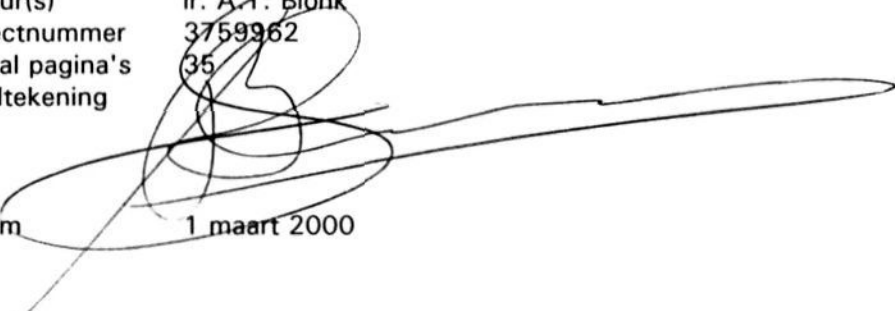


**Modelberekeningen zandwinningen
en verdieping vaargeulen
in IJsselmeergebied**

Verantwoording

Titel Modelberekeningen zandwinnings en verdieping vaargeulen in IJsselmeergebied
Opdrachtgever Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, directie IJsselmeergebied
Projectleider ir. A.T. Blonk
Auteur(s) ir. A.T. Blonk
Projectnummer 3759962
Aantal pagina's 35
Handtekening 

Datum 1 maart 2000

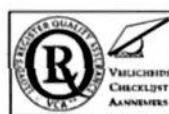
Colofon

Tauw bv
afdeling Water & Ruimtelijke Ordening
Handelskade 11
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon (0570) 69 99 11
Fax (0570) 69 96 66

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of anderszins zonder voorafgaande, schriftelijke toestemming van de opdrachtgever of Tauw bv.

Tauw bv beschikt over de volgende certificaten: NEN-EN-ISO 9001, VCA** en KOMO-asbestinventarisatie. De meet- en inspectiediensten van Tauw zijn geaccrediteerd (STERIN I057). Deze accreditaties zijn op de werkzaamheden van toepassing tenzij in dit rapport anders is aangegeven.

ISO-9001 nr. 651023
VCA** nr. 650488
KOMO nr. 651286
STERLAB-registratie nr. L005:
Laboratorium
STERIN-registratie nr. I057:
Meet- en bemonsterings-
activiteiten bodem, water,
lucht en afvalstoffen



Inhoud

1	Inleiding.....	9
2	Vraagstelling en uitvoeringswijze.....	10
3	Omschrijving en ligging zandwoningen en vaargeulen	12
4	Modelleringen zandwoningen	15
4.1	Algemeen.....	15
4.2	Modelleren zandwoningen en verdieping vaargeulen	17
4.2.1	Zandwoningen.....	17
4.2.2	Verdieping vaargeulen	19
5	Modelberekeningen	22
5.1	Vergelijking berekende stijghoogten referentiesituatie met gemeten stijghoogten in de Flevopolder	22
5.2	Resultaten modelberekeningen zandwoningen.....	22
5.2.1	Zandwoningen.....	23
5.2.2	Vaargeulen	26
5.3	Berekende cumulatieve verblijftijdsberekening van het infiltratiewater voor de zandwinning Houtrib.....	27
5.4	Effect zandwinput Houtrib op toename zoutvracht in de nabijgelegen polder	30
6	Conclusies	33
6.1	Zandwoningen	33

Bijlagen

- 1, blad 1 Isohyphen 1° watervoerend pakket (modelonderzoek Grondwaterbeheer Midden Nederland
- 1, blad 2 Met Nagrom berekende stijghoogten 1° watervoerende pakket

Figuren

- 1 Ligging zandwinlocaties.
- 2 Elementennetwerk IJsselmeermodel.
- 3a Hydraulische weerstand van de deklaag in de referentiesituatie.
- 3b Overzicht weerstandreductie ter plaatse van de vaargeulen voor de periode direct na beëindiging van de werkzaamheden.
- 4 Cumulatieve verblijftijdsverdeling infiltratiewater ter plaatse van zandwinning Houtrib.
- 5 Stroombanenpatroon infiltratiewater ter plaatse van zandwinning Houtrib.
- 6a Percentuele lekverandering ten gevolge van zandwinning Houtrib direct na beëindiging van de zandwinning.
- 6b Percentuele lekverandering ten gevolge van zandwinning Houtrib enige na beëindiging van de zandwinning.

kaarten

- 1a Verfijnd elementennetwerk in de omgeving van zandwinning Kuil van Marken.
- 1b Berekende stijghoogten in het 1° watervoerend pakket omgeving Kuil van Marken.
- 1c Berekende lek deklaag omgeving Kuil van Marken.
- 1d Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerend pakket omgeving Kuil van Marken, direct na beëindiging van de zandwinning.
- 1d(*) Berekende gemiddelde grondwaterstandsverandering omgeving Kuil van Marken, direct na beëindiging van de zandwinning.
- 1e Berekende lekverandering deklaag omgeving Kuil van Marken, direct na beëindiging van de zandwinning.
- 1f Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerend pakket omgeving Kuil van Marken, enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 1g Berekende lekverandering deklaag omgeving Kuil van Marken, enige tijd na beëindiging van de zandwinning.

- 2a Verfijnd elementennetwerk in de omgeving van zandwinning Markermeer Zuid-Oost.
- 2b Berekende stijghoogten in het 1° watervoerend pakket omgeving Markermeer Zuid-Oost.
- 2c Berekende lek deklaag omgeving Markermeer Zuid-Oost.
- 2d Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerend pakket omgeving Markermeer Zuid-Oost, direct na beëindiging van de zandwinning.
- 2d(*) Berekende gemiddelde grondwaterstandsverandering omgeving Markermeer Zuid-Oost, direct na beëindiging van de zandwinning.
- 2e Berekende lekverandering deklaag omgeving Markermeer Zuid-Oost, direct na beëindiging van de zandwinning.
- 2f Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerend pakket omgeving Markermeer Zuid-Oost, enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 2g Berekende lekverandering deklaag omgeving Markermeer Zuid-Oost, enige tijd na beëindiging van de zandwinning.

- 3a Verfijnd elementennetwerk in de omgeving van zandwinning Markermeer Noord-Oost.
- 3b Berekende stijghoogten in het 1° watervoerend pakket omgeving Markermeer Noord-Oost.
- 3c Berekende lek deklaag omgeving Markermeer Noord-Oost.
- 3d Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerend pakket omgeving Markermeer Noord-Oost, direct na beëindiging van de zandwinning.
- 3d(*) Berekende gemiddelde grondwaterstandsverandering omgeving Markermeer Noord-Oost, direct na beëindiging van de zandwinning.
- 3e Berekende lekverandering deklaag omgeving Markermeer Noord-Oost, direct na beëindiging van de zandwinning.
- 3f Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerend pakket omgeving Markermeer Noord-Oost, enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 3g Berekende lekverandering deklaag omgeving Markermeer Noord-Oost, enige tijd na beëindiging van de zandwinning.

- 4a Verfijnd elementennetwerk in de omgeving van zandwinning Houtrib.
- 4b Berekende stijghoogten in het 1° watervoerend pakket omgeving Houtrib.
- 4c Berekende lek deklaag omgeving Houtrib.

