

Ontwerp Randweg te Loenen a/d Vecht

Zettingen

Gem. Loenen a/d Vecht

1 september 2004
Definitief rapport
9P2025.A0



ROYAL HASKONING

thinking in
all dimensions


ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND BV
INFRASTRUCTUUR & TRANSPORT

Entrada 301
 Postbus 94241
 1090 GE Amsterdam
 +31 (0)20 569 77 00 Telefoon
 020 - 5697 759 Fax
 info@amsterdam.royalhaskoning.com E-mail
 www.royalhaskoning.com Internet
 Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel Ontwerp Randweg te Loenen a/d Vecht
 Zettingen
 Verkorte documenttitel Zettingen Ontwerp Randweg
 Definitief rapport
 Status
 Datum 1 september 2004
 Projectnaam Randweg Loenen a/d Vecht
 Projectnummer 9P2025.A0
 Opdrachtgever Gem. Loenen a/d Vecht
 Referentie 9P2025.A0/R006/JHER/THEL/Amst

Auteur(s) ir. J. Herbschleb
 Collegiale toets ir. R. van der Sman
 Datum/paraaf 08-09-04
 Vrijgegeven door ing. P.K. de Jong
 Datum/paraaf 06-09-04

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1	1
1	1
2	2
2.1	2
2.2	2
2.3	2
2.3.1	2
2.3.1	3
3	4
3.1	4
3.2	4
4	6
BIJLAGE A:	1
BIJLAGE B:	2
BIJLAGE C:	1

1

INLEIDING

De gemeente Loenen heeft het voornemen de kern Loenen aan de Vecht uit te breiden met circa 220 woningen, het plan Cronenburgh. Ten zuidwesten van Loenen aan de Vecht wordt de nieuwe woonwijk Cronenburgh ontwikkeld. Deze woonwijk zal worden ontsloten via de nog aan te leggen Randweg Loenen. Deze randweg zal het doorgaande verkeer op de N402 die nu door de kern van Loenen aan de Vecht gaat, overnemen.

De randweg zal aan de zuidkant van Loenen aan de Vecht ter hoogte van de Bloklaan (N403) aansluiten op de Rijksstraatweg (N402). Aan de Noordwest kant van Loenen aan de Vecht zal de randweg weer via een rotonde aansluiten op de Rijksstraatweg (N402).

Bouwen in of op de (slappe) ondergrond in het westen van Nederland betekent dat er een zekere mate van interactie tussen grond en constructie aanwezig is. In onderhavige project is deze interactie beperkt tot zettingen ter plaatse van de aan te leggen randweg. Deze zettingen worden veroorzaakt vanwege de extra belasting die de weg zal veroorzaken op de slappe tot zeer slappe ondergrond.

In deze rapportage wordt een berekening van de zetting gemaakt inclusief benodigde maatregelen om de (rest)zettingen te minimaliseren.

2 UITGANGSPUNTEN

2.1 Grondopbouw

Ten behoeve van de bepaling van de grondopbouw en geotechnische parameters van de ondergrond is gebruik gemaakt van grondonderzoek ten behoeve het bouwrijpmaken van uitbreidingsplan "Cronenburgh". Daarnaast is aanvullend grondonderzoek gemaakt ter plaatse van de Randweg, zie bijlage A.

Het aanvullende grondonderzoek heeft bestaan uit vier sonderingen waarvan 1 met meting van waterspanning.

De grondopbouw is redelijk homogeen en overeenkomstig het eerder uitgevoerde grondonderzoek van uitbreidingsplan "Cronenburgh", zie tabel 1.

Tabel 1: grondopbouw

Laag	Niveau [NAP + m]	Volumegewicht ¹ [kN/m ³]	C _c ¹ [-]	C _r ² [-]	C _a ¹ [-]	P _g ³ [kPa]	C _v ¹ [-]
Slappe klei	-1,1	15,0	0,760	0,152	0,012	5	4,0 10 ⁻⁶ m/s ²
Slap veen	-4,5	11,0	1,810	0,362	0,023	5	8,0 10 ⁻⁶ m/s ²
Pleistocene zand	-7,0	18,0	-	-	-	-	-

1. Bron rapport: "Zettingsprognose, bouwrijpmaken uitbreidingsplan "Cronenburgh" te Loenen a/d Vecht". Van Dijk Geo- en Milieutechniek b.v., d.d. 23 oktober 2003.
2. Aanname op basis van CUR 162
3. Voor de grensspanning is een halve meter waterstandsverschil aangehouden (5 kPa)

Opgemerkt wordt dat de kruipparameter spanningsafhankelijk is. Gezien de relatief lage spanning en de voorbelasting is een lagere (gemiddelde) kruipfactor gehanteerd van 0,005.

2.2 Grondwaterstand

De grondwaterstanden en stijghoogten zijn overgenomen uit bovenstaande rapportage en voor wat de freatische grondwaterstand bevestigd in het uitgevoerde aanvullende grondonderzoek:

- freatische grondwaterstand: NAP -2,0m
- stijghoogte Pleistocene zand: NAP -1,5m

2.3 Wegontwerp

Voor het profiel (fundering) van de weg is het volgende ontwerp aangehouden:

- Bovenzijde verharding NAP -0,57m;
- dikte granulaat 0,25m;
- dikte wegverharding 0,18m;
- zand 0,8m;
- onderkant cunet (funderingsniveau) NAP -1,80m.

De totale dikte van het wegpakket is dan 1,23m. Dit pakket heeft een gewicht van 25,5 kN/m². Dat betekent dat op een funderingsniveau van NAP -1,80m een gewichtstoename is van ongeveer 10 kN/m².

2.3.1

Restzetting

Voor de bepaling van de restzettingeïs, zie bijlage B, worden eisen van Rijkswaterstaat met betrekking tot schade aan verharding gehanteerd. Deze eisen zijn gebaseerd op een optredende verschroming van de ondergrond, vanwege deze reden wordt voorgesteld een restzettingeïs te hanteren van maximaal 50 mm gedurende 10 jaar (levensduur verharding).

Hierbij wordt opgemerkt dat ter plaatse van de randweg te Loenen een relatief dik pakket veen in de ondergrond aanwezig is. Door de verandering (verhoging) van de belasting zal met name in dit type grond kruip (doorgaande vervorming) ontstaan. Alhoewel een voorbelasting de kruip zal doen verminderen, zal deze de kruip niet geheel voorkomen.

3 BEREKENING ZETTINGEN

3.1 Inleiding

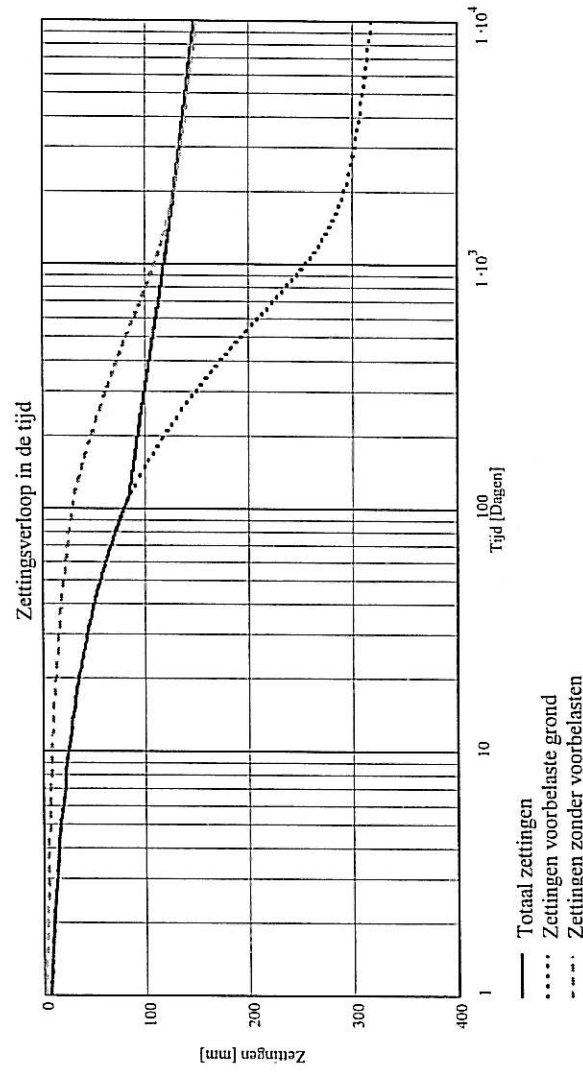
De zettingsberekening is uitgevoerd conform CUR 162, waarbij voor de kruip een aangepaste (lagere) waarde is gehanteerd. Deze lagere waarde wordt gehanteerd om het effect van de voorbelasting te verdisconteren.

3.2 Resultaten

De extra belasting van de weg op de ondergrond is circa 16 kN/m^2 . Ondanks deze relatief kleine belastingtoename wordt een zakking van de ondergrond verwacht van circa 150 mm (na 10 jaar).

Dat betekent dat een maatregel noodzakelijk is om de zettingen te minimaliseren, voorgesteld wordt een voorbelasting aan te brengen middels een zandberm. Een voorbelasting zal enerzijds de zettingen versnellen en anderzijds de grond "opslijven" waardoor zettingen na het verwijderen van de voorbelasting een stuk kleiner zullen zijn.

Middels het aanbrengen van een voorbelasting van een extra zandlichaam met een dikte van $1,25 \text{ m}$ gedurende tenminste 16 weken, wordt na aanleg van de weg een restzetting verwacht van minder dan 50 mm ., zie bijlage C en figuur 1. Opgemerkt wordt dat het aandeel kruip in de restzetting groot is, namelijk circa 40 mm (80%). Aangezien kruip een fenomeen is waarbij zakking ontstaat bij gelijkblijvende belasting, mag verwacht worden dat gedurende 10 jaar, ongeacht de voorbelasting, een zakking van circa 40 mm zal ontstaan.



Figuur 1: Zettingsverloop als functie van de tijd

3.3

Bouwfasering

De bouwfasering met een voorbelasting middels een zandlichaam wordt:

- ontgraven cunet tot NAP -1,80m;
- plaatsen zakbaken;
- aanbrengen zandlichaam tot NAP +0,75m;
- 16 weken voorbelasten + wekelijks inmeten zakbaken;
- verwijderen zandlichaam;
- voltooiën wegconstructie.

4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De zettingen van de randweg zijn ondanks de lage belastingtoename vanwege de ter plaatse aanwezige slappe grond relatief groot (150mm). De restzettingseis is maximaal 50mm binnen 10 jaar. Dat betekent dat maatregelen om de zettingen van de weg te verminderen noodzakelijk zijn.

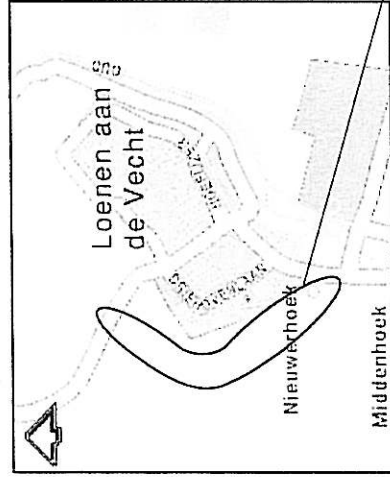
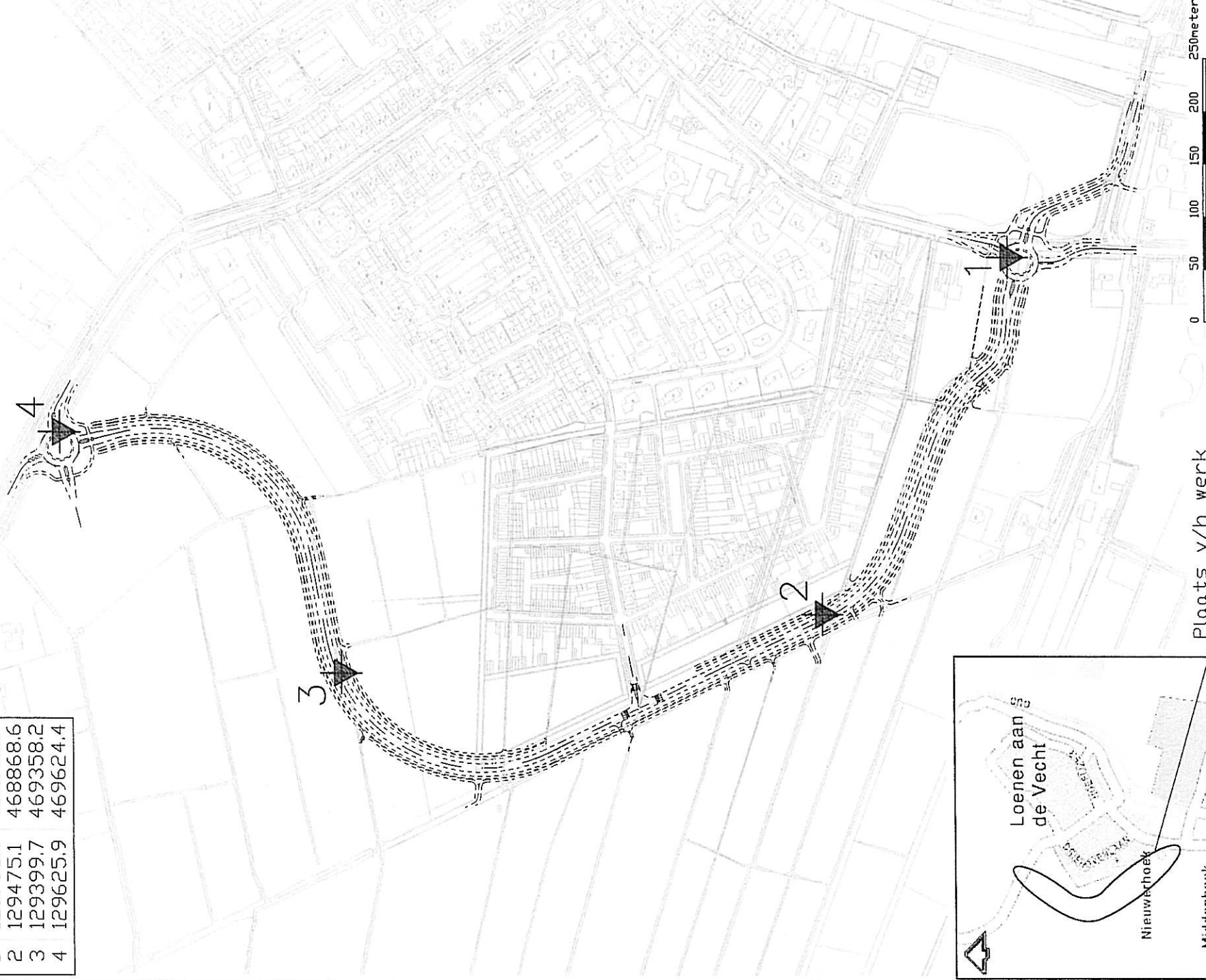
Een eenvoudige manier van voorbelasting is het aanbrengen van een (tijdelijk) extra zandlichaam. Naast deze "standaard" methode bestaan ook door diverse leveranciers ontwikkelde alternatieve methoden. Aangezien een alternatieve methode doorgaans door slechts één of enkele leveranciers wordt aangeboden zijn deze buiten beschouwing gelaten. Aanbevolen wordt om een alternatieve voorbelastingmethode te laten aanbieden door de aannemers.

