



Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

Griffioenlaan 2
3526LA Utrecht
Postbus 2232
3500 GE Utrecht
T 088-7972111
F

www.rijkswaterstaat.nl

Contactpersoon
ir. Harris Bouras, M.Sc.
Senior Staalconstructeur

T 0650166109
harris.bouras@rws.nl

Datum
8 mei 2020

nota

Uitwerking Resultaten - Beoordeling Droogzetkuip
Haringvlietsluis

Inhoud

1	Samenvatting van Resultaten	3
1.1	Inleiding	3
1.2	Samenvatting van resultaten	4
1.2.1	Model met keg	4
1.2.2	Model zonder keg	4
2	Model met Keg	5
2.1	Statische Sterkte	5
2.1.1	Combinatie volgens Richtlijnen RWS	5
2.1.2	Combinatie volgens RBK – CC37	
2.1.3	Combinatie volgens RBK – CC29	
2.2	Plaatstabiliteit	12
2.2.1	Combinatie volgens Richtlijnen RWS	12
2.2.2	Combinatie volgens RBK – CC315	
2.2.3	Combinatie volgens RBK – CC217	
2.3	Lassen	20
2.3.1	Combinatie volgens Richtlijnen RWS	20
2.3.2	Combinatie volgens RBK – CC322	
2.3.3	Combinatie volgens RBK – CC224	
3	Model zonder Keg	27
3.1	Statische Sterkte	27
3.1.1	Combinatie volgens Richtlijnen RWS	27
3.1.2	Combinatie volgens RBK – CC329	
3.1.3	Combinatie volgens RBK – CC230	
3.2	Plaatstabiliteit	33
3.2.1	Combinatie volgens Richtlijnen RWS	33
3.2.2	Combinatie volgens RBK – CC335	
3.2.3	Combinatie volgens RBK – CC237	
3.3	Lassen	39
3.3.1	Combinatie volgens Richtlijnen RWS	39

3.3.2	Combinatie volgens RBK – CC340	
3.3.3	Combinatie volgens RBK – CC242	
4	Conclusie en Aanbevelingen	45
5	Bijlage A – Berekeningsrapport SCIA – Model met Keg	46
6	Bijlage B – Lassen – Model met Keg	47
7	Bijlage C – Berekeningsrapport SCIA – Model zonder Keg	48
8	Bijlage D – Lassen – Model zonder Keg	49

Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

Datum
8 mei 2020

CONCEPT

1 Samenvatting van Resultaten

Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

Datum
8 mei 2020

1.1 Inleiding

De Haringvlietsluizen, onderdeel van de Deltawerken, bestaan uit 17 openingen met in totaal 34 waterkerende stalen schuiven. Deze schuiven zijn te aan volledig nieuwe conservering (2023). Tegelijk met het conserveren van de schuiven, is het gewenst ook om de aanwezige pijlerwandverwarming te verwijderen. Deze was ooit bedoeld om vorstvorming te voorkomen zodat de zijafdichting aan te pijler niet zou vastvriezen. Echter, is de verwarming onderhevig aan corrosie met schade aan de zijafdichtingen als gevolg.

Voor het onderhouden van de pijlerwandverwarming, maar ook dilatatievoegen in de naastgelegen Goereesesluis, is in de jaren '90 een stalen droogzetkuipconstructie gebouwd, zie ook onderstaande figuur, die tegen de zijwand van een pijler/sluiskolk kon worden geplaatst.



Figuur 1 Droogzetkuip – foto's

De droogzetkuip is al 25jaar oud en oorspronkelijk ontworpen volgens oude normen. Het is dus noodzakelijk om te beoordelen of het nog veilig is om te gebruiken.

De resultaten van de beoordeling van de constructieve veiligheid van de droogzetkuip zijn in het huidige rapport gepresenteerd.

Het rapport is onderdeel van het Berekeningsrapport.

In totaal is de constructie op drie verschillende niveaus beoordeeld: volgens het rapport "Het keuren van keermiddelen", volgens de RBK, en Gebruiksniveau voor CC3 (Gevolgklasse 3) en volgens de RBK, Gebruiksniveau en CC2 (Gevolgklasse 2) – zie ook de Uitgangspuntennota.

De statische sterkte is beoordeeld op basis van optredende spanningen. Deze spanningen zijn berekend met een lineaire elastische analyse met belangrijkste uitgangspunten dat er geen materiaalafname door corrosie optreedt en dat de plaalementen volledig effectief zijn (geen plooi).

De lokale instabiliteit (plooi) is middels een lineaire knikanalyse beschouwd.

Ten slotte, is ook de statische sterkte van de lassen beoordeeld.

1.2 Samenvatting van resultaten

Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

1.2.1 Model met keg

In een aantal belangrijke onderdelen van de constructie is de vloeigrens overschreden. Dit betreft de onderplaat (voldoet niet voor de combinatie volgens de Richtlijnen van RWS en RBK – Gebruiksniveau CC3), de buis tegen de wand (voldoet niet alle drie combinaties), de verstijvers i.v.m. krachtsinleiding van de steunpunten (voldoen niet alle drie combinaties) en de verticale plaat bij de steunpunt.

De flappen voldoen niet aan stabiliteit.

Een groot aantal van de lassen (meer dan de helft van de lassen van de buizen op boven- en onderplaat, de lassen van de verstijvers op de buizen en de lassen van de verticale schotten van de keg) voldoen ook niet aan sterkte.

Datum
8 mei 2020

1.2.2 Model zonder keg

Het beeld is vergelijkbaar ook voor het model zonder keg.

In een aantal belangrijke onderdelen van de constructie is de vloeigrens overschreden (de buis tegen de wand, de verstijvers i.v.m. krachtsinleiding van de steunpunten en de verticale plaat bij de steunpunt).

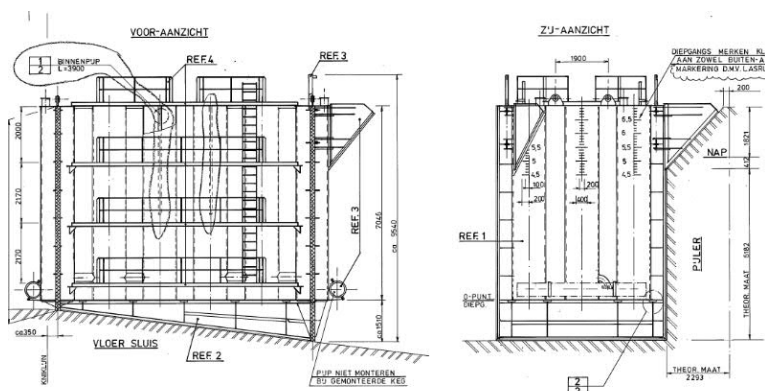
Een groot aantal van de lassen (zoals meer dan de helft van de lassen van de buizen op boven- en onderplaat, de lassen van de verstijvers) voldoet ook niet aan sterkte.

2 Model met Keg

Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

Datum
8 mei 2020

Eerst wordt gekeken naar de situatie waar de droogzetkuip tegen en schuine wand en bodem zit; in deze situatie wordt gebruikt gemaakt van de kegconstructie en de flappen.



Figuur 2 Droogzetkuip – constructie met keg

2.1 Statistische Sterkte

De in de constructie optredende spanningen (rekenwaarde, omhullende van belastingcombinaties) zijn berekend op basis van lineair elastische analyse. Belangrijk uitgangspunt van de analyse is dat geen materiaalafname door corrosie ontstaat en dat de doorsneden volledig effectieve zijn (geen reductie van de weerstand door lokale instabiliteit).

De spanningen zijn berekend voor drie verschillende belastingcombinaties: a) volgens het rapport "Het keuren van keermiddelen"; b) volgens de RBK, Gebruiksniveau CC3 (Gevolgklasse 3); en c) volgens de RBK, Gebruiksniveau CC2 (Gevolgklasse 2).

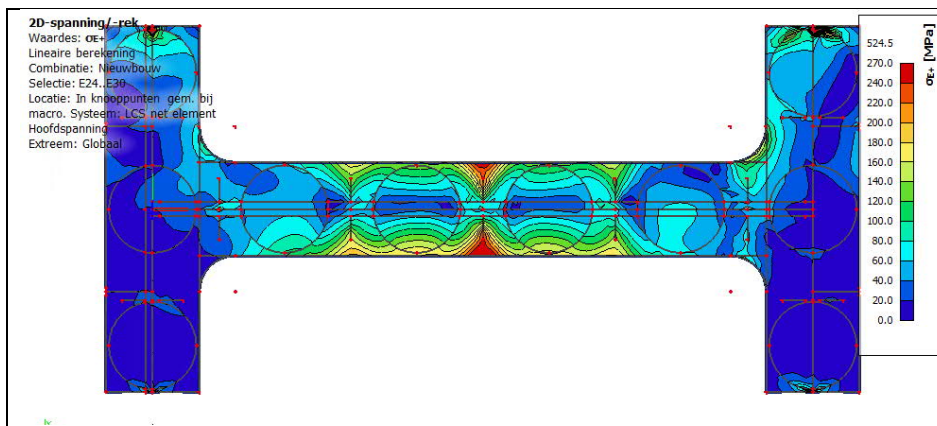
De equivalente (von Mises) spanning in de verschillende onderdelen van de constructie is in de volgende paragrafen weergegeven. De onderstaande figuren betreffen de platen waar de vloeigrens al overschreden is. De oppervlakken met rode kleur betreffen de delen van de constructieve elementen met spanningen hoger dan de vloeigrens.

De spanning in de overige constructie is in Bijlage A – Berekeningsrapport SCIA – Model met Keg te vinden.

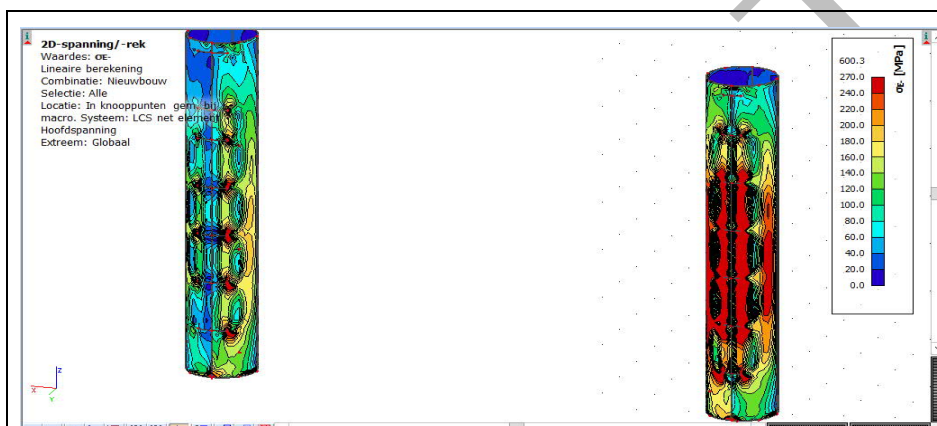
2.1.1 Combinatie volgens Richtlijnen RWS

Voor deze combinatie voldoen de onderstaande onderdelen niet: onderplaat, buizen en verticale platen naast de afdichting, en de schotten i.v.m. krachtsinleiding bij dezelfde locatie.

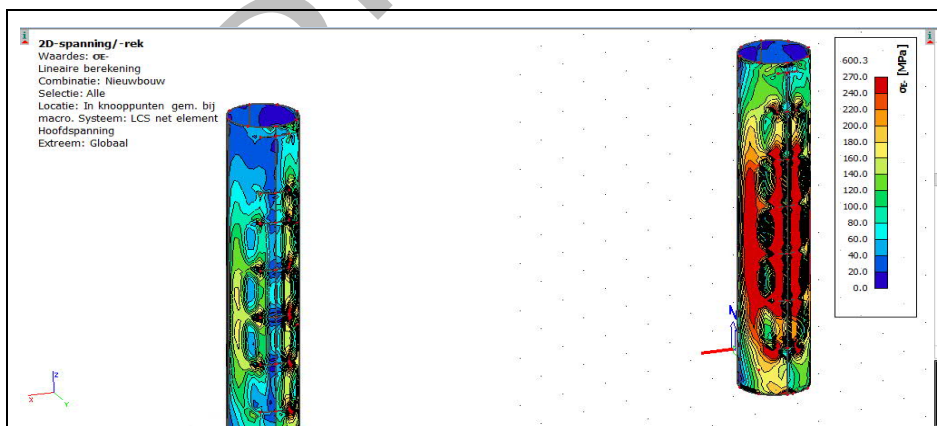
Vooraf voor de buizen en de schotten heeft de bijbehorende doorsnede over een grote deel de vloeigrens bereikt.



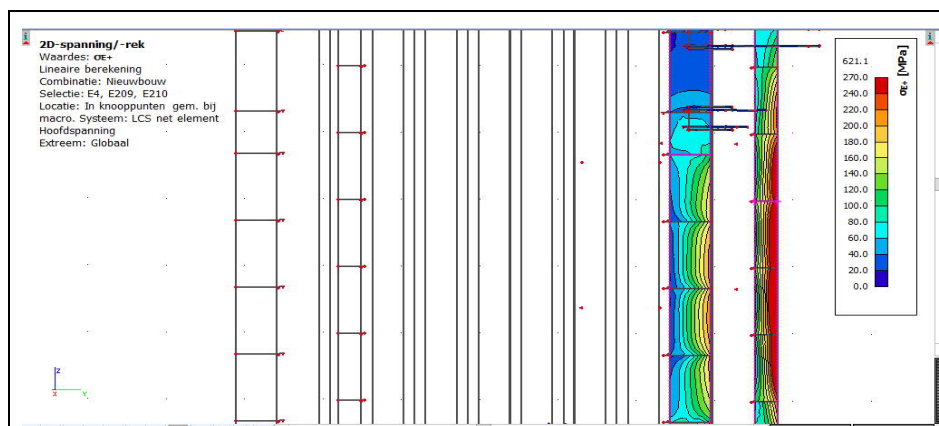
Figuur 3 Onderplaat – Model met Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS



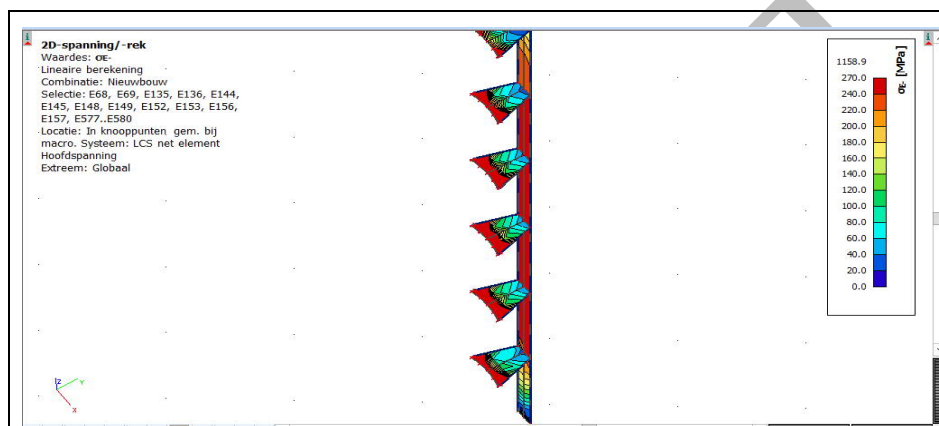
Figuur 4 Buizen nabij steunpunten – Model met Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS



Figuur 5 Buizen nabij steunpunten – Model met Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS



Figuur 6 Verticale platen nabij steunpunten – Model met Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS



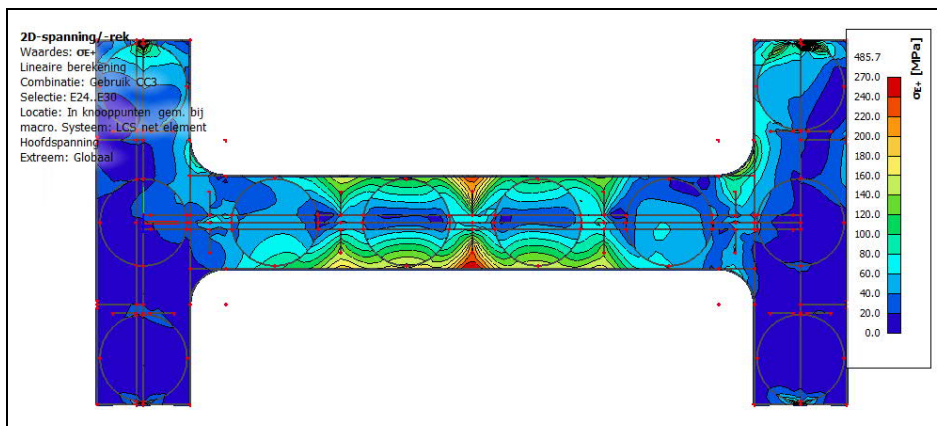
Figuur 7 Schotten nabij steunpunten – Model met Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS

2.1.2

Combinatie volgens RBK – CC3

Voor deze combinatie voldoen de onderstaande onderdelen niet: onderplaat, buizen en verticale platen naast de afdichting, en de schotten i.v.m. krachtsinleiding bij dezelfde locatie.