-
- 4d Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerend pakket omgeving Houtrib, direct na beëindiging van de zandwinning.
 - 4d(*) Berekende gemiddelde grondwaterstandsverandering omgeving Houtrib, direct na beëindiging van de zandwinning.
 - 4e Berekende lekverandering deklaag omgeving Houtrib, direct na beëindiging van de zandwinning.
 - 4f Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerend pakket omgeving Houtrib, enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
 - 4g Berekende lekverandering deklaag omgeving Houtrib, enige tijd na beëindiging van de zandwinning.

 - 5a Verfijnd elementennetwerk in de omgeving van zandwinning zone Medemblik-Lemmer.
 - 5b Berekende stijghoogten in het 1° watervoerend pakket omgeving zone Medemblik-Lemmer.
 - 5c Berekende lek deklaag omgeving zone Medemblik-Lemmer.
 - 5d Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerend pakket omgeving zone Medemblik-Lemmer, direct na beëindiging van de zandwinning.
 - 5d(*) Berekende gemiddelde grondwaterstandsverandering omgeving zone Medemblik-Lemmer, direct na beëindiging van de zandwinning.
 - 5e Berekende lekverandering deklaag omgeving zone Medemblik-Lemmer, direct na beëindiging van de zandwinning.
 - 5f Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerend pakket omgeving zone Medemblik-Lemmer, enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
 - 5g Berekende lekverandering deklaag omgeving zone Medemblik-Lemmer, enige tijd na beëindiging van de zandwinning.

 - 6A Netwerk aangepast model met varelpunten in de omgeving van de zandwinning in het Gooimeer.
 - 6B Berekende stijghoogten in het 1° watervoerende pakket in de omgeving van het Gooimeer.
 - 6C Berekende lek door de deklaag in de omgeving van het Gooimeer
 - 6D1 Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerend pakket ten gevolge van de ondiepe zandwinning 500x1000 m² in het Gooimeer; direct na beëindiging van de zandwinning.
 - 6D1* Berekende gemiddelde grondwaterstandsverandering ten gevolge van de ondiepe zandwinning 500x1000 m² in het Gooimeer; direct na beëindiging van de zandwinning.
 - 6E1 Berekende lekverandering door de deklaag ten gevolge van de ondiepe zandwinning 500x1000 m² in het Gooimeer; direct na beëindiging van de zandwinning.
 - 6F1 Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerend pakket ten gevolge van de ondiepe zandwinning 500x1000 m² in het Gooimeer; enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
 - 6G1 Berekende lekverandering door de deklaag ten gevolge van de ondiepe zandwinning 500x1000 m² in het Gooimeer; enige na beëindiging van de zandwinning.
 - 6D2 Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerend pakket ten gevolge van de diepere zandwinning 500x500 m² in het Gooimeer; direct na beëindiging van de zandwinning.

-
- 6D2* Berekende gemiddelde grondwaterstandsverandering ten gevolge van de diepere zandwinning 500x500 m² in het Gooimeer; direct na beëindiging van de zandwinning.
 - 6E2 Berekende lekverandering door de deklaag ten gevolge van de diepere zandwinning 500x500 m² in het Gooimeer; direct na beëindiging van de zandwinning.
 - 6F2 Berekende stijghoogteverandering in het 1^e watervoerend pakket ten gevolge van de diepere zandwinning 500x500 m² in het Gooimeer; enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
 - 6G2 Berekende lekverandering door de deklaag ten gevolge van de diepere zandwinning 500x500 m² in het Gooimeer; enige na beëindiging van de zandwinning.

 - 7A Netwerk aangepast model met varelpunten in de omgeving van de zandwinning in het Veluwemeer.
 - 7B Berekende stijghoogten in het 1^e watervoerende pakket in de omgeving van het Veluwemeer.
 - 7C Berekende lek door de deklaag in de omgeving van het Veluwemeer.
 - 7D Berekende stijghoogteverandering in het 1^e watervoerend pakket ten gevolge van de diepere zandwinning in het Veluwemeer; direct na beëindiging van de zandwinning.
 - 7D* Berekende gemiddelde grondwaterstandsverandering ten gevolge van de zandwinning in het Veluwemeer; direct na beëindiging van de zandwinning.
 - 7E Berekende lekverandering door de deklaag ten gevolge van de zandwinning in het Veluwemeer; direct na beëindiging van de zandwinning.
 - 7F Berekende stijghoogteverandering in het 1^e watervoerend pakket ten gevolge van de zandwinning in het Veluwemeer; enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
 - 7G Berekende lekverandering door de deklaag ten gevolge van de diepere zandwinning in het Veluwemeer; enige na beëindiging van de zandwinning.

 - 8a Verfijnd elementennetwerk in de omgeving van zandwinning zuidelijk van Marken.
 - 8b Berekende stijghoogten in het 1^e watervoerend pakket omgeving Marken.
 - 8c Berekende lek deklaag omgeving Marken.
 - 8d Berekende stijghoogteverandering in het 1^e watervoerende pakket omgeving zandwinning zuidelijk van Marken, direct na beëindiging van de zandwinning.
 - 8d* Berekende gemiddelde grondwaterstandsverandering omgeving zandwinning zuidelijk van Marken, direct na beëindiging van de zandwinning.
 - 8e Berekende lekverandering deklaag omgeving zandwinning zuidelijk van Marken, direct na beëindiging van de zandwinning.
 - 8f Berekende stijghoogteverandering in het 1^e watervoerend pakket omgeving zandwinning zuidelijk van Marken, enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
 - 8g Berekende lekverandering deklaag omgeving zandwinning zuidelijk van Marken, enige tijd na beëindiging van de zandwinning.

 - 9A Verfijnd netwerk in de omgeving van de zandwinning Houtrib.
 - 9B Berekende stijghoogten in het 1^e watervoerende pakket in de omgeving van Houtrib.
 - 9B* Berekende stijghoogteverandering in het 1^e watervoerende pakket ten gevolge van stijging IJsselmeerpeil met 0,3 m.
 - 9C Berekende lek door de deklaag in de omgeving van Houtrib.

