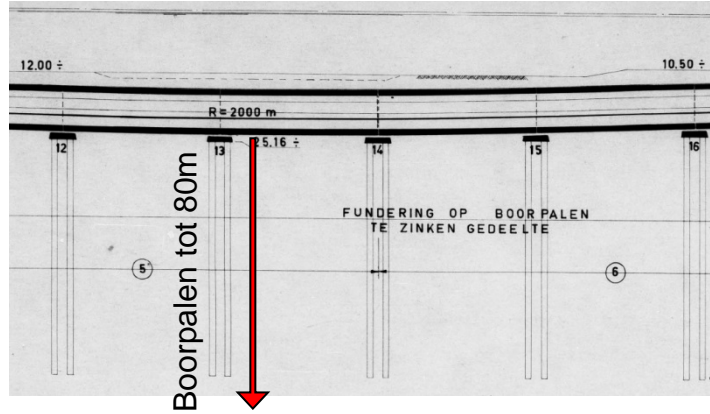
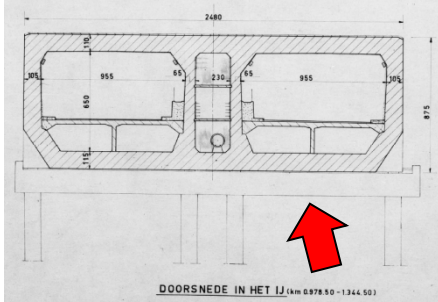




# Kenmerken tunnel en bouwmethodiek

## Invloed zinktunneldeel op locatie vluchtdeuren

### Kespen en boorpalen





# Kenmerken tunnel en bouwmethodiek

## Invloed zinktunneldeel op locatie vluchtdeuren

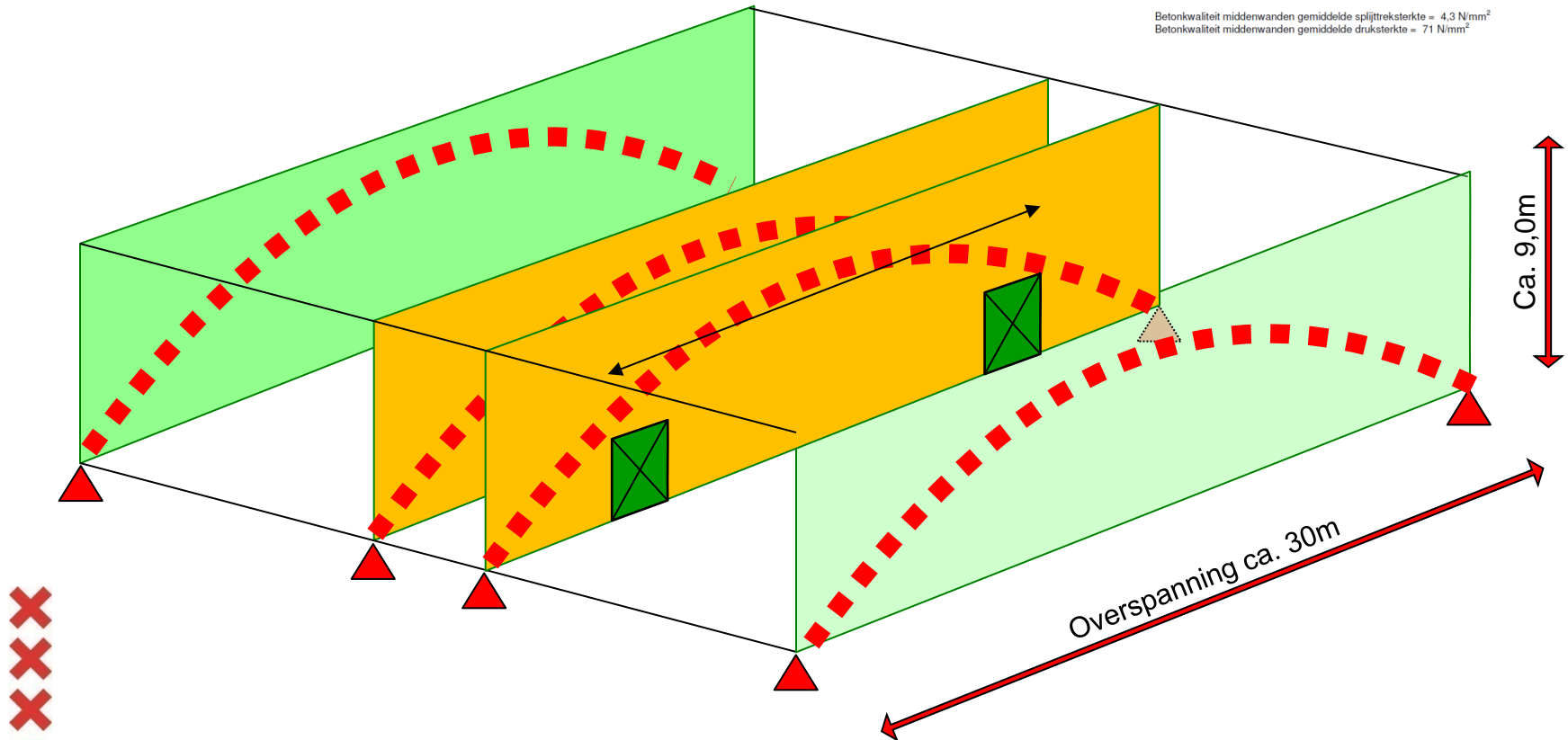
Ligger werking zinkelement  
 Gedrongen constructie  
 Druk boogwerking  
 Locatie deursparingen binnen boog