Vanwege bovenstaande reden wordt aanbevolen om een voorbelasting middels een zandlichaam met een extra dikte van 1,25m aan te brengen, inclusief cunet en wegllichaam wordt de totale dikte 2,55m. Dit zandlichaam dient tenminste 16 weken te blijven liggen. Om goed te kunnen bepalen op welk moment de voorbelasting kan worden verwijderd wordt aanbevolen om zakbaken te plaatsen. Deze zakbaken dienen vooraf het aanbrengen van het zandlichaam te worden geplaatst en wekelijks te worden ingemeten ter bepaling van het zakkingsgedrag als functie van de tijd.

Ter hoogte van de aansluiten met de N402 is de slappe bodem minder dik. Op basis van aanvullend grondonderzoek kan de voorbelasting over het traject tussen sondering 3 en 4 worden geoptimaliseerd.

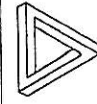
**BIJLAGE A:
GRONDONDERZOEK**

nr.	X	Y
1	129793.7	468713.1
2	129475.1	468868.6
3	129399.7	469358.2
4	129625.9	469624.4



Plaats v/h werk

Situatie sonderingen t.b.v. randweg
te LOENEN A/D VECHT



FLEVO-GEOTECHNIEK B.V.

tel. 0320-258777

fax. 0320-258679

Gez:

Gec:

Blod:

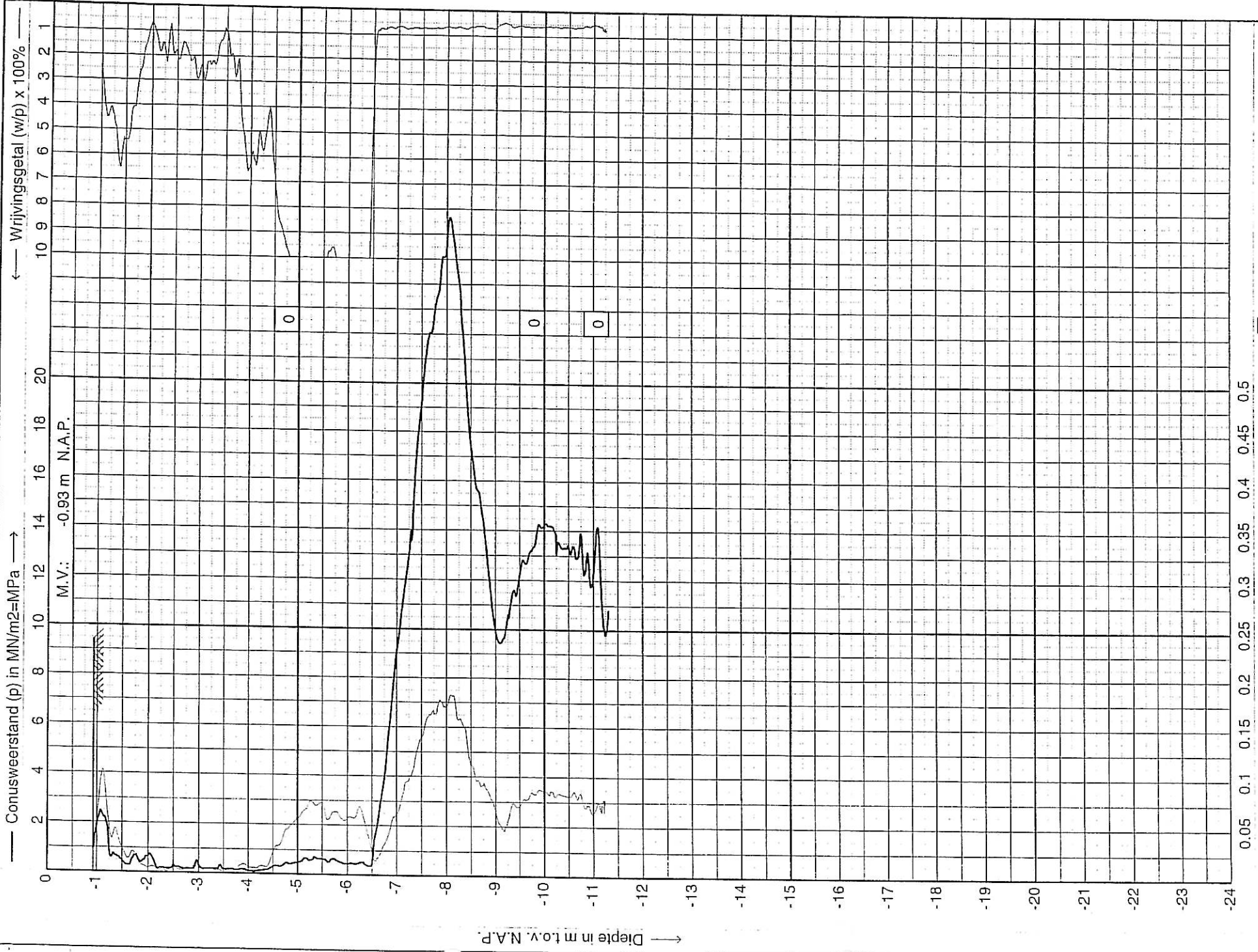
Form: A4

Reg. nr: FA - 15402

Get:

Datum: 30-06-2004

Paraaf: JeeVee



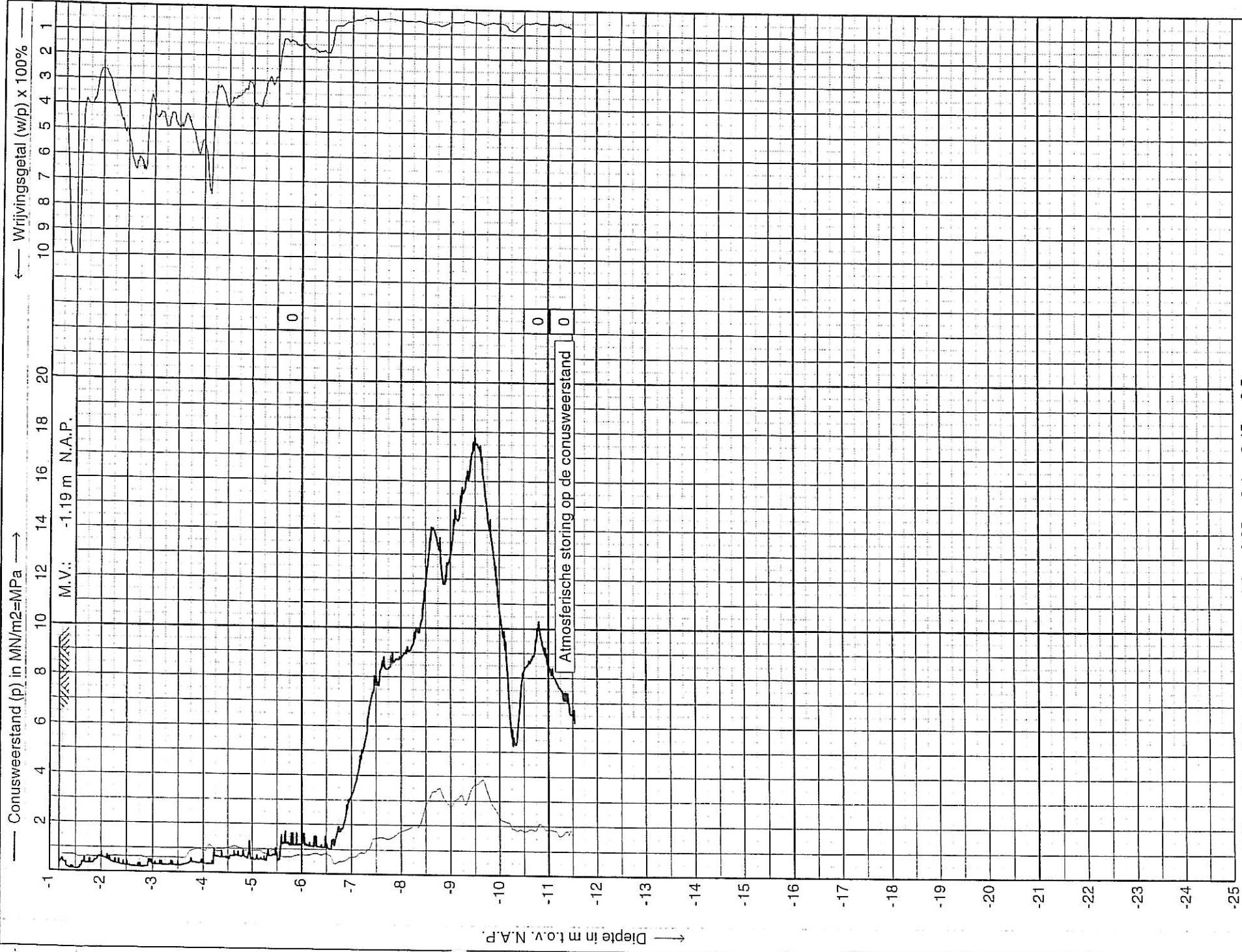
— Plaatselijke wrijving (w) in MN/m2=MPa → Helling in (gr)

FLEVO GEOTECHNIEK B.V.
Lelystad
Tel. 0320-256777
Fax. 0320-256679

Sondering volgens NEN 5140, conus: cilindrisch elektrisch

Project : RANDWEG
Locatie : LOENEN AAN DE VECHT

Datum : 17-06-2004
Uitv. : S10-CFI.019
Opdracht : FA-15402
Sond. nr. : 01



Helling in (gr)

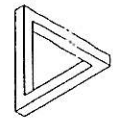
— Plaatselijke wrijving (w) in MN/m²=MPa —→