- 9D Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerende pakket ten gevolge van de zandwinning Houtrib; direct tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 9D* Berekende gemiddelde grondwaterstandsverandering ten gevolge van de zandwinning Houtrib; direct tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 9D** Berekende verschil stijghoogteverandering ten gevolge van de zandwinning Houtrib tussen situatie met verhoogd IJsselmeerpeil en normaal IJsselmeerpeil.
- 9E Berekende lekverandering door de deklaag ten gevolge van de zandwinning Houtrib; direct tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 9F Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerende pakket ten gevolge van de zandwinning Houtrib; enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 9F* Berekende gemiddelde grondwaterstandsverandering ten gevolge van de zandwinning Houtrib; enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 9G Berekende lekverandering door de deklaag ten gevolge van de zandwinning Houtrib; enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 10A Verfijnd netwerk in de omgeving van de verdiepte vaargeulen.
- 10B Berekende stijghoogten in het 1° watervoerende pakket in de omgeving van de vaargeulen.
- 10C Berekende lek door de deklaag in de omgeving van de vaargeulen.
- 10D Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerende pakket ten gevolge van de verdieping van de vaargeul Amsterdam-Lemmer; enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 10E Berekende lekverandering door de deklaag ten gevolge van de verdieping van de vaargeul Amsterdam-Lemmer; enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 10F Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerende pakket ten gevolge van de verdieping van de vaargeul Amsterdam-Lemmer waarbij het vak VAL5 net is ontgrond; enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 10F* Berekende gemiddelde grondwaterstandsverandering ten gevolge van de verdieping van de vaargeul Amsterdam-Lemmer waarbij het vak VAL5 net is ontgrond; enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 10G Berekende lekverandering door de deklaag ten gevolge van de verdieping van de vaargeul Amsterdam-Lemmer waarbij het vak VAL5 net is ontgrond; enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 10H Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerende pakket ten gevolge van de verdieping van de vaargeul Amsterdam-Lemmer en de Triangel, waarbij de tak Urk-Ketelbrug net is ontgrond; enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 10I Berekende lekverandering door de deklaag ten gevolge van de verdieping van de vaargeul Amsterdam-Lemmer en de Triangel, waarbij de tak Urk-Ketelbrug net is ontgrond; enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 10J Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerende pakket ten gevolge van de verdieping van de vaargeul Amsterdam-Lemmer en de Triangel; enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 10K Berekende lekverandering door de deklaag ten gevolge van de verdieping van de vaargeul Amsterdam-Lemmer en de Triangel; enige tijd na beëindiging van de zandwinning.
- 10L Berekende stijghoogteverandering in het 1° watervoerende pakket ten gevolge van de verdieping van de vaargeul Amsterdam-Lemmer, de Triangel, vaarweg Ketelmeer en de vaargeul Amsterdam-Enkhuizen; enige tijd na beëindiging van de zandwinning.

-
- 10M Berekende lekverandering door de deklaag ten gevolge van de verdieping van de vaargeul Amsterdam-Lemmer, de Triangel, vaarweg Ketelmeer en de vaargeul Amsterdam-Enkhuizen; enige tijd na beëindiging van de zandwinning.

1 Inleiding

Ten behoeve van de voorbereiding van de beleidsnota voor de oppervlaktedelfstoffenwinning in de wateren onder beheer van Rijkswaterstaat directie IJsselmeergebied wordt een milieu-effectrapportage (MER) opgesteld. Voor deze MER dienen ter vaststelling van de effecten van een aantal zandwinlocaties en de verdieping van een aantal vaargeulen in het IJsselmeergebied modelberekeningen te worden uitgevoerd. Voor de uitvoering van deze modelberekeningen wordt gebruik gemaakt van het Nationale Grondwatermodel (NAGROM). Dit modelonderzoek moet leiden tot uitspraken over eventuele veranderingen in kwel en grondwaterstanden op het vaste land ten gevolge van de zandwinningen en de verdieping van de vaargeulen.

In opdracht van Rijkswaterstaat directie IJsselmeergebied zijn door Tauw deze modelberekeningen uitgevoerd en de resultaten van deze berekeningen worden in deze rapportage gepresenteerd.

2 Vraagstelling en uitvoeringswijze

Op basis van dit modelonderzoek worden de geohydrologische effecten van de voorgenomen zandwinnings gekwantificeerd. Deze effecten betreffen de veranderingen van de stijghoogten in het 1e watervoerend pakket, de veranderingen van de grondwaterstand en de veranderingen van de kwel/wegzijing door de deklaag. Ten gevolge van de zandwinning zal er een reductie van de weerstand tussen het oppervlaktewater en het dieper gelegen watervoerende pakket(ten) optreden. Ter plaatse van de zandwinning zal er een toename van de infiltratie optreden waardoor er stijghoogteverhogingen in het watervoerend pakket optreden. Elders in de omgeving van de zandwinning zal er door deze stijghoogteverhogingen een toename van de kwel of een afname van de infiltratie optreden. De veranderingen in stijghoogten en lek worden gepresenteerd als het verschil tussen de nieuwe en de oorspronkelijke situatie. De berekening van de lek is uitgevoerd op basis van een vast peil (h_0 , IJsselmeerpeil/polderpeil) de weerstand van de deklaag (c_1) en de stijghoogte in het watervoerend pakket (h), volgens $q = (h_0 - h) / c \cdot 1000$ in mm/dag. Voor het aangrenzende land wordt de verandering van de grondwaterstand berekend uitgaande van een aangenomen drainageweerstand van het ontwateringssysteem. Op basis van de stijghoogteverandering ($\Delta\phi$) in het watervoerend pakket, de drainageweerstand (c_{drainage}) van het ontwateringssysteem en de totale weerstand (c_{totaal}) wordt de gemiddelde verandering van de grondwaterstand (Δgws) berekend volgens $\Delta gws = c_{\text{drainage}} / c_{\text{totaal}} \cdot \Delta\phi$.

Bij het uitvoeren van de modelberekeningen wordt bij de zandwinnings een onderscheid gemaakt in de periode direct na beëindiging van de zandwinning en de periode enige tijd na beëindiging van de zandwinning. Direct na beëindiging van de zandwinning wordt de zandwinning als een volledig voedende randvoorwaarde beschouwd. Enige tijd na beëindiging van de zandwinning zal een zekere weerstand zijn opgebouwd tussen de zandwinning en het watervoerend pakket.

Voor elke zandwinlocatie worden de volgende 3 situaties doorgerekend:

- referentiesituatie;
- situatie direct na beëindiging van de zandwinning, waarbij de zandwinning als volledig voedende rand wordt beschouwd;
- situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning, tussen de zandwinning en het watervoerend pakket wordt een zekere weerstand aangenomen.

Voor elke zandwinning worden de volgende resultaten/berekeningen gepresenteerd:

- verfijnd elementennetwerk;
- stijghoogtebeeld referentiesituatie;
- kwel/wegzijgingsbeeld referentiesituatie;
- verandering van de stijghoogte in het 1^e watervoerende pakket direct na beëindiging van de zandwinning;
- verandering van de lek door de deklaag direct na beëindiging van de zandwinning;
- verandering van de stijghoogten in het 1^e watervoerende pakket enige tijd na beëindiging van de zandwinning;
- verandering van de lek door de deklaag enige tijd na beëindiging van de zandwinning.

De gemiddelde verandering van de grondwaterstand wordt alleen gepresenteerd als deze significant is. Naast de effecten op de lek en op de grondwaterstand wordt voor 1 zandwinlocatie een berekening uitgevoerd waarbij de looptijd van het via de zandput infiltrerende oppervlaktewater naar het achter de dijk gelegen poldergebied wordt bepaald. Daarnaast wordt voor locatie deze op basis van de verandering van de lek globaal de verandering van de zoutflux bepaald.

Bij de verdieping van de vaargeulen wordt de deklaag slechts ten dele verwijderd. Ter plaatse van de vaargeul wordt een beperkte weerstandsreductie van de deklaag aangenomen. Bij de vaargeulen worden de referentiesituatie en 5 scenario's doorgerekend. Bij de vaargeulen worden de volgende resultaten/berekeningen gepresenteerd:

- verfijnd elementennetwerk;
- stijghoogtebeeld referentiesituatie;
- kwel/wegzighingsbeeld referentiesituatie;

Per scenario:

- verandering van de stijghoogte in het 1e watervoerend pakket;
- verandering van de lek door de deklaag.

Overeenkomstig de modelberekeningen van de zandwinningen wordt de gemiddelde verandering van de grondwaterstand alleen gepresenteerd als deze significant is.

