

Werk:                        Vestingwerken Stevensweert

Werknummer:            3685

Onderdeel:                Statische berekening volgens:

- NEN 6700, 6702 (ALGEMEEN)
- NEN 6770, 6771, 6772 (STAAL)
- NEN 6740 (GEO)
- CUR 166 Damwandconstructies

Damwandconstructie dwarsprofiel A/B en M

Bijbehorende tekeningen: 3685; Vestingwerken Stevensweert

|                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| blad 1; situatie        | rev. g: 15-04-2009 |
| blad 2; dwarsprofielen  | rev. j: 16-09-2009 |
| blad 3; dwarsdoorsneden | rev. f: 27-03-2009 |

Roermond, 30-01-2009, 26-02-2009, 16-09-2009



**INHOUD .....**

UITGANGSPUNTEN .....

EXTERNE DOCUMENTEN .....

GRONDGEGEVENS .....

DAMWANDPROFIEL.....

CORROSIE.....

BELASTINGEN.....

**DAMWANDBEREKENING DWARSPROFIEL A EN B**

*Geometrie en peilhoogten .....*

*Grondparameters .....*

*Belastingen .....*

*Samenvattin berekening.....*

*Doorsnedencontrole .....*

*Vervormingen.....*

*Kranz-stabiliteit(Verificatie ankerkracht).....*

**DAMWANDBEREKENING DWARSPROFIEL M**

*Geometrie en peilhoogten .....*

*Grondparameters .....*

*Belastingen .....*

*Samenvatting berekening.....*

*Doorsnedencontrole .....*

*Vervormingen.....*

**CONCLUSIE.....**

**BIJLAGEN**

*Overzicht damwand gegevens .....*

**BIJLAGEN in extern document**

*Computerberekeningen dwarsprofiel A/B; 3685-AB1.....*

*Computerberekeningen dwarsprofiel M; 3685-M1 .....*

## UITGANGSPUNTEN

De damwanden vormen een onderdeel van de primaire waterkering en zijn derhalve ingedeeld in Veiligheidsklasse III.

Aanvullingen achter de damwand en het verwijderen van het taluds onder water vinden plaats na het aanbrengen van de verankering. E.e.a. volgens bijgevoegde tekening.

## EXTERNE DOCUMENTEN

Grondonderzoek Geotechniek rapportage GA-60070 d.d. 05-04-2006.

Leidraad kunstwerken, Ministerie van Verkeer en Waterstaat (TAW) d.d. 01-05-2003

## DAMWANDPROFIEL / CORROSIE

Gekozen is voor een koudgewalst damwandprofiel ZN35/980 met een wanddikte van 6,0 mm. Damwandgegevens zijn als bijlage toegevoegd.

De levensduur van de damwandconstructie bedraagt 100 jaar. Reductie van de doorsnede volgens CUR 166 par. 9.2.2. aantasting in zoet water als gevolg van corrosie: 0,012 mm /jaar/zijde.

Totale reductie wanddikte:  $2 * 100 * 0,012 = 2,4$  mm

Traagheidsmoment:  $I_x = \sum ( I_{eigen} + A * a^2 )$

Bij verwaarlozing van de bijdrage van het eigen traagheidsmoment is de reductie van de wanddikte rechtevenredig met de reductie van de doorsnede A, het weerstandsmoment W en het traagheidsmoment  $I_x$ .

Bij een wanddikte van  $t = 6,0$  mm wordt de reductie voor respectievelijk de doorsnede, het weerstandsmoment en het traagheidsmoment c.q. stijfheid:  $red = (t - 2,4) / t = 0,6$

## GRONDGEGEVENS

De representatieve waarden voor de grondparameters zijn bepaald aan de hand van NEN 6740 en de sonderingen uit rapportage Geotechniek GA-60070 d.d. 05-04-2006

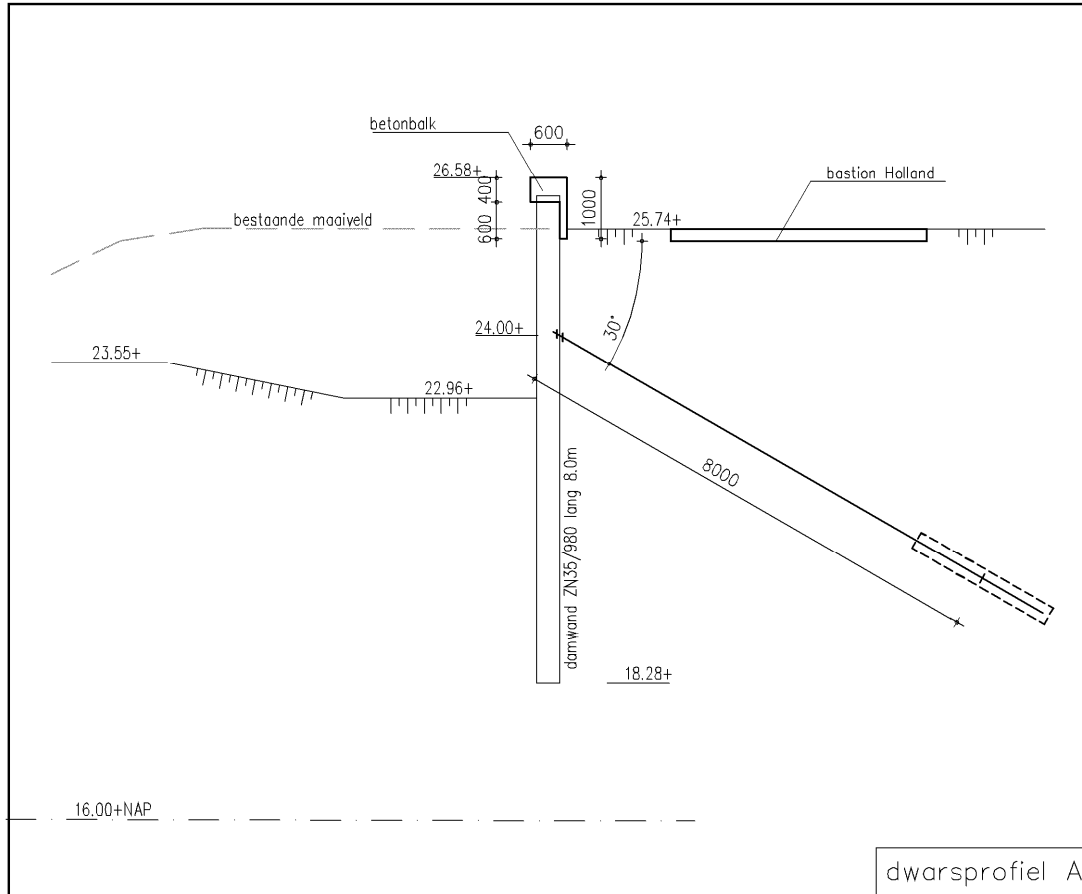
De partiële factoren behorende bij Veiligheidsklasse III worden door de programmatuur automatisch bepaald.

## BELASTINGEN

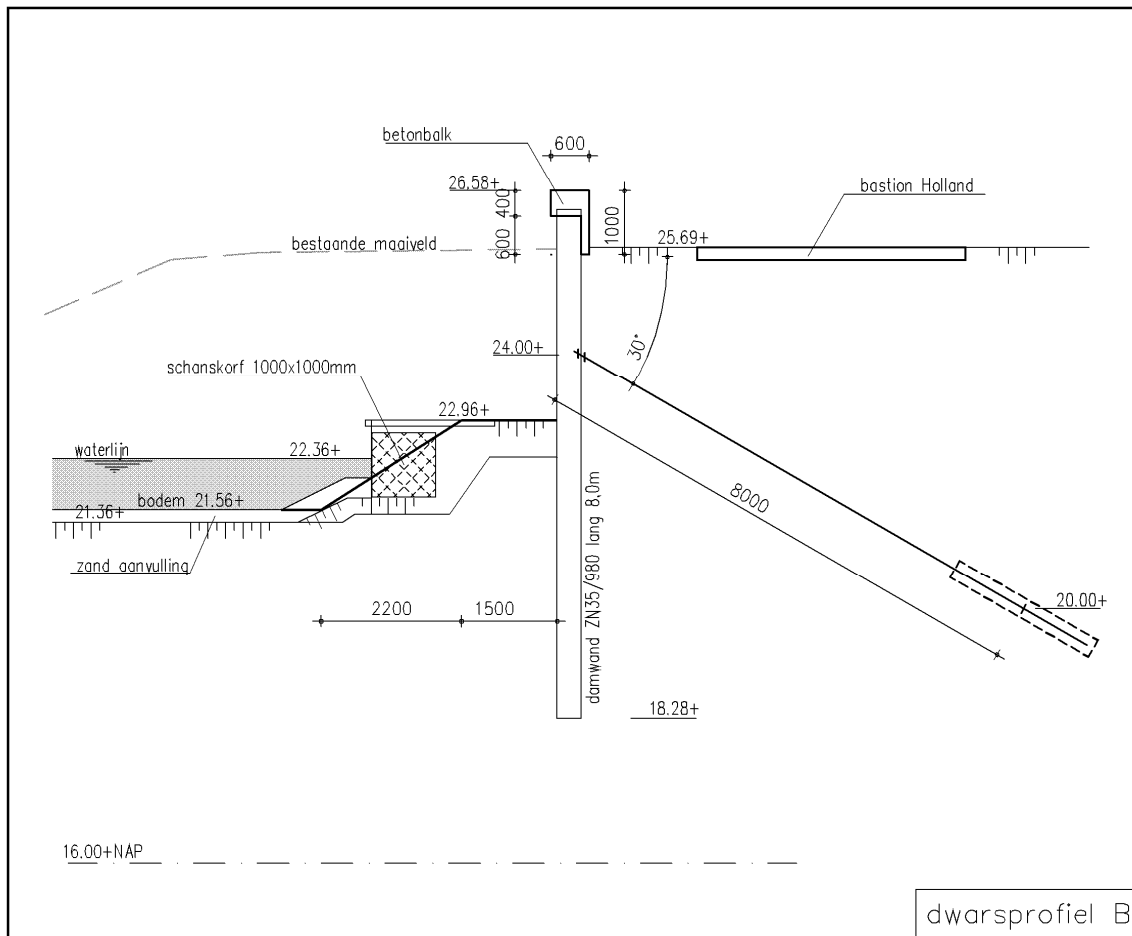
Belastingen overeenkomstig Leidraad Kunstwerken 2003. Bovenbelasting 10,0 kN/m<sup>2</sup>. en verkeersbelasting 13,3 kN/m<sup>2</sup>. Tenzij anders aangegeven.