Druksterkte  
 Splijttreksterkte  
 Oorspr. betonkw.  $\approx$  B25  
 Gem. druksterkte = 71N/mm<sup>2</sup>  
 Gem. splijttreksterkte = 4,3N/mm<sup>2</sup>

Omschrijving	Volumieke massa [kg/m <sup>3</sup> ]	Druksterkte [N/mm <sup>2</sup> ]	Splijttreksterkte [N/mm <sup>2</sup> ]
*Midden O1	2.380	72,3	3,4
X1O	2.380	74,1	4,2
*Midden O2	2.410	74,5	4,3
X2O	2.390	72,9	3,7
*Midden O3	2.420	87,2	4,4
X3O	2.400	76,0	4,7
*Midden W1	2.400	66,3	3,5
X1W	2.370	57,9	3,6
*Midden W2	2.400	70,6	5,6
X2W	2.370	60,4	3,9
*Midden W3	2.400	73,1	6,1
X3W	2.410	73,5	5,0

\* Kernen zijn op 17 en 18 mei 2010 in het laboratorium beproefd.  
 Kernen genummerd met een X zijn op 17 mei 2011 beproefd.

Betonkwaliteit middenwanden gemiddelde splijttreksterkte = 4,3 N/mm<sup>2</sup>  
 Betonkwaliteit middenwanden gemiddelde druksterkte = 71 N/mm<sup>2</sup>



# Sloopwerkzaamheden

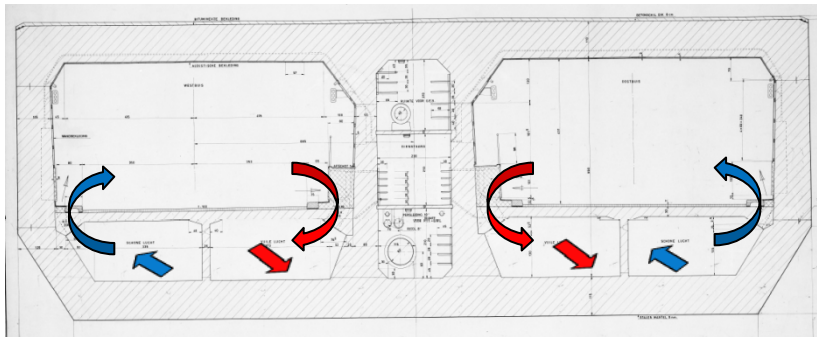
- Wegslopen barriers en inspectiepad;
- Zagen deursparingen en voutes;
- Slopen ventilatiesectie III