3 Omschrijving en ligging zandwinningen en vaargeulen

In totaal worden in dit modelonderzoek de effecten van 9 zandwinlocaties en de verdieping van 5 vaargeulen onderzocht. Achtereenvolgens worden de verschillende zandwinningen en vaargeulen nader toegelicht.

Zandwinningen

Diepe zandwinlocaties

Bij de zandwinningen kan een onderscheid gemaakt worden tussen 5 diepe, 1 middeldiepe en 2 ondiepe zandwinlocaties. Bij de diepe zandwinlocaties wordt een zandwininput gecreëerd tot een diepte van 150 m-NAP ("worst case"). Bij dit type zandwinning is uitgegaan van cirkelvormige zandwininput met een diameter van 1600 m. De taluds van de zandwininput worden met een helling van 1:3 aangelegd. Tot de diepe zandwinningen behoren de locaties:

1. Kuil van Marken;
2. Markermeer Zuid-Oost;
3. Markermeer Noord-Oost;
4. Houtrib;
5. zone Lemmer-Medemblik.

Ondiepe en middeldiepe zandwinlocaties

De ondiepe tot middeldiepe zandwinlocaties betreffen de locaties Gooimeer (6), Veluwemeer (7) en een gebied zuidelijk van Marken (8). Voor de zandwinning in het Gooimeer worden 2 varianten doorgerekend. De eerste variant betreft een relatief ondiepe zandwinning (16 m-NAP) met een oppervlakte van 500 x 1000 m². De tweede variant betreft een middeldiepe zandwinning (20 m-NAP) met een oppervlakte van 500 x 500 m². In tegenstelling tot eerder genoemde zandwinlocaties wordt de zandwinning in het Gooimeer uitgevoerd met een aangepast NAGROM model. De reden voor deze aanpak is dat met dit aangepaste NAGROM model het lekverloop vanaf de Veluwe naar de Flevopolder reeds voor een ander doel beter is gemodelleerd. In dit aangepaste model zijn de oppervlakte elementen in de omgeving van de zandwinning vervangen door elementen waarin een variabele flux optreedt (zogenaamde VAREL elementen).

Bij de locatie Veluwemeer wordt zand gewonnen in een put van 500 x 1000 m² tot een diepte van 12 m-NAP.

De zandwinlocatie zuidelijk van Marken (8) betreft in een cirkelvormige zandput met een diameter van 1600 m waarin tot 30 m-NAP zand gewonnen.

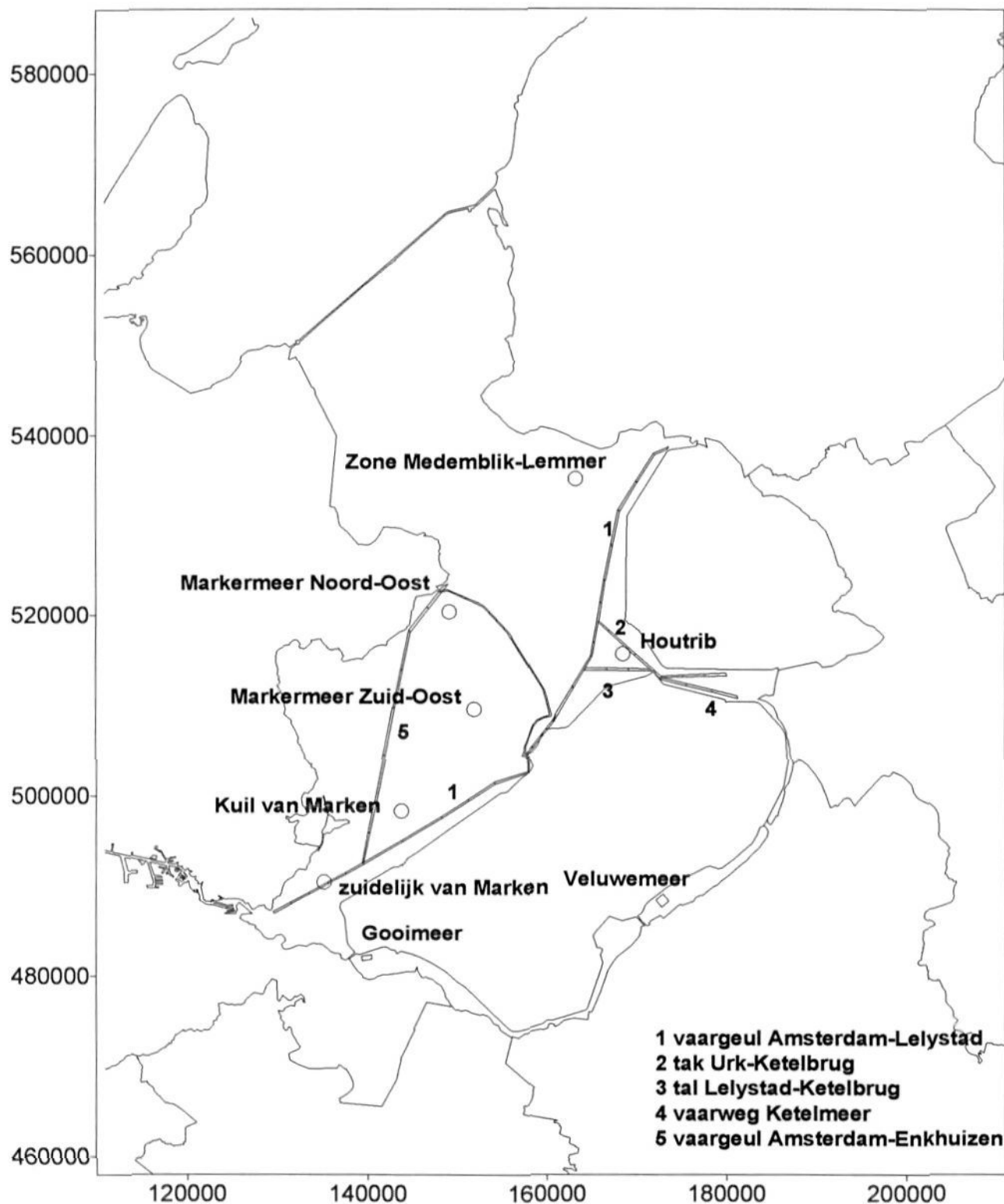
Voor de diepe zandwinning Houtrib nabij Urk wordt een extra variant doorgerekend welke als (9) is genummerd. In deze extra variant wordt uitgegaan van een hoger peil van het IJsselmeer en van het Ketelmeer. De betreffende peilaanpassing betreft een verhoging van 0,3 m. Voor de randmeren en het Markermeer worden geen peilaanpassing doorgevoerd.