Datum : 17-06-2004
 Uiv. : c10-cfip.056
 Opdracht : FA-15402
 Sond. nr. : 02

Sondering volgens NEN 5140, conus: cilindrisch elektrisch

FLEVO GEOTECHNIEK B.V.
 Lelystad
 Tel. 0320-258777
 Fax. 0320-258679

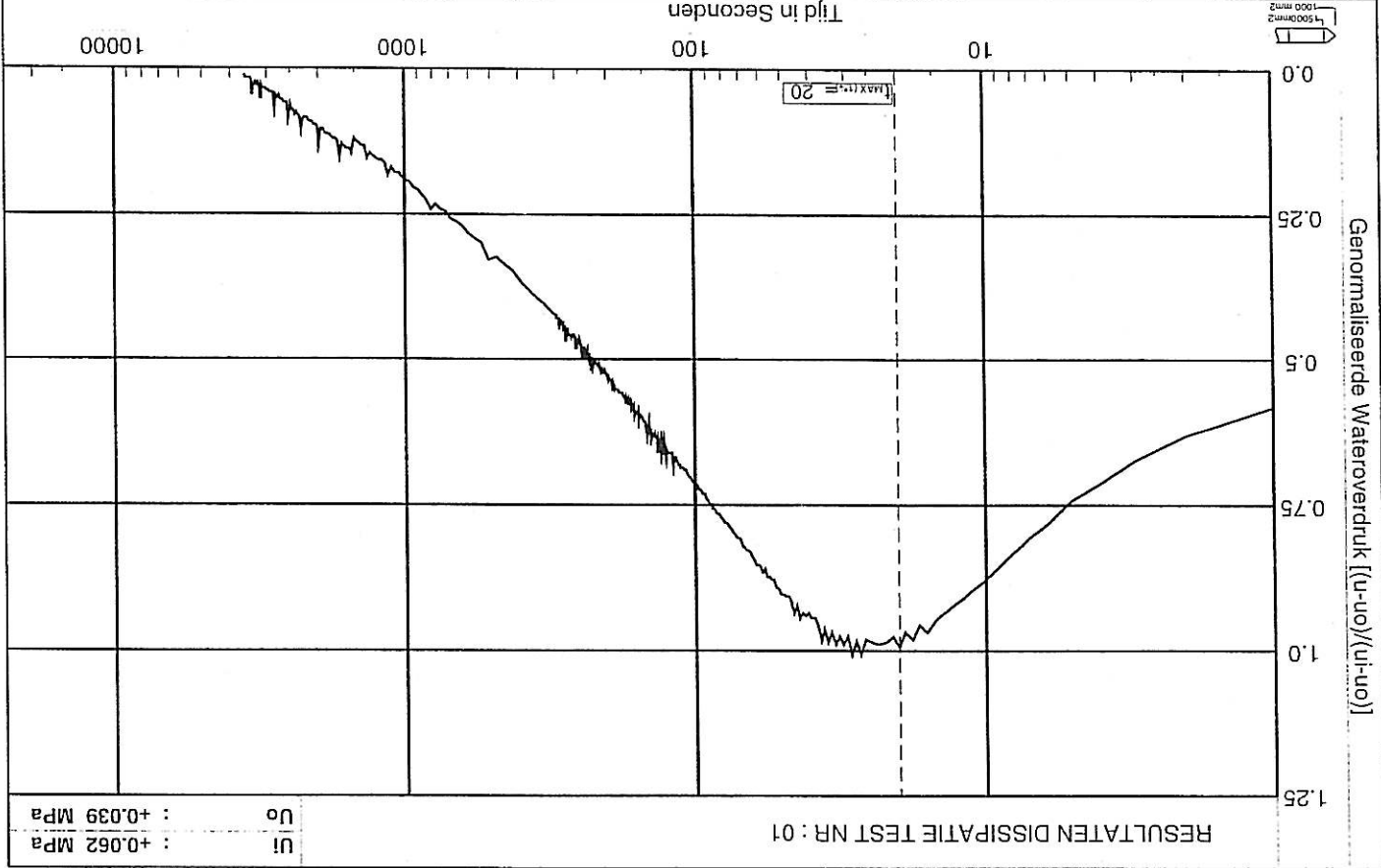
Project : RANDWEG
 Locatie : LOENEN AAN DE VECHT



FLEVO GEO

Sondering volgens NEN5140, cons: cilindrisch elektrisc
Plaats : LOENEN AAN DE VECHT
Projekt : RANDWEG

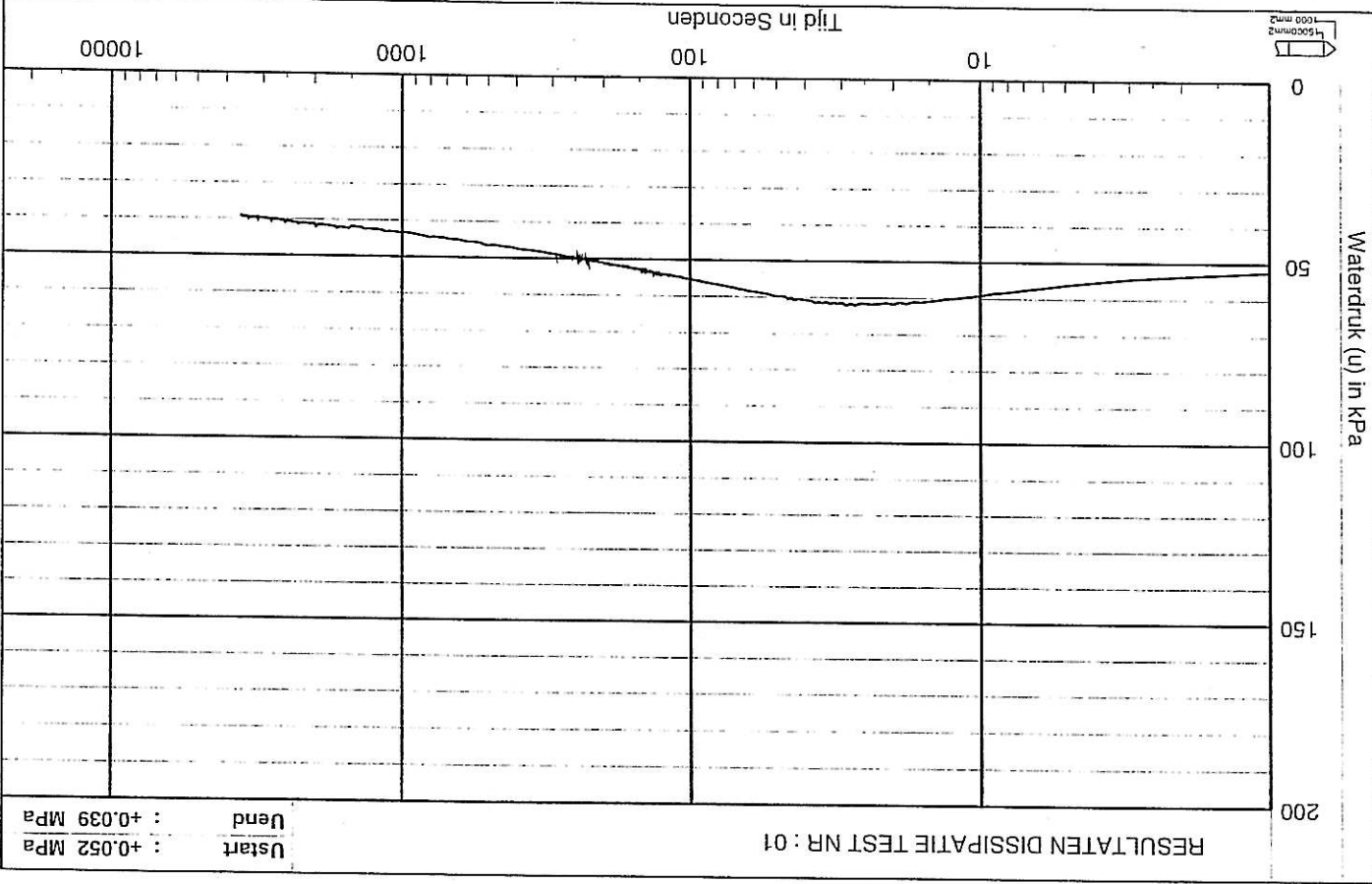
Datum : 17-06-2004
Projekt nr. : FA-15402
CPT nr. : 02
Testdiepte : 3.01 m
Water : -0.85 m

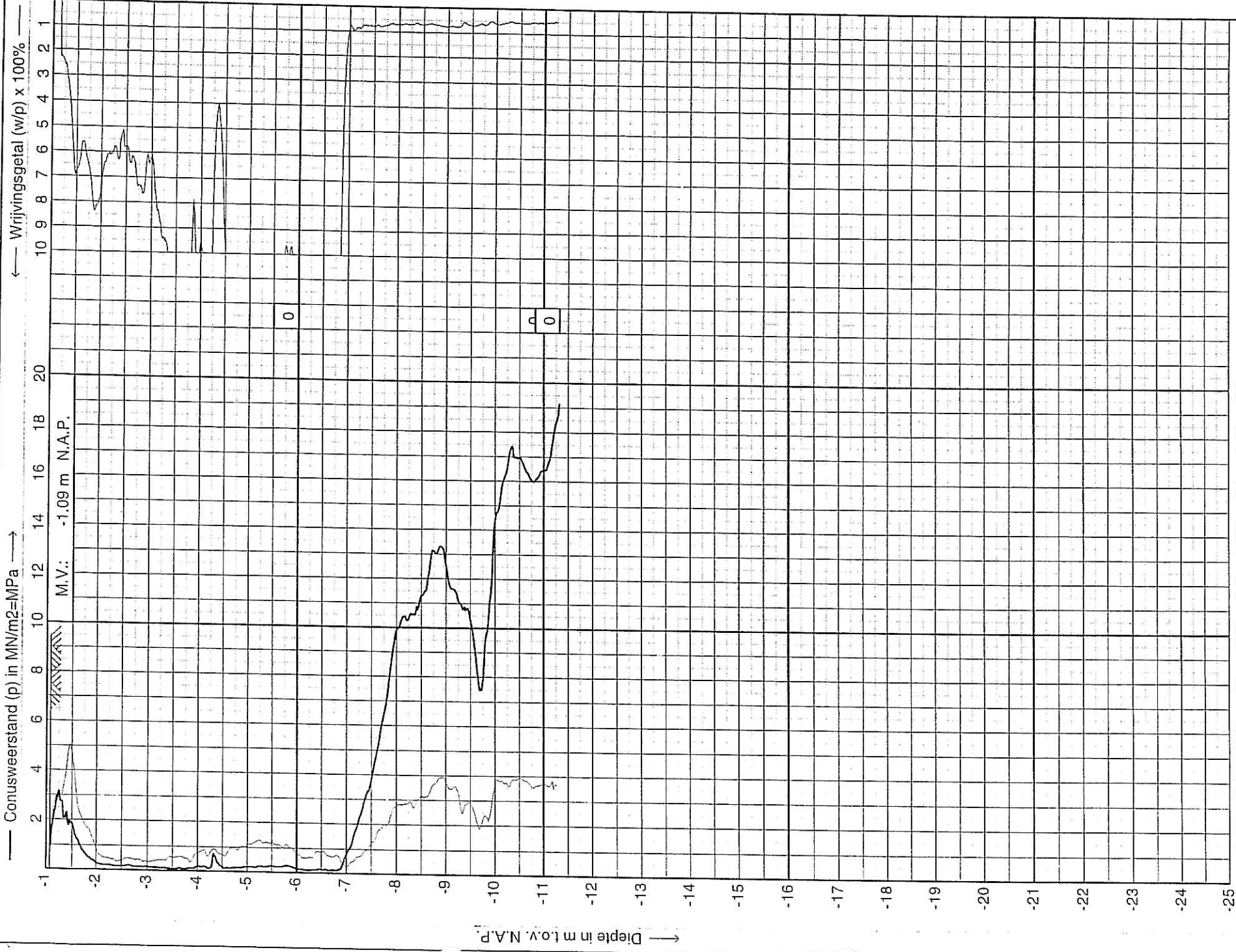


FLEVO GEO

Sondering volgens NEN5140, conus: cilindrisch elektrisc
 Plaats : LOENEN AAN DE VECHT
 Projekt : RANDWEG

Datum : 17-06-2004
 Projekt nr. : FA-15402
 CPT nr. : 02
 Testdiepte : 3.01 m
 Water : -0.85 m