**DWARSPROFIEL A / B, VERANKERDE DAMWAND:**

**Geometrie en peilhoogten**



|              |                |                  |
|--------------|----------------|------------------|
| Damwand:     | Profiel:       | ZN35/980         |
|              | Staalkwaliteit | S275SJR          |
|              | Lengte:        | 8,0 m            |
|              | Teen damwand:  | 18,28 -NAP       |
| Verankering: | Ankers h.o.h.  | 1,65 m           |
|              | helling:       | 30° met maaiveld |



dwarsprofiel B

|          |                |            |
|----------|----------------|------------|
| Damwand: | Profiel:       | ZN35/980   |
|          | Staalkwaliteit | S275SJR    |
|          | Lengte:        | 9,5 m      |
|          | Teen damwand:  | 16,10 +NAP |

|          |                                      |            |
|----------|--------------------------------------|------------|
| Maaiveld | Grachtbodem:                         | 21,56 +NAP |
|          | Maaiveld:                            | 25,69 +NAP |
|          | taluds volgens bijgevoegde tekening. |            |

|              |                             |            |
|--------------|-----------------------------|------------|
| Waterniveaus | Grachtpeil:                 | 22,36 +NAP |
|              | Laag water = stuwpeil:      | 20,80 +NAP |
|              | MHW; maatgevend hoog water: | 25,20 +NAP |
|              | hoog water = MHW + 0,30     | 25,50 +NAP |
|              | hoog grondwater:            | 25,50 +NAP |

### Grondgegevens

Dwarsprofiel A sondering SW01

Dwarsprofiel B sondering SW01, S02 en S03 en boring B1

Maatgevend dwarsprofiel profiel B met sondering S02.

| Grondparameters waterzijdewaterzijde |                |        |                         |               |                   |
|--------------------------------------|----------------|--------|-------------------------|---------------|-------------------|
| Grondsoort                           | conusweerstand |        | hoek inwendige wrijving |               | niveau bovenzijde |
|                                      | qc             | [Mpa]  |                         | $\varphi$ [°] | NAP [m]           |
| zand matig vast                      |                | < 5,0  |                         | 30,0          | maaiveld          |
| zand vast                            | > 15,0         | < 25,0 |                         | 35,0          | 20,35             |

| Grondparameters landzijde |                |        |                         |               |                   |
|---------------------------|----------------|--------|-------------------------|---------------|-------------------|
| Grondsoort                | conusweerstand |        | hoek inwendige wrijving |               | niveau bovenzijde |
|                           | qc             | [Mpa]  |                         | $\varphi$ [°] | [m]               |
| zand matig vast           |                | < 5,0  |                         | 30,0          | maaiveld          |
| zand vast                 | > 15,0         | < 25,0 |                         | 35,0          | 20,25             |

Aanpassing waterspanning aan teen van de damwand. De water over- en onderspanningen worden bepaald overeenkomstig de Cur 166 par. 4.6.3 en de EAU 1996 par. 2.9.3.2

Deze waterspanningen worden in de Msheet per belastinggeval / fase en per laag ingevoerd.

| Water over- en onderspanning homogene opbouw van de grondlagen |              |               |                  |              |               |                      |           |                     |  |  |
|--|--------------|---------------|------------------|--------------|---------------|----------------------|-----------|---------------------|--|--|
| belasting<br>geval   | waterpeil    |               | damwand maaiveld |              |               | watervoerende hoogte |           |                     |  |  |
|  | links<br>[m] | rechts<br>[m] | teen<br>[m]      | links<br>[m] | rechts<br>[m] | dL<br>[m]            | dR<br>[m] | $\Delta h$<br>[kPa] |  |  |
| 1  | 22,36        | 22,36         | 18,28            | 22,96        | 25,75         | 4,08                 | 4,08      | 0,00                |  |  |
| 2  | 25,50        | 22,36         | 18,28            | 22,96        | 25,75         | 4,68                 | 4,08      | 31,40               |  |  |
| 3  | 22,36        | 25,50         | 18,28            | 22,96        | 25,75         | 4,08                 | 7,22      | -31,40              |  |  |
| 4  | 20,80        | 22,36         | 18,28            | 22,96        | 25,75         | 2,52                 | 4,08      | -15,60              |  |  |

| belasting<br>geval | waterspanning |                      |               |                      |               |                      |                      |               |                      |                      |
|--------------------|---------------|----------------------|---------------|----------------------|---------------|----------------------|----------------------|---------------|----------------------|----------------------|
|                    | niveau<br>[m] | $\Delta wL$<br>[kPa] | niveau<br>[m] | $\Delta wR$<br>[kPa] | niveau<br>[m] | $\Delta wL$<br>[kPa] | $\Delta wR$<br>[kPa] | niveau<br>[m] | $\Delta wL$<br>[kPa] | $\Delta wR$<br>[kPa] |
| 1                  | 22,36         | 0,0                  | 22,36         | 0,0                  | 20,25         | 0,0                  | 0,0                  | 18,28         | 0,0                  | 0,0                  |
| 2                  | 22,96         | 0,0                  | 22,36         | 0,0                  | 20,25         | -6,6                 | 5,5                  | 18,28         | -11,4                | 10,6                 |
| 3                  | 22,36         | 0,0                  | 25,50         | 0,0                  | 20,25         | 4,9                  | -9,1                 | 18,28         | 9,4                  | -12,5                |
| 4                  | 20,80         | 0,0                  | 22,36         | 0,0                  | 20,25         | 1,0                  | -3,2                 | 18,28         | 4,8                  | -6,1                 |

### **Belastingen**

|   |  |
|---|--|
| Bovenbelasting:<br>(tijdelijke belastingen) | Berm: $q_{\text{berm}} = 10,0 \text{ kN/m}^2$ achter de damwand<br>Verkeer: klasse 450; per as 150,0 kN<br>$q = 150,0 / 3 = 60,0 \text{ kN/m}^2$ vanaf 1,5 m achter de damwand<br>over een lengte van 2,5 m en een breedte van 2,0 m<br>$q' = 60,0 * 2 / (2*1,5+2,0) = 24,0 \text{ kN/m}^2$<br>$q'' = 60,0 * 2 / (2*(1,5+1,25)+2,0) = 16,0 \text{ kN/m}^2$ |
| Belastinggeval / fase 1:                    | <i>grachtpeil + bovenbelasting</i><br>belasting: bovenbelasting<br>waterstand: waterzijde/landzijde: grachtpeil / grachtpeil   |
| Belastinggeval / fase 2:                    | <i>hoogwater</i><br>belasting:<br>waterstand: waterzijde/landzijde: hoogwater / grachtpeil   |
| Belastinggeval / fase 3:                    | <i>vallend water + bovenbelasting</i><br>belasting: bovenbelasting<br>waterstand: waterzijde/landzijde: grachtpeil / hoog grondwater   |
| Belastinggeval / fase 4:                    | <i>laagwater + bovenbelasting</i><br>belasting: bovenbelasting<br>waterstand: waterzijde/landzijde: laag water / grachtpeil  |