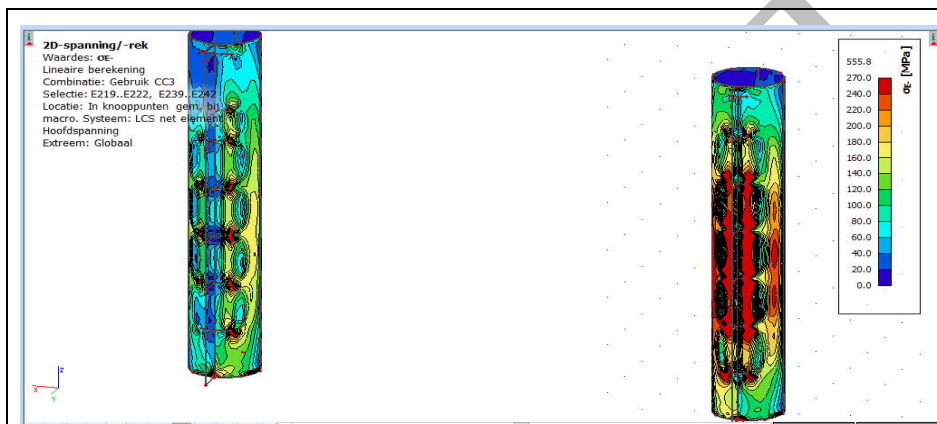
Vooraf voor de buizen en de schotten heeft de bijbehorende doorsnede over een grote deel de vloeigrens bereikt. De overschrijding van de vloeigrens in de onderplaat is hier relatief beperkt.



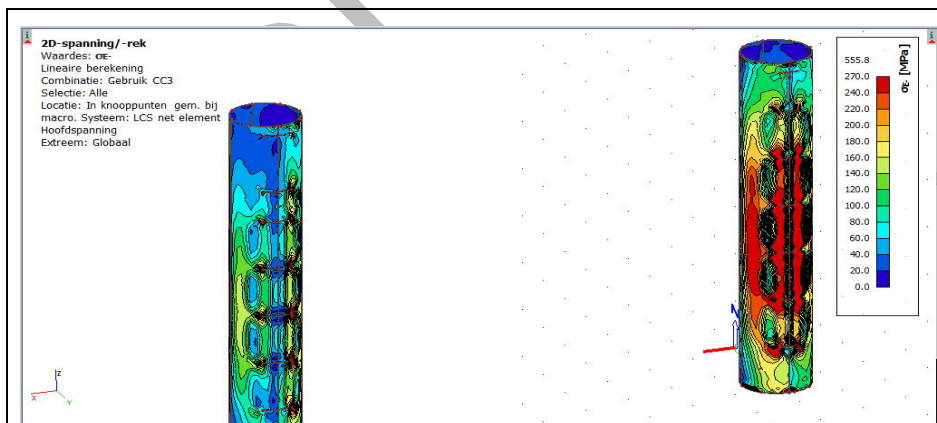
Rijkswaterstaat
 Programma's, Projecten
 en Onderhoud

Datum
 8 mei 2020

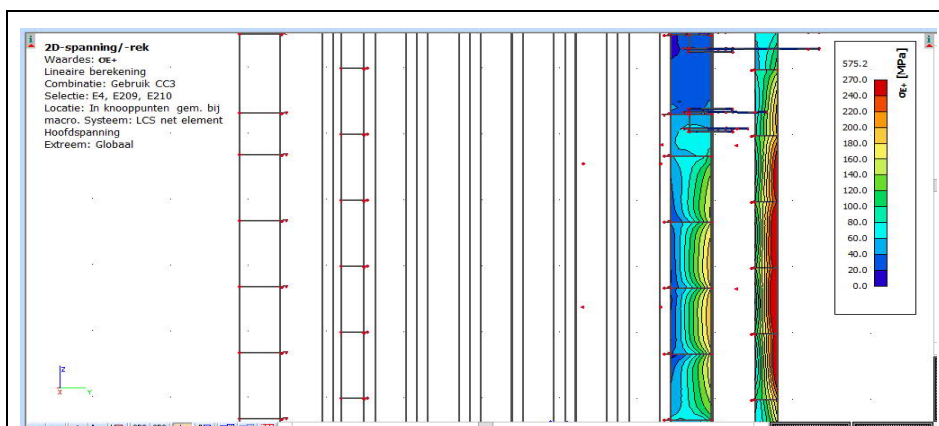
Figuur 8 Onderplaat – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3



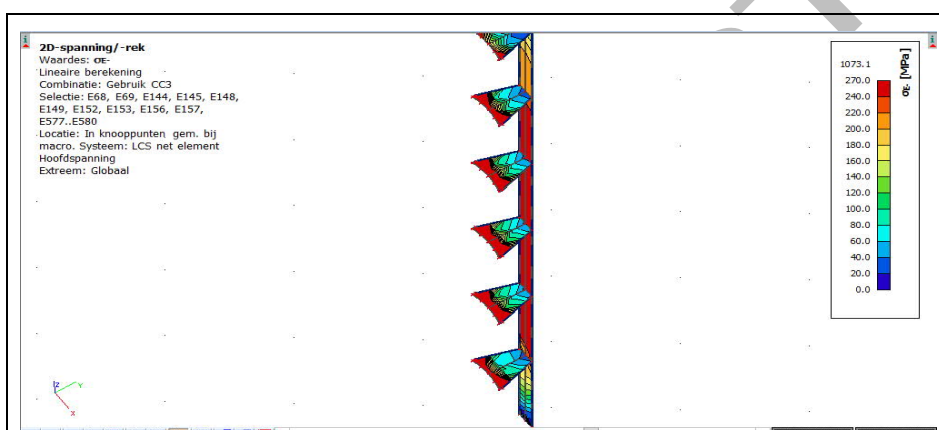
Figuur 9 Buizen nabij steunpunten – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3



Figuur 10 Buizen nabij steunpunten – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3



Figuur 11 Verticale platen nabij steunpunten – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3



Figuur 12 Schotten nabij steunpunten – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3

2.1.3

Combinatie volgens RBK – CC2

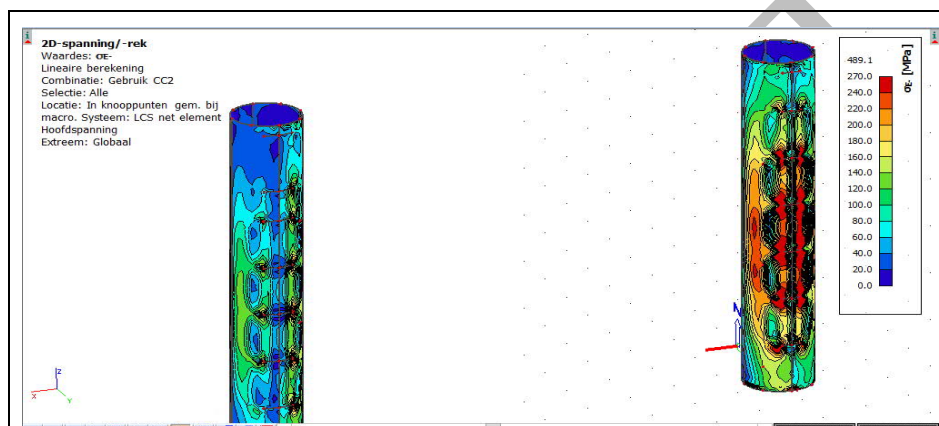
Voor deze combinatie voldoen de onderstaande onderdelen niet: buizen en verticale platen naast de afdichting, en de schotten i.v.m. krachtsinleiding bij dezelfde locatie.

Vooraf voor de buizen en de schotten heeft de bijbehorende doorsnede over een grote deel de vloeigrens bereikt.

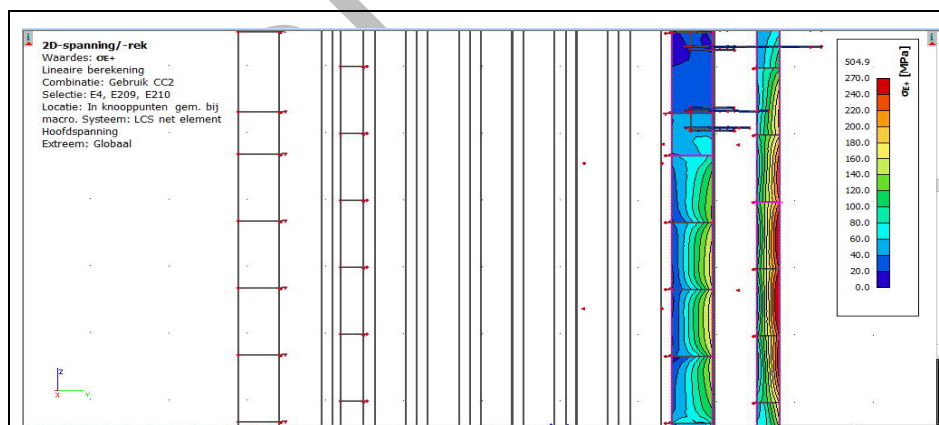
Datum
8 mei 2020



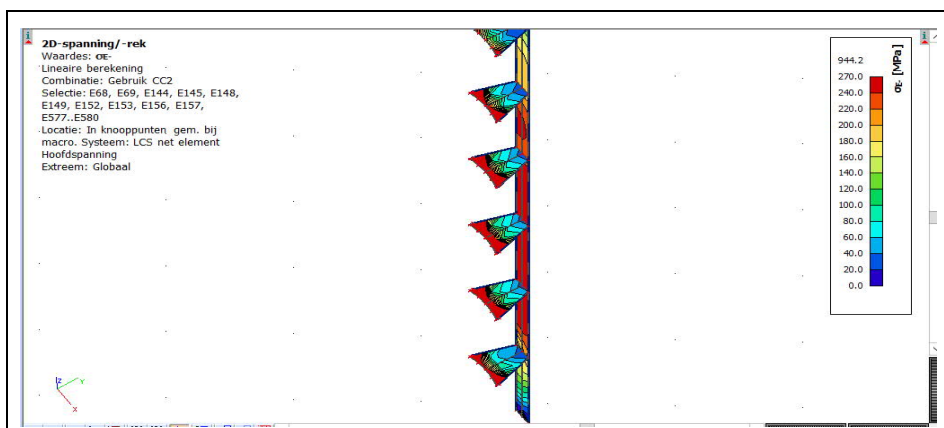
Figuur 13 Buizen nabij steunpunten – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2



Figuur 14 Buizen nabij steunpunten – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2



Figuur 15 Verticale platen nabij steunpunten – Model met Keg – Combinatie volgens RBK –
Gebruiksniveau CC2



Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

Datum
8 mei 2020

Figuur 16 Schotten nabij steunpunten – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2

2.2

Plaatstabiliteit

De plooiestabiliteit wordt berekend volgens NEN-EN 1993-1-5 met behulp van de lineaire knik analyse (linear buckling analysis) van SCIA. Het resultaat van zo'n analyse is de knikvormen van de constructie en de bijbehorende eigenwaarde; de eigenwaarde, ofwel kritische belasting coëfficiënt, is belangrijk voor de stabiliteit van de elementen. Een eigenwaarde van 1,0 betekent dat de optredende normaalspanning op het betreffende element is gelijk aan de kritische elastische plooi spanning. Voor de belangrijkste onderdelen van de constructie, met een eigenwaarde t/m 3, wordt de kritische elastische spanning σ_{cr} berekend door de optredende drukspanning te vermenigvuldigen met de bijbehorende eigenwaarde. De relatieve slankheid $\bar{\lambda}_p$ en reductiefactor ρ worden vervolgens berekend volgens paragraaf 4.4 van NEN-EN 1993-1-5 voor uitkragende elementen:

Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

Datum
8 mei 2020

— uitkragende, op druk belaste elementen:

$$\rho = 1,0 \quad \text{voor } \bar{\lambda}_p \leq 0,748$$

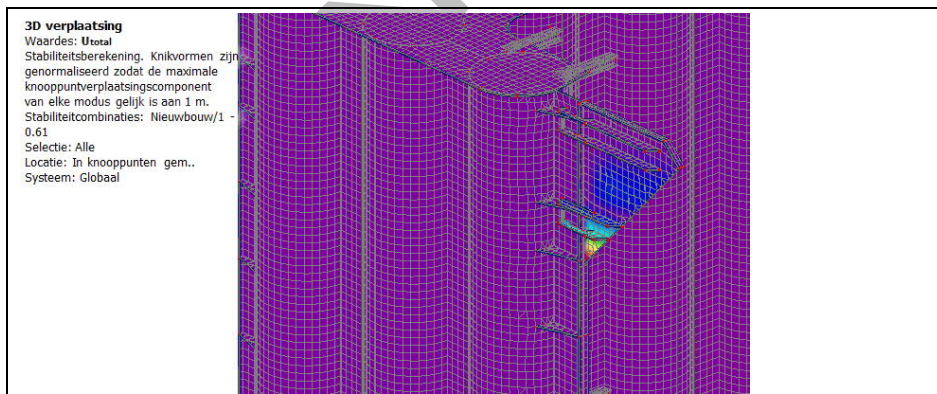
$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 \quad \text{voor } \bar{\lambda}_p > 0,748 \quad (4.3)$$

waarin $\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}}$

De resulterende Unity Check is gelijk aan: $UC = \sigma_{eq,Ed} / (\rho \cdot f_y)$ waar $\sigma_{eq,Ed}$ is de maximale (equivalente – Von Mises) optredende spanning.

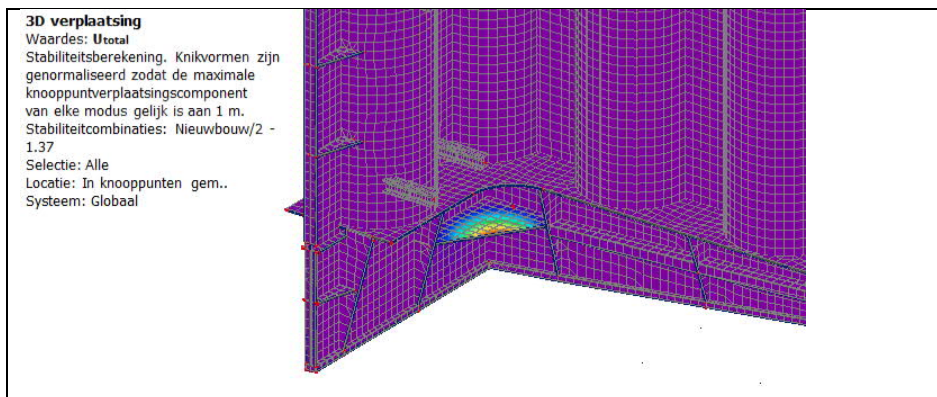
2.2.1

Combinatie volgens Richtlijnen RWS



Figuur 17 Eigenmode en eigenwaarde (0,61) flap – Model met Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS

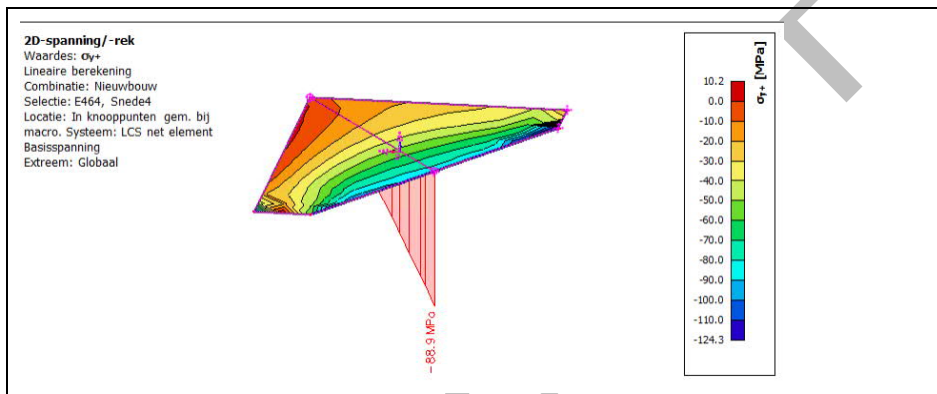
De eigenwaarde van de knikvorm van de flap is lager dan 1,00; dit betekent dat de flap plooit elastisch bij een lagere waarde van de optredende spanning en voldoet dus niet.