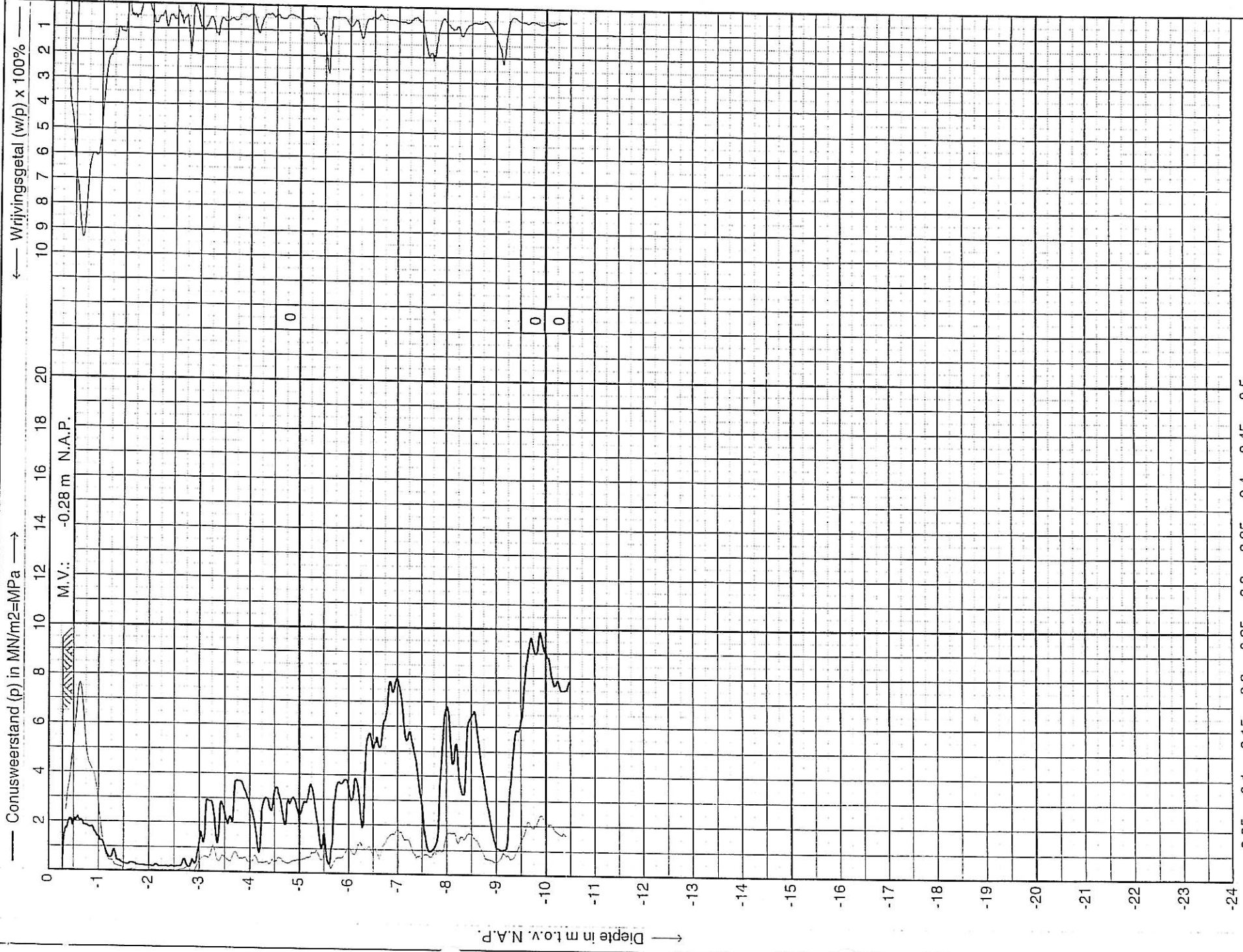


— Plaatselijke wrijving (w) in MN/m²=MPa → Helling in (gr)

FLEVO GEOTECHNIEK B.V.
 Lelystad
 Tel. 0320-258777
 Fax. 0320-258679

Sondering volgens NEN 5140, conus: cilindrisch elektrisch
 Project : RANDWEG
 Locatie : LOENEN AAN DE VECHT

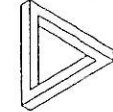
Datum : 17-06-2004
 Uittv. : S10-CFI.019
 Opdracht : FA-15402
 Sond. nr. : 03



Datum : 17-06-2004
 Uitt. : S10-CFL019
 Opdracht : FA-15402
 Sond. nr. : 04

Sondering volgens NEN 5140, conus: cilindrisch elektrisch
 Project : RANDWEG
 Locatie : LOENEN AAN DE VECHT

FLEVO GEOTECHNIEK B.V.
 Lelystad
 Tel. 0320-258777
 Fax. 0320-258679



BIJLAGE B:

RESTZETTINGEN IN RELATIE TOT SCHADE

(bron Rijkswaterstaat, UTV-06445)

Door het aanbrengen van een weglichaam zullen verticale- en horizontale vervormingen in de ondergrond ontstaan, welke tot mogelijke schade aan de verharding zullen leiden. Er zijn op dit moment geen duidelijke criteria voor de prognose van de schade als functie van de vervormingen van de onderbouw. Voor een deel hangt de schade af van de opbouw van de verharding; eventuele schade zal zich het eerst manifesteren ter plaatse van naden in fundering en asfaltlagen.

Verschilzettingen en horizontale vervormingen veroorzaken horizontale rek aan de bovenkant van de aardebaan. De grootte van deze rek kan als indicatie gebruikt worden voor scheurvorming in de verharding. Als de rek groter is dan 0,5% (in trek, overeenkomen met één scheur van 2cm breedte per rijstrook) dan zal onderhoud nodig zijn.

Onderhoud is ook nodig indien het hoogteverschil over een scheur groter is dan 10 mm.

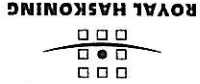
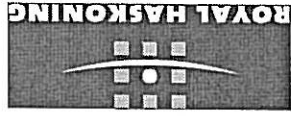
Voor de werkelijk optredende schade gelden, zie ook tabel A, de volgende interventieniveaus, bij overschreiding van deze niveau's dient verhardingsonderhoud te worden uitgevoerd om te voorkomen dat de verkeersveiligheid in het geding komt:

- de dwarshelling van de rijstroken in rechtstanden dient minimaal 1% en maximaal 5% te zijn;
- scheuren in de verharding mogen maximaal 20 mm breed zijn;
- het hoogte verschil over de scheuren mag maximaal 10 mm zijn;
- de afwatering van de rijbaan mag niet worden belemmerd als gevolg van zetting van de verharding;
- zettingsverschillen in langsricting mogen maximaal 0,05m over een lengte van 25m bedragen.

Tabel A: Classificatie van te verwachten schade bij berekende zetting (bron: RWS, UTV-06445)

Berekende zetting	Indicatie van te verwachten schade
<20 mm	lichte schade; mogelijk enige scheurvorming die binnen de interventiewaarden blijft.
20 tot 50 mm	matige schade; scheurvorming zal de interventieniveau's te boven gaan waardoor verhardingsonderhoud noodzakelijk zal worden
>50 mm	ernstige schade; scheurvorming zal de interventieniveau's te boven gaan waardoor meermalen verhardingsonderhoud noodzakelijk zal worden

BILAGE C: ZETTINGSBEREKENING



Project 9P2025 A0, Randweg Loenen a/d Vecht

Datum: Augustus 2004

Berekening: Zettingverloop volgens CUR 162

Geotechniek: Ir. J. Herbschleb

Resultaten

Voorbelasting:

Overhoogte = 1.25m

Voorbelasting niveau = -1.8m (NAP)

P voorbelasting = 31kPa

Voorbelastingstijd = 16 weken

Zettingen:

T_{hydrodynamisch} = 8 jaar

Zetting tegen voorbelasting = 137mm

Zettingen_tijd Voorbelasting_{rigid}+Bouwtijd = 87mm

Zettingen_tijd E_{ind} = 135mm

Invoer

Weglichaam:

Breedte = 8.5m

Niveau fundering = -1.8m

Bouwtijd = 30 dagen

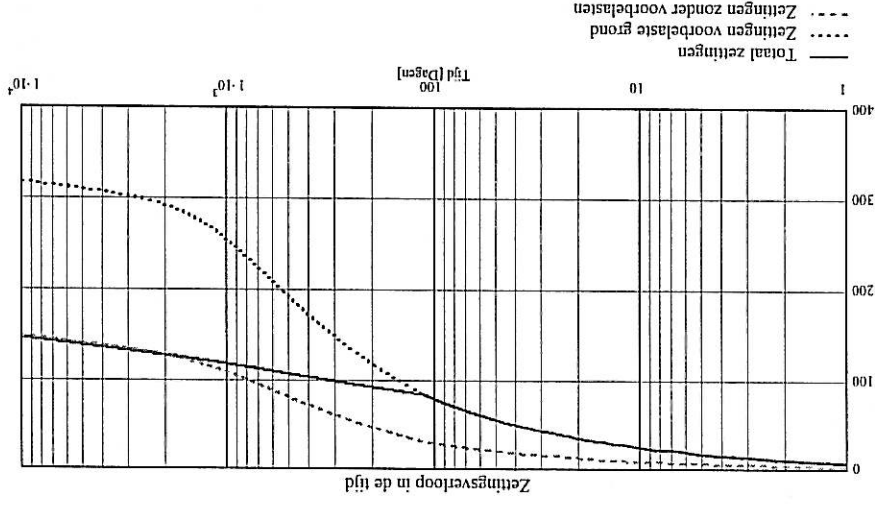
Belasting:

$\sigma_{weg} = 25.5kPa$

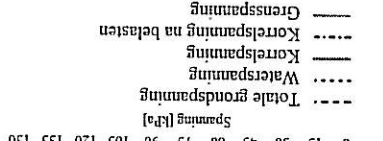
$\Delta\sigma_{kol} = 12kPa$

Toename van korrelspanning op funderingsniveau

Zettingen [mm]



Spanningen



Zettingen Ontwerp Randweg

Definitief rapport

9P2025 A0/R006/JHER/THEL/Amst

1 september 2004

Zettingen + Voorbelasten

Inleiding

Een belastingverhoging op grond, betekent dat in onderlatende lagen een wateroverspanning ontstaat, welke met de tijd zal aanpassen (consolidatie). Door dit consolidatieproces zal een zetting (inklinking) van de desbetreffende laag plaatsvinden.

Voor de theorie van de consolidatieberekening wordt verwezen naar CUR 162.

In voorbelasten speelt achtereenvolgens het volgende:

1. Voorbelasting aanbrengen
2. Voorbelasting veroorzaakt wateroverspanning
3. Op tijdstip x verwijderen van (deel) van voorbelasting
4. Wateroverspanning verminderd tot y kPa
5. Beschouw in grafiek wateroverspanning vs tijd voor de belastingverhoging na de voorbelasting het tijdstip waarop de wateroverspanning gelijk is aan die van punt 4.
6. Uit 5 kan je de tijd vinden behorende bij die wateroverspanning.
7. Restzetting is dan gelijk aan het zettingsverschil op basis van de belastingverhoging na voorbelasten tot aan 10.000 dagen.

1. Invoer

Deze berekening is gemaakt ten behoeve van een controle berekening van de wegaanleg Bunschoten Sportpark, Dijklichaam.

Aantal bodemplagen: Aantal_{lagen} := 3 n := 1.. Aantal_{lagen} + 1 m := 1.. Aantal_{lagen}

1.1 Bodemopbouw

Laag _{niveau} :=	Laag _{niveau} :=	γ_{nat} :=	e_{0n} :=	C_c^n :=	C_v^n :=
Slappe humeuze klei	Slappe humeuze klei	15.0.kN.m ⁻³	2.9 ₁	0.760 ₁	4.10 ⁻⁸ .m ² .s ⁻¹
-1.m ¹	-1.m ¹	11.0.kN.m ⁻³	10 ₁	1.810 ₁	8.10 ⁻⁸ .m ² .s ⁻¹
-4.m ¹	-4.m ¹	18.0.kN.m ⁻³	0.5 ₁	0.021 ₁	1.m ² .s ⁻¹
Pleistoceen zand	Pleistoceen zand	18.0.kN.m ⁻³	0.5 ₁	0.00001 ₁	1.m ² .s ⁻¹
-7.m ¹	-7.m ¹	18.0.kN.m ⁻³	0.5 ₁		
-10.0.m ¹	-10.0.m ¹				
Onderkant	Onderkant				

$$C_r^n := C_c^n \cdot 0.2$$

$$Dikte_{nm} := Laag_{niveau}^m - Laag_{niveau}^{m+1}$$

$$Dikte_{cv}^{nm} := \text{if}(C_v^{nm} > 1 \cdot m^2 \cdot s^{-1}, Dikte_{nm}, 0 \cdot m)$$

$$c_{veq} := \frac{\left(\sum_{i=1}^{\text{Aantal}_{lagen}} Dikte_{cv}^i \right)^2}{\left(\sum_{i=1}^{\text{Aantal}_{lagen}} \frac{Dikte_{cv}^i}{\sqrt{C_v^i}} \right)^2}$$

$$c_{veq} = 5.49 \times 10^{-8} m^2 \cdot s^{-1}$$

$$Dikte_{cv}^{nm} =$$

0
3
3
m

$$Laag_{rekendikte} := 0.1 \cdot m$$

$$\text{Aantal}_{rekendikten} := \text{floor} \left(\frac{Laag_{niveau}^1 - Laag_{niveau}^{\text{Aantal}_{lagen}+1}}{Laag_{rekendikte}} + 1 \right)$$

$$\text{Aantal}_{rekendikten} = 91$$

$$z := 1.. \text{Aantal}_{rekendikten}$$

$$Diepte_z := Laag_{niveau}^1 - (z - 1) \cdot Laag_{rekendikte}$$

$$\text{Maatveld} := Laag_{niveau}^1 + 1 \cdot \text{cm}$$

$$OCR_{algemeen} := 1.1$$

$$e_{0,laag0} := 0 \quad \gamma_{nat,laag0} := 0 \cdot kN \cdot m^{-3} \quad C_c,laag0 := 0 \quad C_v,laag0 := 0 \cdot m^2 \cdot s^{-1}$$

$$Cr,laag0 := 0 \quad P_{g0} := 0 \cdot kPa$$

$$e_{0,laagz} := \text{if} \left(\left(Diepte_z \leq Laag_{niveau}^{nm} \right) \cdot \left(Diepte_z > Laag_{niveau}^{nm+1} \right), e_{0nm}, e_{0,laagz} \right)$$

Bovenaastande grondparameters worden toegekend aan de rekenlaagjes middels volgende procedure:

$$\text{teller}(X) := \text{ceil} \left(\frac{Laag_{niveau}^1 - X}{Laag_{rekendikte}} \right)$$

Voor een nauwkeurige berekening wordt de bodem verdeeld in dunne laagjes van 10 cm elk.