Vaargeulen

Bij de verdieping van de vaargeulen worden een aantal verschillende berekeningen uitgevoerd. Bij deze berekeningen wordt een onderscheid gemaakt in welke vaargeul wordt verdiept en op welk moment (direct na de verdieping of enige tijd na de verdieping van de vaargeulen) de effecten worden vastgesteld. Bij deze "zandwinlocatie" worden de volgende berekeningen worden uitgewerkt:

-
- verdieping van de VAL enige tijd na beëindiging van de werkzaamheden waarbij de verdieping van het vak VAL5 net is gerealiseerd;
 - verdieping van de VAL tezamen met de tak Lelystad-Ketelbrug enige tijd na beëindiging van de werkzaamheden en verdieping van de tak Urk-Ketelbrug direct na de verdieping van dit deel van de vaargeul;
 - verdieping van de VAL tezamen met de tak Lelystad-Ketelbrug en verdieping van de tak Urk-Ketelbrug enige tijd na beëindiging van de werkzaamheden;
 - verdieping van de vaargeul Amsterdam-Lemmer, de vaarweg Ketelmeer, de tak Urk-Ketelbrug, de tak Lelystad-Ketelbrug en de vaargeul Amsterdam-Enkhuizen enige tijd na beëindiging van de werkzaamheden.

De ligging van alle zandwinlocaties en vaargeulen is in figuur 1 weergegeven.



Ligging zandwinlocaties en vaargeulen

Figuur 1

4 Modelleringsen zandwinningen

4.1 Algemeen

Voor de modelberekeningen is gebruik gemaakt van het door RIZA aangeleverde analytische elementen model genaamd het IJsselmeermodel. Dit model is een stationair model gebaseerd op de analytische elementenmethode (O.D.L. Strack).

Bij de analytische elementenmethode wordt gebruik gemaakt van aparte analytische oplossingen welke door middel van superpositie tot één totale analytische oplossing wordt samengesteld. Bij deze methode worden aparte oneindig uitgestrekte watervoerende lagen gedefinieerd. In deze lagen worden de verschillende elementen zoals putten en inhomogeniteiten door middel van analytische oplossingen gedefinieerd. De verschillende watervoerende lagen staan met elkaar in contact via scheidende lagen welke door middel van oppervlakte-elementen (arels of varels) worden gemodelleerd. Deze oppervlakte elementen kunnen of peil en weerstand gespecificeerd zijn (gedraineerde gebieden, polders), of flux gespecificeerd (infiltratiegebieden) zijn. In geval van varel elementen varieert de lek binnen het element. De variatie is des te vrijer naarmate meer varelpunten worden toegevoegd (controlepunten, te vergelijken met rekenpunten in FEM of FDM). Het IJsselmeermodel is ontstaan uit een samenvoeging van de NAGROM deelmodellen Veluwe, Noord-Nederland en Noord-Holland. In tegenstelling tot de andere deelmodellen is het oorspronkelijke model Noord-Nederland opgebouwd uit 2 modellagen. Beide andere deelmodellen bestaan uit 3 modellagen. Om de samenvoeging van de 3 modellen consistent te maken is van het model Noord-Nederland de 2e modellaag opgesplitst in 2 aparte modellagen. Voor de scheidende laag tussen beide nieuwe modellagen is een lage weerstand van 10 dagen gekozen. Aanvullend is de deklaag in het model uitgebreid met een geul met een gereduceerde weerstand (circa 9000 dagen). Deze geul is ten noorden van Marken gelegen en loopt in zuid-oostelijke richting naar de kust van Flevoland. De AREA elementen zijn aangepast aan de ligging van deze geul.

In figuur 2 zijn de AREA elementen van het gebruikte deel van het IJsselmeermodel weergegeven. Deze elementen zijn gebruikt voor de modellering van de deklaag en de 1e en 2e scheidende laag.



Elementennetwerk IJsselmeermodel

Figuur 2

4.2 Modelleren zandwinningen en verdieping vaargeulen

4.2.1 Zandwinningen

Ten behoeve van het modelleren van de zandwinningen is het analytische elementennetwerk plaatselijk verfijnd. Bij het modelleren van de zandwinningen kan een onderscheid gemaakt worden tussen de diepe zandwinningen (tot 150 m-NAP) en de ondiepe tot middeldiepe zandwinningen (tot 5 à 12 m-NAP).

Daarnaast wordt bij het modelleren van de zandwinningen een onderscheid gemaakt tussen de periode direct na en de periode enige tijd na beëindiging van de zandwinning. In de periode direct na beëindiging van de zandwinning wordt de zandwininput als een volledig voedende grens beschouwd. De randen van de zandwininput worden gemodelleerd als volledig voedende lijnelementen waarvan het peil gelijk is gekozen aan het oppervlaktewaterpeil. Enige tijd na beëindiging van de zandwinning zal de bodem van de zandwinplas zijn dichtgeslibd. Dit dichtslibben wordt met name veroorzaakt door de sterke infiltratieflux en oxidatieprocessen daarbij. Conform eerder berekeningen in het IJsselmeergebied (Ontzanding Vaargeul Lemmer-Lelystad, Tauw 3694542, oktober 1998) wordt voor de dichtgeslibde zandwininput een weerstandswaarde van 300 dagen gehanteerd.

Ter plaatse van de zandwinningen in de randmeren is de weerstand van de deklaag betrekkelijk laag (Gooimeer circa 100-200 dagen en Veluwemeer enkele dagen). Naar verwachting zullen deze zandwinningen minder sterk dichtslibben dan de diepe zandwinningen elders in het IJsselmeergebied. In de dichtgeslibde situatie is voor de zandwininput in het Gooimeer een weerstand van 30 dagen en voor de zandwininput in het Veluwemeer een weerstand van 5 dagen gekozen. De gekozen weerstandswaarden zijn in overleg tussen Tauw en RIZA bepaald.

Voor de vertaalslag van stijghoogteveranderingen naar gemiddelde grondwaterstandsveranderingen (zie hoofdstuk 2) is voor het vaste land een uniforme drainageweerstand van 200 dagen gekozen. Voor de polders lijkt deze gekozen drainage weerstand een reële waarde voor de zandgronden op de Veluwe is deze waarde te laag. De berekende grondwaterstandsverlagingen kunnen voor de Veluwe rand als "worst case" worden beschouwd.

Voor elke zandwinlocatie worden 3 situaties doorgerekend. De eerste situatie betreft de referentiesituatie. In deze referentiesituatie worden de oorspronkelijke modelparameters gebruikt. De tweede situatie betreft de zandwininput direct na beëindiging van de zandwinning. In deze situatie wordt de zandwininput als volledig voedende randvoorwaarde ingevoerd. De derde situatie betreft de zandwininput enige tijd na beëindiging van de zandwinning. In dit laatste geval wordt de zandwininput als voedende randvoorwaarde met een zekere weerstand ingevoerd. Achtereenvolgens wordt voor de verschillende zandwinningen de wijze van modelleren nader verklaard.

Diepe zandwinningen

De diepe zandwinning reikt tot in het 3e watervoerende pakket en wordt direct na beëindiging gemodelleerd door middel van volkomen line-sinks waaraan de stijghoogte van het oppervlakte water is toegekend. De line-sinks worden rond de zandwinlocatie gekozen en worden in alle 3 de watervoerende pakketten geplaatst. Deze linesinks simuleren dat de rand van de put in volledig contact staat met het watervoerende pakket en vormen een "worst case" van de werkelijke situatie.

In de daarop volgende periode waarin zich een weerstand heeft ontwikkeld wordt de zandwinplas gemodelleerd met zogenaamde weerstandwanden ook wel leaky walls genoemd. Overeenkomstig de line-sinks worden deze leaky walls in alle 3 de watervoerend pakketten geplaatst en wordt aan deze wanden een weerstand toegekend. Het peil van het oppervlakte water wordt in de watervoerende pakketten opgelegd door binnen de wanden oppervlakte elementen te kiezen waaraan een peil en een zeer lage weerstand wordt toegekend.