***Samenvatting berekening***

**Rapport voor MSheet 7.9**

Ontwerp van Damwanden  
Ontwikkeld door Deltares

Datum van rapport: 17-9-2009  
Tijd van rapport: 10:32:47

Datum van berekening: 16-9-2009  
Tijd van berekening: 22:42:52

Bestandsnaam: R:\@MsheetData\3685-AB1

Projectbeschrijving: 3685; vestingwerken stevensweert  
damwand dwarsprofiel A/B

Verificatie volgens CUR 166



## 1 Overzicht

### 1.1 Overzicht per Fase en Toets

| Fase nr. | Verificatie type | Verplaatsing [mm] | Moment [kNm] | Dwars-Kracht [kN] | Mob. perc. moment [%] | Mob. perc. weerstand [%] | Verticaal evenwicht |
|----------|------------------|-------------------|--------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|
| 1        | Stap 6.1         |                   | -22,3        | -39,1             | 49,9                  | 55,6                     | Voldoet niet        |
| 1        | Stap 6.2         |                   | 20,5         | -35,1             | 53,4                  | 60,0                     | Voldoet niet        |
| 1        | Stap 6.3         |                   | -25,1        | -40,7             | 54,2                  | 59,8                     | Voldoet niet        |
| 1        | Stap 6.4         |                   | 19,2         | -36,4             | 57,8                  | 64,4                     | Voldoet niet        |
| 1        | Stap 6.5         | -11,3             | 12,8         | -21,7             | 28,9                  | 34,6                     | Voldoet niet        |
| 1        | Stap 6.5 * 1,20  |                   | 15,4         | -26,0             |                       |                          |                     |
| 2        | Stap 6.1         |                   | 14,4         | -26,6             | 29,4                  | 31,9                     | Voldoet niet        |
| 2        | Stap 6.2         |                   | 16,5         | -28,9             | 33,7                  | 36,8                     | Voldoet niet        |
| 2        | Stap 6.3         |                   | 14,0         | -28,8             | 33,1                  | 36,1                     | Voldoet niet        |
| 2        | Stap 6.4         |                   | 15,4         | -30,6             | 37,3                  | 40,8                     | Voldoet niet        |
| 2        | Stap 6.5         | -11,5             | 12,5         | 16,2              | 14,5                  | 17,1                     | Voldoet niet        |
| 2        | Stap 6.5 * 1,20  |                   | 15,0         | 19,4              |                       |                          |                     |
| 3        | Stap 6.1         |                   | -86,8        | -86,5             | 90,0                  | 91,5                     | Voldoet niet        |
| 3        | Stap 6.2         |                   | -84,5        | -85,5             | 92,0                  | 93,6                     | Voldoet niet        |
| 3        | Stap 6.3         |                   | <b>-90,2</b> | <b>-87,6</b>      | <b>95,2</b>           | 96,0                     | Voldoet niet        |
| 3        | Stap 6.4         |                   | -88,9        | -87,1             | 95,0                  | <b>96,1</b>              | Voldoet niet        |
| 3        | Stap 6.5         | -17,0             | -37,6        | -55,2             | 57,1                  | 63,7                     | Voldoet niet        |
| 3        | Stap 6.5 * 1,20  |                   | -45,1        | -66,2             |                       |                          |                     |
| 4        | Stap 6.1         |                   | -84,1        | -82,2             | 65,2                  | 62,2                     | Voldoet niet        |
| 4        | Stap 6.2         |                   | -83,4        | -83,3             | 66,4                  | 63,3                     | Voldoet niet        |
| 4        | Stap 6.3         |                   | -86,6        | -83,2             | 60,8                  | 58,6                     | Voldoet niet        |
| 4        | Stap 6.4         |                   | -87,3        | -84,9             | 60,7                  | 58,7                     | Voldoet niet        |
| 4        | Stap 6.5         | <b>-17,1</b>      | -34,6        | -51,2             | 36,6                  | 38,8                     | Voldoet niet        |
| 4        | Stap 6.5 * 1,20  |                   | -41,5        | -61,5             |                       |                          |                     |
| Max      |                  | <b>-17,1</b>      | <b>-90,2</b> | <b>-87,6</b>      | <b>95,2</b>           | <b>96,1</b>              | Voldoet niet        |

### 1.2 Ankers en Stempels

| Fase | Verificatie type | Anker/stempel<br>ankerAnchor |           |
|------|------------------|------------------------------|-----------|
|      |                  | Kracht [kN]                  | Toestand  |
| 1    | Stap 6.1         | 63,80                        | Elastisch |
| 1    | Stap 6.2         | 59,22                        | Elastisch |
| 1    | Stap 6.3         | 65,66                        | Elastisch |
| 1    | Stap 6.4         | 60,70                        | Elastisch |
| 1    | Stap 6.5 * 1,20  | 47,91                        | Elastisch |
| 2    | Stap 6.1         | 52,59                        | Elastisch |
| 2    | Stap 6.2         | 54,90                        | Elastisch |
| 2    | Stap 6.3         | 55,39                        | Elastisch |
| 2    | Stap 6.4         | 56,79                        | Elastisch |
| 2    | Stap 6.5 * 1,20  | 38,08                        | Elastisch |
| 3    | Stap 6.1         | 127,37                       | Elastisch |
| 3    | Stap 6.2         | 126,18                       | Elastisch |

| Fase | Verificatie type | Anker/stempel<br>ankerAnchor |           |
|------|------------------|------------------------------|-----------|
|      |                  | Kracht<br>[kN]               | Toestand  |
| 3    | Stap 6.3         | 128,60                       | Elastisch |
| 3    | Stap 6.4         | 127,95                       | Elastisch |
| 3    | Stap 6.5 * 1,20  | 104,21                       | Elastisch |
| 4    | Stap 6.1         | 123,81                       | Elastisch |
| 4    | Stap 6.2         | 124,75                       | Elastisch |
| 4    | Stap 6.3         | 124,83                       | Elastisch |
| 4    | Stap 6.4         | 126,47                       | Elastisch |
| 4    | Stap 6.5 * 1,20  | 100,62                       | Elastisch |

### 1.3 Totale Stabiliteit per Fase

| Fase naam           | Stabiliteitsfactor<br>[-] |
|---------------------|---------------------------|
| grachtpeil + bov... | 1,67                      |
| hoog water          | 3,71                      |
| vallend water + ... | 1,26                      |
| laagwater + bov...  | 1,67                      |

## 2 Invoergegevens voor alle Bouwfasen

### 2.1 Algemene Invoergegevens

Verificatie volgens CUR 166

|  |                        |
|--|------------------------|
| Model                                    | Damwand                |
| Check verticaal evenwicht                | Ja                     |
| Aantal bouwfasen                         | 4                      |
| Soortelijk gewicht van water             | 9,81 kN/m <sup>3</sup> |
| Aantal takken van de veer karakteristiek | 3                      |
| Ontlastak van de veer karakteristiek     | Nee                    |

### 2.2 Damwandeigenschappen

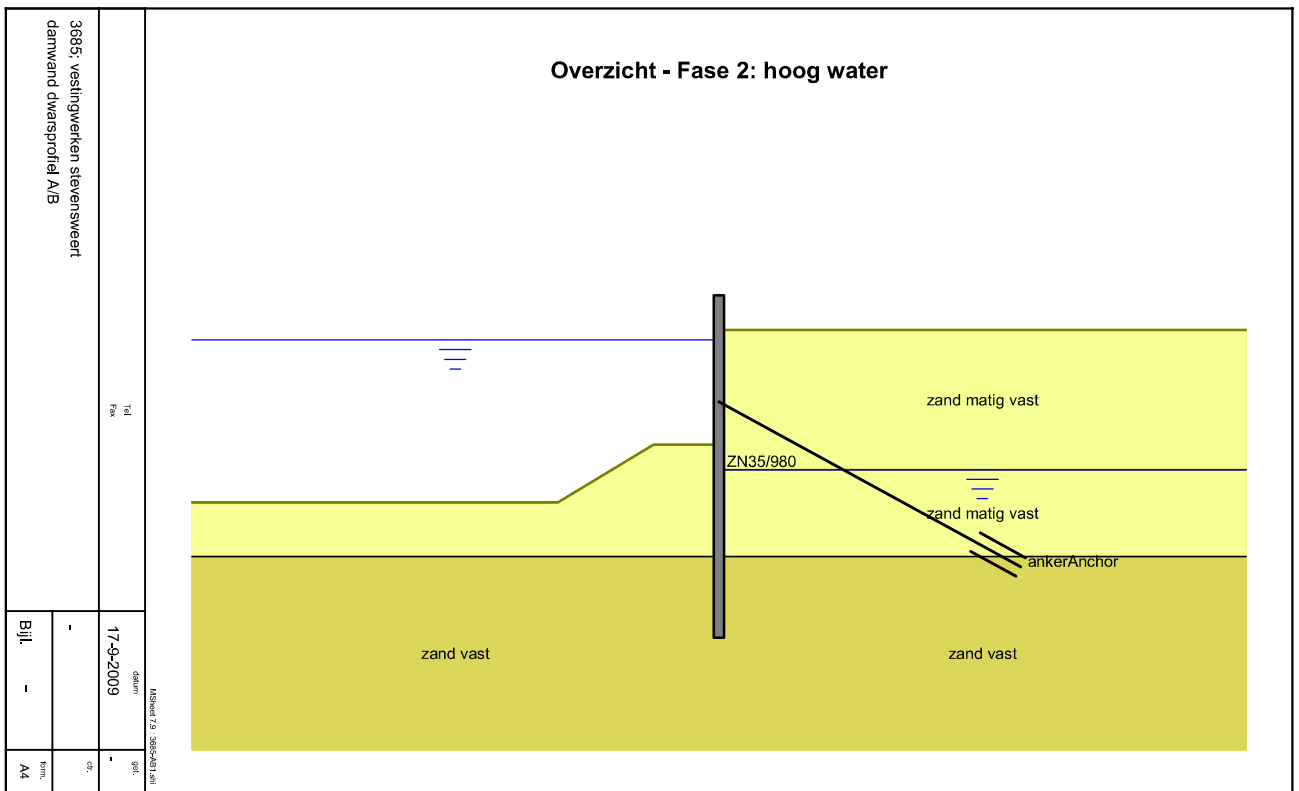
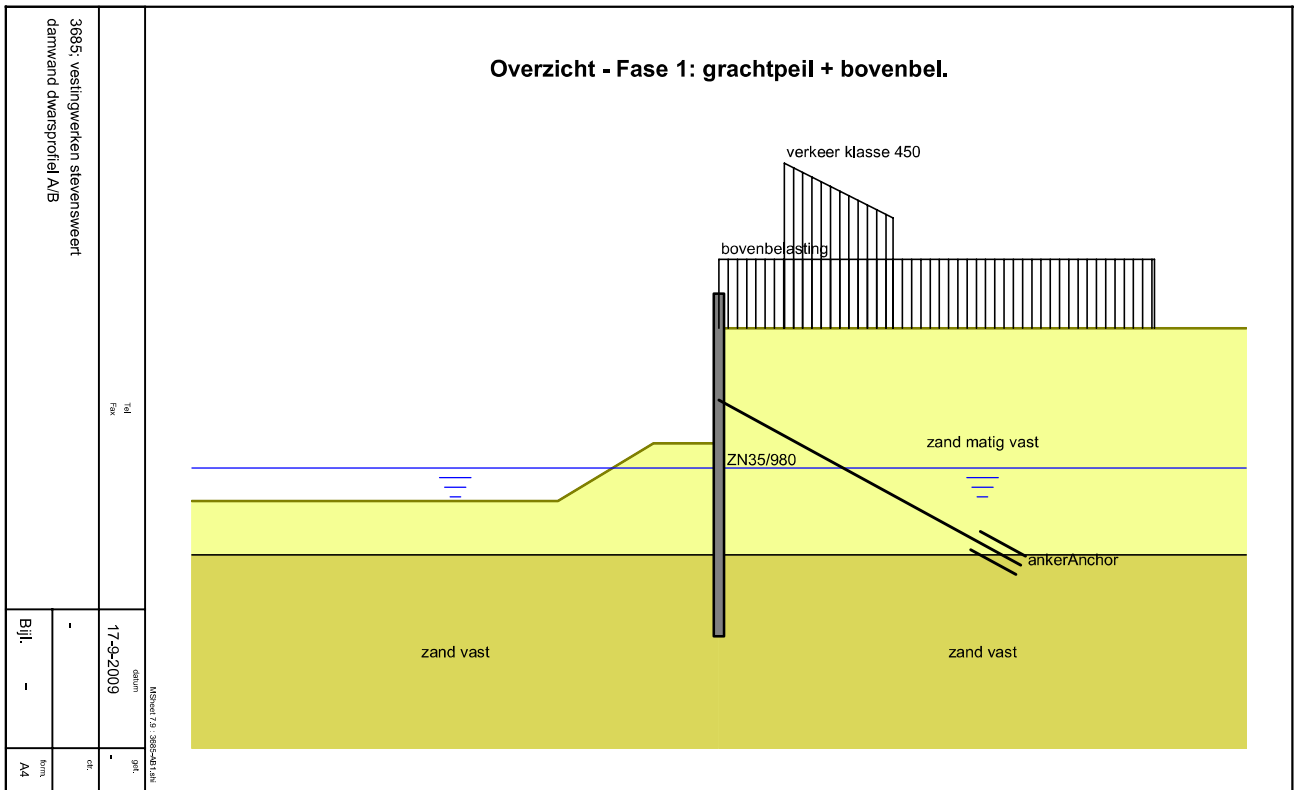
|                |          |
|----------------|----------|
| Lengte         | 8,30 m   |
| Bovenkant      | 26,58 m  |
| Aantal secties | 1        |
| Pr;max;punt    | 0,60 MPa |
| Ksifactor      | 0,75     |