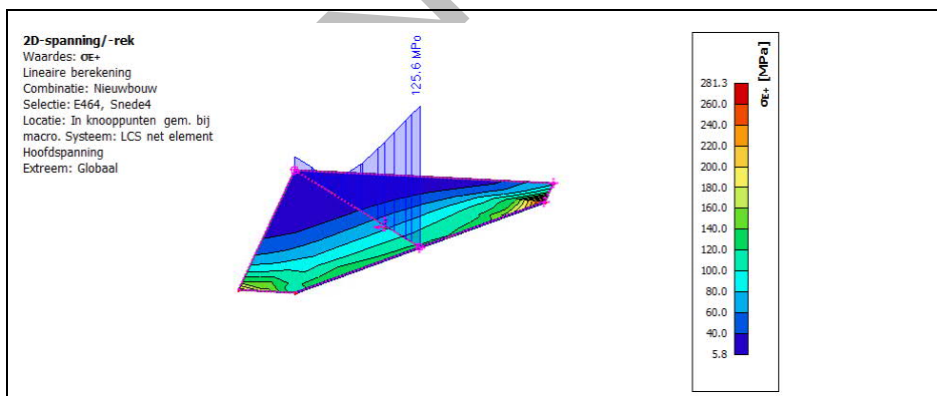
Rijkswaterstaat
 Programma's, Projecten
 en Onderhoud

Datum
 8 mei 2020

Figuur 18 Eigenmode en eigenwaarde (1,37) keg – Model met Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS

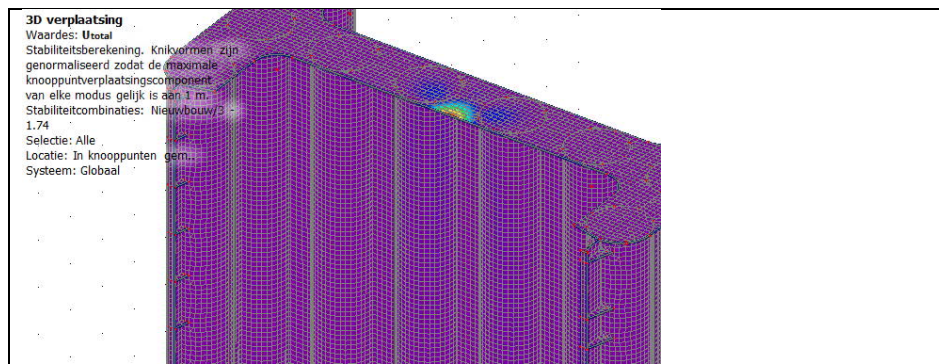


Figuur 19 Drukspanning (89MPa) keg – Model met Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS

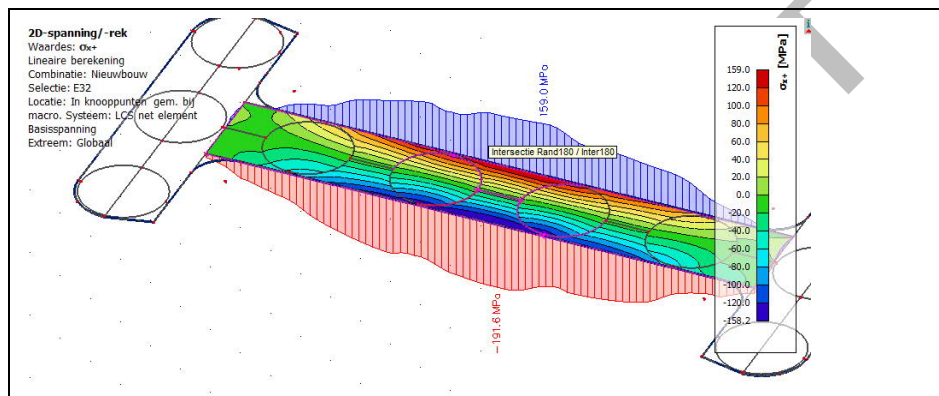


Figuur 20 Equivalente spanning (126MPa) keg – Model met Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS

De eigenwaarde van de plaat is gelijk aan 1,37. De kritische spanning is gelijk aan: $\sigma_{cr} = 89 \cdot 1,37 = 122 \text{ MPa}$. De relatieve slankheid is dus: $\lambda_p = \sqrt{(f_y / \sigma_{cr})} = \sqrt{(235 / 122)} = 1,388$. De reductiefactor bedraagt: $\rho = 0,623$. De Unity Check is: $UC = \sigma_{eq,Ed} / (\rho \cdot f_y) = 126 / (0,623 \cdot 235) = 0,86 < 1,00$, voldoet.

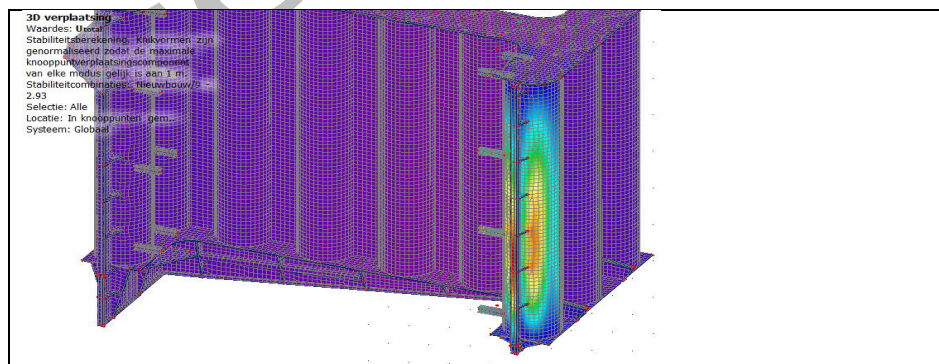


Figuur 21 Eigenmode en eigenwaarde (1,74) bovenplaat – Model met Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS



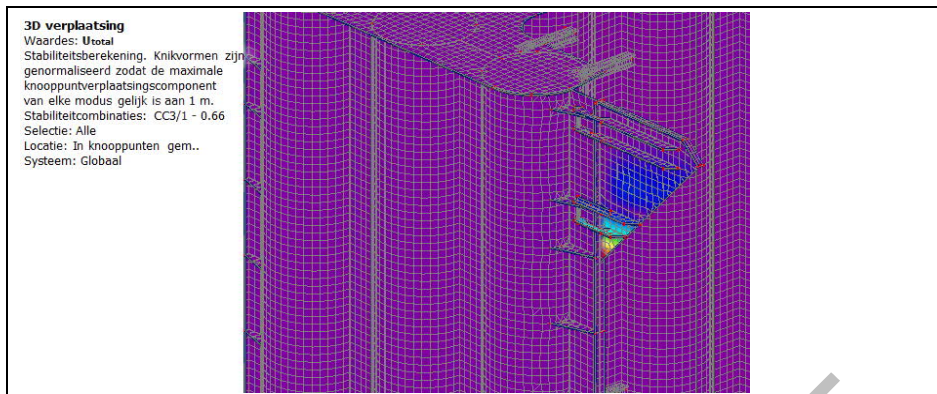
Figuur 22 Drukspanning (192MPa) bovenplaat – Model met Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS

De eigenwaarde van de plaat is gelijk aan 1,74. De kritische spanning is gelijk aan: $\sigma_{cr} = 192 \cdot 1,74 = 334 \text{ MPa}$. De relatieve slankheid is dus: $\lambda_p = \sqrt{(f_y / \sigma_{cr})} = \sqrt{(235 / 334)} = 0,839$. De reductiefactor bedraagt: $\rho = 0,925$. De Unity Check is: $UC = \sigma_{eq,Ed} / (\rho \cdot f_y) = 192 / (0,925 \cdot 235) = 0,88 < 1,00$, voldoet.



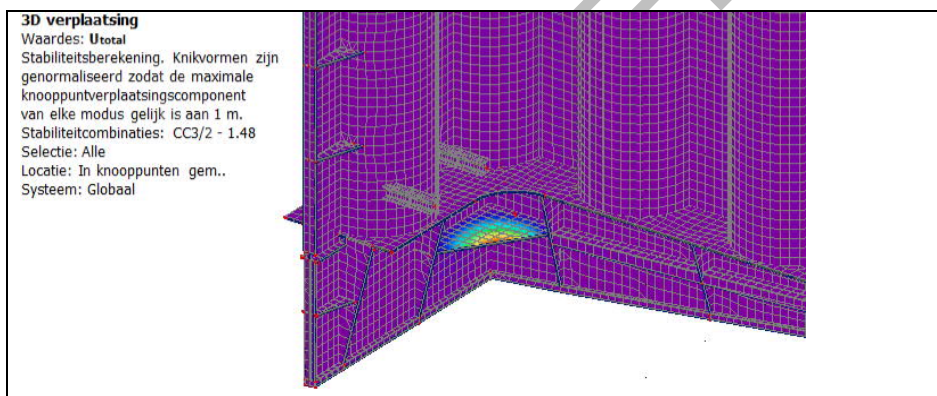
Figuur 23 Eigenmode en eigenwaarde (2,93) buis – Model met Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS

De optredende spanning op de buis heeft al de vloeigrens overschreden (zie ook paragraaf 2.1.1), dus de plooierekening heeft hier geen zin, als de buis niet voldoet.

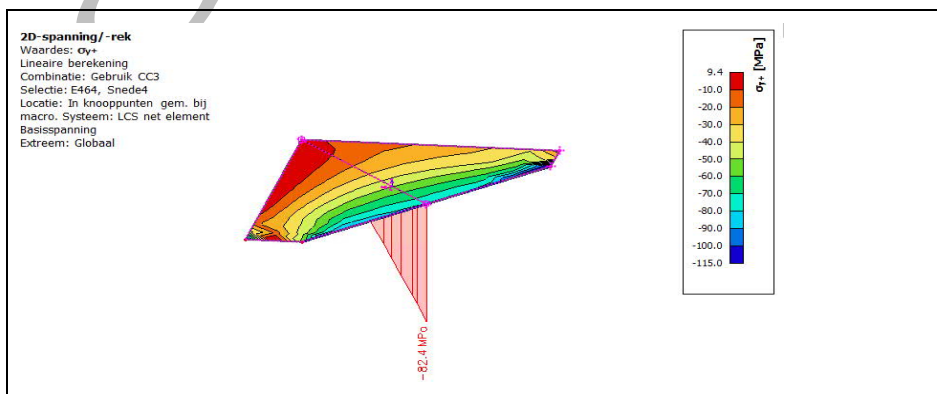


Figuur 24 Eigenmode en eigenwaarde (0,66) flap – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3

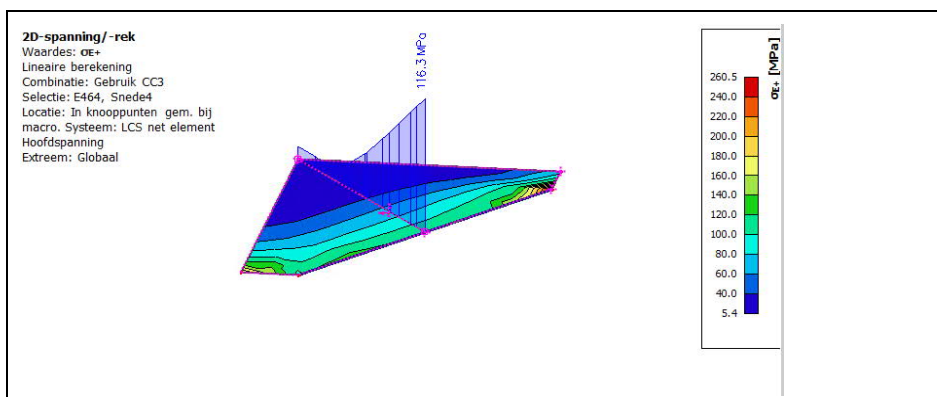
De eigenwaarde van de knikvorm van de flap is lager dan 1,00; dit betekent dat de flap plooit elastisch bij een lagere waarde van de optredende spanning en voldoet dus niet.



Figuur 25 Eigenmode en eigenwaarde (1,48) keg – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3

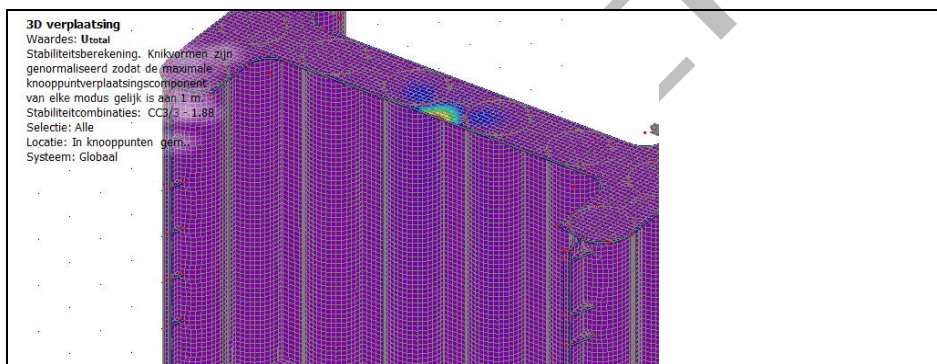


Figuur 26 Drukspanning (82MPa) keg – Model met Keg – Combinatie volgens RBK –Gebruiksniveau CC3

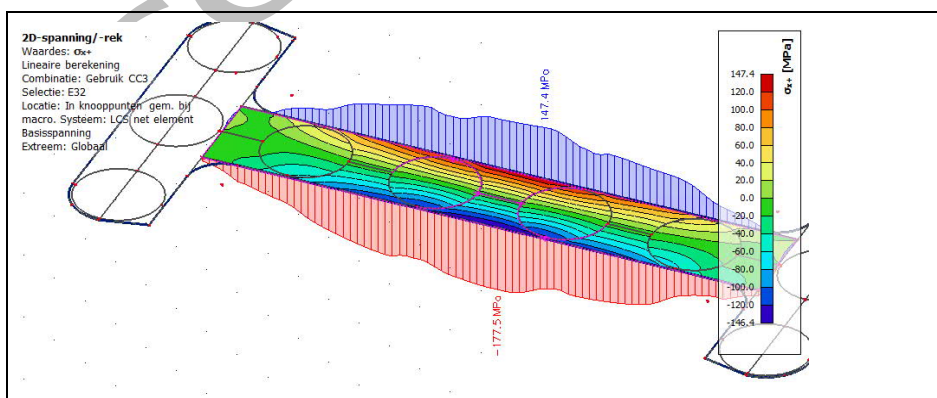


Figuur 27 Equivalente spanning (116MPa) keg – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3

De eigenwaarde van de plaat is gelijk aan 1,48. De kritische spanning is gelijk aan: $\sigma_{cr} = 82 \cdot 1,48 = 122 \text{ MPa}$. De relatieve slankheid is dus: $\lambda_p = \sqrt{(f_y / \sigma_{cr})} = \sqrt{(235 / 122)} = 1,388$. De reductiefactor bedraagt: $\rho = 0,623$. De Unity Check is: $UC = \sigma_{eq,Ed} / (\rho \cdot f_y) = 116 / (0,623 \cdot 235) = 0,79 < 1,00$, voldoet.



Figuur 28 Eigenmode en eigenwaarde (1,88) bovenplaat – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3

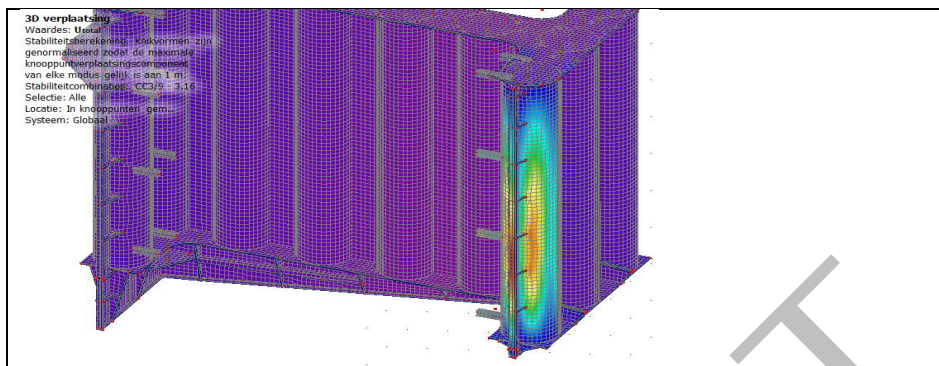


Figuur 29 Drukspanning (178MPa) bovenplaat – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3

De eigenwaarde van de plaat is gelijk aan 1,88. De kritische spanning is gelijk aan: $\sigma_{cr} = 178 \cdot 1,88 = 334 \text{ MPa}$. De relatieve slankheid is dus: $\lambda_p = \sqrt{f_y / \sigma_{cr}} = \sqrt{235 / 334} = 0,839$. De reductiefactor bedraagt: $\rho = 0,925$. De Unity Check is: $UC = \sigma_{eq,Ed} / (\rho \cdot f_y) = 178 / (0,925 \cdot 235) = 0,82 < 1,00$, voldoet.

Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

Datum
8 mei 2020

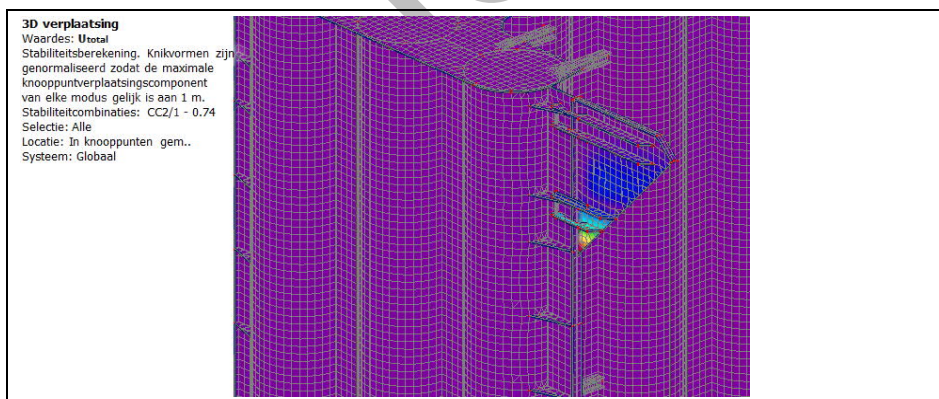


Figuur 30 Eigenmode en eigenwaarde (3,16) buis – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3

De optredende spanning op de buis heeft al de vloeigrens overschreden (zie ook paragraaf 2.1.22.1.1), dus de plooierekening heeft hier geen zin, als de buis niet voldoet.