Voor de alternatieve modellering van de diepe zandwinning Houtrib onder URK is het peil van alle AREA elementen in het IJsselmeer en het Ketelmeer met 0,3 m verhoogd.

Middeldiepe zandwinning onder Marken

De middeldiepe zandwinning reikt net tot aan het 2e watervoerend pakket. Deze zandwinning bevindt zich in een overgangsgebied waar de 1e scheidende laag in oostelijke richting uitwigt. Direct na beëindiging van de zandwinning wordt de modellering uitgevoerd met volkomen line-sinks in het 1e watervoerend pakket. Aan deze line-sinks wordt het peil van het oppervlaktewater toegekend. De bodem van de zandwinning wordt gemodelleerd met oppervlakte elementen met een zeer gering weerstand (1 dag). In de daarop volgende periode waarin zich een weerstand heeft ontwikkeld wordt de zandwinplas gemodelleerd met weerstandwanden waaraan een weerstand is toegekend. De bodem van de zandwinplas wordt in die situatie gemodelleerd met oppervlakte elementen met een zekere weerstand.

Ondiepe zandwinning in het Gooimeer

De zandwinning in het Gooimeer bevindt zich in een gebied waar de 1^e scheidende laag nauwelijks als weerstandbiedende laag aanwezig is. Ter plaatse van deze zandwinning bedraagt de weerstand van de ongeroerde deklaag circa 100 dagen. Direct na beëindiging van de zandwinning wordt de modellering uitgevoerd met volkomen line-sinks in het 1^e watervoerend pakket. Aan deze line-sinks wordt het peil van het oppervlaktewater toegekend. De bodem van de zandwinning wordt gemodelleerd met een VAREL element met een zeer gering weerstand (1 dag). In de daarop volgende periode waarin zich een weerstand heeft ontwikkeld wordt de zandwinplas gemodelleerd met weerstandwanden waaraan een weerstand van 30 dagen is toegekend. Voor deze laatste situatie wordt de bodem van de zandwinplas gemodelleerd als een VAREL element waaraan eveneens een weerstand van 30 dagen is toegekend. Doordat de zandwinning beperkt blijft tot het 1e watervoerende pakket wordt de weerstand van de diepere scheidende lagen niet aangepast.

Modelleren ondiepe zandwinning Veluwemeer

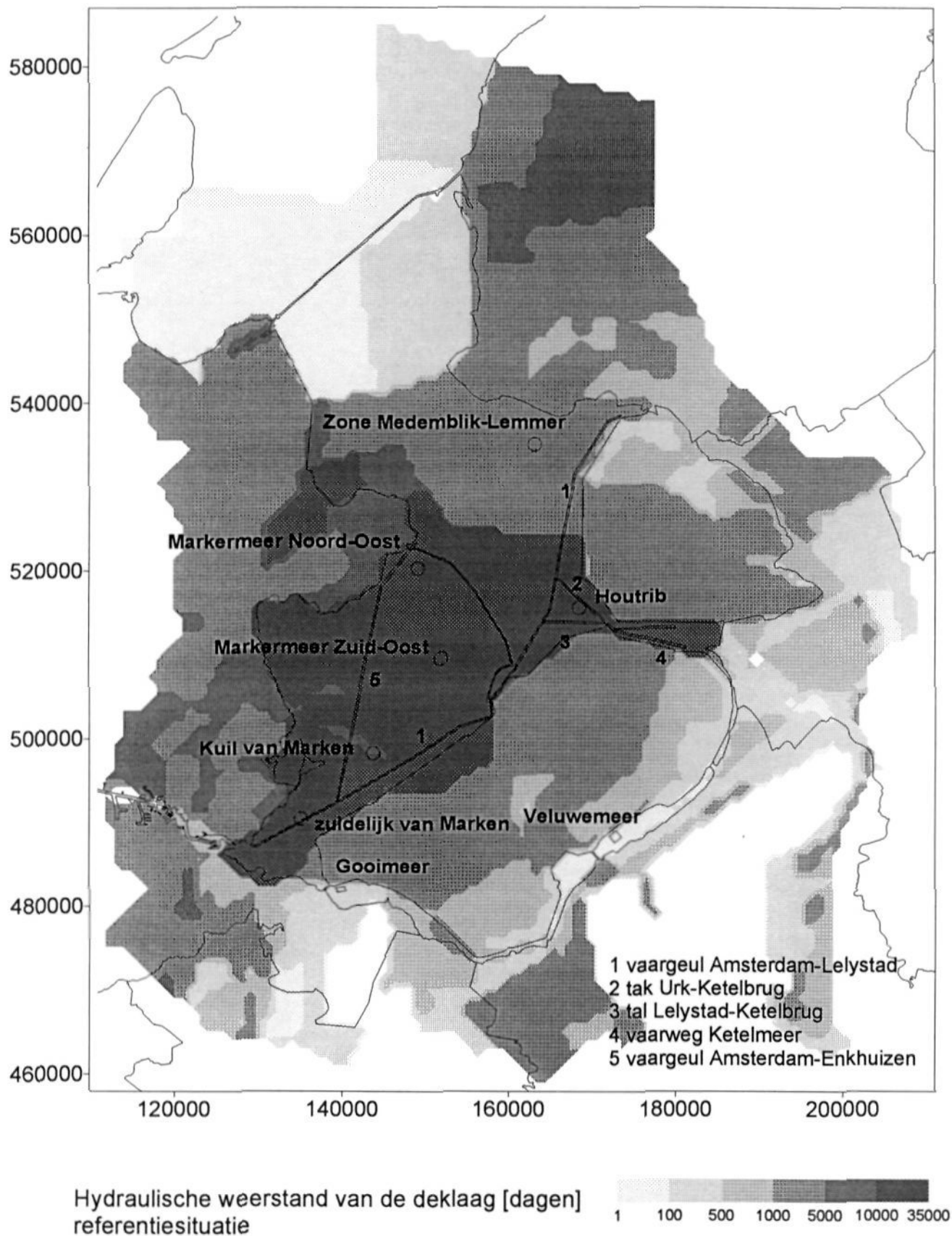
Overeenkomstig de zandwinning in het Gooimeer bevindt de zandwinning in het Veluwemeer bevindt zich in een gebied waar de 1^e scheidende laag nauwelijks als weerstandbiedende laag aanwezig is. Ter plaatse van deze zandwinning bedraagt de weerstand van de ongeroerde deklaag circa 10 tot 30 dagen.

Direct na beëindiging van de zandwinning wordt de modellering uitgevoerd met volkomen line-sinks in het 1^e watervoerend pakket. Aan deze line-sinks wordt het peil van het oppervlaktewater toegekend. De bodem van de zandwinning wordt gemodelleerd met een VAREL element met een zeer gering weerstand (1 dag). In de daarop volgende periode waarin zich een weerstand heeft ontwikkeld wordt de zandwinplas gemodelleerd met weerstandwanden waaraan een weerstand van 5 dagen is toegekend. Voor deze laatste situatie wordt de bodem van de zandwinplas gemodelleerd als een VAREL element waaraan eveneens een weerstand van 5 dagen is toegekend.