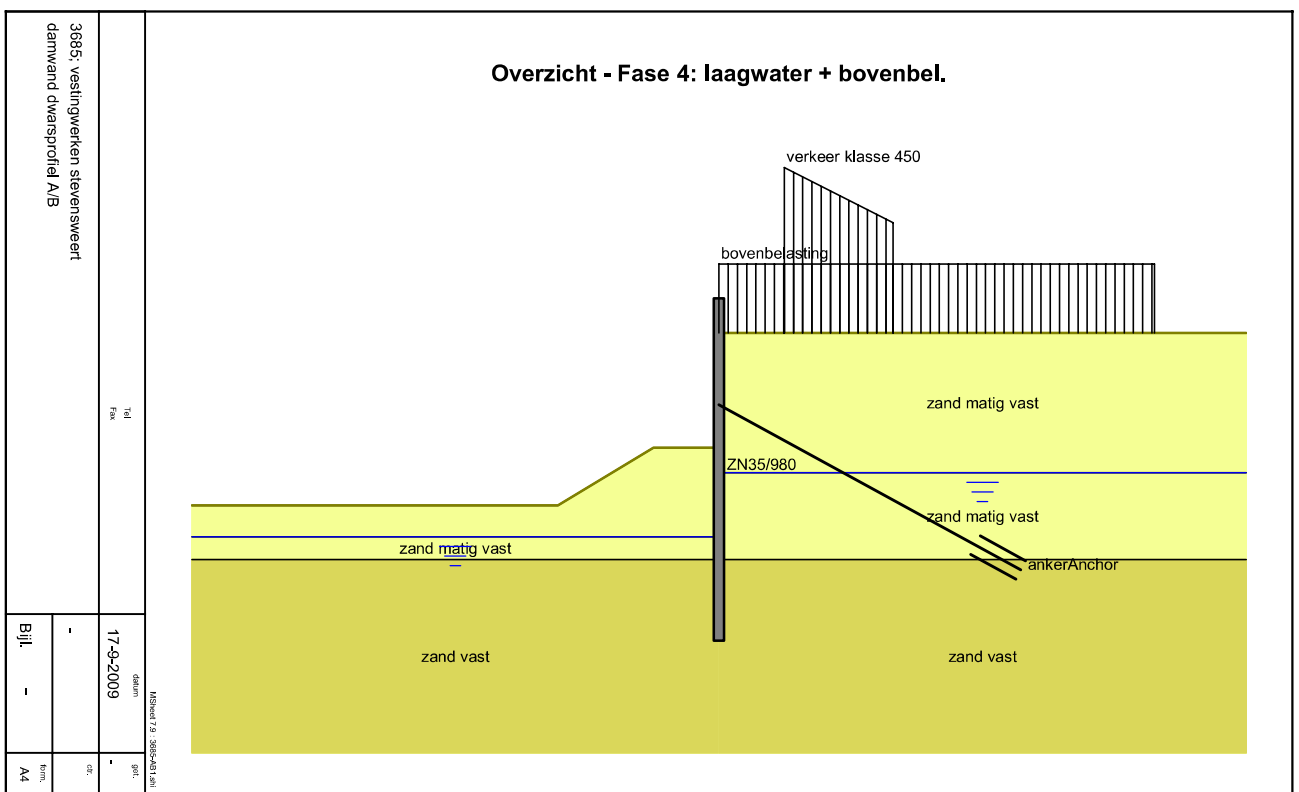
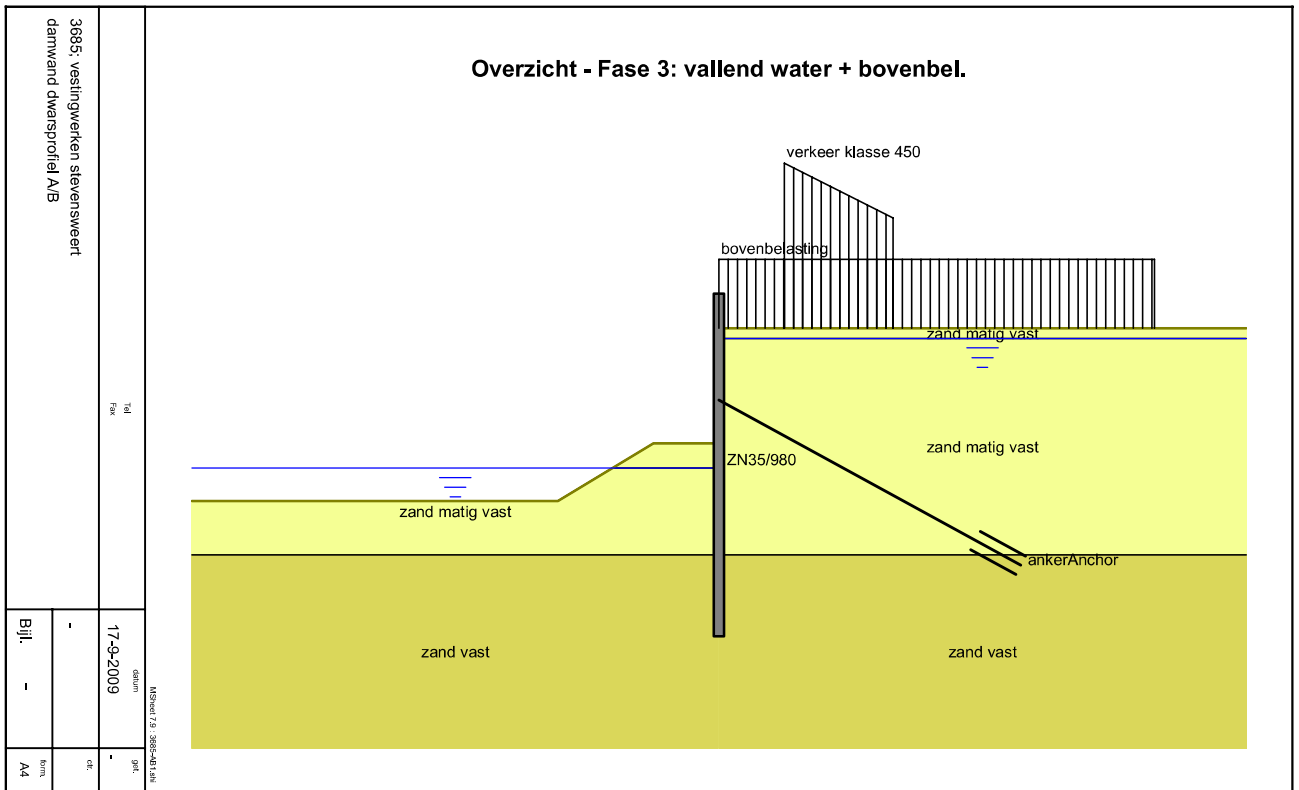
| Snede naam | Van [m] | Tot [m] | Stijfheid EI [kNm <sup>2</sup> /m'] | Werkende breedte [m] | Maximum moment [kNm/m'] |
|------------|---------|---------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| ZN35/980   | 18,28   | 26,58   | 3,6221E+04                          | 1,00                 | 157,00                  |

| Snede naam | Van [m] | Tot [m] | Red.factor EI [-] | Red.factor max. moment [-] | Toelichting op reductiefactor |
|------------|---------|---------|-------------------|----------------------------|-------------------------------|
| ZN35/980   | 18,28   | 26,58   | 0,60              | 0,60                       | Corrosie                      |

| Snede naam | Van [m] | Tot [m] | Gecorrig. stijfheid EI [kNm <sup>2</sup> ] | Gecorrig. max. moment [kNm] |
|------------|---------|---------|--|-----------------------------|
| ZN35/980   | 18,28   | 26,58   | 2,1730E+04                                 | 94,20                       |

| Snede naam | Van [m] | Tot [m] | Hoogte [mm] | Verfoppervlak [m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> wall] | Doorsnede [cm <sup>2</sup> ] |
|------------|---------|---------|-------------|---|------------------------------|
| ZN35/980   | 18,28   | 26,58   | 352,00      | 1,35  | 1,00                         |