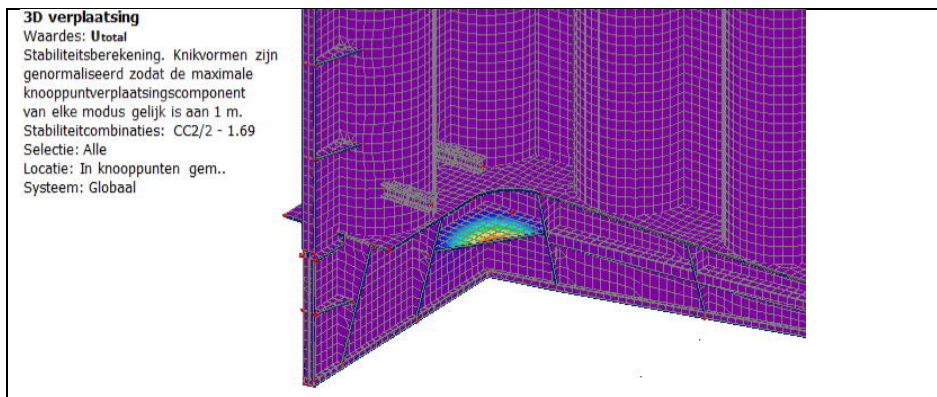
2.2.3

Combinatie volgens RBK – CC2



Figuur 31 Eigenmode en eigenwaarde (0,74) flap – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2

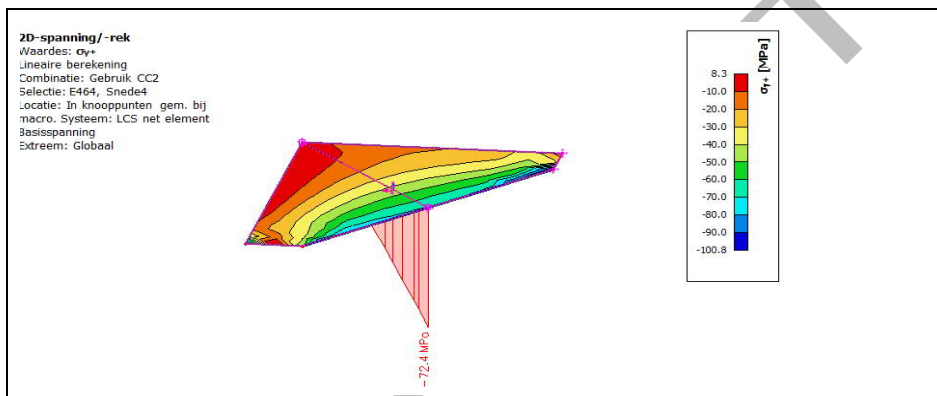
De eigenwaarde van de knikvorm van de flap is lager dan 1,00; dit betekent dat de flap plooit elastisch bij een lagere waarde van de optredende spanning en voldoet dus niet.



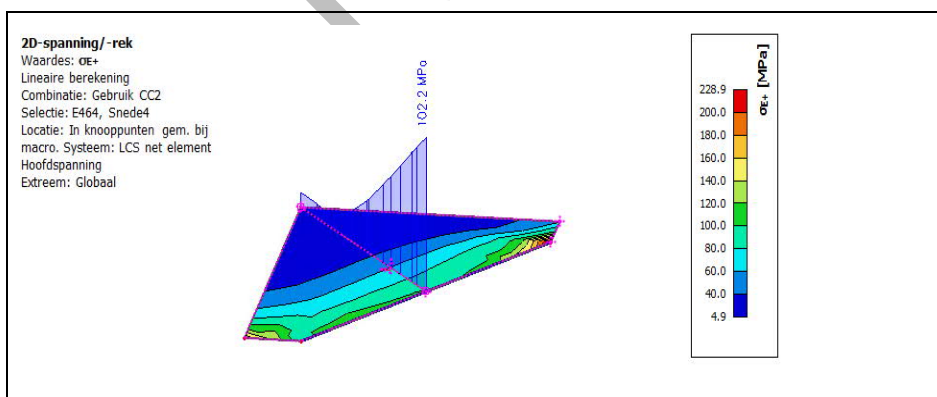
Rijkswaterstaat
 Programma's, Projecten
 en Onderhoud

Datum
 8 mei 2020

Figuur 32 Eigenmode en eigenwaarde (1,69) keg – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2

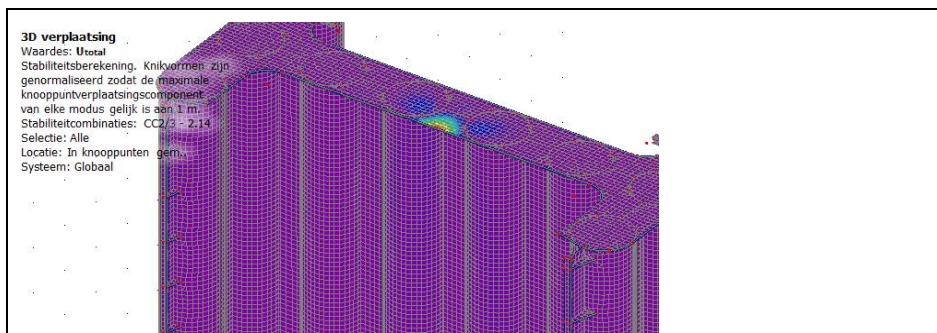


Figuur 33 Drukspanning (72MPa) keg – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2

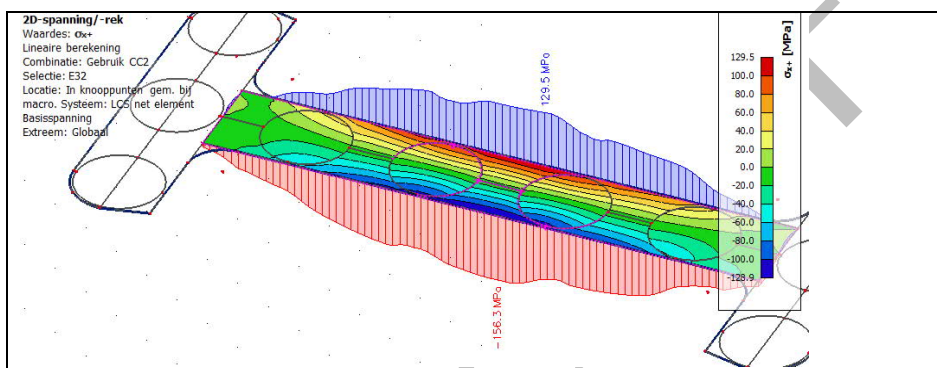


Figuur 34 Equivalente spanning (102MPa) keg – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2

De eigenwaarde van de plaat is gelijk aan 1,69. De kritische spanning is gelijk aan: $\sigma_{cr} = 72 \cdot 1,69 = 122 \text{ MPa}$. De relatieve slankheid is dus: $\lambda_p = \sqrt{(f_y / \sigma_{cr})} = \sqrt{(235 / 122)} = 1,388$. De reductiefactor bedraagt: $\rho = 0,623$. De Unity Check is: $UC = \sigma_{eq,Ed} / (\rho \cdot f_y) = 102 / (0,623 \cdot 235) = 0,70 < 1,00$, voldoet.

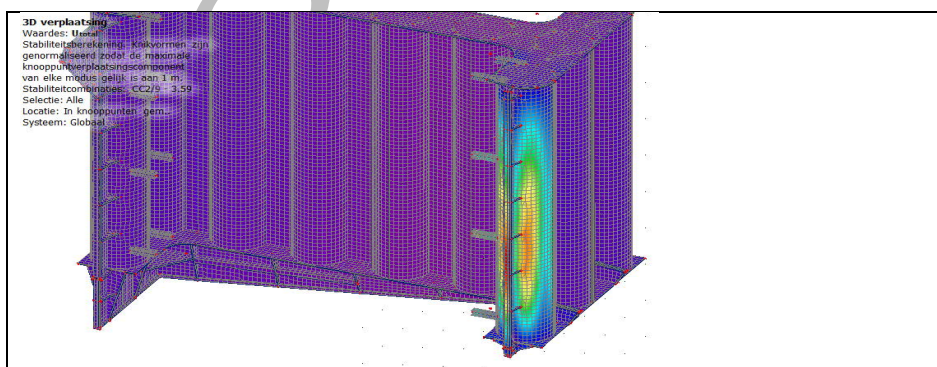


Figuur 35 Eigenmode en eigenwaarde (2,14) bovenplaat – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2



Figuur 36 Drukspanning (156MPa) bovenplaat – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2

De eigenwaarde van de plaat is gelijk aan 2,14. De kritische spanning is gelijk aan: $\sigma_{cr} = 156 \cdot 2,14 = 334 \text{ MPa}$. De relatieve slankheid is dus: $\lambda_p = \sqrt{f_y / \sigma_{cr}} = \sqrt{235 / 334} = 0,839$. De reductiefactor bedraagt: $\rho = 0,925$. De Unity Check is: $UC = \sigma_{eq,Ed} / (\rho \cdot f_y) = 156 / (0,925 \cdot 235) = 0,72 < 1,00$, voldoet.



Figuur 37 Eigenmode en eigenwaarde (3,59) buis – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2

De optredende spanning op de buis heeft al de vloeigrens overschreden (zie ook paragraaf 2.1.3), dus de plooierekening heeft hier geen zin, als de buis niet voldoet.

2.3

Lassen

De lassen zijn berekend volgens NEN-EN 1993-1-8. In de volgende paragrafen zijn de lassen met een Unity Check hoger dan 1,00 weergegeven en de bijbehorende U.C. gepresenteerd. De uitgebreide berekening is in Bijlage A – Berekeningsrapport SCIA – Model met Keg te vinden.

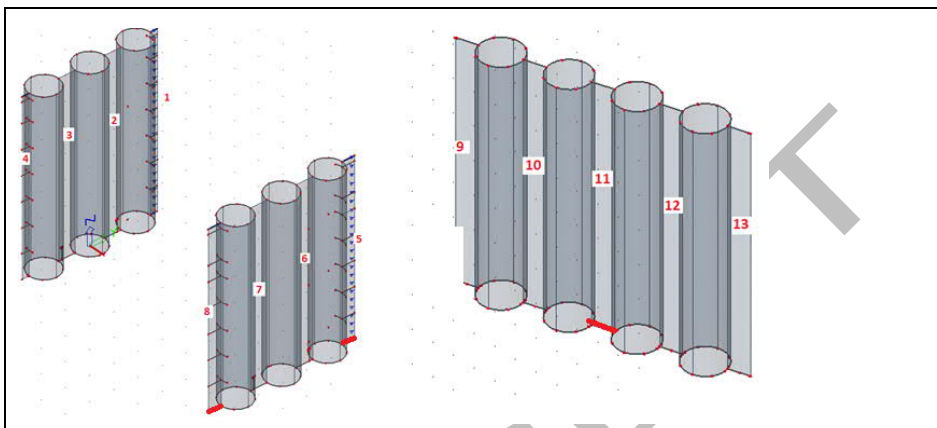
Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

Datum
8 mei 2020

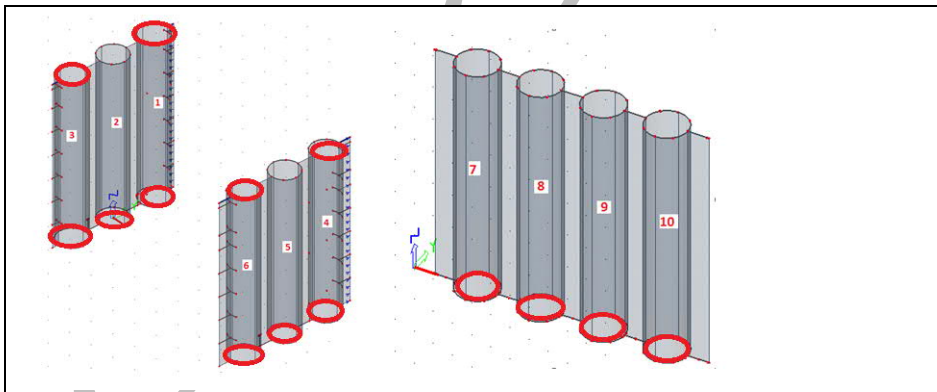
2.3.1

Combinatie volgens Richtlijnen RWS

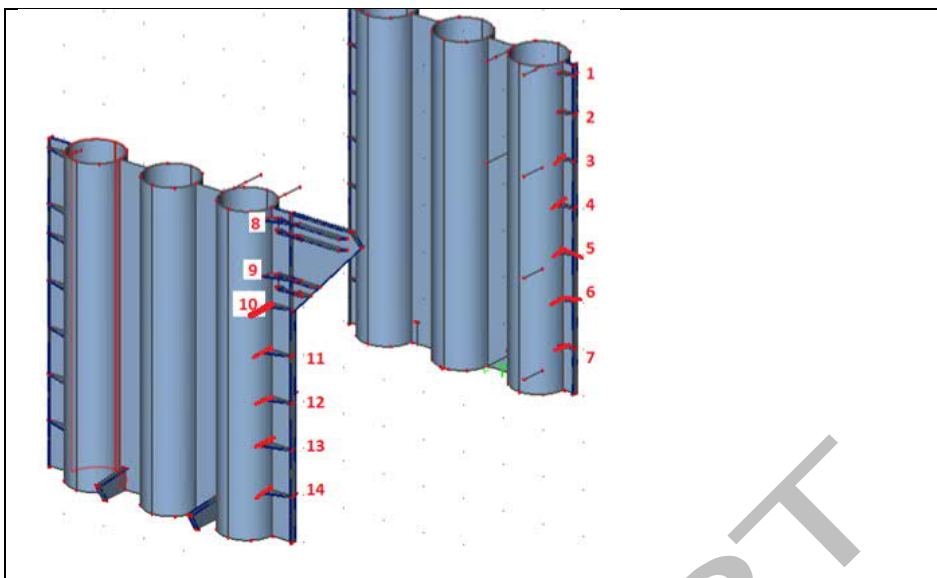
Eerst zijn de resultaten voor de combinatie volgens het rapport “Het keuren van keermiddelen” gepresenteerd. De lassen die niet voldoen aan sterkte zijn met rode kleur weergegeven in de volgende figuren.



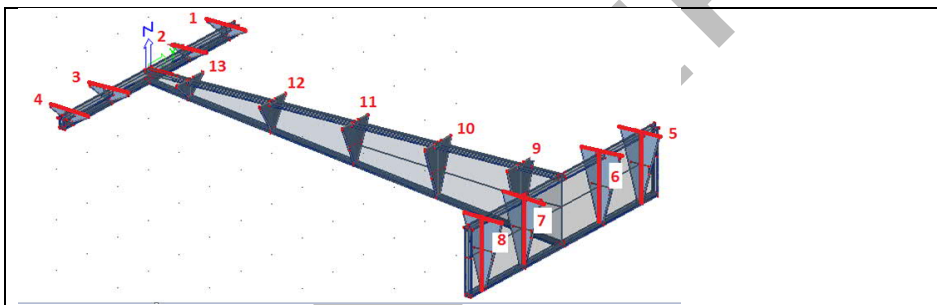
Figuur 38 Lassen van de platen – Model met Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS



Figuur 39 Lassen van de buizen – Model met Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS



Figuur 40 Lassen van de schotten – Model met Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS



Figuur 41 Lassen van de schotten van de keg – Model met Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS

De locatie van elke las is met "b" (onder), "t" (boven), "l" (links), en "r" (rechts) weergegeven, zie ook Bijlage B – Lassen – Model met Keg en Bijlage D – Lassen – Model zonder Keg.