1.2 Grondwaterstand

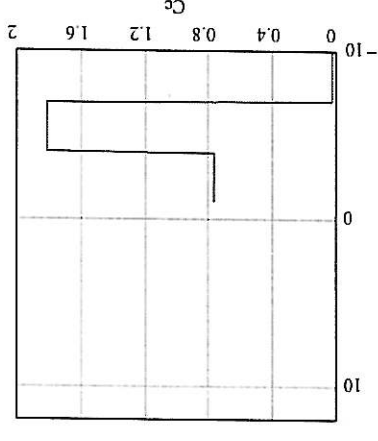
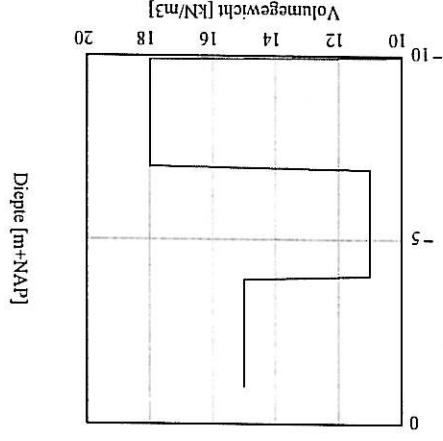
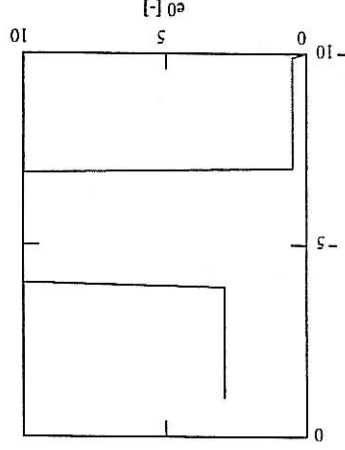
Freaticsch niveau
Zandlaag

-1.5 m
-2.0 m

3
1

4
2

Stijghoogte_j := Stijghoogte_{laag_boven_j} := Stijghoogte_{laag_onder_j} :=



$$\gamma_{nat_laag_z} := \text{if} \left[\left(\text{Diepte}_z \leq \text{Laagniveau}_{nm} \right) \cdot \left(\text{Diepte}_z > \text{Laagniveau}_{nm+1} \right), \gamma_{nat}^{nm}, \gamma_{nat_laag_z}^{nm+1} \right]$$

$$C_{c_laag_z} := \text{if} \left[\left(\text{Diepte}_z \leq \text{Laagniveau}_{nm} \right) \cdot \left(\text{Diepte}_z > \text{Laagniveau}_{nm+1} \right), C_c^{nm}, C_{c_laag_z}^{nm+1} \right]$$

$$C_{r_laag_z} := \text{if} \left[\left(\text{Diepte}_z \leq \text{Laagniveau}_{nm} \right) \cdot \left(\text{Diepte}_z > \text{Laagniveau}_{nm+1} \right), C_r^{nm}, C_{r_laag_z}^{nm+1} \right]$$

$$P_{gz} := \text{if} \left[\left(\text{Diepte}_z \leq \text{Laagniveau}_{nm} \right) \cdot \left(\text{Diepte}_z > \text{Laagniveau}_{nm+1} \right), P_{grens}^{nm}, P_{gz} \right]$$

$$C_{v_laag_z} := \text{if} \left[\left(\text{Diepte}_z \leq \text{Laagniveau}_{nm} \right) \cdot \left(\text{Diepte}_z > \text{Laagniveau}_{nm+1} \right), C_v^{nm}, C_{v_laag_z}^{nm+1} \right]$$

$$\text{Dikte}_{stap_laag} := \sum_{i=1}^{\text{Aantal_lagen}} \text{Dikte}_{cv_i}$$

$$\text{Dikte}_{stap_laag} = 6 \text{ m}$$

1.4 Geometrie

$$\text{Breedte} := 8.5 \cdot \text{m}$$

$$\text{Dikte}_{\text{cunct}} := 0.8 \cdot \text{m}$$

$$\text{Dikte}_{\text{aanvulling}} := 0.0 \cdot \text{m}$$

$$\text{Dikte}_{\text{granulaat}} := 0.25 \cdot \text{m}$$

$$\text{Dikte}_{\text{STAB}} := 0.18 \cdot \text{m}$$

$$\text{Dikte}_{\text{total}} := \text{Dikte}_{\text{cunct}} + \text{Dikte}_{\text{aanvulling}} + \text{Dikte}_{\text{granulaat}} + \text{Dikte}_{\text{STAB}}$$

$$\text{Dikte}_{\text{total}} = 1.23 \text{ m}$$

$$\text{Volumegewicht}_{\text{wegverharding}} := 25 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\text{Volumegewicht}_{\text{granulaat}} := 20 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\text{Volumegewicht}_{\text{aanvulling}} := 20 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\sigma_{\text{weg}} := (\text{Dikte}_{\text{aanvulling}} + \text{Dikte}_{\text{cunct}}) \cdot \text{Volumegewicht}_{\text{aanvulling}} + \text{Dikte}_{\text{granulaat}} \cdot \text{Volumegewicht}_{\text{granulaat}} + \text{Dikte}_{\text{STAB}} \cdot \text{Volumegewicht}_{\text{wegverharding}}$$

$$\sigma_{\text{weg}} = 25.5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\text{Niveaunederling} = -1.8 \text{ m}$$

$$\text{Niveaunederling} := -1.80 \cdot \text{m}$$

2. Berekening

2.1 Korrelspanning

$$\gamma_{\text{water}} := g \cdot 1000 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad \gamma_{\text{water}} = 9.807 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$$

2.1.1. Grondspanning

$$\sigma_{\text{total}_0} := 0 \text{ kPa} \quad \sigma_{\text{total}_0} = 0 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{\text{total}_z} := \text{Laagrekendikte} \cdot \gamma_{\text{nat}} \cdot \text{laag}_z + \sigma_{\text{total}_z-1}$$

Waterspanning

$$\text{Stijghoogte}_{\text{niveau_onder}_j} := \text{Laag}_{\text{niveau}}^{(\text{stijghoogte}_{\text{laag_onder}_j})}$$

$$\text{Stijghoogte}_{\text{niveau_boven}_j} := \text{Laag}_{\text{niveau}}^{(\text{stijghoogte}_{\text{laag_boven}_j})}$$

$$\sigma_{\text{water}_0} := 0 \text{ kPa} \quad \sigma_{\text{water}_0} = 0 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{\text{water_onder}_j} := (\text{Stijghoogte}_j - \text{Stijghoogte}_{\text{niveau_onder}_j}) \cdot \gamma_{\text{water}}$$

$$\sigma_{\text{water_boven}_j} := \text{IF} \left[\text{Stijghoogte}_{\text{niveau_boven}_j} > \text{Stijghoogte}_j, (\text{Stijghoogte}_j - \text{Stijghoogte}_{\text{niveau_boven}_j}) \cdot \gamma_{\text{water}}, 0 \text{ kPa} \right]$$

Hydrostatisch verloop in de wateroverende lagen zelf

$$\sigma_{\text{water}_z} := \text{IF} \left[(\text{Diepte}_z \leq \text{Stijghoogte}_{\text{niveau_boven}_j}) \cdot (\text{Diepte}_z - \text{Stijghoogte}_j), (\text{Diepte}_z > \text{Stijghoogte}_{\text{niveau_onder}_j}) \cdot (\text{Diepte}_z - \text{Stijghoogte}_j - \text{Diepte}_z) \cdot \gamma_{\text{water}}, \sigma_{\text{water}_z} \right]$$

Spanningsverloop tussen de wateroverende lagen in

$$\sigma_{\text{water}_z} := \text{IF} \left[(\text{Diepte}_z > \text{Stijghoogte}_{\text{niveau_onder}_j}) \cdot (\text{Diepte}_z - \text{Stijghoogte}_{\text{niveau_boven}_j+1}), \left(\sigma_{\text{water_onder}_j} + \frac{(\sigma_{\text{water_boven}_j+1} - \sigma_{\text{water_onder}_j}) \cdot (\text{Stijghoogte}_{\text{niveau_boven}_j+1} - \text{Stijghoogte}_{\text{niveau_onder}_j})}{(\sigma_{\text{water_boven}_j+1} - \sigma_{\text{water_onder}_j})} \right) \cdot (\text{Stijghoogte}_{\text{niveau_onder}_j} - \text{Diepte}_z) \right], \sigma_{\text{water}_z}$$

$$\sigma_{\text{water}_z} := \text{IF} (\sigma_{\text{water}_z} = 0 \cdot \text{kPa}, \sigma_{\text{water}_z}, \sigma_{\text{water}_z})$$

Korrelspanning De korrelspanning wordt dan gegeven door:

$$\sigma_{\text{korrel}_z} := \sigma_{\text{total}_z} - \sigma_{\text{water}_z}$$

2.2 Belasting spreiding

De relatieve belasting spreiding wordt constant aangenomen, zowel voor de voorbelasting als de definitieve belasting.

$$n_{\text{niveau_belasting}} := \text{teller}(N_{\text{niveau_belasting}}) + 1$$

$$D_{\text{diepte}}^{\text{niveau_belasting}} = -1.8 \text{ m}$$

$$\sigma_{\text{kortel}}^{\text{niveau_belasting}} = 13.5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\sigma_{\text{water3}}^{\text{niveau_belasting}} = 0 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{\text{weg}} = 25.5 \text{ kPa}$$

$$\Delta \sigma_{\text{kortel}} := \left(\sigma_{\text{weg}} - \sigma_{\text{water3}}^{\text{niveau_belasting}} \right) - \sigma_{\text{kortel}}^{\text{niveau_belasting}} \quad \Delta \sigma_{\text{kortel}} = 12 \text{ kPa}$$

De spanningsverhoging op de waterbodem is de som van het (effectieve) gewicht van het zand boven en onder de waterspiegel.

De belasting kent een zekere spreiding in de diepte, deze is afhankelijk van de plaats waarop deze wordt berekend, rand of midden van de ophoging. In dit geval wordt deze berekend in het midden van de ophoging (conservatieve aanname).

x is afstand vanuit midden bouwput

$$x := 0.0 \cdot \text{Breedte}$$

$$\delta z := \text{atan} \left[\frac{D_{\text{diepte}}^{\text{niveau_belasting}} + 0.01 \cdot \text{m} - D_{\text{diepte}}(z)}{x - 0.5 \cdot \text{Breedte}} \right] \quad \zeta z := \text{atan} \left[\frac{D_{\text{diepte}}^{\text{niveau_belasting}} + 0.01 \cdot \text{m} - D_{\text{diepte}}(z)}{x + 0.5 \cdot \text{Breedte}} \right] - \delta z$$

$$n_{\text{Jurgenzon}}^z := \frac{\pi}{1} \cdot (\zeta z + \sin(\zeta z) \cdot \cos(\zeta z) + 2 \cdot \delta z) \quad n_{\text{Jurgenzon}}^z := \text{if}(D_{\text{diepte}} > \text{Maatveld}, 0, n_{\text{Jurgenzon}}^z)$$

Het totaal aangebrachte volume aan grond geeft de volgende belasting:

$$P_{\text{belasting}} := \Delta \sigma_{\text{kortel}}$$

$$n_{\text{Jurgenzon}}^z := \text{if}(D_{\text{diepte}} \leq D_{\text{diepte}}^{\text{niveau_belasting}}, n_{\text{Jurgenzon}}^z, 0)$$

$$\sigma_{\text{Jurgenzon}}^z := n_{\text{Jurgenzon}}^z \cdot P_{\text{belasting}}$$

$$\sigma_{\text{kortel_na}}^z := \sigma_{\text{kortel}}^z + \sigma_{\text{Jurgenzon}}^z$$