### **Doorsnedencntrole**

Voorwand: Damwand: ZN35/980 Staalkwaliteit S275SJR  
vloeispanning:  $\sigma_{0,2} = 275,0 \text{ N/mm}^2$   
Weerstandmoment  $0,6 * 980^E3 = 588^E3 \text{ mm}^3$

Maximaal moment: belastinggeval / fase 3 stap 6.3

$$M_d = 90,2 \text{ kNm}$$

$$\sigma_d = M_d / W = 153,4 \text{ N/mm}^2$$

$$U.C. = \sigma_d / \sigma_{0,2} = 0,56 \quad \gg \text{ De damwand voldoet.}$$

Ankers: h.o.h. afstand 1,65 m  
hoek anker met maaiveld 30°  
 $L_t = 8,0 \text{ m}$ ,

Maximale ankerkracht: belastinggeval / fase 3 stap 6.3

$$F_a = 128,6 \text{ kN/m}$$

$$F_{a,max} = 1,65 * F_a = 212,2 \text{ kN}$$

$\gg$  Technische uitwerking verankering  
door derden.

### **Vervorming**

De maximale vervorming van damwand treed op in dwarsprofiel M, belastinggeval/fase 4: val-  
lend water en bedraagt 17,1 mm.

**Verificatie Ankerkracht, Kranzstabiliteit**

Fase 3: vallend water + bovenbel.

|                           |          |                    |
|---------------------------|----------|--------------------|
| Hoogte van het ankerschot | : 0,00   | [m]                |
| Onderkant ankerschot      | : 20,00  | [m]                |
| Bovenkant ankerschot      | : 20,00  | [m]                |
| Lengte van het anker      | : 8,00   | [m]                |
| Doorsnede van het anker   | : 250,00 | [mm <sup>2</sup> ] |

Verankering is: korte verankering

|   |            |      |
|---|------------|------|
| Damwand actief, met belastingen (Ea)      | : 104,799  | [kN] |
| Damwand actief, geen belastingen (Ea)     | : 65,977   | [kN] |
| Horizontale kracht, met belastingen (Er)  | : -371,996 | [kN] |
| Horizontale kracht, geen belastingen (Er) | : -301,140 | [kN] |
| Ankerschot actief (Eo)                    | : 70,805   | [kN] |
| Cohesie x lengte (Ec)                     | : 0,000    | [kN] |
| Factor t.g.v. hoek (Es)                   | : 1,297    | [-]  |

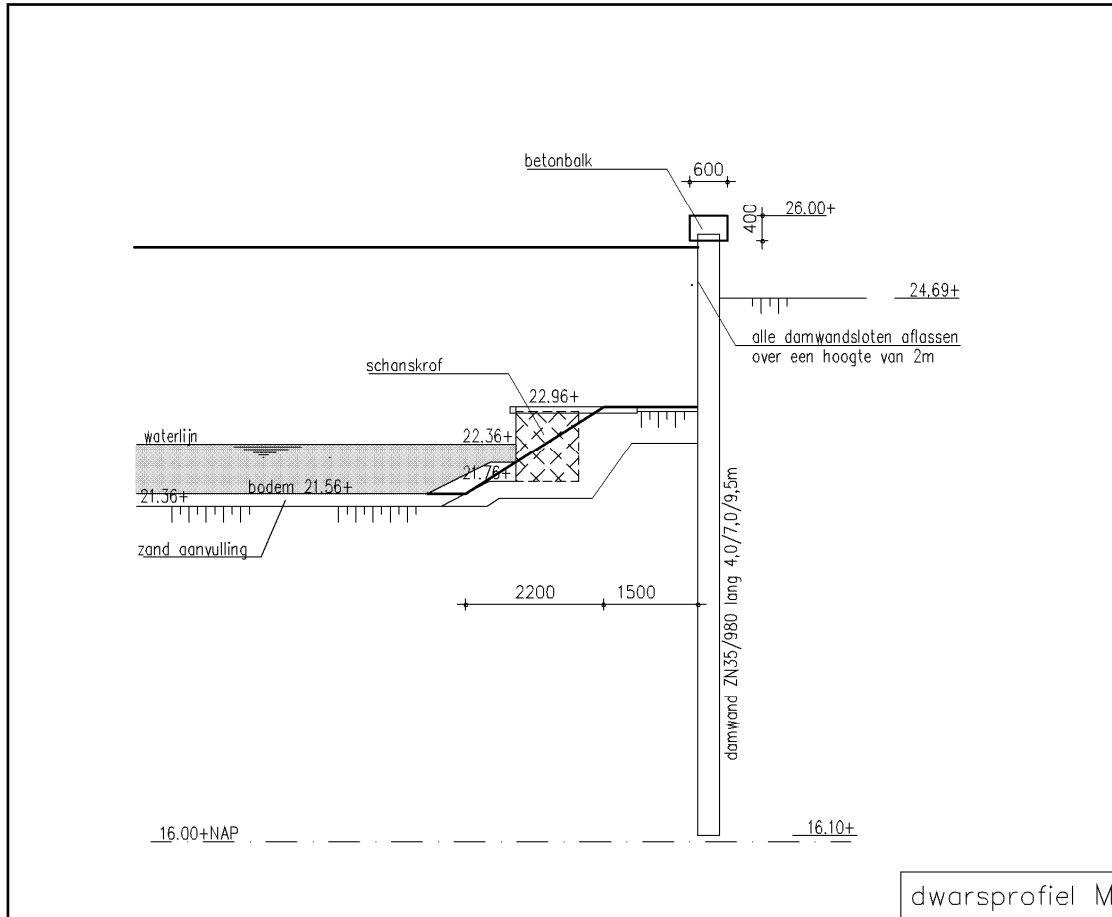
Toegestane Ankerkracht =  $(Ea - (Er + Eo) + Ec) / Es$

|  |           |      |
|--|-----------|------|
| Toegestane ankerkracht met belastingen:    | 313,020   | [kN] |
| Toegestane ankerkracht zonder belastingen: | 228,457   | [kN] |
| Toegestane ankerkracht, $F_{kr;rep}$       | : 228,457 | [kN] |
| Feitelijke ankerkracht, $F_{a;rep}$        | : 84,050  | [kN] |
| Feitelijke ankerkracht Cur, $F_a$          | : 128,600 |      |

|   |                              |        |
|---|------------------------------|--------|
| Toets ankerkracht op<br>representatieve waarden | : $F_{kr;rep} / F_{a;rep}$   | = 2,72 |
| rekenwaarden                                    | : $F_{kr;rep} / F_a$         | = 1,78 |
| rekenwaarden Cur                                | : $F_{kr;rep} / (1,5 * F_a)$ | = 1,18 |

**DWARSPROFIEL M, ONVERANKERDE DAMWAND**

**Geometrie en peilhoogten**



|          |                |            |
|----------|----------------|------------|
| Damwand: | Profiel:       | ZN35/980   |
|          | Staalkwaliteit | S275SJR    |
|          | Lengte:        | 9,5 m      |
|          | Teen damwand:  | 16,10 +NAP |

|          |                                      |            |
|----------|--------------------------------------|------------|
| Maaiveld | Grachtbodem:                         | 21,56 +NAP |
|          | Maaiveld:                            | 24,69 +NAP |
|          | taluds volgens bijgevoegde tekening. |            |

|              |                             |            |
|--------------|-----------------------------|------------|
| Waterniveaus | Grachtpeil:                 | 22,36 +NAP |
|              | Laag water = stuwpeil:      | 20,80 +NAP |
|              | MHW; maatgevend hoog water: | 25,20 +NAP |
|              | hoog water = MHW + 0,30     | 25,50 +NAP |
|              | hoog grondwater:            | 24,60 +NAP |



### Grondgegevens

Sonderingen ter plaatse S11 en SW12

| Grondparameters waterzijde |                |        |                         |               |                   |
|----------------------------|----------------|--------|-------------------------|---------------|-------------------|
| Grondsoort                 | conusweerstand |        | hoek inwendige wrijving |               | niveau bovenzijde |
|                            | qc             | [Mpa]  |                         | $\varphi$ [°] | NAP [m]           |
| zand matig vast            |                | < 5,0  |                         | 30,0          | maaiveld          |
| klei/leem                  |                | < 2,0  |                         | 27,5          | 21,36             |
| zand vast                  | > 15,0         | < 25,0 |                         | 35,0          | 20,25             |

| Grondparameters landzijde |                |        |                         |               |                   |
|---------------------------|----------------|--------|-------------------------|---------------|-------------------|
| Grondsoort                | conusweerstand |        | hoek inwendige wrijving |               | niveau bovenzijde |
|                           | qc             | [Mpa]  |                         | $\varphi$ [°] | NAP [m]           |
| klei/leem                 |                | < 2,0  |                         | 27,5          | maaiveld          |
| zand vast                 | > 15,0         | < 25,0 |                         | 35,0          | 20,25             |