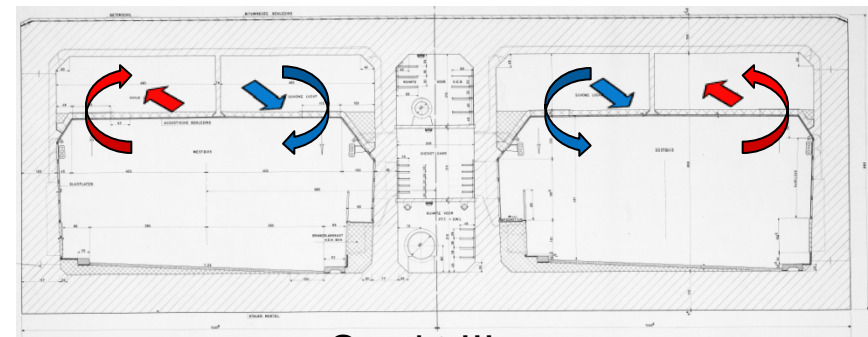
# Ventilatiesectie III

## Waarom sloop sectie III ? – oorspronkelijk ventilatiesysteem

- Oorspronkelijk 'dwars ventilatiesysteem, bestaande uit
  - een afvoerkanaal voor vuile lucht
  - een aanvoerkanaal voor schone lucht.
- Over ca. 2/3 van de tunnel, bevinden de kanalen zich onder het wegdek en over ca. 1/3 van de tunnel boven het wegdek

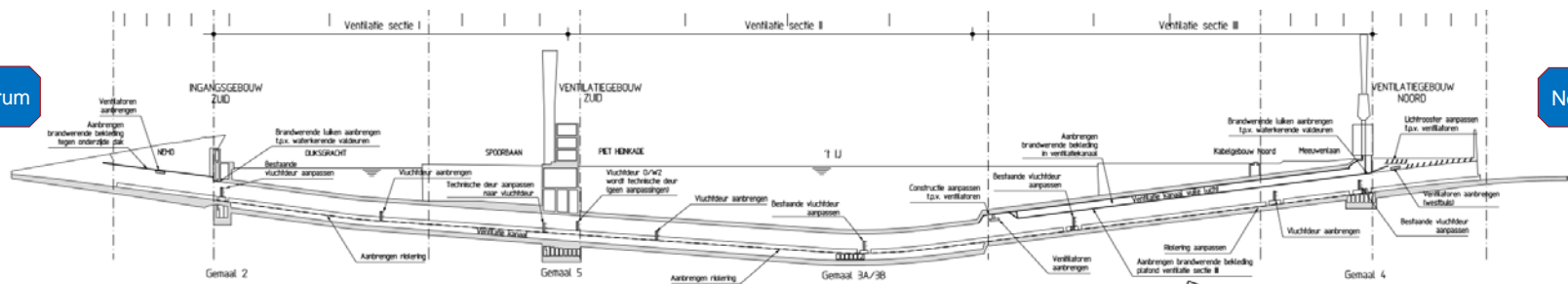
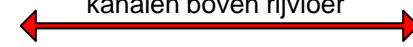