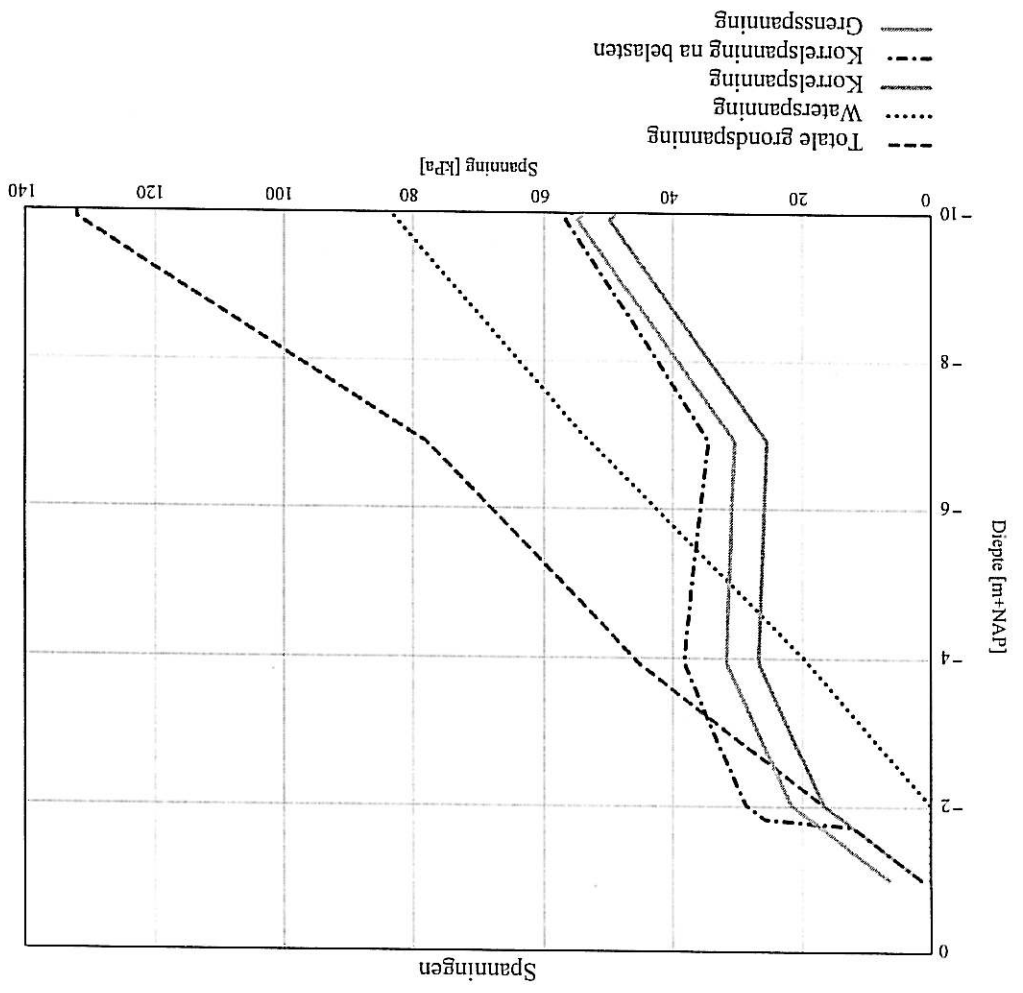
$$\sigma_{\text{kortel_na}}^z := \text{if}(D_{\text{diepte}} > \text{Maatveld}, \sigma_{\text{kortel}}^z + \sigma_{\text{Jurgenzon}}^z, 0 \cdot \text{kPa})$$

$$\sigma_{\text{kortel_na}}^z := \text{if} \left(1 - \frac{\sigma_{\text{kortel_na}}^z}{\sigma_{\text{kortel}}^z} > 0.10, \sigma_{\text{kortel_na}}^z, \sigma_{\text{kortel}}^z \right)$$

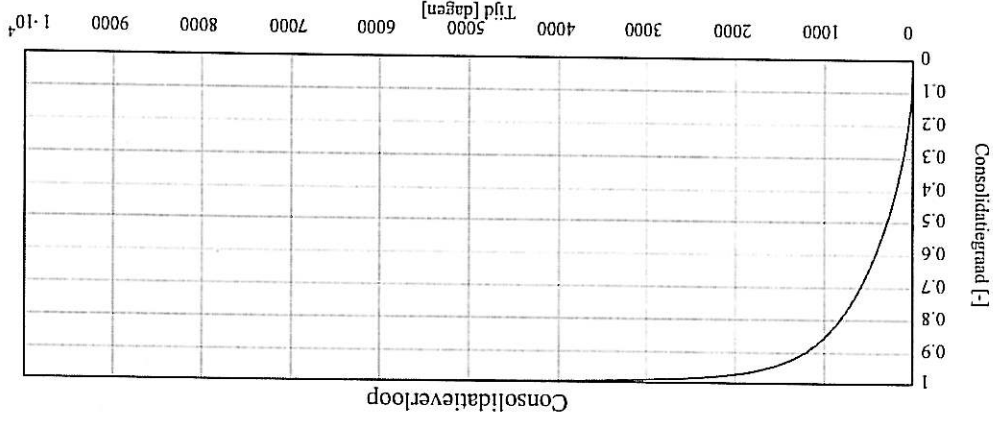
$$P_{\text{gz}} := \sigma_{\text{kortel}}^z + 5 \cdot \text{kPa}$$

Bij een verschil van minder dan 10% wordt geen verandering van kortesspanning meer toegekend.

Voor de grensspanning wordt 0,5m waterstandsverschil aangehouden



2.3. Voorbeelden



$$C_v := c_{v_{eq}}$$

$$C_v = 5.49 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$

2.2 Consolidatieperiode

$\alpha = 0.5$
 $t_f := t \cdot \text{dag}$
 Tijdstappen per dag

Tweezijdige afstroming van water tijdens ontgraven.

De equivalente consolidatiecoëfficiënt is dan
 De consolidatieperiode is gelijk aan de hydrodynamische periode

$$D_{\text{dikte_slappe_laag}} := D_{\text{dikte_slappe_laag}} - \left(\text{Laagniveau}_1 - \text{Niveau}_{\text{ondergrond}} \right)$$

$$D_{\text{dikte_slappe_laag}} = 5.2 \text{ m}$$

$$T_{\text{tijdfactor}}(c_v, H, \alpha, t) := \frac{c_v \cdot t}{(\alpha \cdot H)^2}$$

$$T_f := \text{Tijdfactor}(C_v, D_{\text{dikte_slappe_laag}}, \alpha, t_f)$$

Tijdfactor

$$\text{Consolidatiegraad}(x) := \left[\frac{(x)^3}{6} \right]^{1/3} + 0.5$$

$$U_f := \text{Consolidatiegraad}(T_f)$$

Consolidatiegraad

het einde van de consolidatie wordt gesteld bij een consolidatiegraad van 99%. Hiermee wordt de hydrodynamische periode:

$$T := 2 \quad U_{\text{einde}} := \text{Consolidatiegraad}(T) \quad U_{\text{einde}} = 0.9899$$

$$T_{\text{hydrodynamisch}} := \frac{T \cdot (\alpha \cdot D_{\text{dikte_slappe_laag}})^2}{C_v}$$

$$T_{\text{hydrodynamisch}} = 2850 \text{ dag}$$

Onder voorbelastingen wordt verstaan het aanbrengen van een belasting gedurende een bepaalde tijd.

Overhoogte := 1.25 m

Voorbelastingshoogte := Overhoogte + Dikte_{total} Voorbelastingshoogte = 2.48 m

Voorbelastingniveau := Niveau_{fundering}

γ voorbelasting := $18 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ Voorbelastingniveau = -1.8 m

$$\text{Middenkijel} := \text{Diepte}_{\text{niveau_belasting}} - \frac{(\text{Diepte}_{\text{niveau_belasting}} - \text{Laag}_{\text{niveau}_3})}{2}$$

Middenkijel = -4.4 m

Diepte_{niveau_belasting} = -1.8 m

n_{middenlaag} := teller(Middenkijel) + 1

Het midden van de laag wordt gebruikt voor de berekening, hier zijn ook de hoogste wateroverspanningen

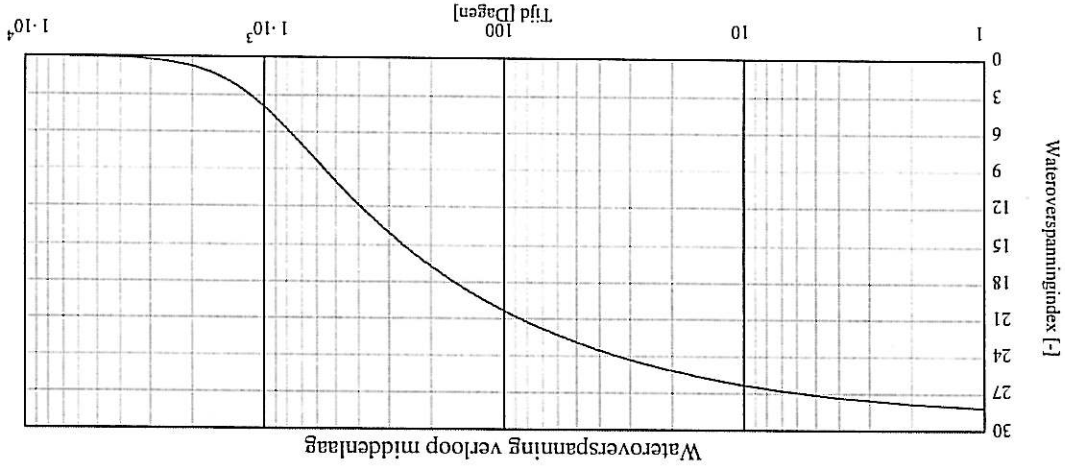
$P_{\text{voorbelasting}} := (\gamma_{\text{voorbelasting}} \cdot \text{shoogte}) \cdot \sigma_{\text{korrel}} - \sigma_{\text{korrel}}_{\text{niveau_belasting}}$

$P_{\text{voorbelasting}} = 31.14 \text{ kPa}$

$\sigma_{\text{toename}_z} := U_t \cdot n_{\text{jurgenzon}_z} \cdot P_{\text{voorbelasting}}$

$\sigma_{\text{wateroverspanning}_1} := (1 - U_t) \cdot (n_{\text{jurgenzon}_{\text{middenlaag}}} \cdot P_{\text{voorbelasting}})$

$\sigma_{\text{voorbelasting}_z} := \sigma_{\text{toename}_z} + \sigma_{\text{korrel}_z}$



De maximum zetting volgt dan uit de zettingstheorie van Terzaghi.

De belasting na het weghalen van de voorbelasting wordt dan:

$$\sigma_{wo} := \text{if}(\sigma_{wo} < 0 \cdot \text{kPa}, 0 \cdot \text{kPa}, \sigma_{wo})$$

$$\sigma_{wo} = 2 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{wo} := \sigma_{\text{wateroverspanning Voorbelasting}} - \Delta P_{\text{verwijderd}}$$

$$\sigma_{\text{wateroverspanning Voorbelasting}} = 19,919 \text{ kPa}$$

De werkelijke verwijderde belasting geeft een reductie in de wateroverspanningen, waardoor de wateroverspanning uiteindelijk wordt:

$$\Delta P_{\text{verwijderd}} := \Delta P_{\text{voorbelasting}} - \sigma_{\text{weg}}$$

Een negatieve resulterende belasting betekent dat na voorbelasten meer belasting is

$$\Delta P_{\text{verwijderd}} = 17,629 \text{ kPa}$$

Aangenomen wordt dat op hetzelfde moment de belasting van de weg wordt aangebracht dan geldt:

$$\Delta P_{\text{voorbelasting}} := \text{zandverwijderd} \cdot \gamma_{\text{voorbelasting}}$$

$$\Delta P_{\text{voorbelasting}} = 43,129 \text{ kPa}$$

De verwijderde belasting is dan:

$$\sigma_{\text{weg}} = 25,5 \text{ kPa}$$

$$\text{zandverwijderd} := \text{Voorbelasting}_{\text{hoogte}} - \text{zandachterblijven}$$

$$\text{zandverwijderd} = 2,396 \text{ m}$$

$$\text{zandachterblijven} := u_{\text{na voorbelasting}}$$

$$\text{zandachterblijven} = 83,956 \text{ mm}$$

De hoeveelheid zand die achterblijft is dan:

$$u_{\text{na voorbelasting}} := u_{\text{zetting voor}} \cdot u_{\text{voorbelasting}}$$

$$u_{\text{na voorbelasting}} = 83,956 \text{ mm}$$

$$u_{\text{zetting voor}} := \sum_{i=1}^{\text{Aantal rekenslagen}} u_{\text{zetting voorbelasting } i}$$

$$u_{\text{zetting voor}} = 266,846 \text{ mm}$$

Indien voorbelasting blijft liggen

De zettingen na de voorbelastingstijd zijn belangrijk om te berekenen hoeveel belasting kan worden verwijderd.

$$u_{\text{zetting voorbelasting } z} := \text{if} \left(\sigma_{\text{voorbelasting}_{\text{Kantijdz}}} > p_{gz}, \text{Lagerekendikte} \cdot \log \left(\frac{p_{gz}}{p_{gz}^z} \right) + \text{Lagerekendikte} \cdot \log \left(\frac{c_{\text{lagz}}}{c_{\text{lagz}}^z} \cdot \frac{1 + e_{0\text{lagz}}}{1 + e_{0\text{lagz}}^z} \right), \text{Lagerekendikte} \cdot \log \left(\frac{p_{gz}}{p_{gz}^z} \right), \text{Lagerekendikte} \cdot \log \left(\frac{c_{\text{lagz}}}{c_{\text{lagz}}^z} \cdot \frac{1 + e_{0\text{lagz}}}{1 + e_{0\text{lagz}}^z} \right) \cdot \log \left(\frac{\sigma_{\text{voorbelasting}_{\text{Kantijdz}}}}{\sigma_{\text{korrel}}^z} \right) \right)$$

$$\Delta P_{\text{belasting_na}} := (\sigma_{\text{weg}} + \text{zandachterblijven} \cdot \gamma_{\text{voorbelasting}}) - \sigma_{\text{korrel}}^{\text{niveau_belasting}}$$

$$\Delta P_{\text{belasting_na}} = 14 \text{ kPa}$$

Bovenstaande belasting wordt gebruikt om uit te rekenen wat de zettingen vanaf $t=0$ zouden zijn geweest. Gecorrigeerd voor de hogere spanning en de sprong in de wateroverspanning (consolidatie). Dat betekent dat de wateroverspanning na het weghalen van de voorbelasting wordt, bij aanname van een wateroverspanning vanaf het begin van het project:

$$\sigma_{\text{wateroverspanning_na}} := (1 - U!) \cdot \left(n_{\text{Jurgenson}}^{\text{middelhag}} \cdot \Delta P_{\text{belasting_na}} \right)$$

$$T_{\text{tijd_nieuw}} := 850$$

Speel met deze parameter totdat onderstaande nul wordt, dit is namelijk de sprong die je in de tijd maakt in dit geval is de tijdstap in dagen!

$$\sigma_{\text{wateroverspanning_na}}^{\text{Tijd_nieuw}} - \sigma_{\text{v0}} = 0.01448 \text{ kPa}$$

Op tijdstip is $T_{\text{tijd_nieuw}} \cdot \text{dag} = 7.344 \times 10^7 \text{ s}$ moeten nu de reszettelingen berekend worden tot 10.000 dagen.