Aanpassing van de waterspanning aan teen van de damwand. De water over- en onderspanningen voor de gelaagde grondopbouw worden in de Msheet belastinggeval / fase en per laag ingevoerd

| Water over- en onderspanning gelaagde opbouw grondlagen |              |               |                     |               |                     |               |                      |           |                     |  |
|---|--------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|----------------------|-----------|---------------------|--|
| belasting<br>geval                                      | waterpeil    |               | onderzijde kleilaag |               | bovenzijde kleilaag |               | watervoerende hoogte |           |                     |  |
|   | links<br>[m] | rechts<br>[m] | links<br>[m]        | rechts<br>[m] | links<br>[m]        | rechts<br>[m] | dL<br>[m]            | dR<br>[m] | $\Delta h$<br>[kPa] |  |
| 1   | 22,36        | 22,36         | 20,25               | 20,25         | 21,36               | 24,69         | 1,11                 | 2,11      | 0,00                |  |
| 2   | 25,50        | 22,36         | 20,25               | 20,25         | 21,36               | 24,69         | 1,11                 | 2,11      | 31,40               |  |
| 3   | 22,36        | 24,60         | 20,25               | 20,25         | 21,36               | 24,69         | 1,11                 | 4,35      | -22,40              |  |
| 4   | 20,80        | 22,36         | 20,25               | 20,25         | 21,36               | 24,69         | 0,55                 | 2,11      | -15,60              |  |

| belasting<br>geval | waterspanning |                      |               |                      |               |                      |                      |               |                      |                      |
|--------------------|---------------|----------------------|---------------|----------------------|---------------|----------------------|----------------------|---------------|----------------------|----------------------|
|                    | niveau<br>[m] | $\Delta wL$<br>[kPa] | niveau<br>[m] | $\Delta wR$<br>[kPa] | niveau<br>[m] | $\Delta wL$<br>[kPa] | $\Delta wR$<br>[kPa] | niveau<br>[m] | $\Delta wL$<br>[kPa] | $\Delta wR$<br>[kPa] |
| 1                  | 21,36         | 0,0                  | 22,36         | 0,0                  | 20,25         | 0,0                  | 0,0                  | 16,10         | 0,0                  | 0,0                  |
| 2                  | 21,36         | 0,0                  | 22,36         | 0,0                  | 20,25         | -10,8                | 20,6                 | 16,10         | -10,8                | 20,6                 |
| 3                  | 21,36         | 0,0                  | 24,60         | 0,0                  | 20,25         | 4,6                  | -17,8                | 16,10         | 4,6                  | -17,8                |
| 4                  | 20,80         | 0,0                  | 22,36         | 0,0                  | 20,25         | 3,2                  | -12,4                | 16,10         | 3,2                  | -12,4                |

### **Belastingen**

|   |  |
|---|--|
| Bovenbelasting:<br>(tijdelijke belasting) | Bermbelasting $q_{\text{berm}} = 5,0 \text{ kN/m}^2$ achter de damwand.<br>In verband met direct achter de damwand gelegen privé tuinen wordt de bovenbelasting verlaagd van 10,0 naar 5,0 $\text{kN/m}^2$ |
| Belastinggeval / fase 1:                  | <i>grachtpeil + bovenbelasting</i>   |
| belasting:                                | bovenbelasting   |
| waterstand:                               | waterzijde/landzijde: grachtpeil / grachtpeil  |
| Belastinggeval / fase 2:                  | <i>hoogwater</i>   |
| belasting:                                |  |
| waterstand:                               | waterzijde/landzijde: hoogwater / grachtpeil   |
| Belastinggeval / fase 3:                  | <i>vallend water + bovenbelasting</i>  |
| belasting:                                | bovenbelasting   |
| waterstand:                               | waterzijde/landzijde: grachtpeil / hoog grondwater   |
| Belastinggeval / fase 4:                  | <i>laagwater + bovenbelasting</i>  |
| belasting:                                | bovenbelasting   |
| waterstand:                               | waterzijde/landzijde: stuwpeil / grachtpeil  |

***Samenvatting berekening***

**Rapport voor MSheet 7.9**

Ontwerp van Damwanden  
Ontwikkeld door Deltares

Datum van rapport: 17-9-2009

Tijd van rapport: 10:17:14

Datum van berekening: 16-9-2009

Tijd van berekening: 23:05:20

Bestandsnaam: R:\@MsheetData\3685-M1

Projectbeschrijving: 3685; vestingwerken stevensweert  
damwand dwarsprofiel M

Verificatie volgens CUR 166

## 1 Overzicht

### 1.1 Overzicht per Fase en Toets

| Fase nr. | Verificatie type | Verplaatsing [mm] | Moment [kNm] | Dwars-Kracht [kN] | Mob. perc. moment [%] | Mob. perc. weerstand [%] | Verticaal evenwicht |
|----------|------------------|-------------------|--------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|
| 1        | Stap 6.1         |                   | 48,0         | -24,7             | 0,0                   | 30,4                     | ---                 |
| 1        | Stap 6.2         |                   | 44,0         | -28,0             | 0,0                   | 30,8                     | ---                 |
| 1        | Stap 6.3         |                   | 50,9         | -25,2             | 0,0                   | 33,8                     | ---                 |
| 1        | Stap 6.4         |                   | 46,1         | -28,3             | 0,0                   | 34,1                     | ---                 |
| 1        | Stap 6.5         | -12,1             | 16,0         | 11,0              | 0,0                   | 18,4                     | ---                 |
| 1        | Stap 6.5 * 1,20  |                   | 19,3         | 13,2              |                       |                          |                     |
| 2        | Stap 6.1         |                   | 25,7         | 14,1              | 0,0                   | 19,4                     | ---                 |
| 2        | Stap 6.2         |                   | 33,9         | -19,7             | 0,0                   | 20,4                     | ---                 |
| 2        | Stap 6.3         |                   | 31,8         | -15,6             | 0,0                   | 21,6                     | ---                 |
| 2        | Stap 6.4         |                   | 37,5         | -20,6             | 0,0                   | 22,4                     | ---                 |
| 2        | Stap 6.5         | -3,3              | 11,2         | 9,5               | 0,0                   | 10,7                     | ---                 |
| 2        | Stap 6.5 * 1,20  |                   | 13,4         | 11,3              |                       |                          |                     |
| 3        | Stap 6.1         |                   | 134,5        | -73,2             | 0,0                   | 46,7                     | ---                 |
| 3        | Stap 6.2         |                   | 133,2        | -77,9             | 0,0                   | 47,0                     | ---                 |
| 3        | Stap 6.3         |                   | 141,9        | -80,4             | 0,0                   | 52,3                     | ---                 |
| 3        | Stap 6.4         |                   | 141,7        | -84,1             | 0,0                   | 52,2                     | ---                 |
| 3        | Stap 6.5         | -45,8             | 58,1         | -32,2             | 0,0                   | 24,6                     | ---                 |
| 3        | Stap 6.5 * 1,20  |                   | 69,8         | -38,6             |                       |                          |                     |
| 4        | Stap 6.1         |                   | 131,8        | -71,9             | 0,0                   | 43,1                     | ---                 |
| 4        | Stap 6.2         |                   | 131,8        | -76,7             | 0,0                   | 43,4                     | ---                 |
| 4        | Stap 6.3         |                   | 139,2        | -80,0             | 0,0                   | 42,1                     | ---                 |
| 4        | Stap 6.4         |                   | 140,7        | -83,9             | 0,0                   | 42,1                     | ---                 |
| 4        | Stap 6.5         | -44,5             | 54,2         | -30,3             | 0,0                   | 20,7                     | ---                 |
| 4        | Stap 6.5 * 1,20  |                   | 65,1         | -36,4             |                       |                          |                     |
| Max      |                  | <b>-45,8</b>      | <b>141,9</b> | <b>-84,1</b>      | <b>0,0</b>            | <b>52,3</b>              | ---                 |

### 1.2 Totale Stabiliteit per Fase

| Fase naam           | Stabiliteitsfactor [-] |
|---------------------|------------------------|
| grachtpeil + bov... | 2,90                   |
| hoogwater           | 8,10                   |
| vallend water + ... | 2,63                   |
| laagwater + bov...  | 2,87                   |

## 2 Invoergegevens voor alle Bouwfasen

### 2.1 Algemene Invoergegevens

Verificatie volgens CUR 166

|  |                        |
|--|------------------------|
| Model                                    | Damwand                |
| Check verticaal evenwicht                | Ja                     |
| Aantal bouwfasen                         | 4                      |
| Soortelijk gewicht van water             | 9,81 kN/m <sup>3</sup> |
| Aantal takken van de veer karakteristiek | 3                      |
| Ontlasttak van de veer karakteristiek    | Nee                    |