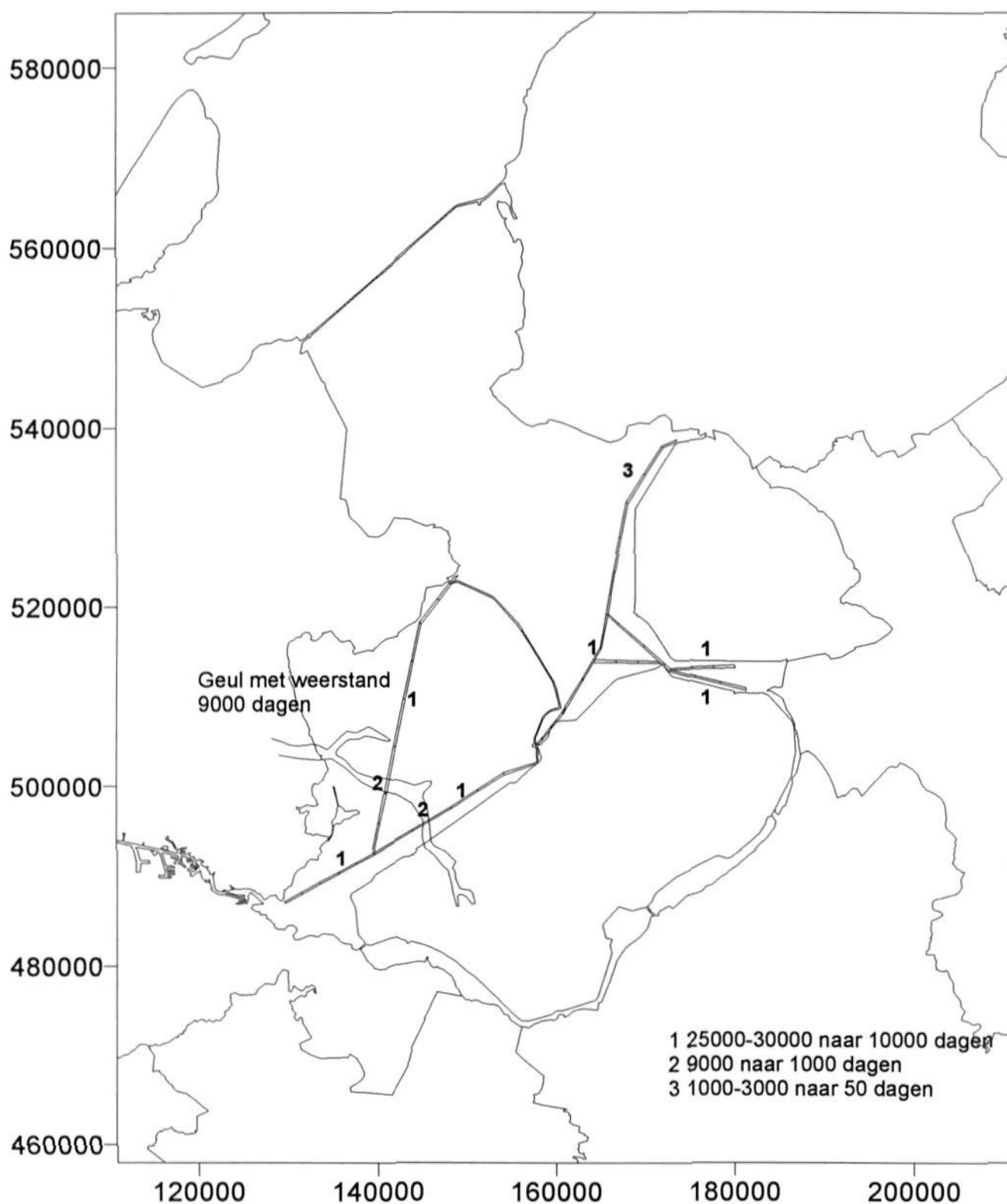
4.2.2 Verdieping vaargeulen

De modellering van de zandwinning als gevolg van het verdiepen van de vaargeul wordt uitgevoerd met AREA elementen. In figuur 3a is een overzicht van de weerstand van de deklaag in het IJsselmeermodel weergegeven. In figuur 3b is een overzicht van de weerstandsreductie ter plaatse van de vaargeulen, direct na beëindiging van de verdieping, weergegeven. Doordat de verdieping van de vaargeul de deklaag niet volledig penetreert wordt voor de situatie direct na beëindiging van de zandwinning een beperkte weerstandsreductie toegepast (code 1 en 2 in figuur 3b). De gehanteerde waarden zijn aannames en zijn in overleg met RIZA gekozen.

Voor de situatie "enige tijd na beëindiging van de zandwinning" wordt een weerstandsreductie toegepast welke gelijk is aan 50% van de initiële weerstandsreductie. Doordat ter plaatse van de vaargeulen de zandwinning beperkt blijft tot het 1^e watervoerende pakket wordt de weerstand van de diepere scheidende lagen niet aangepast.



Figuur 3a



Overzicht weerstandreductie ter plaatse van vaargeulen
voor de periode direct na beëindiging van de verdieping

Figuur 3b

5 Modelberekeningen

5.1 Vergelijking berekende stijghoogten referentiesituatie met gemeten stijghoogten in de Flevopolder

In het modelonderzoek "Grondwaterbeheer Midden Nederland" (Iwaco, 1994) wordt een isohypsenbeeld van het 1^e watervoerend pakket gepresenteerd. Dit isohypsenbeeld is in bijlage 1, blad 1 weergegeven. In bijlage 1, blad 2 is het door NAGROM berekende isohypsenbeeld in de omgeving van de Flevopolder gepresenteerd. Een vergelijking van de met NAGROM berekende isohypsen en de isohypsen uit het Iwaco onderzoek geeft een goed overeenkomstig beeld te zien. In het centrum van de polder worden stijghoogten van circa 5,50 m-NAP gemeten. Nagrom berekent hier stijghoogten om en nabij de 5,20 m-NAP.

5.2 Resultaten modelberekeningen zandwinnings

Achtereenvolgens worden voor elke zandwinning en vaargeul de berekeningsresultaten in kaarten gepresenteerd en toegelicht. De stijghoogten worden gepresenteerd als isohypsen in m ten opzichte van NAP. De lek wordt gepresenteerd als iso-leklijnen in mm/dag waarbij een positieve lek infiltratie en een negatieve lek drainage weergeeft.

De veranderingen in stijghoogten en grondwaterstanden worden gepresenteerd als iso-lijnen waarbij een positieve waarde een verhoging en een negatieve waarde een verlaging weergeeft. De veranderingen van de grondwaterstand zijn alleen gepresenteerd wanneer een significante verandering ($> 0,02$ m) optreedt. De lekveranderingen worden eveneens als iso-lijnen gepresenteerd. Een positieve lekverandering geeft een toename van de infiltratie of een afname van de kwel weer. Een negatieve lekverandering geeft een afname van de infiltratie of een toename van de kwel weer. Bij de presentatie van de iso-leklijnen en de lekveranderingen wordt vaak een discontinue verloop weergegeven. De lek door de deklaag wordt berekend als $(h-h_0)/c_{\text{deklaag}}$. Dit discontinue verloop wordt veroorzaakt door een sprong in weerstandswaarde van de deklaag (c_{deklaag}) terwijl de stijghoogte (h) en het referentiepeil (h_0) een continue verloop te zien geeft. In het NAGROM model worden relatief grote elementen gebruikt met een specifieke weerstandswaarden die van element tot element kunnen verschillen. In de betreffende figuren is de sprong in de weerstand waarneembaar als een sprong in de lek. Ook bij de optredende lekveranderingen ($\Delta h/c_{\text{deklaag}}$) is deze sprong zichtbaar.