2.4 Aanpassen van laagscheidingen

Nadat de zettingen zijn opgetreden ontstaat een nieuwe bodemopbouw, waarbij vanaf maaiveld de bestaande grond is vervangen door de ophoging en de andere laagscheiding ook zijn verzakt. Dat betekent dat de laagscheidingen zijn verzakt gelijk aan de opgetreden zetting op dat niveau, op het tijdstip van het voorbelasten.

$$\text{Teller}_{\text{laagscheidingen}}^n := \text{teller}(\text{Laagniveau}^n) \quad \text{Zetting}_{\text{perlaag}}^n := \sum_{l=1}^l \text{Voorbelasting}_{\text{Zetting}}^n \cdot \text{Zetting}_{\text{perlaag}}^{n-1}$$

$$\text{Zetting}_{\text{laagscheiding}}^n := \max(\text{Zetting}_{\text{perlaag}}^n) - \text{Zetting}_{\text{perlaag}}^{n-1}$$

$$\text{Laagscheiding}_{\text{nieuw}}^n := \text{Laagniveau}^n - \text{Zetting}_{\text{laagscheiding}}^n$$

$$\text{Laagscheiding}_{\text{nieuw}}^n := \text{Laagniveau}^n - \text{Zetting}_{\text{perlaag}}^{n-1}$$

In dit geval wordt aangenomen dat de bodem van de laagbouw geen zettingen vertoond.

De parameters moeten ook aan dit nieuwe niveau worden aangepast.

-1,084	m
-4,084	
-7,04	
-10	

$$:= \text{IF}(\text{Dipte}_z \leq \text{Laagscheiding}_{\text{nieuw}}^{nm}) \cdot (\text{Dipte}_z > \text{Laagscheiding}_{\text{nieuw}}^{nm+1}) \cdot e_{0n} \cdot e_{0\text{laag}_z}$$

$$z := \text{IF}(\text{Dipte}_z \leq \text{Laagscheiding}_{\text{nieuw}}^{nm}) \cdot (\text{Dipte}_z > \text{Laagscheiding}_{\text{nieuw}}^{nm+1}) \cdot \gamma_{\text{nat}}^m \cdot \gamma_{\text{nat}\text{laag}_z}$$

$$\text{Cc}_{\text{laag}_z} := \text{IF}(\text{Dipte}_z \leq \text{Laagscheiding}_{\text{nieuw}}^{nm}) \cdot (\text{Dipte}_z > \text{Laagscheiding}_{\text{nieuw}}^{nm+1}) \cdot \text{Cc}_{\text{laag}_z}^{nm}$$

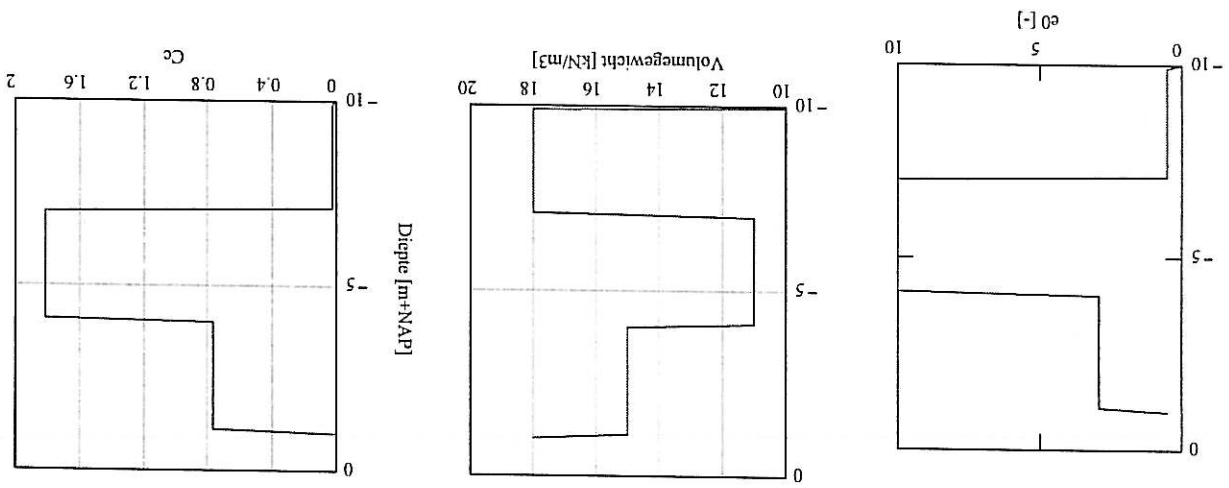
$$\text{Cr}_{\text{laag}_z} := \text{IF}(\text{Dipte}_z \leq \text{Laagniveau}^{nm}) \cdot (\text{Dipte}_z > \text{Laagniveau}^{nm+1}) \cdot \text{Cr}_{\text{laag}_z}^{nm}$$

$$\text{Pg}_z := \text{IF}(\text{Dipte}_z \leq \text{Laagniveau}^{nm}) \cdot (\text{Dipte}_z > \text{Laagniveau}^{nm+1}) \cdot \text{Pg}_z^{nm}$$

$$e_{0\text{laag}_z} := \text{IF}(\text{Dipte}_z \leq \text{Maaiveld}) \cdot (\text{Dipte}_z > \text{Laagscheiding}_{\text{nieuw}}^1) \cdot 0,5 \cdot e_{0\text{laag}_z}^z$$

$$\gamma_{\text{nat}\text{laag}_z} := \text{IF}(\text{Dipte}_z \leq \text{Maaiveld}) \cdot (\text{Dipte}_z > \text{Laagscheiding}_{\text{nieuw}}^1) \cdot 18 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \gamma_{\text{nat}\text{laag}_z}^z$$

$$\text{Cc}_{\text{laag}_z} := \text{IF}(\text{Dipte}_z \leq \text{Maaiveld}) \cdot (\text{Dipte}_z > \text{Laagscheiding}_{\text{nieuw}}^1) \cdot 0,001 \cdot \text{Cc}_{\text{laag}_z}^z$$



2.5 Nieuwe belastingspreiding

De grensspanning wordt gelijk aan de bereikte korrelspanning tijdens het voorbelasten

$$P_{g_oudz} := P_{gz}$$

$$P_{gz} := \text{if} \left(\text{Voorbelastingshoogte} > 0 \cdot m, \sigma_{\text{voorbelasting}}, P_{g_oudz} \right), P_{g_oudz}$$

$P_{gz} := \text{if} (P_{gz} > P_{g_oudz}, P_{g_oudz}, P_{gz})$ Als de grensspanning lager is dan de oorspronkelijke wordt deze gecorrigeerd.

Immers deze belasting is al bereikt in de grond, wanneer nu de nieuwe belasting lager is dan deze grensspanning zal de grond stijver reageren. En dus minder zettingen geven.

De belasting wordt geacht nu aan te grijpen op de onderkant van de aangebrachte zandlaag.

$$\delta_z := \text{atan} \left(\frac{\text{Niveau} - u_{na_voorbelasting} - \text{Diepte}_z}{x - 0.5 \cdot \text{Breedte}} \right) \quad \zeta_z := \text{atan} \left[\frac{\text{Niveau} - u_{na_voorbelasting} - \text{Diepte}_z}{x + 0.5 \cdot \text{Breedte}} \right] - \delta_z$$

$$n_{jurgenz} := \frac{1}{\pi} \cdot (\zeta_z + \sin(\zeta_z) \cdot \cos(\zeta_z + 2 \cdot \delta_z)) \quad n_{jurgenz} := \text{if} (\text{Diepte}_z > \text{Maaierveld}, 0, n_{jurgenz})$$

$$\sigma_{jurgenz} := \text{if} (\text{Diepte}_z \leq \text{Niveau} - u_{na_voorbelasting}, n_{jurgenz} \cdot \Delta P_{belasting_na}, 0)$$

Het fundamenteel niveau is ook gezakt en nu onderkant van de aangebrachte voorbelasting

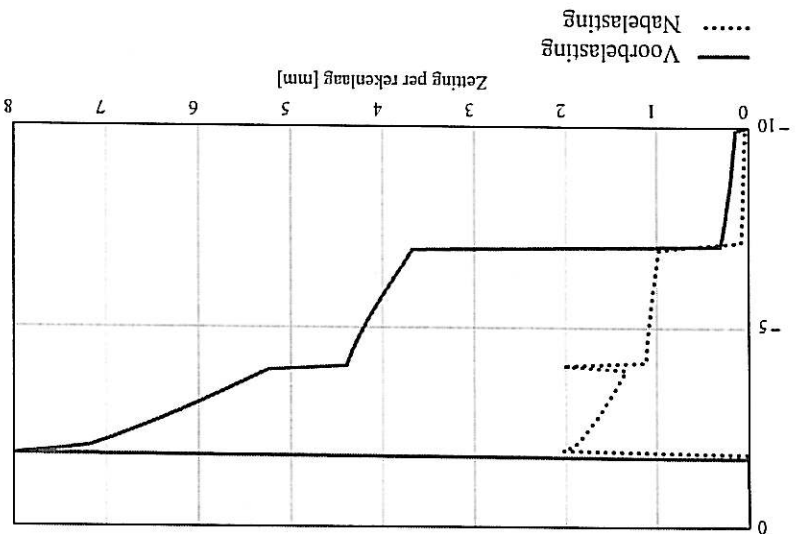
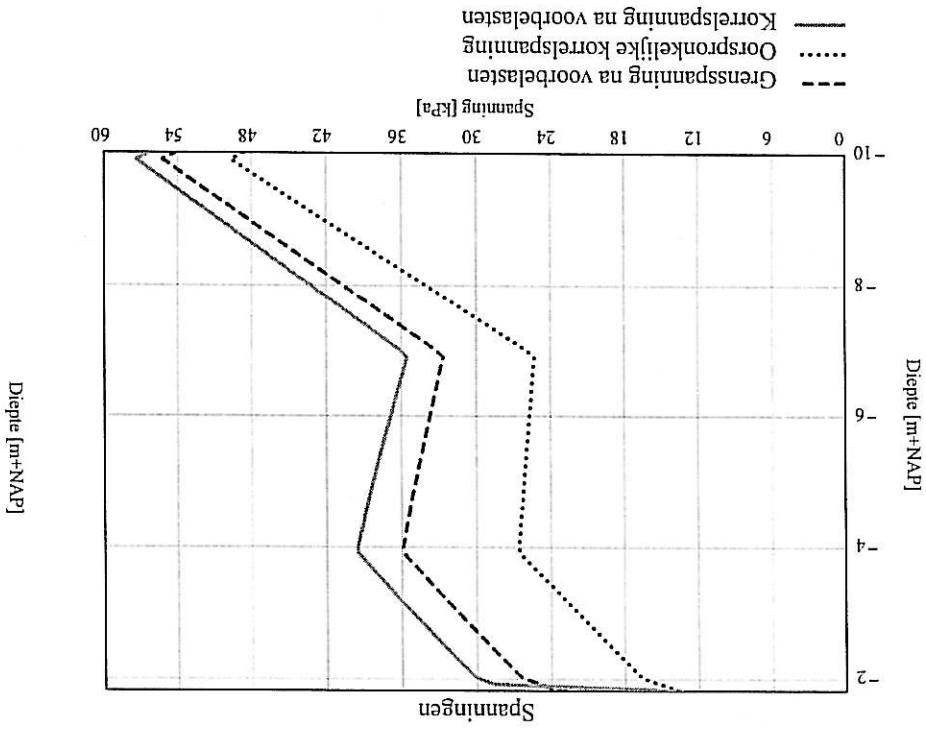
$$\sigma_{korrel_na}^z := \sigma_{korrel}^z + \sigma_{jurgenz}^z$$

$$\sigma_{korrel_na}^z := \text{if} (\text{Diepte}_z > \text{Maaierveld}, \sigma_{korrel}^z + \sigma_{jurgenz}^z, 0 \cdot kPa)$$

$$\sigma_{korrel_na}^z := \text{if} \left(1 - \frac{\sigma_{korrel_na}^z}{\sigma_{korrel}^z} > 0.10, \sigma_{korrel_na}^z, \sigma_{korrel}^z \right)$$