### 2.2 Damwandeigenschappen

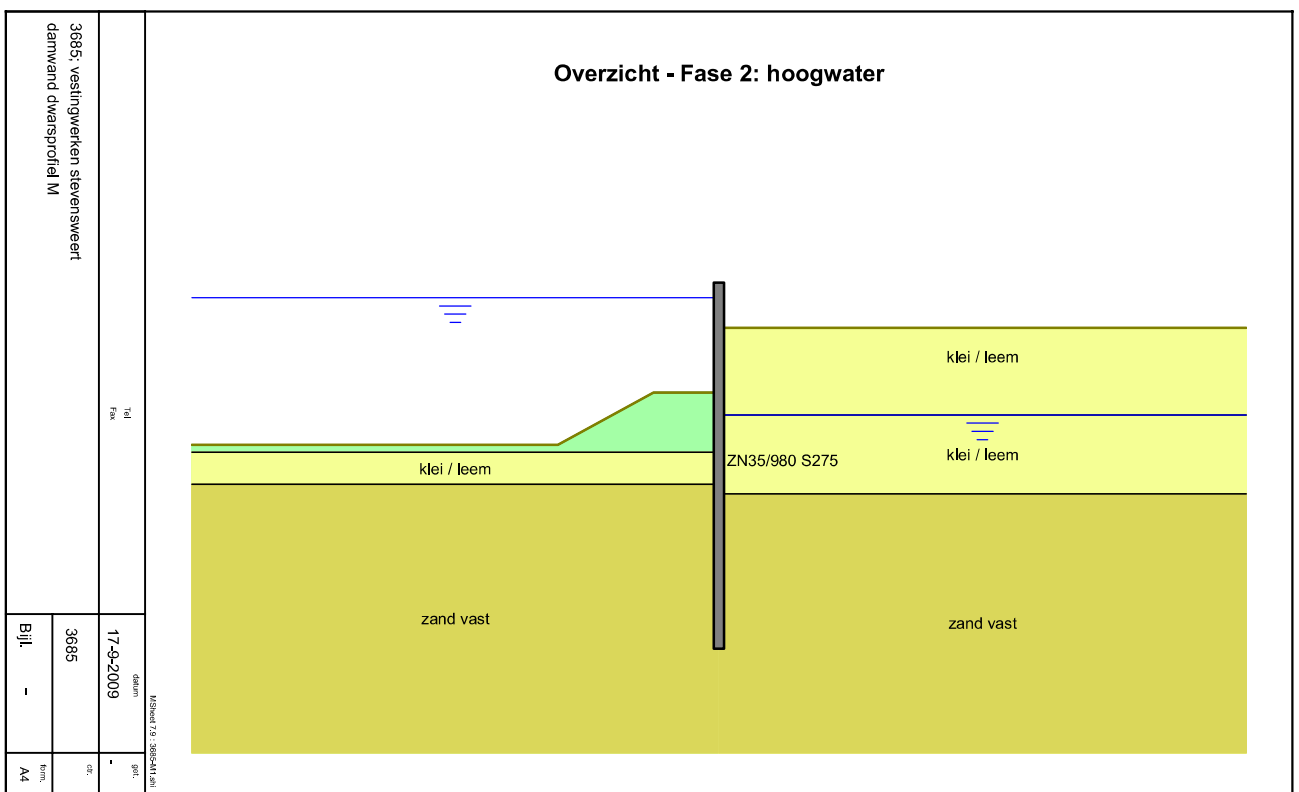
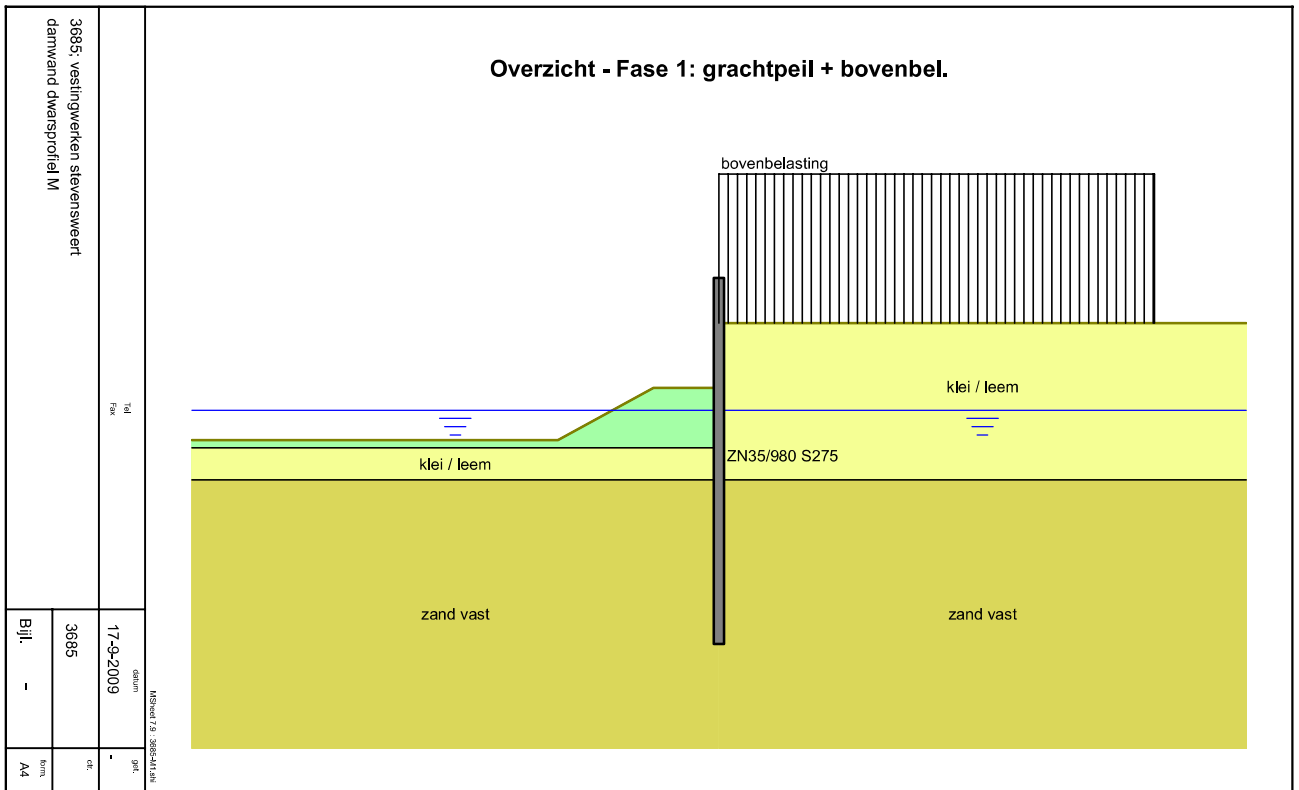
|                |          |
|----------------|----------|
| Lengte         | 9,80 m   |
| Bovenkant      | 25,90 m  |
| Aantal secties | 1        |
| Pr;max;punt    | 0,00 MPa |
| Ksifactor      | 0,75     |

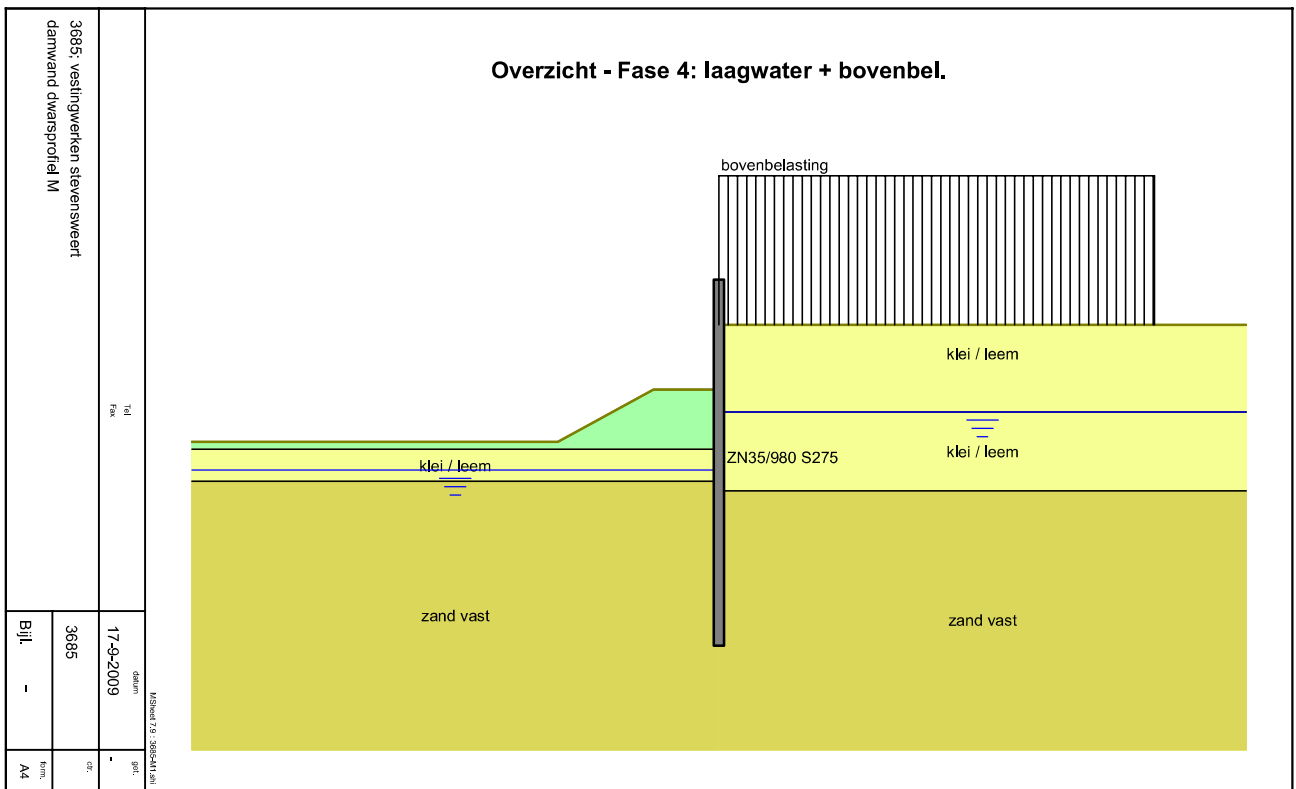
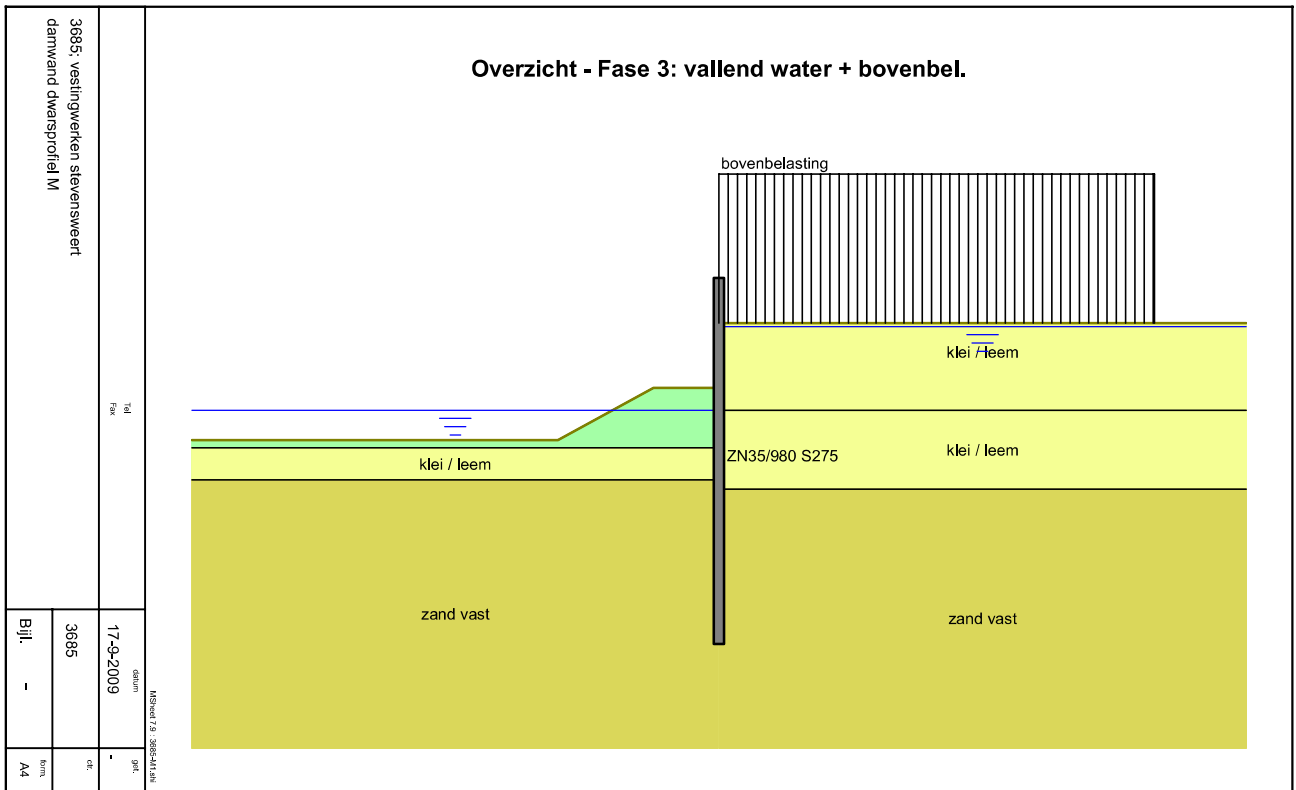
| Snede naam | Van [m] | Tot [m] | Stijfheid EI [kNm <sup>2</sup> /m'] | Werkende breedte [m] | Maximum moment [kNm/m'] |
|------------|---------|---------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| ZN35/980   | 16,10   | 25,90   | 3,6221E+04                          | 1,00                 | 230,00                  |