Sectie I&II



Sectie III

kanalen boven rijvloer



Centrum

Noord

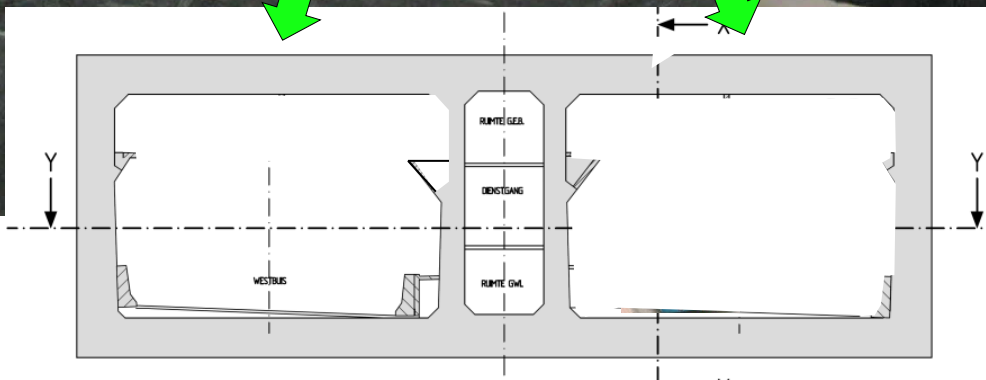
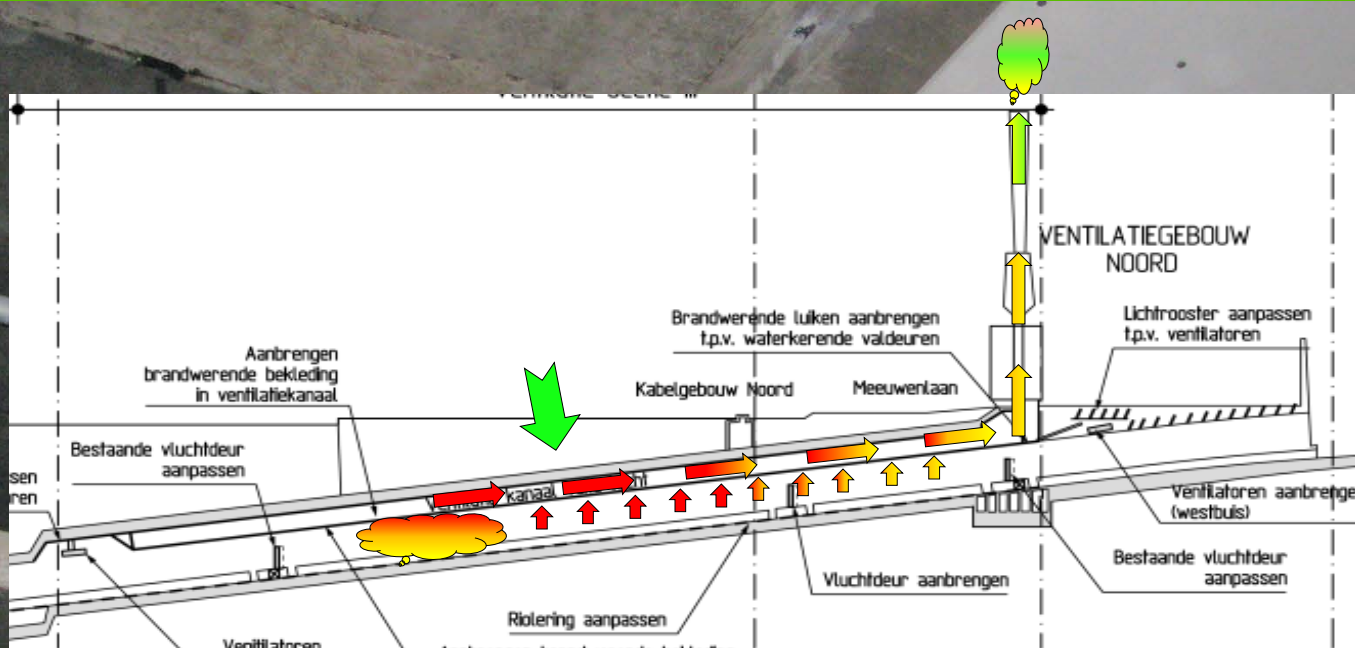
kanalen onder rijvloer





# Ventilatiesectie III

waarom sloop? – gebruik voor hete rookgasafvoer



Temperatuur kanaal 700-1100 °C

Bezwijktermijn <1 uur  
(ook met b.w.bekl.)