Tabel 1 – Lassen met $UC > 1,00$, model met keg, combinatie volgens Richtlijnen RWS

Onderdeel	Las no.	Locatie	U.C.
Plaat	5	b	1,26
Plaat	11	b	1,11
Buis	1	t	1,89
Buis	1	b	2,56
Buis	2	b	1,87
Buis	4	t	1,57
Buis	4	b	2,41
Buis	5	b	1,66
Buis	6	b	1,20
Buis	7	b	1,75
Buis	8	t	1,12
Buis	8	b	2,54

Buis	9	t	1,12
Buis	9	b	2,35
Buis	10	b	1,64
Schot	3	b	1,42
Schot	4	b	1,59
Schot	5	b	1,61
Schot	5	l	1,05
Schot	6	b	1,53
Schot	6	l	1,05
Schot	7	b	1,05
Schot	10	b	1,19
Schot	11	b	1,65
Schot	12	b	1,85
Schot	13	b	1,80
Schot	14	b	1,71
Schot Keg	1	t	1,33
Schot Keg	2	t	1,05
Schot Keg	3	t	1,38
Schot Keg	4	t	1,19
Schot Keg	5	t	1,14
Schot Keg	5	l	1,11
Schot Keg	6	t	1,06
Schot Keg	6	l	1,20
Schot Keg	8	t	1,04
Schot Keg	13	t	1,00

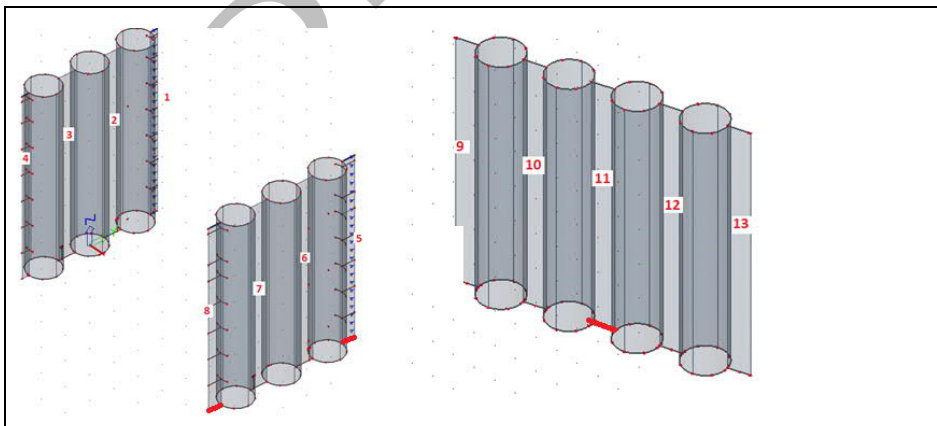
Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

Datum
8 mei 2020

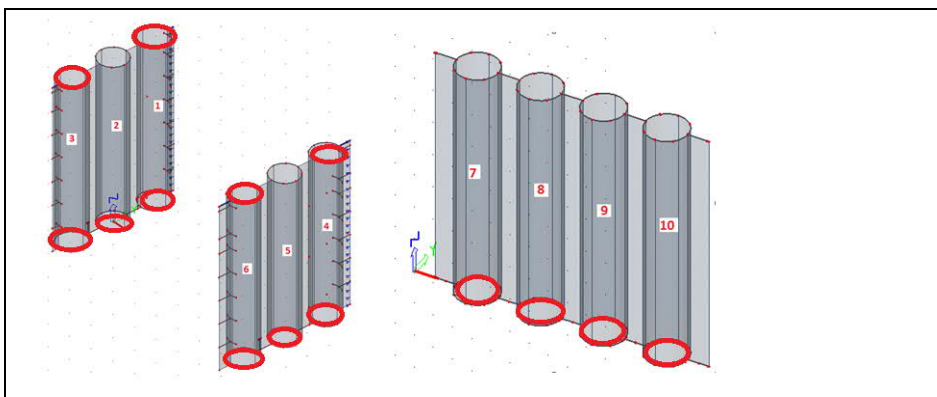
2.3.2

Combinatie volgens RBK – CC3

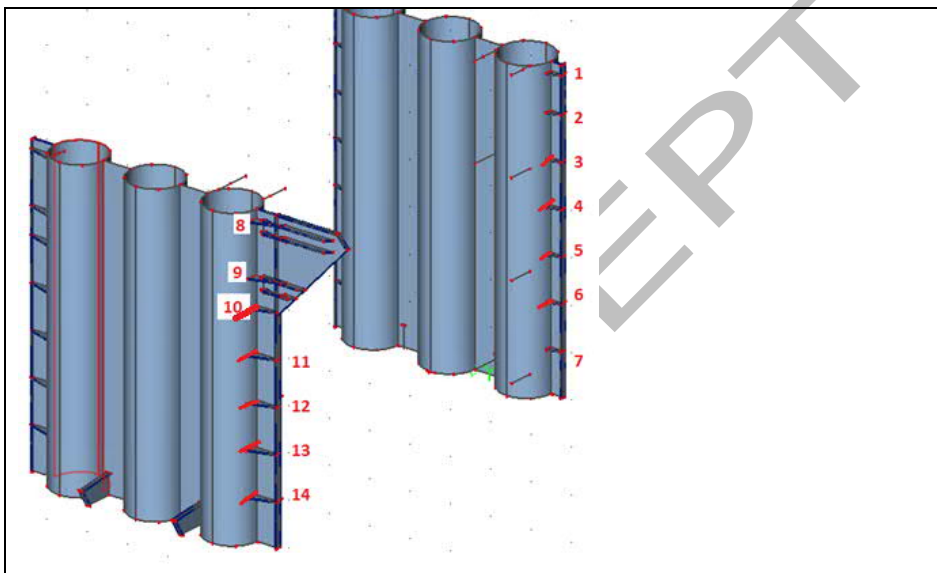
Vervolgens zijn de resultaten voor de combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3 gepresenteerd. De lassen die niet voldoen aan sterkte zijn met rode kleur weergegeven in de volgende figuren.



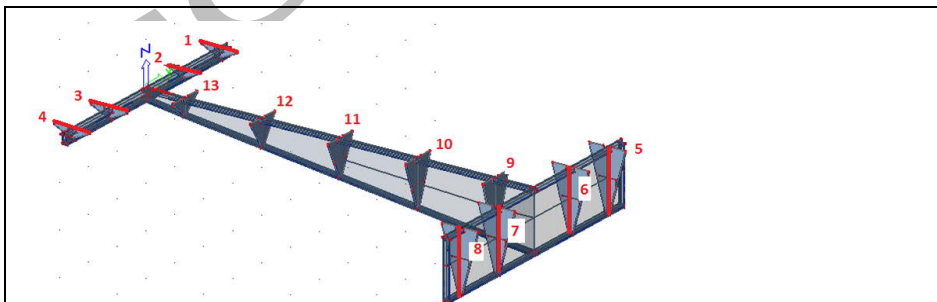
Figuur 42 Lassen van de platen – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3



Figuur 43 Lassen van de buizen – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3



Figuur 44 Lassen van de schotten – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3



Figuur 45 Lassen van de schotten van de keg – Model met Keg – Combinatie volgens RBK –
Gebruiksniveau CC3

Tabel 2 – Lassen met UC>1,00, model met keg, combinatie volgens RBK-Gebruiksniveau CC3

Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

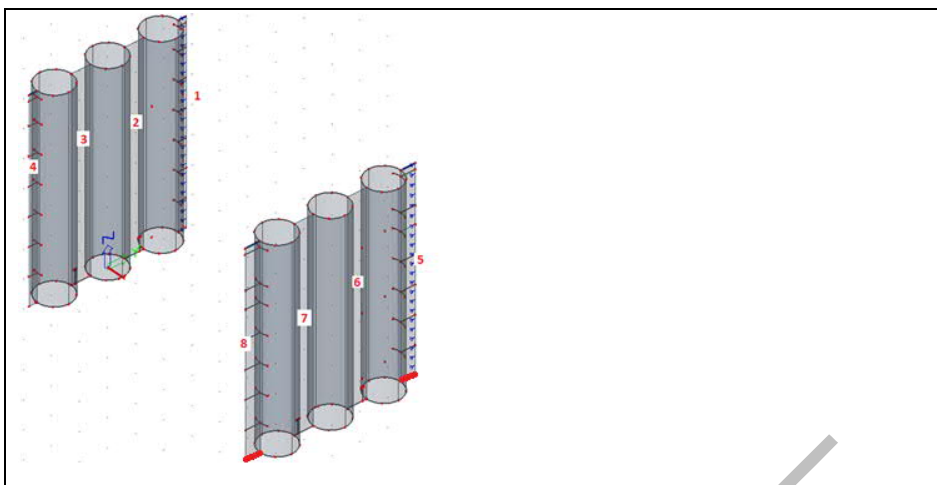
Datum
8 mei 2020

Onderdeel	Las no.	Locatie	U.C.
Plaat	5	b	1,17
Plaat	11	b	1,03
Buis	1	t	1,78
Buis	1	b	2,19
Buis	2	b	1,72
Buis	4	t	1,51
Buis	4	b	2,21
Buis	5	b	1,54
Buis	6	b	1,17
Buis	7	b	1,61
Buis	8	t	1,03
Buis	8	b	2,35
Buis	9	t	1,04
Buis	9	b	2,17
Buis	10	b	1,52
Schot	3	b	1,32
Schot	4	b	1,47
Schot	5	b	1,50
Schot	6	b	1,41
Schot	10	b	1,11
Schot	11	b	1,52
Schot	12	b	1,71
Schot	13	b	1,67
Schot	14	b	1,59
Schot Keg	1	t	1,23
Schot Keg	3	t	1,28
Schot Keg	4	t	1,11
Schot Keg	5	l	1,03
Schot Keg	6	l	1,11

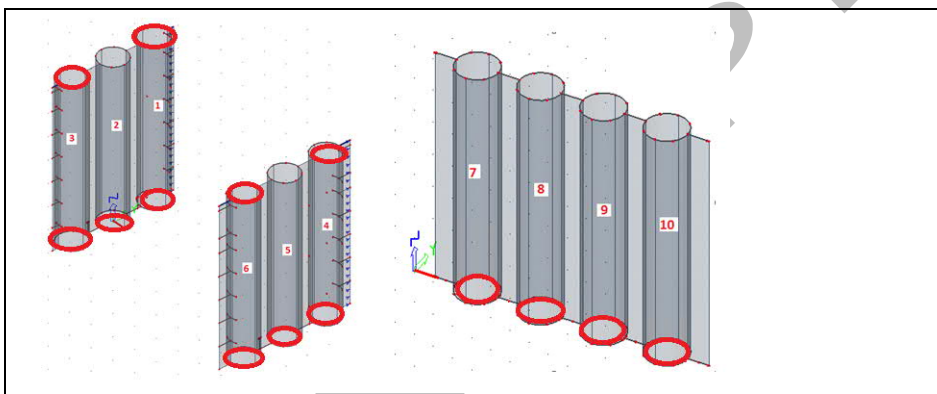
2.3.3

Combinatie volgens RBK – CC2

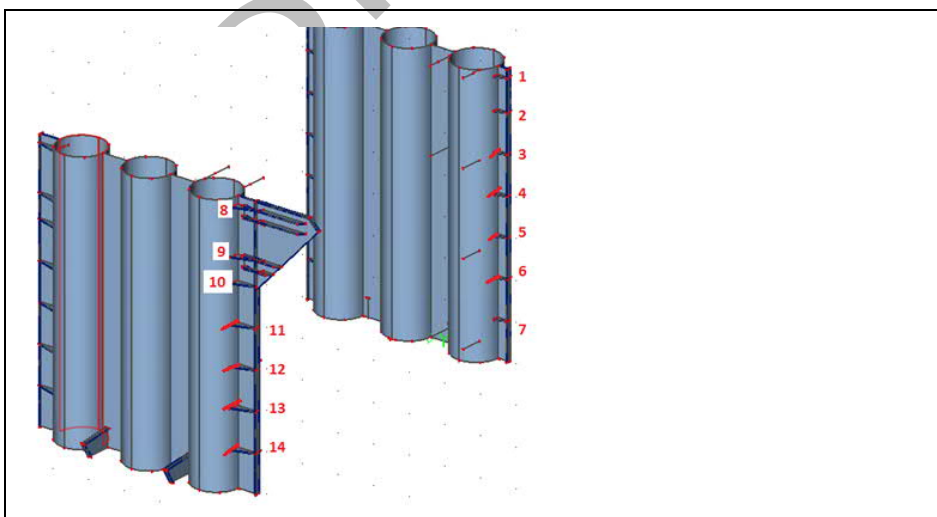
Ten slotte zijn de resultaten voor de combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2 gepresenteerd. De lassen die niet voldoen aan sterkte zijn met rode kleur weergegeven in de volgende figuren.



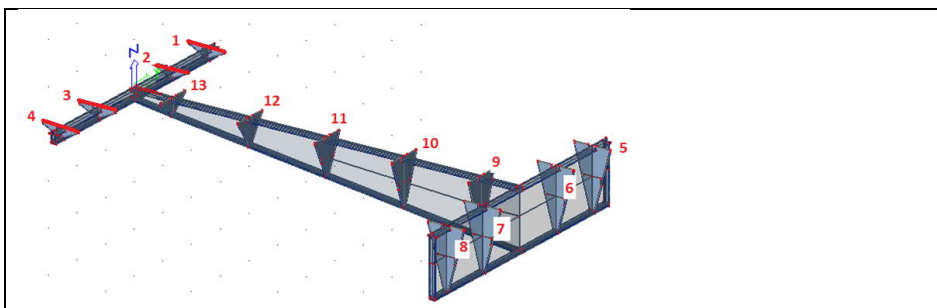
Figuur 46 Lassen van de platen – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2



Figuur 47 Lassen van de buizen – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2



Figuur 48 Lassen van de schotten – Model met Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2



Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

Datum
8 mei 2020

Figuur 49 Lassen van de schotten van de keg – Model met Keg – Combinatie volgens RBK –
Gebruiksniveau CC2

Tabel 3 – Lassen met $UC > 1,00$, model met keg, combinatie volgens RBK-Gebruiksniveau CC2

Onderdeel	Las no.	Locatie	U.C.
Plaat	5	b	1,04
Buis	1	t	1,57
Buis	1	b	2,08
Buis	2	b	1,53
Buis	4	t	1,33
Buis	4	b	1,97
Buis	5	b	1,38
Buis	6	b	1,05
Buis	7	b	1,45
Buis	8	b	2,09
Buis	9	b	1,94
Buis	10	b	1,36
Schot	3	b	1,16
Schot	4	b	1,29
Schot	5	b	1,32
Schot	6	b	1,25
Schot	11	b	1,33
Schot	12	b	1,50
Schot	13	b	1,46
Schot	14	b	1,39
Schot Keg	1	t	1,08
Schot Keg	3	t	1,14

3 Model zonder Keg

Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

Datum
8 mei 2020

De resultaten van de analyse van de situatie waar de droogzetkuip tegen een rechte wand en bodem ligt (zonder keg) worden gepresenteerd in de volgende paragrafen.

3.1 Statistische Sterkte

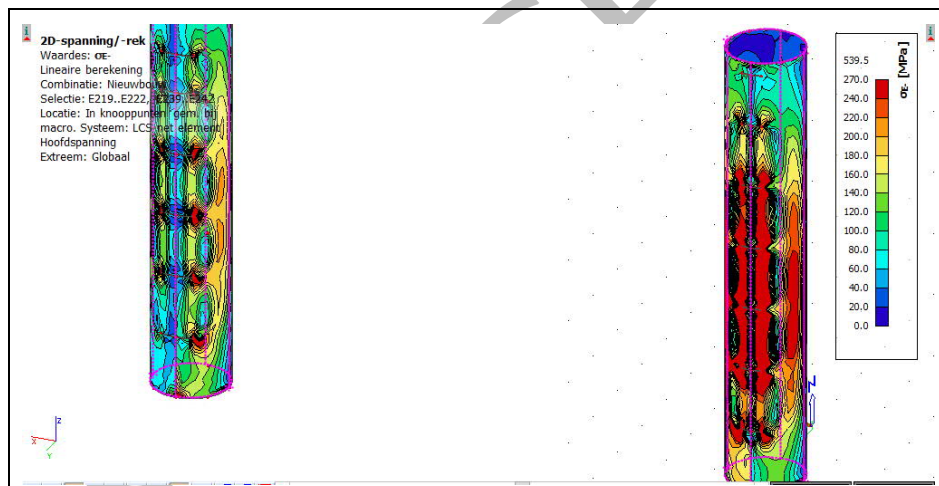
De equivalente (von Mises) spanning in de verschillende onderdelen van de constructie is in de volgende paragrafen weergegeven. De onderstaande figuren betreffen de platen waar de vloeigrens al overschreden is. De oppervlakken met rode kleur betreffen de delen van de constructieve elementen met spanningen hoger dan de vloeigrens.

De spanning in de overige constructie is in Bijlage C – Berekeningsrapport SCIA – Model zonder Keg te vinden.

3.1.1 Combinatie volgens Richtlijnen RWS

Voor deze combinatie voldoen de onderstaande onderdelen niet: buizen en verticale platen naast de afdichting, en de schotten i.v.m. krachtsinleiding bij dezelfde locatie.