Bij een verschil van minder dan 10% wordt geen verandering van korrelspanning meer toegekend

$$u_{zetting_nabelasting}^z := \text{if} \left(\sigma_{korrel_na}^z > P_{gz}, \text{Laagrekendikte} \cdot \log \left(\frac{C_{t_laagz} \cdot (1 + e_{0_laagz}^z)}{P_{gz} \cdot \sigma_{korrel}^z} \right) + \text{Laagrekendikte} \cdot \log \left(\frac{C_{t_laagz} \cdot (1 + e_{0_laagz}^z)}{P_{gz} \cdot \sigma_{korrel_na}^z} \right), \text{Laagrekendikte} \cdot \log \left(\frac{C_{c_laagz} \cdot (1 + e_{0_laagz}^z)}{P_{gz} \cdot \sigma_{korrel_na}^z} \right), \text{Laagrekendikte} \cdot \log \left(\frac{C_{c_laagz} \cdot (1 + e_{0_laagz}^z)}{P_{gz} \cdot \sigma_{korrel_na}^z} \right) \right)$$



$$U_{zetting_na_eind} := \sum_{i=1}^{Aantal_rekenlagen} U_{zetting_nablasting_i}$$

$U_{zetting_voor} = 266.846 \text{ mm}$

$U_{zetting_na_eind} = 68.699 \text{ mm}$

$U_{zetting_zonder} = 97.738 \text{ mm}$

$$U_{zetting_zonder} := \sum_{i=1}^{Aantal_rekenlagen} U_{zetting_zonder_voorbelasting_i}$$

$$U_{zetting_zonder_voorbelasting_z} := \text{IF} \left(\sigma_{korrel_na_zonder} > P_{gz}, Laagrekendikte_z \cdot \log \left(\frac{\sigma_{korrel_na_zonder}}{C_r \cdot laag_z} \cdot \log \left(\frac{1 + e_{0_laag_z}}{1 + e_{0_laag_z}} \right) + Laagrekendikte_z \cdot \log \left(\frac{\sigma_{korrel_na_zonder}}{P_{g_oudz}} \right) \right), Laagrekendikte_z \cdot \log \left(\frac{C_c \cdot laag_z}{1 + e_{0_laag_z}} \right), Laagrekendikte_z \cdot \log \left(\frac{\sigma_{korrel_na_zonder}}{C_c \cdot laag_z} \cdot \log \left(\frac{1 + e_{0_laag_z}}{1 + e_{0_laag_z}} \right) \right) \right)$$

3. Zettingen na voorlasten

3.1 Secundaire Zettingen

$$C_{\alpha} = 0.005$$

$$S_{\text{secundair}}(H, t, C_{\alpha}) = H \cdot C_{\alpha} \cdot \log(t \cdot \text{dag}^{-1})$$

$$S_t = \text{Dikte}_{\text{stap}} \cdot \log \left(\frac{\text{Voorbelasting}_{\text{tijd}}}{t \cdot \text{dag}^{-1}} \right)$$

$S_t := \text{if}(S_t < 0 \cdot \text{m}, 0 \cdot \text{m}, S_t)$ Krulp wordt pas geacht op te treden nadat de voorbelasting is verwijderd

Restzettingen na 10 jaar

$$\text{Restzetting}_{\text{tijd}} := 10 \cdot \text{jaar}$$

$$\text{Eind} := \text{ceil} \left(\frac{\text{Restzetting}_{\text{tijd}}}{\text{dag}} \right)$$

Eind = 3653
De tijdstap is in dagen, omrekening naar tijdstap

$$\text{ii} := 1 \cdot 25000$$

Door de sprongen in de tijd wordt de periode wat verlengd, dit is puur reken technisch

$$U_{\text{ii}} := \text{if}(\text{ii} > 10000, 1, U_{\text{ii}})$$

Dit is de uiteindelijke sprong in de tijd.

$$\text{verschil} = 768$$

Verschil zettingen na het voorlasten door de sprong in de tijd

$$\text{Zettingen}_{\text{verschil}_i} := (U_{\text{ii}} + \text{verschil} - U_{\text{ii}} \cdot \text{Tijd}_{\text{start}}) \cdot u_{\text{zetting_na_eind}}$$

$$\text{verschil} := \text{Tijd}_{\text{start}} - \text{Voorbelasting}_{\text{tijd}}$$

$$\text{Tijd}_{\text{start}} := \text{Bouw}_{\text{tijd}} + \text{Tijd}_{\text{nieuw}}$$

$$\text{Bouw}_{\text{tijd}} := 30$$

$$\text{Zettingen}_{\text{tijd}_i} := \text{if}(i \leq \text{Voorbelasting}_{\text{tijd}}, U_i \cdot u_{\text{zetting_voor}} + S_i, u_{\text{na_voorbelasting}} + \text{Zettingen}_{\text{verschil}_i} + S_i)$$

$$\text{Zettingen}_{\text{tijd}}_{\text{Voorbelasting}_{\text{tijd}} + \text{Bouw}_{\text{tijd}}} = 87.277 \text{ mm}$$

$$\text{Zettingen}_{\text{tijd}}_{\text{Eind}} = 134.993 \text{ mm} \quad u_{\text{zetting_na_eind}} = 0.069 \text{ m}$$

$$u_{\text{na_voorbelasting}} = 0.084 \text{ m}$$

$$\text{Restzetting} = 47.716 \text{ mm}$$

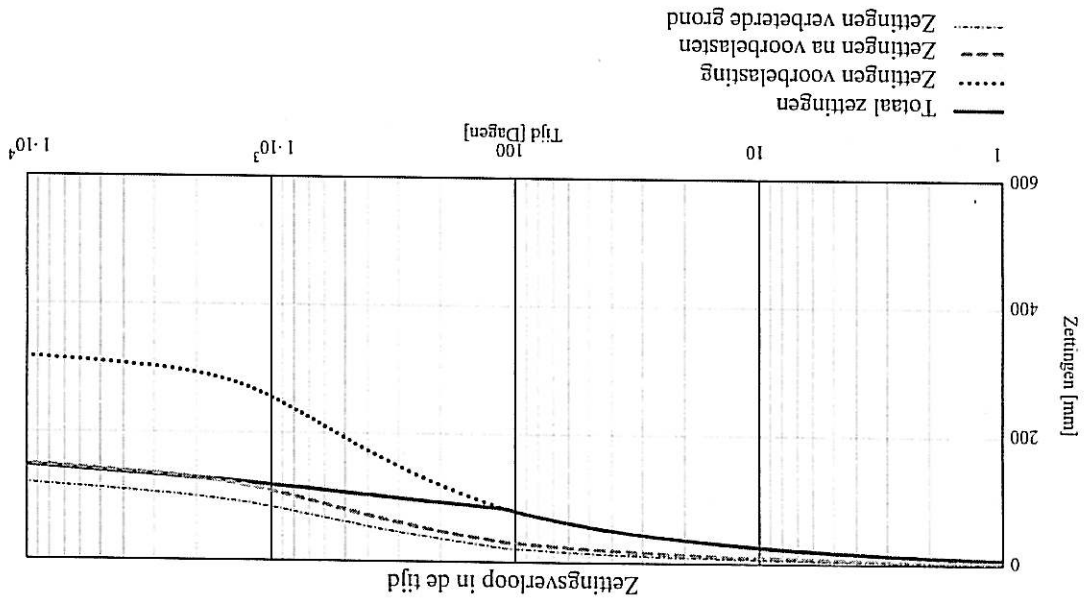
Zettingen indien geen voorbelasting

$$\text{Zettingen}_{\text{voorbelasting}} := u_{\text{zetting_zonder}} \cdot U_{\text{Eind}} + S_{\text{Eind}}$$

$$\text{Zettingen}_{\text{geen_voorbelasting}} = 136.612 \text{ mm}$$

$$\text{Restzetting}_{\text{primaar}} := \text{Restzetting} - S_{\text{Eind}}$$

$$\text{Restzetting}_{\text{secundair}} := S_{\text{Eind}}$$



Voorbelastingstijd = 112

Project

Project: 9P2025.A0, Randweg Loenen a/d Vecht

Datum: Augustus 2004

Berekening: Zettingverloop volgens CUR 162

Geotechniek: ir. J. Herbschleb

Resultaten

Voorbelasting:

Overhoogte = 1.25 m

Voorbelastingniveau = -1.8 m (NAP)

P_{voorbelasting} = 31 kPa

Voorbelastingstijgtijd = 16 weken

Zettingen:

T_{hydrodynamisch} = 8 jaar

Zettingen_voorbelasting = 137 mm

Zettingen_tijdVoorbelasting+Bouwijd = 87 mm

Zettingen_tijdEind = 135 mm

Invoer

Weglichaam:

Breedte = 8.5 m

Niveau_fundering = -1.8 m

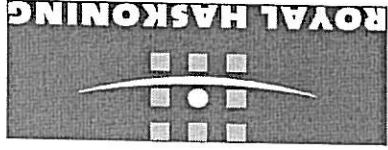
Bouwijd = 30 dagen

Belasting:

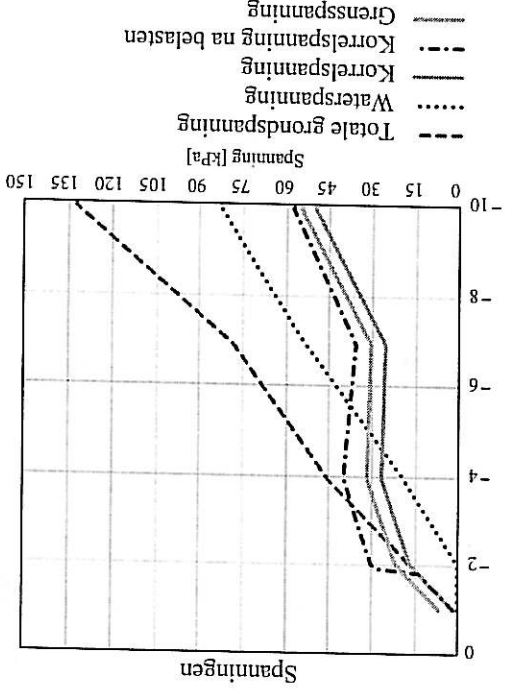
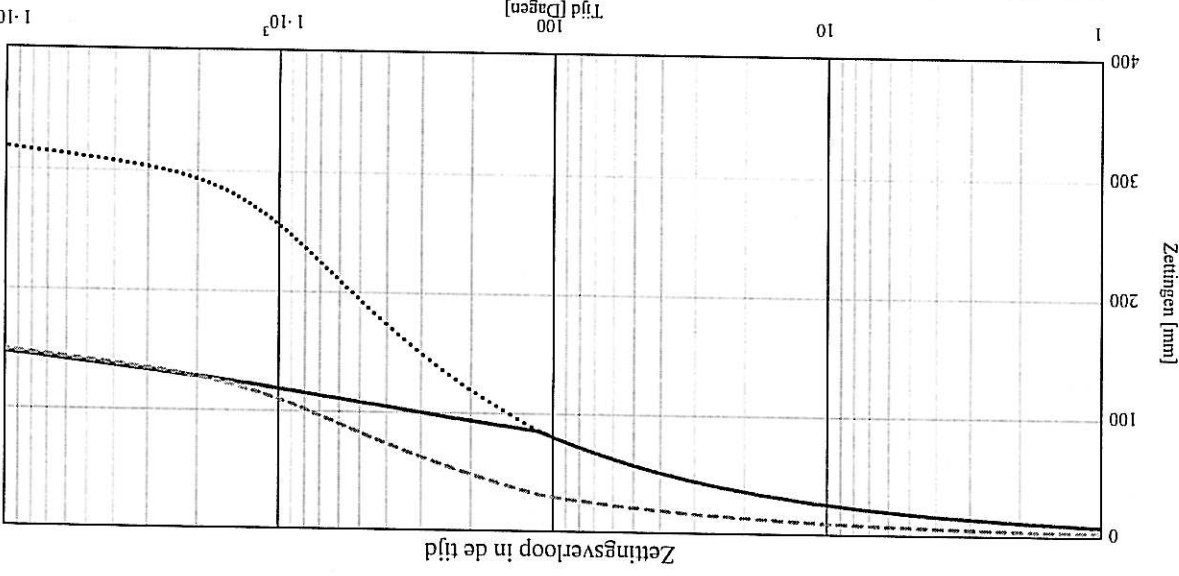
$\sigma_{veg} = 25.5 \text{ kPa}$

$\Delta\sigma_{korrel} = 12 \text{ kPa}$

Toename van korrelspanning op funderingsniveau



$s1_z := \sigma_v$
 $s2_z := \sigma_v$



Resultaat:
 Restzetting_{primair} = 8.4 mm
 Restzetting_{secundair} = 39.3 mm
 Restzetting = 47.7 mm
 Restzettingstijgtijd = 10 jaar