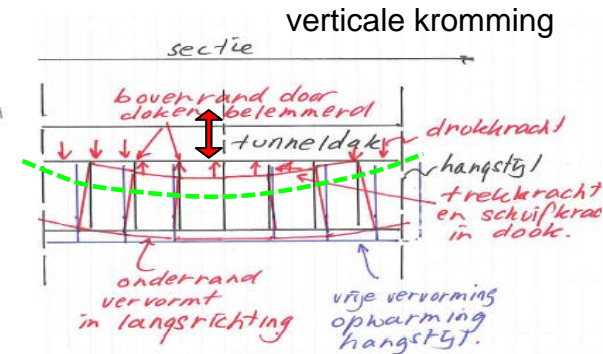
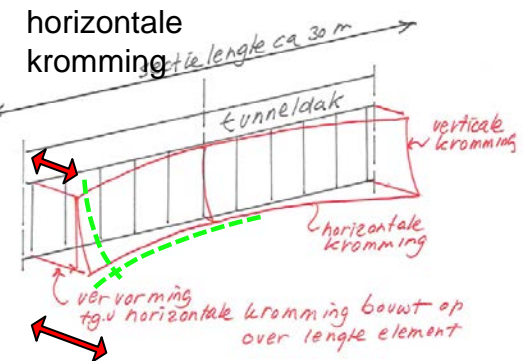
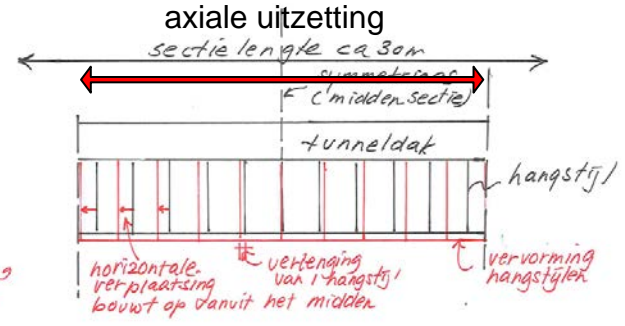
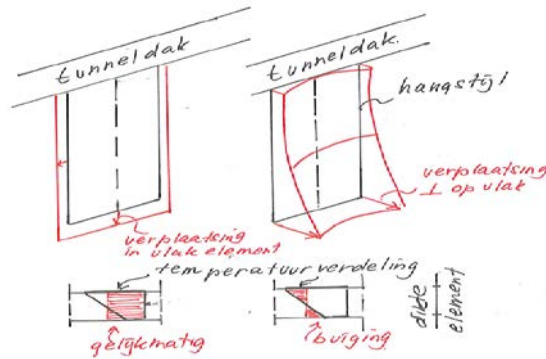
Onvoorspelbaar bezwijkgedrag

-> Sloop

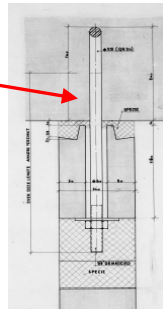
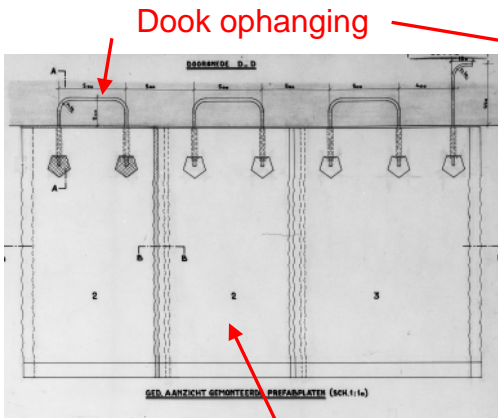
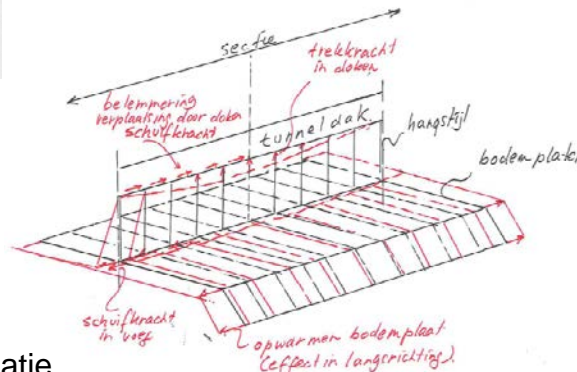


# Ventilatiesectie III

## Vervorming en bezwijkgedrag kanaalconstructie



'vrije' vervorming (zonder invloed van doken) van een hangstijl



betonwandjes

Combinatie vervormingen





# Resterende werkzaamheden



Wandreiniging & betonherstel  
Brandcompartimentering dienstgebouwen  
Aanvullende maatregelen brandcompartimentering tunnel  
Aanvullende brandwerende spuitpleister  
(wellicht) aanvullende langs-ventilatie