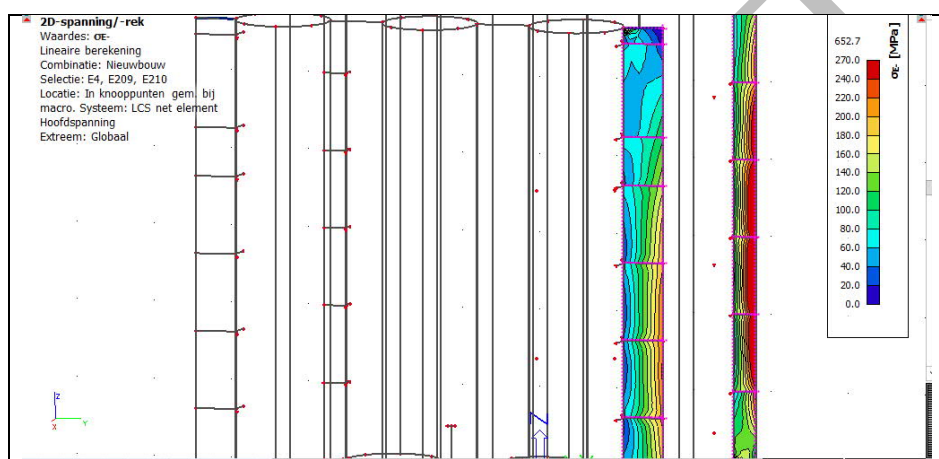
Vooraf voor de buizen en de schotten heeft de bijbehorende doorsnede over een grote deel de vloeigrens bereikt.



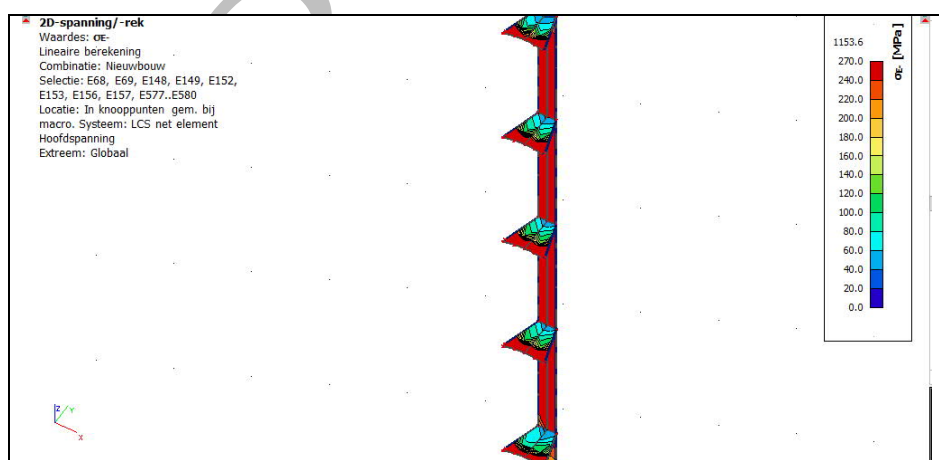
Figuur 50 Buizen nabij steunpunten – Zonder Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS



Figuur 51 Buizen nabij steunpunten – Zonder Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS



Figuur 52 Verticale platen nabij steunpunten – Zonder Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS



Figuur 53 Schotten nabij steunpunten – Zonder Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS

3.1.2

Combinatie volgens RBK – CC3

Voor deze combinatie voldoen de onderstaande onderdelen niet: buizen en verticale platen naast de afdichting, en de schotten i.v.m. krachtsinleiding bij dezelfde locatie.

Vooraf voor de buizen en de schotten heeft de bijbehorende doorsnede over een grote deel de vloeigrens bereikt.

Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

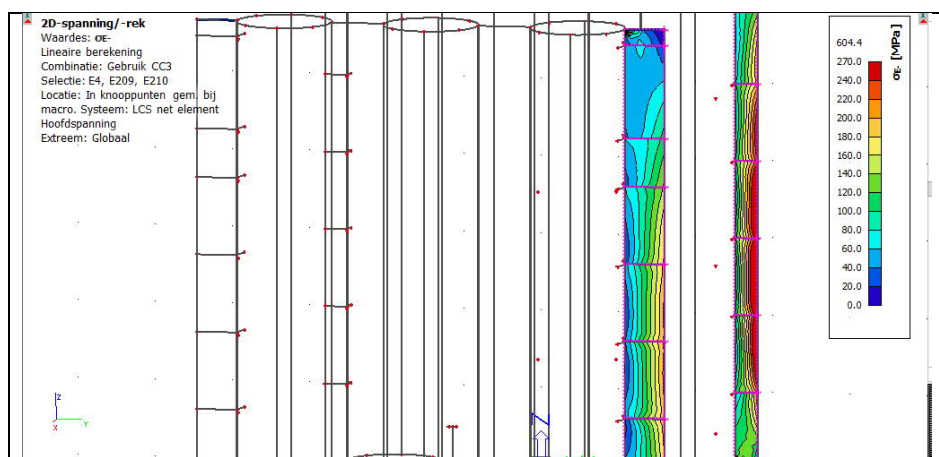
Datum
8 mei 2020



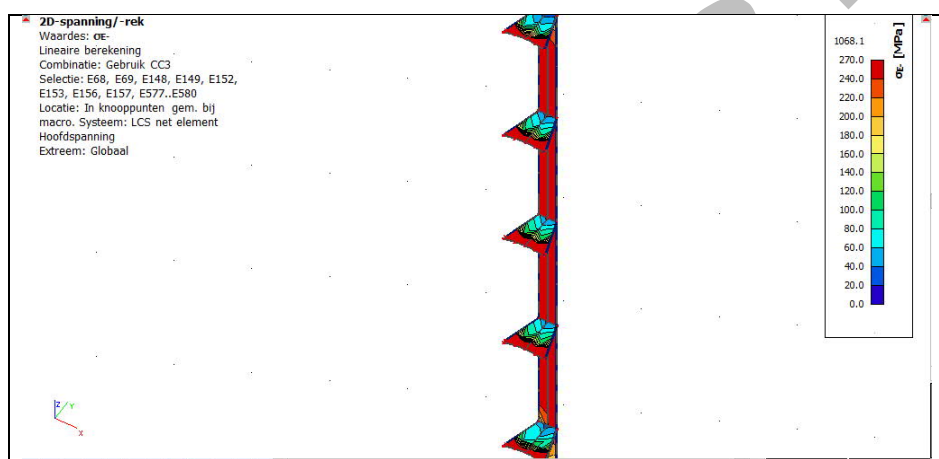
Figuur 54 Buizen nabij steunpunten – Zonder Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3



Figuur 55 Buizen nabij steunpunten – Zonder Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3



Figuur 56 Verticale platen nabij steunpunten – Zonder Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3



Figuur 57 Schotten nabij steunpunten – Zonder Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3

3.1.3

Combinatie volgens RBK – CC2

Voor deze combinatie voldoen de onderstaande onderdelen niet: buizen en verticale platen naast de afdichting, en de schotten i.v.m. krachtsinleiding bij dezelfde locatie.

Vooral voor de buizen en de schotten heeft de bijbehorende doorsnede over een grote deel de vloeigrens bereikt.

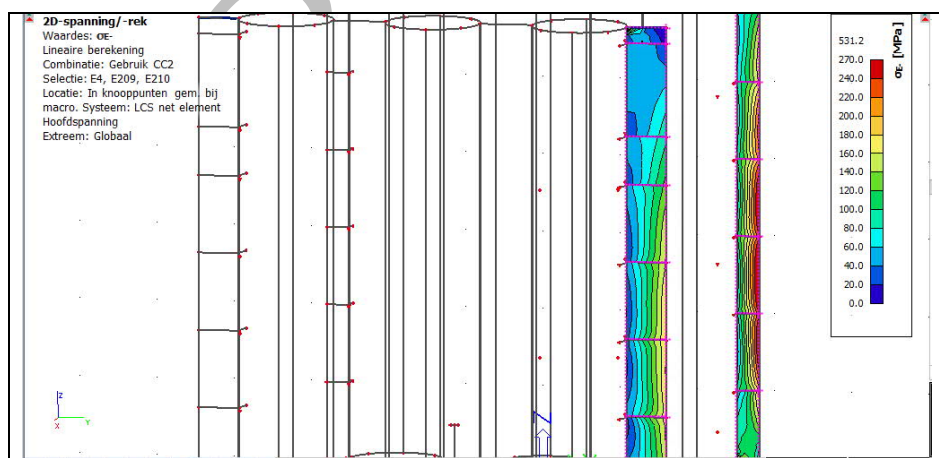
Datum
8 mei 2020



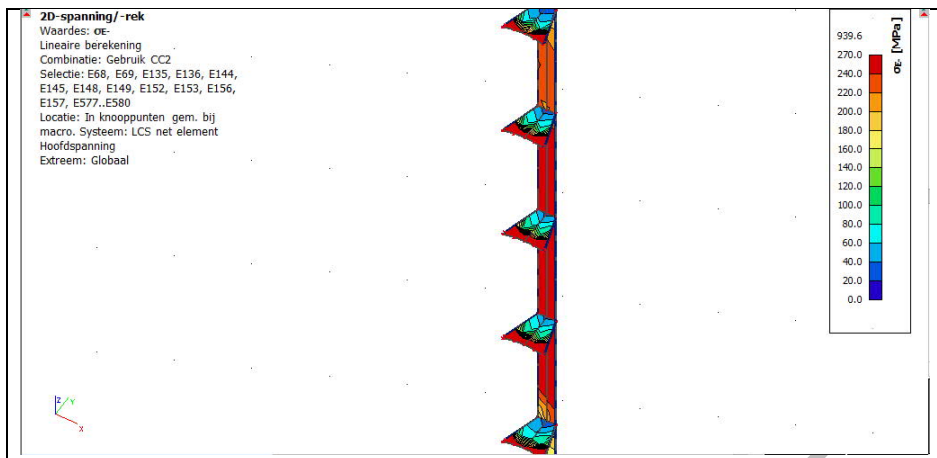
Figuur 58 Buizen nabij steunpunten – Zonder Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2



Figuur 59 Buizen nabij steunpunten – Zonder Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2



Figuur 60 Verticale platen nabij steunpunten – Zonder Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2



Rijkswaterstaat
 Programma's, Projecten
 en Onderhoud

Datum
 8 mei 2020

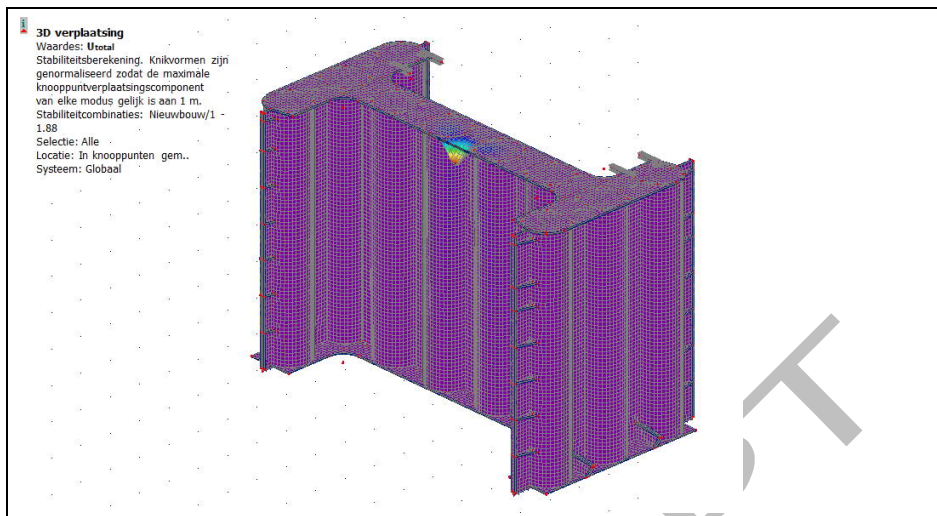
Figuur 61 Schotten nabij steunpunten – Zonder Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2

3.2 Plaatstabiliteit

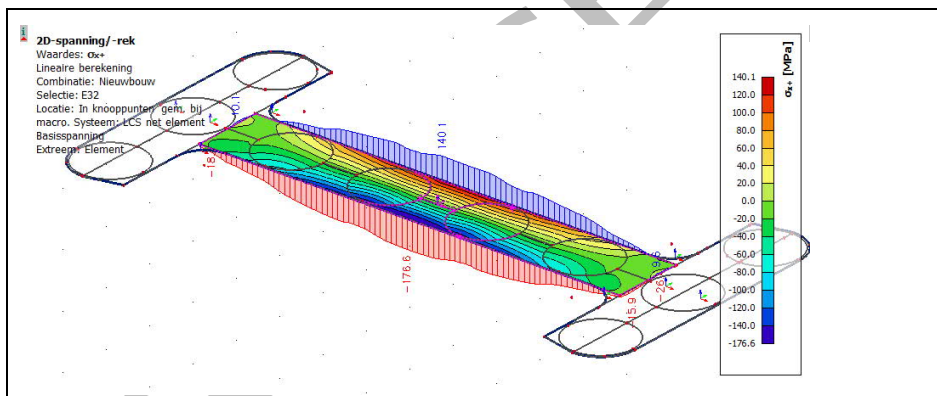
3.2.1 Combinatie volgens Richtlijnen RWS

Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

Datum
8 mei 2020



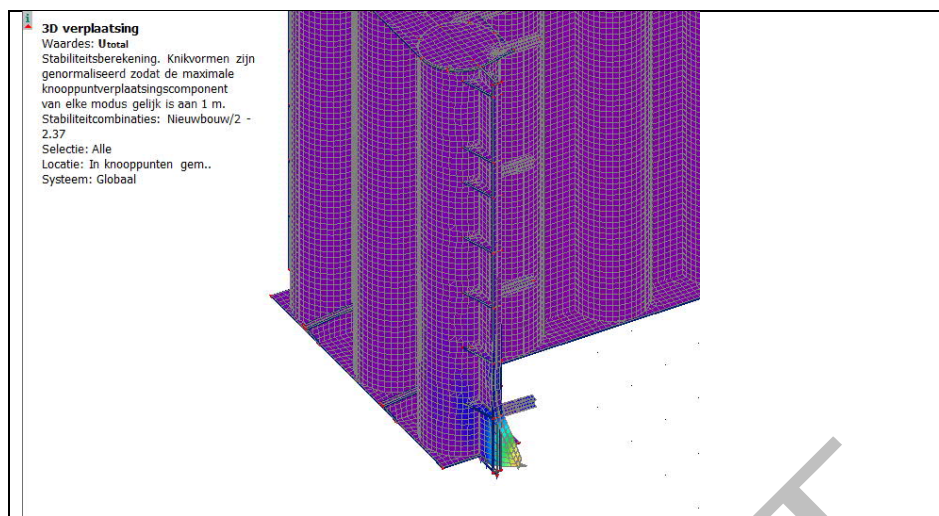
Figuur 62 Eigenmode en eigenwaarde (1,88) bovenplaat – Zonder Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS



Figuur 63 Drukspanning (177MPa) bovenplaat – Zonder Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS

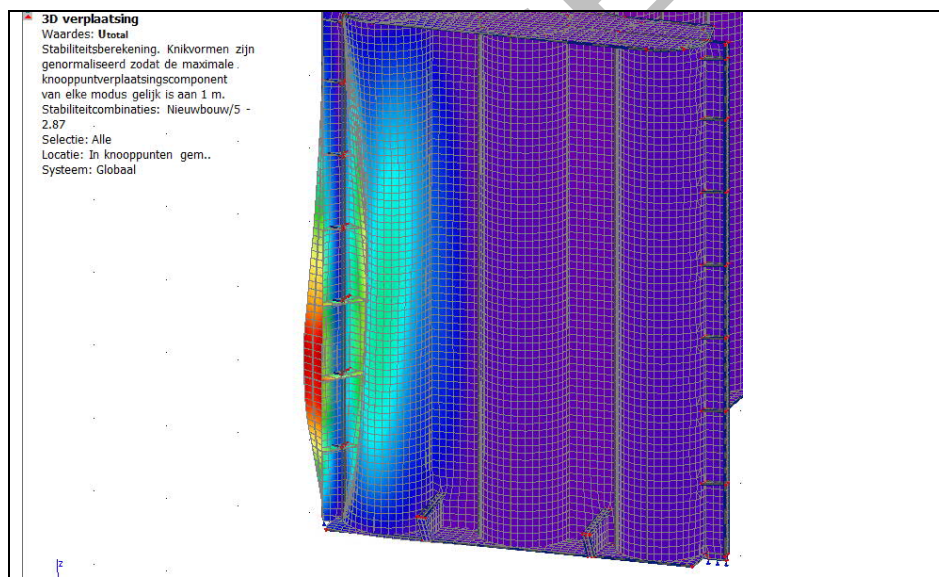
De kritische spanning is gelijk aan: $\sigma_{cr} = 177 \cdot 1,88 = 333 \text{ MPa}$. De relatieve slankheid is dus: $\lambda_p = \sqrt{f_y / \sigma_{cr}} = \sqrt{235 / 333} = 0,84$. De reductiefactor bedraagt: $\rho = 0,92$.

De Unity Check is: $UC = \sigma_{eq,Ed} / (\rho \cdot f_y) = 177 / (0,92 \cdot 235) = 0,82 < 1,00$, voldoet.