| Snede naam | Van [m] | Tot [m] | Red.factor EI [-] | Red.factor max. moment [-] | Toelichting op reductiefactor |
|------------|---------|---------|-------------------|----------------------------|-------------------------------|
| ZN35/980   | 16,10   | 25,90   | 0,60              | 0,60                       |                               |

| Snede naam | Van [m] | Tot [m] | Gecorrig. stijfheid EI [kNm <sup>2</sup> ] | Gecorrig. max. moment [kNm] |
|------------|---------|---------|--|-----------------------------|
| ZN35/980   | 16,10   | 25,90   | 2,1730E+04                                 | 138,00                      |

| Snede naam | Van [m] | Tot [m] | Hoogte [mm] | Verf-oppervlak [m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> wall] | Doorsnede [cm <sup>2</sup> ] |
|------------|---------|---------|-------------|--|------------------------------|
| ZN35/980   | 16,10   | 25,90   | 352,00      | 1,35   | 1,00                         |





### **Doorsnedencntrole**

Voorwand: Damwand: ZN35/980 Staalkwaliteit S275SJR  
vloeispanning:  $\sigma_{0,2} = 275,0 \text{ N/mm}^2$   
Weerstandmoment  $0,6 * 980^E3 = 588^E3 \text{ mm}^3$

Maximaal moment: belastinggeval / fase 3 stap 6.3

$M_d = 141,9 \text{ kNm}$

$\sigma_d = M_d / W = 241,3 \text{ N/mm}^2$

U.C. =  $\sigma_d / \sigma_{0,2} = 0,88$  >> De damwand voldoet.

### **Vervorming**

De maximale vervorming van damwand treed op in dwarsprofiel M, belastinggeval/fase 3: vallend water en bedraagt ca. 45,8 mm.

### **Conclusie:**

De constructie voldoet voor de in dit rapport genoemde uitgangspunten.

De detailberekening van de ankers vallen onder de verantwoordelijkheid van de leverancier.

De lengte, hoek en de grote van de ankerkracht  $F_{a,max}$  zijn op tekening vermeld.





Hoffmann Bodemtechnieken b.v.  
 Postbus 127  
 5740 AC BEEK EN DONK  
 Tel.: 0492-386677  
 Fax.: 0492-386670

| HOFFMANN BODEMTECHNIEKEN STALEN DAMWANDEN |         |          |              |                          |                                      |                          |                          |                  |                  |
|---|---------|----------|--------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|------------------|
| Profielafmetingen                         |         |          | wandgegevens |                          |                                      |                          | toelaatbare buigmomenten |                  |                  |
| profiel                                   | D<br>mm | Wb<br>mm | H<br>mm      | Wx<br>cm <sup>3</sup> /m | Ix / Ei<br>cm <sup>4</sup> /m/ kNm/m | Gth<br>kg/m <sup>2</sup> | S235JRC<br>kNm/m         | S275JRC<br>kNm/m | S355JOC<br>kNm/m |
| LPW N380                                  | 4       | 740      | 190          | 380                      | 3614/7590                            | 46,6                     | 60,8                     | 68,4             | 91,2             |
| LPW N470                                  | 5       | 740      | 191          | 473                      | 4520/9492                            | 58,5                     | 75,7                     | 85,1             | 113,5            |
| LPW N570                                  | 6       | 740      | 192          | 565                      | 5428/11398                           | 70,5                     | 90,4                     | 101,7            | 135,6            |
| LPW N660                                  | 7       | 740      | 193          | 657                      | 6338/13310                           | 82,5                     | 105,1                    | 118,3            | 157,7            |
| OM N530                                   | 4       | 790      | 272          | 531                      | 7220/15162                           | 49,5                     | 85,0                     | 95,6             | 127,4            |
| OM N660                                   | 5       | 790      | 273          | 663                      | 9047/18999                           | 61,9                     | 106,1                    | 119,3            | 159,1            |
| OM N790                                   | 6       | 790      | 274          | 794                      | 10883/22854                          | 74,4                     | 127,0                    | 142,9            | 190,6            |
| OMEGA 7                                   | 7       | 750      | 277          | 1065                     | 12991/27281                          | 90,0                     | 195                      | 225              | 285              |
| OMEGA 8                                   | 8       | 750      | 278          | 1209                     | 14919/31330                          | 102,4                    | 220                      | 260              | 325              |
| OMEGA 9                                   | 9       | 750      | 279          | 1393                     | 16083/33774                          | 115,0                    | 253                      | 297              | 363              |
| ZN35/820                                  | 5       | 825      | 351          | 820                      | 14391/30221                          | 55,1                     | 131,2                    | 147,6            | 196,8            |
| ZN35/980                                  | 6       | 825      | 352          | 980                      | 17248/36221                          | 66,2                     | 156,8                    | 176,4            | 235,2            |
| ZN35/1150                                 | 7       | 825      | 353          | 1150                     | 20298/42625                          | 77,3                     | 184,0                    | 207,0            | 276,0            |
| HP150/6                                   | 6       | 700      | 149          | 440                      | 3303/6936                            | 72,0                     | 61,6                     | 70,4             | 92,4             |
| HP150/7                                   | 7       | 700      | 150          | 510                      | 3835/8054                            | 83,4                     | 71,4                     | 81,6             | 107,1            |
| HP150/8                                   | 8       | 700      | 151          | 575                      | 4318/9068                            | 95,2                     | 80,5                     | 92,0             | 120,8            |
| HP150/9                                   | 9       | 700      | 152          | 638                      | 4786/10051                           | 106,9                    | 89,3                     | 102,1            | 134,0            |
| ZN31/630                                  | 5       | 1650     | 304          | 629                      | 9544/20063                           | 51,3                     | 100,6                    | 113,2            | 151,0            |
| ZN31/755                                  | 6       | 1650     | 305          | 755                      | 11500/24150                          | 61,7                     | 120,8                    | 135,9            | 181,2            |
| ZN31/880                                  | 7       | 1650     | 306          | 881                      | 13471/28289                          | 72,3                     | 141,0                    | 158,6            | 211,4            |
| ZN31/1005                                 | 8       | 1650     | 307          | 1007                     | 15332/32197                          | 82,8                     | 161,1                    | 181,3            | 241,7            |
| ZN41/1260                                 | 6       | 1400     | 408          | 1256                     | 25625/53813                          | 76,2                     | 201,0                    | 226,1            | 301,4            |
| ZN41/1465                                 | 7       | 1400     | 409          | 1465                     | 29967/62931                          | 88,8                     | 234,4                    | 263,7            | 351,6            |
| ZN41/1675                                 | 8       | 1400     | 410          | 1674                     | 34325/72083                          | 101,5                    | 267,8                    | 301,3            | 401,8            |
| ZN41/1885                                 | 9       | 1400     | 411          | 1883                     | 38702/81274                          | 114,2                    | 301,3                    | 338,9            | 451,9            |
| ZN41/2090                                 | 10      | 1400     | 412          | 2090                     | 43095/90500                          | 126,9                    | 334,7                    | 376,6            | 502,1            |