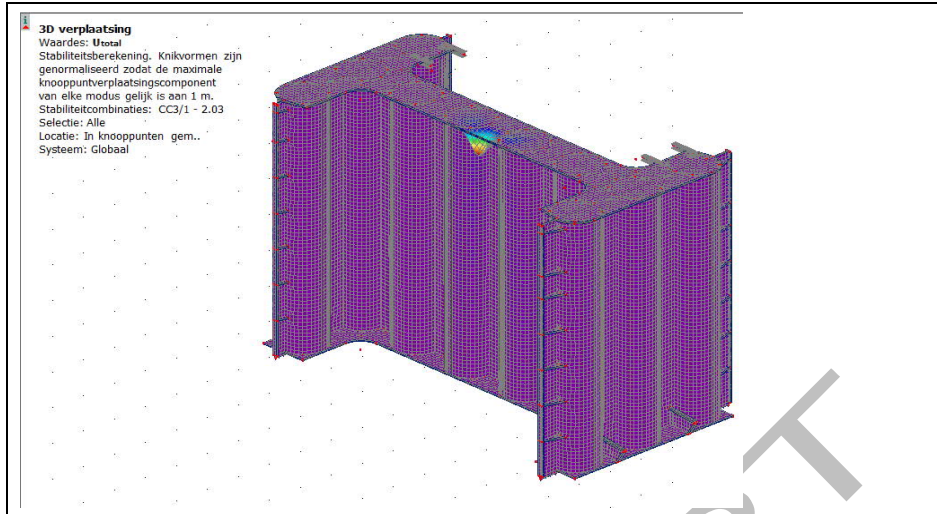
Figuur 64 Eigenmode en eigenwaarde (2,37) verticale plaat – Zonder Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS

De optredende spanning op de verticale plaat heeft al de vloeigrens overschreden (zie ook paragraaf 3.1.1), dus de plooierekening heeft hier geen zin, als de plaat niet voldoet.

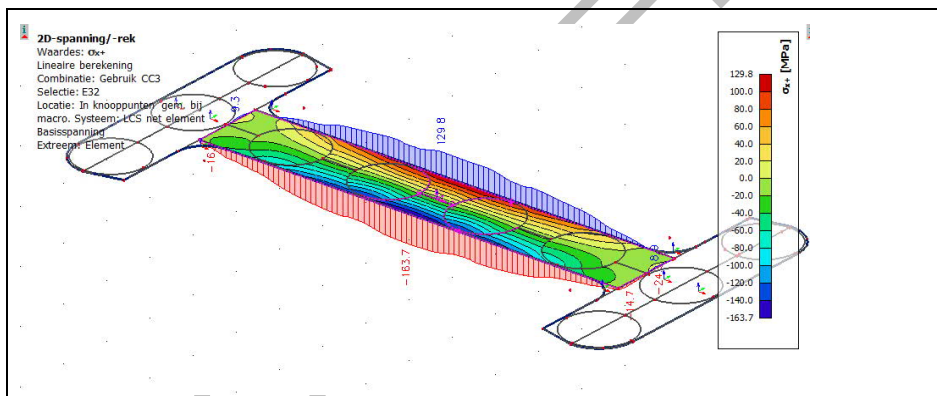


Figuur 65 Eigenmode en eigenwaarde (2,87) buis – Zonder Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS

De optredende spanning op de buis heeft al de vloeigrens overschreden (zie ook paragraaf 3.1.1), dus de plooierekening heeft hier geen zin, als de buis niet voldoet.



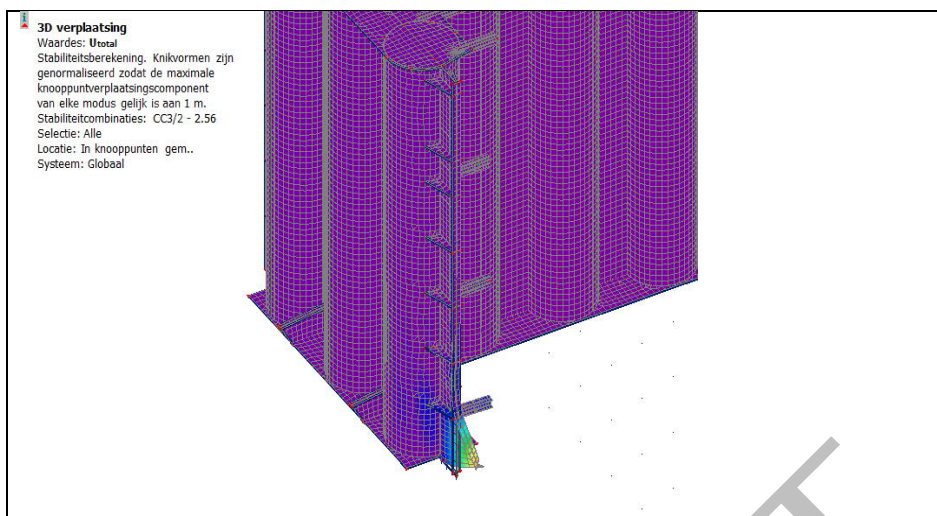
Figuur 66 Eigenmode en eigenwaarde (2,03) bovenplaat – Zonder Keg – Combinatie volgens RBK - Gebruiksniveau CC3



Figuur 67 Drukspanning (164MPa) bovenplaat – Zonder Keg – Combinatie volgens RBK - Gebruiksniveau CC3

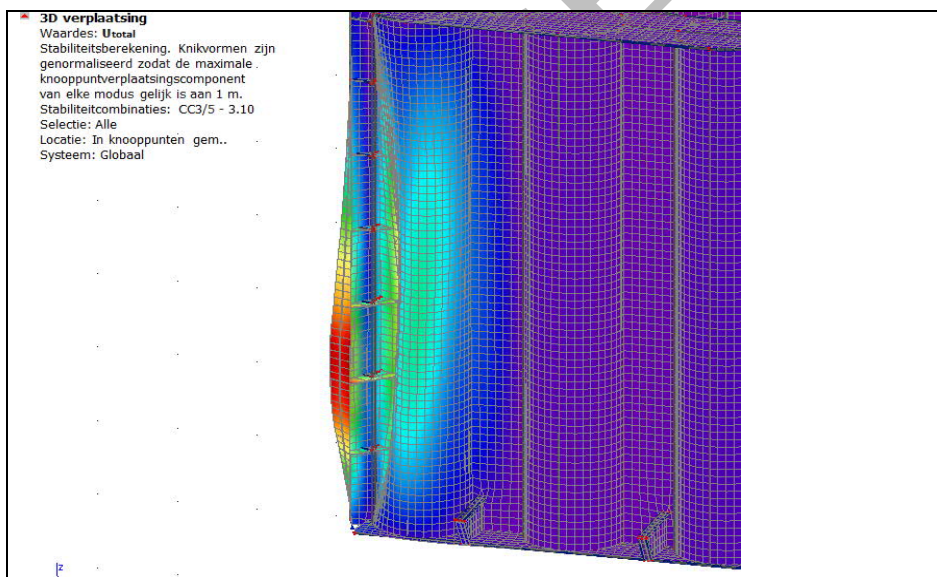
De kritische spanning is gelijk aan: $\sigma_{cr} = 164 \cdot 1,88 = 203 \text{ MPa}$. De relatieve slankheid is dus: $\lambda_p = \sqrt{f_y / \sigma_{cr}} = \sqrt{235 / 333} = 0,84$. De reductiefactor bedraagt: $\rho = 0,92$.

De Unity Check is: $UC = \sigma_{eq,Ed} / (\rho \cdot f_y) = 164 / (0,92 \cdot 235) = 0,76 < 1,00$, voldoet.



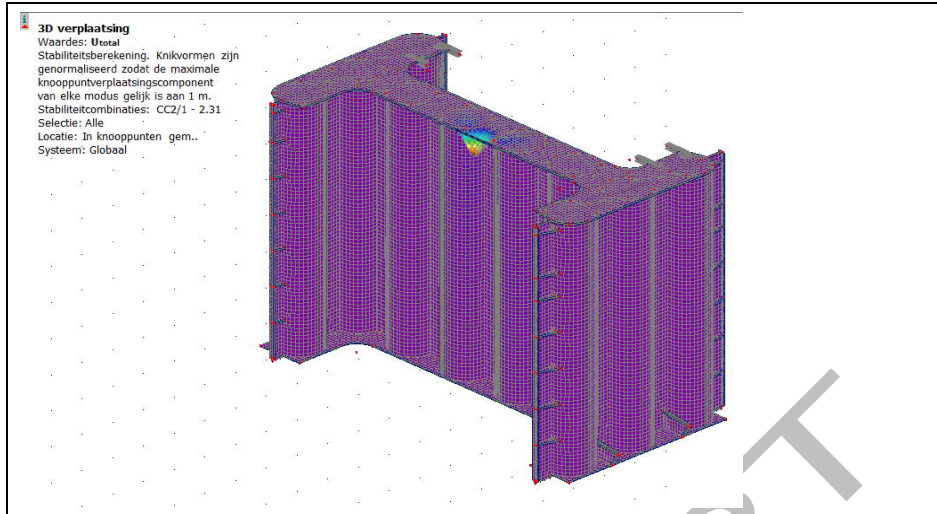
Figuur 68 Eigenmode en eigenwaarde (2,56) verticale plaat – Zonder Keg – Combinatie volgens RBK - Gebruiksniveau CC3

De optredende spanning op de verticale plaat heeft al de vloeigrens overschreden (zie ook paragraaf 3.1.2), dus de plooierekening heeft hier geen zin, als de buis niet voldoet.

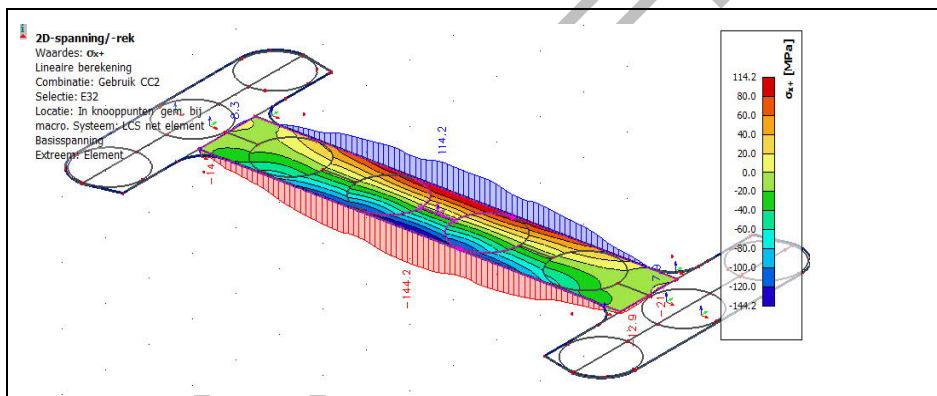


Figuur 69 Eigenmode en eigenwaarde (3,10) buis – Zonder Keg – Combinatie volgens RBK - Gebruiksniveau CC3

De optredende spanning op de buis heeft al de vloeigrens overschreden (zie ook paragraaf 3.1.2), dus de plooierekening heeft hier geen zin, als de buis niet voldoet.



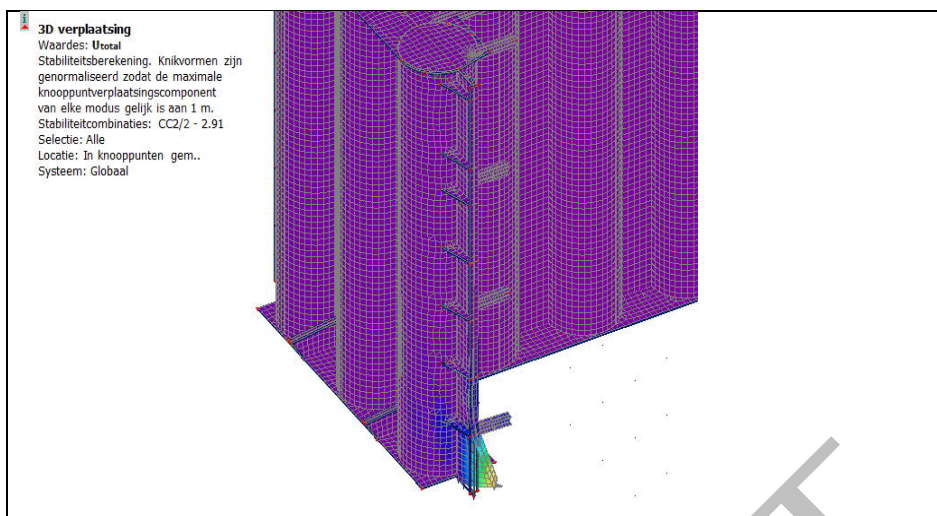
Figuur 70 Eigenmode en eigenwaarde (2,31) bovenplaat – Zonder Keg – Combinatie volgens RBK - Gebruiksniveau CC2



Figuur 71 Drukspanning (144MPa) bovenplaat – Zonder Keg – Combinatie volgens RBK - Gebruiksniveau CC2

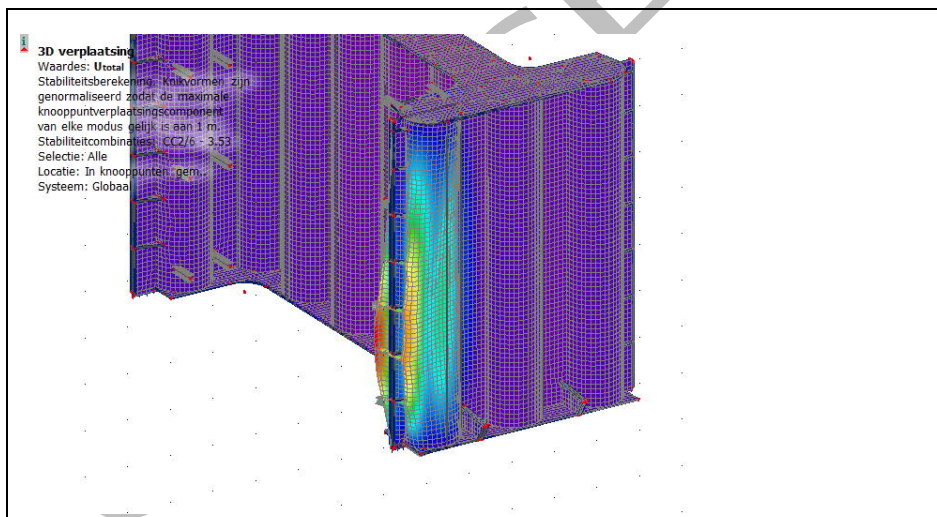
De kritische spanning is gelijk aan: $\sigma_{cr} = 144 \cdot 2,31 = 333 \text{ MPa}$. De relatieve slankheid is dus: $\lambda_p = \sqrt{(f_y / \sigma_{cr})} = \sqrt{(235 / 333)} = 0,84$. De reductiefactor bedraagt: $\rho = 0,92$.

De Unity Check is: $UC = \sigma_{eq,Ed} / (\rho \cdot f_y) = 144 / (0,92 \cdot 235) = 0,66 < 1,00$, voldoet.



Figuur 72 Eigenmode en eigenwaarde (2,91) verticale plaat – Zonder Keg – Combinatie volgens RBK - Gebruiksniveau CC2

De optredende spanning op de verticale plaat heeft al de vloeigrens overschreden (zie ook paragraaf 3.1.3), dus de plooierekening heeft hier geen zin, als de buis niet voldoet.



Figuur 73 Eigenmode en eigenwaarde (3,53) buis – Zonder Keg – Combinatie volgens RBK - Gebruiksniveau CC2

De optredende spanning op de buis heeft al de vloeigrens overschreden (zie ook paragraaf 3.1.3), dus de plooierekening heeft hier geen zin, als de buis niet voldoet.

3.3

Lassen

De lassen zijn berekend volgens NEN-EN 1993-1-8. In de volgende paragrafen zijn de lassen met een Unity Check hoger dan 1,00 weergegeven en de bijbehorende U.C. gepresenteerd. De uitgebreide berekening is in Bijlage D – Lassen – Model zonder Keg te vinden.

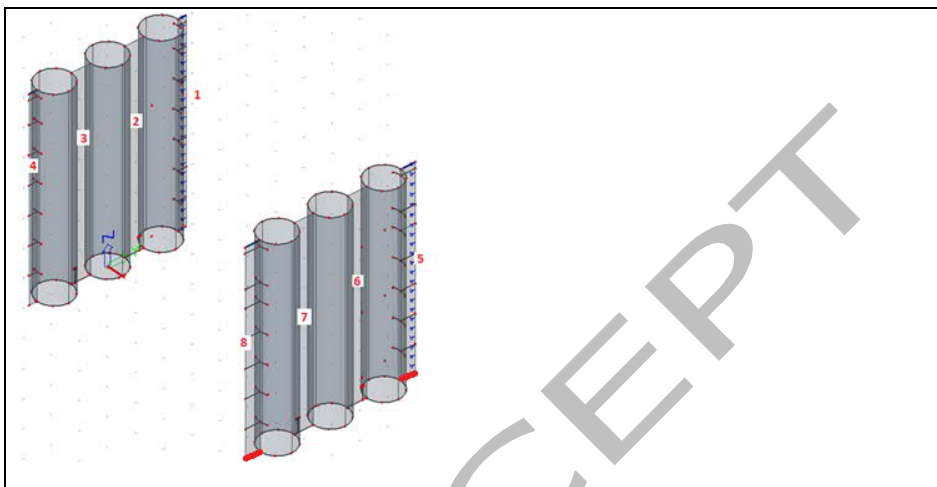
Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

Datum
8 mei 2020

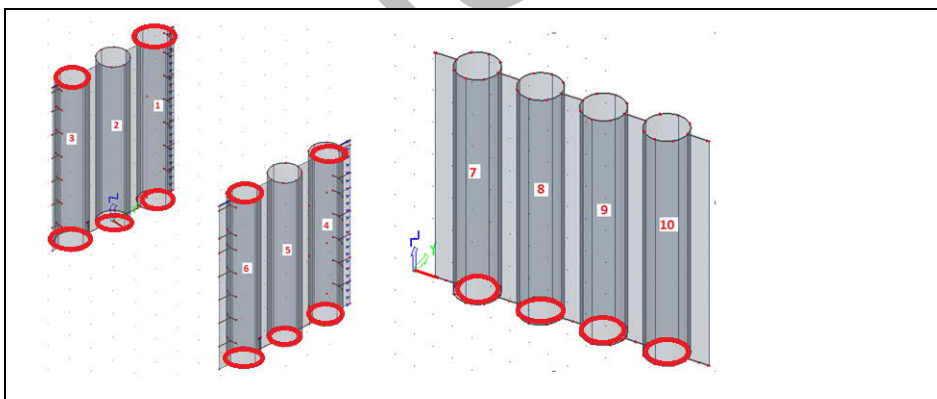
3.3.1

Combinatie volgens Richtlijnen RWS

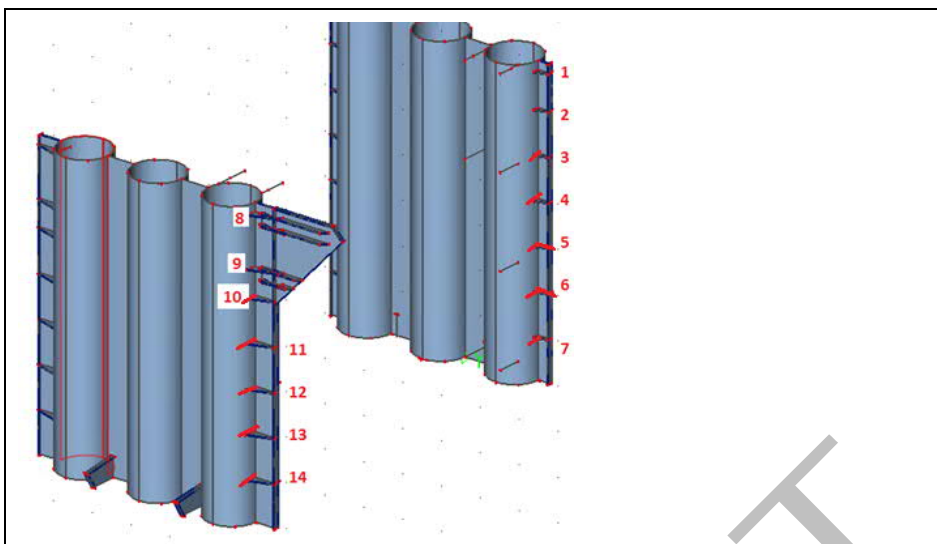
Eerst zijn de resultaten voor de combinatie volgens het rapport “Het keuren van keermiddelen” gepresenteerd. De lassen die niet voldoen aan sterkte zijn met rode kleur weergegeven in de volgende figuren.



Figuur 74 Lassen van de platen – Model zonder Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS



Figuur 75 Lassen van de buizen – Model zonder Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS



Figuur 76 Lassen van de schotten – Model zonder Keg – Combinatie volgens Richtlijnen RWS

Tabel 4 – Lassen met UC>1,00, model zonder keg, combinatie volgens Richtlijnen RWS

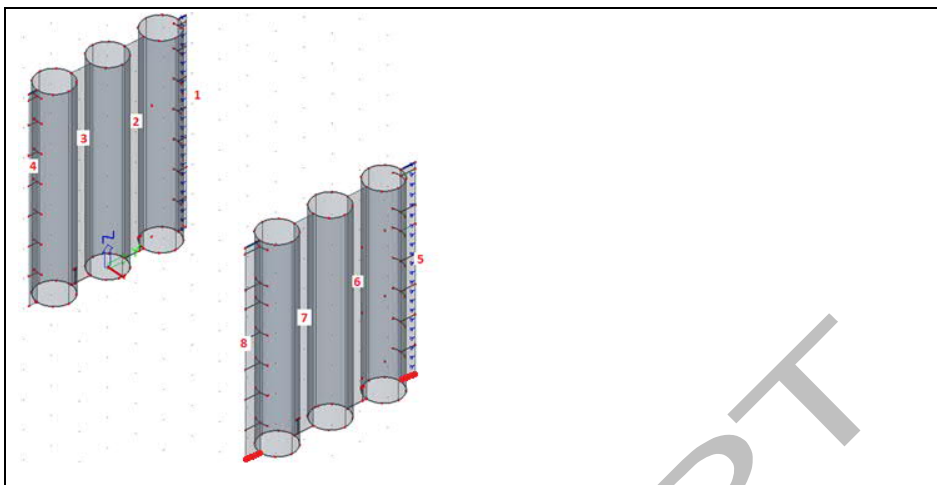
Onderdeel	Las no.	Locatie	U.C.
Plaat	5	b	1,32
Buis	1	t	1,57
Buis	1	b	2,70
Buis	2	b	1,53
Buis	3	b	1,47
Buis	4	t	1,57
Buis	4	b	2,03
Buis	5	b	1,60
Buis	6	b	1,42
Buis	7	b	1,35
Buis	8	t	1,03
Buis	8	b	2,28
Buis	9	t	1,02
Buis	9	b	2,26
Buis	10	b	1,27
Schot	3	b	1,43
Schot	4	b	1,62
Schot	5	b	1,74
Schot	5	l	1,06
Schot	6	b	1,67
Schot	6	l	1,08
Schot	7	b	1,19
Schot	10	b	1,22
Schot	11	b	1,71
Schot	12	b	1,88
Schot	13	b	1,81
Schot	14	b	1,73

3.3.2 Combinatie volgens RBK – CC3

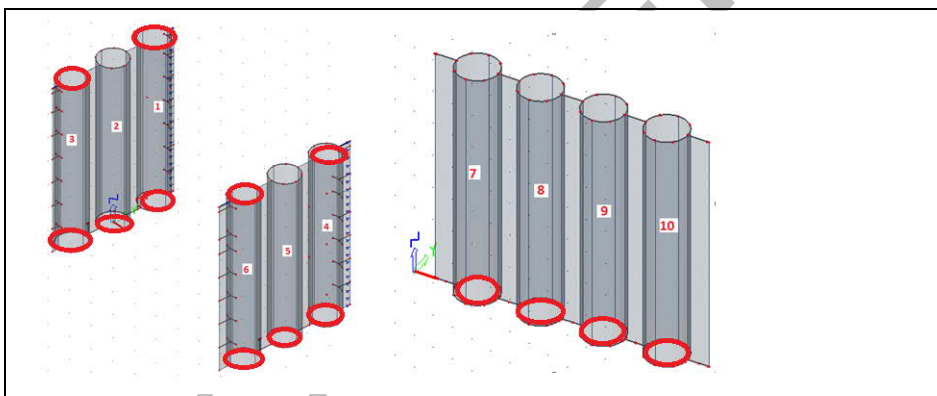
Vervolgens zijn de resultaten voor de combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3 gepresenteerd. De lassen die niet voldoen aan sterkte zijn met rode kleur weergegeven in de volgende figuren.

Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

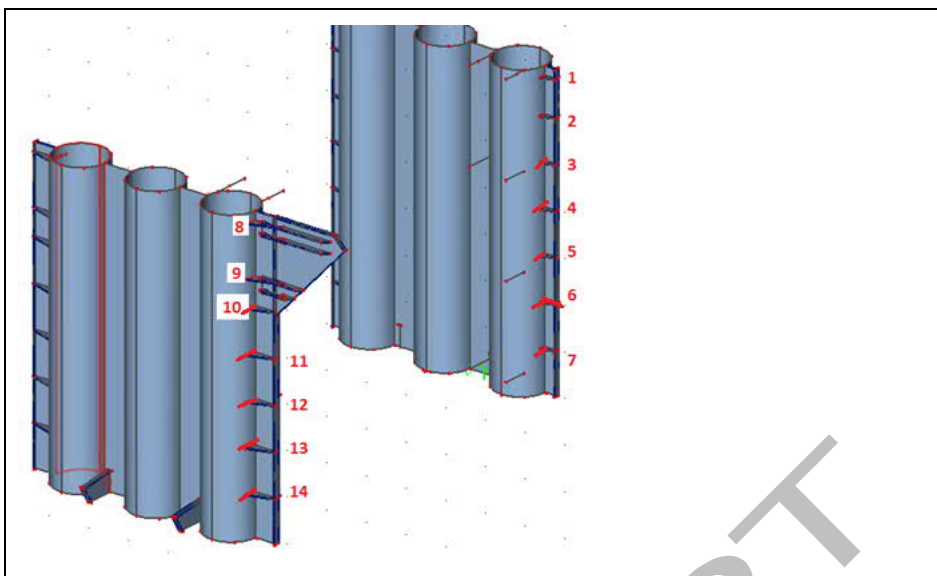
Datum
8 mei 2020



Figuur 77 Lassen van de platen – Model zonder Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3



Figuur 78 Lassen van de buizen – Model zonder Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3



Figuur 79 Lassen van de schotten – Model zonder Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC3

Tabel 5 – Lassen met UC>1,00, model zonder keg, combinatie volgens RBK-Gebruiksniveau CC3

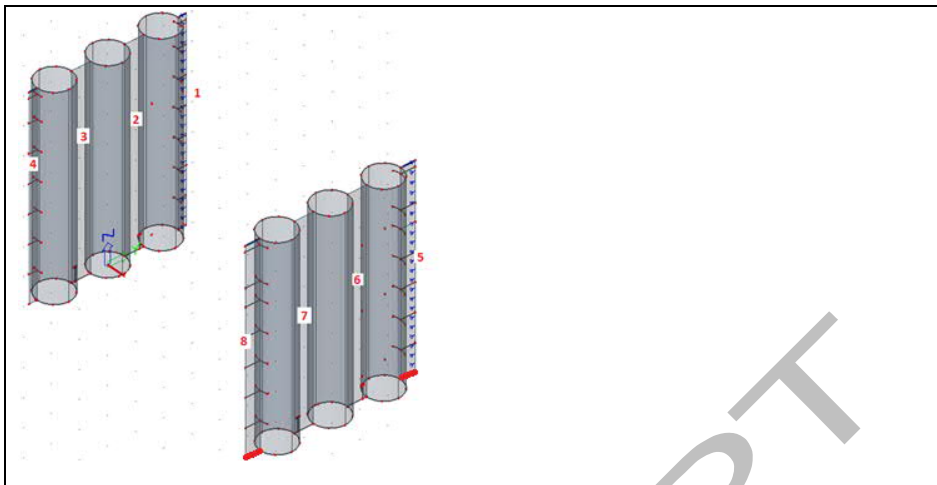
Onderdeel	Las no.	Locatie	U.C.
Plaat	5	b	1,22
Buis	1	t	1,61
Buis	1	b	2,57
Buis	2	b	1,41
Buis	3	b	1,25
Buis	4	t	1,64
Buis	4	b	1,96
Buis	5	b	1,48
Buis	6	b	1,22
Buis	7	b	1,24
Buis	8	b	2,11
Buis	9	b	2,08
Buis	10	b	1,18
Schot	3	b	1,33
Schot	4	b	1,51
Schot	5	b	1,61
Schot	6	b	1,55
Schot	6	l	1,00
Schot	7	b	1,10
Schot	10	b	1,03
Schot	11	b	1,58
Schot	12	b	1,74
Schot	13	b	1,67
Schot	14	b	1,60

3.3.3 Combinatie volgens RBK – CC2

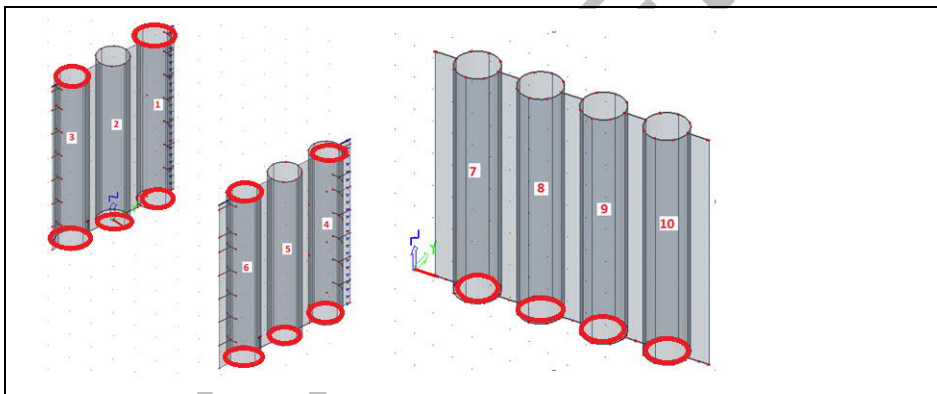
Ten slotte zijn de resultaten voor de combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2 gepresenteerd. De lassen die niet voldoen aan sterkte zijn met rode kleur weergegeven in de volgende figuren.

Rijkswaterstaat
Programma's, Projecten
en Onderhoud

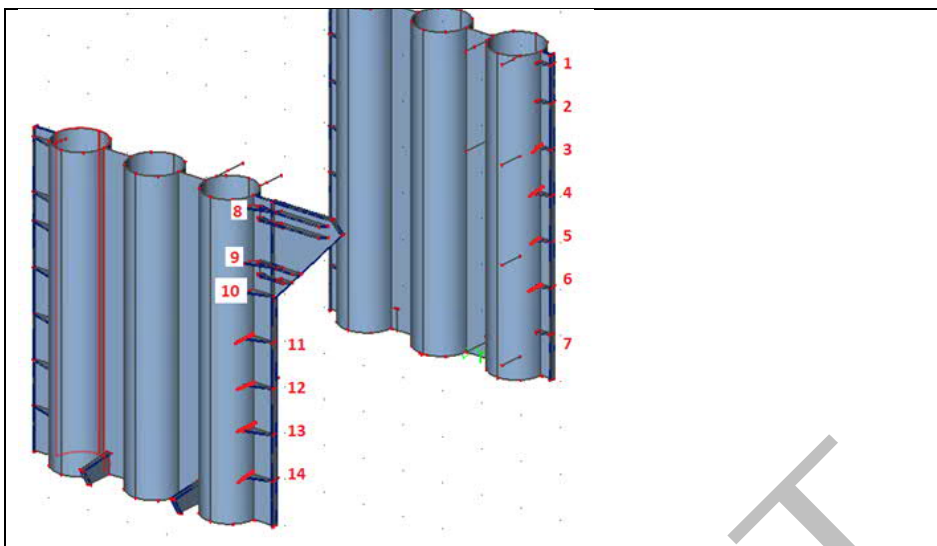
Datum
8 mei 2020



Figuur 80 Lassen van de platen – Model zonder Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2



Figuur 81 Lassen van de buizen – Model zonder Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2



Figuur 82 Lassen van de schotten – Model zonder Keg – Combinatie volgens RBK – Gebruiksniveau CC2

Tabel 6 – Lassen met UC>1,00, model zonder keg, combinatie volgens RBK-Gebruiksniveau CC2

Onderdeel	Las no.	Locatie	U.C.
Plaat	5	b	1,07
Buis	1	t	1,42
Buis	1	b	2,26
Buis	2	b	1,20
Buis	3	b	1,14
Buis	4	t	1,45
Buis	4	b	1,69
Buis	5	b	1,29
Buis	6	b	1,20
Buis	7	b	1,10
Buis	8	b	1,87
Buis	9	b	1,85
Buis	10	b	1,05
Schot	3	b	1,17
Schot	4	b	1,32
Schot	5	b	1,42
Schot	6	b	1,37
Schot	11	b	1,39
Schot	12	b	1,54
Schot	13	b	1,48
Schot	14	b	1,41

Op basis van de uitgevoerde analyses is het aangetoond dat de constructieve veiligheid van de droogzetkuip kan niet worden gewaarborgd voor de aangenomen belastingen op alle drie getoetste normatieve veiligheidsniveaus.

De onderstaande vervolgacties zijn aanbevolen:

- In overleg met de Opdrachtgever naar de opties van verlagen van de hoogte van het waterniveau te kijken; dit echter waarschijnlijk betekent dat de droogzetkuip kan alleen in korte tijd en alleen in laagwater stand gebruikt worden; aspecten als arbeidsveiligheid dienen in rekeningen te worden genomen;
- Eventuele versterkingsmaatregelen met de OG bespreken;
- In overleg met de Opdrachtgever afstemmen of een inspectie van de binnenzijde van de buizen (om eventuele corrosieschade in beeld te krijgen) en het verdere uitwerken van de details (zoals de pen-gat verbinding van de flappen of de hijsogen) zinvol is.

CONCEPT

CONCEPT

CONCEPT

CONCEPT