Bij de presentatie van de kaarten wordt voor de verschillende zandwinnings een overeenkomstige nummering aangehouden. Bij deze nummering zijn de verschillende zandwinnings opeenvolgend genummerd van 1 t/m 9. Bij de eerste zandwinlocatie Kuil van Marken is in kaart 1a het verfijnde netwerk weergegeven. In de kaarten 1b en 1c zijn voor de referentiesituatie de isohypsen en de iso-leklijnen gepresenteerd. Vervolgens zijn in de kaarten 1d(*) en 1e, voor de situatie direct na beëindiging van de zandwinning, de veranderingen van de stijghoogten in het 1^e watervoerend pakket (en eventueel de veranderingen van de grondwaterstand) en de veranderingen van de lek gepresenteerd. Voor elke zandwinlocatie zijn in de kaarten 1f en 1g op overeenkomstige wijze de resultaten weergegeven voor de situatie waarbij de zandwininput is dichtgeslibt. De resultaten van de verdieping van de vaargeulen zijn in de kaarten 10a t/m 10m weergegeven.

5.2.1 Zandwinningen

Zandwinning Kuil van Marken

De berekeningsresultaten van de zandwinning Kuil van Marken zijn weergegeven in de kaarten 1a t/m 1g.

De stijghoogteverhogingen (0,02 m) direct na beëindiging van de zandwinning reiken tot een afstand van circa 16 km tot in de Flevopolder. De invloed aan de Noord-Hollandse zijde reikt tot een afstand van circa 20 km in noordwestelijke richting tot in de polder de Purmer.

Deze stijghoogteverhogingen leiden in de Flevopolder tot een maximale grondwaterstandsverhoging van 0,05 m. Op het vaste land van Noord-Holland zijn de grondwaterstandsverhogingen maximaal 0,02 m. De veranderingen van de lek in de Flevopolder (toename kwel) bedragen in een zone van 8 x 30 km -0,25 tot -0,05 mm/dag. De zandwinning ligt in een gebied waar de weerstand van de deklaag circa 30.000 dagen bedraagt. De zandwinning is vlakbij een geul in de deklaag gelegen waar de weerstand van de deklaag circa 9.000 dagen bedraagt. Uit het lekverloop is de ligging van de geul duidelijk waarneembaar.

Wanneer de zandwininput is dichtgeslibd treden er in het 1^e watervoerend pakket ter plaatse van de Flevopolder stijghoogteverhogingen op van 0,02 tot 0,05 m. Het gebied waar deze verhogingen optreden omvat een oppervlak van circa 5 x 20 km². Ter plaatse van het vaste land van Noord-Holland bedragen de stijghoogteverhogingen circa 0,02 m. In deze situatie zijn de verhogingen van de grondwaterstand overal op het vaste land < 0,02 m.

Zandwinning Markermeer Zuid-Oost

De berekeningsresultaten van de zandwinning Markermeer Zuid-Oost zijn weergegeven in de kaarten 2a t/m 2g. De stijghoogteverhogingen (0,02 m) direct na beëindiging van de zandwinning reiken tot een afstand van meer dan 20 km uit de zandwinning tot in de Flevopolder en in Noord-Holland.

Deze stijghoogteverhogingen leiden in de Flevopolder tot grondwaterstandsverhogingen van circa 0,02 m. In Noord-Holland worden amper grondwaterstandsverhogingen vastgesteld.

De veranderingen van de lek in de Flevopolder (0,05 – 0,10 mm/dag) reiken tot circa 8 km landinwaarts in de Flevopolder. In Noord-Holland bedraagt de lekverandering maximaal 0,05 mm/dag.

De zandwinning Markermeer Zuid-Oost ligt net in het gebied waar de weerstand van de deklaag circa 30000 bedraagt. In de richting van de Flevopolder neemt de weerstand van de deklaag sterk af. Het discontinue patroon in de lek en de lekverandering wordt veroorzaakt door het verschil in deze weerstandswaarden. De lekverandering direct buiten de zandwinlocatie bedraagt slechts -0,05 mm/dag. Op enige afstand in zuid-oostelijke richting treden grotere lekveranderingen op. Wanneer de zandwininput is dichtgeslibd blijven de stijghoogteverhogingen en de lekveranderingen beperkt tot een deel van het Markermeer en het IJsselmeer.

Zandwinning Markermeer Noord-Oost

De berekeningsresultaten van de zandwinning Markermeer Noord-Oost zijn weergegeven in de kaarten 3a t/m 3g. De stijghoogteverhogingen (0,02 m) direct na beëindiging van de zandwinning reiken tot een afstand van circa 18 km in de polder Grootslag in Noord-Holland. Ter plaatse van de Flevopolder bedragen de stijghoogteveranderingen -0,02 tot -0,10 m. Deze stijghoogteverhogingen leiden alleen in Noord Noord-Holland tot geringe grondwaterstandsverhogingen (circa 0,02 m). De veranderingen van de lek blijven beperkt

tot Noord-Holland en bedragen circa -0,5 tot -0,10 mm/dag. Het gebied waar deze lekveranderingen optreden heeft een omvang van circa 8 x 16 km². De zandwinning Markermeer Noord-Oost ligt eveneens in het gebied met een hoge weerstandswaarde van de deklaag (30.000 dagen). Op het vaste land van Noord-Holland en ten noorden van de zandwinning bedraagt deze weerstand nog maar 1.000-2.000 dagen. Door dit grote contrast in weerstandswaarden treedt er direct buiten de zandwinning slechts een lekverandering van circa -0,05 mm/dag op en op het vaste land een relatief grote lekverandering van circa -0,10 mm/dag.

Wanneer de zandwininput is dichtgeslibd blijven de stijghoogteverhogingen in Noord-Holland beperkt tot 0,02 m. In deze situatie worden in de Flevopolder en in Noord-Holland geen verhogingen van de grondwaterstand berekend.

Zandwinning Houtrib

De berekeningsresultaten van de zandwinning Houtrib zijn weergegeven in de kaarten 4a t/m 4g. De stijghoogteverhogingen (0,02 m) direct na beëindiging van de zandwinning reiken in zuid-oostelijke richting tot een afstand van circa 16 km uit de zandwinning. In Noord-westelijke richting bedraagt deze invloedssfeer circa 20 km. In de Noord-Oostpolder en de Flevopolder reiken deze verhogingen tot circa 14 km landinwaarts. De stijghoogteverhogingen leiden in beide polders tot verhogingen van de grondwaterstand van 0,02 tot 0,10 m. Deze verhogingen van de grondwaterstand strekken zich in beide polders uit tot een afstand van circa 10 km landinwaarts. De veranderingen van de lek in de Noord-Oost polder en de Flevopolder (-0,05 tot -0,50 mm/dag) strekken zich uit tot een afstand van circa 12 km in beide polders. De zandwininput Houtrib ligt in het gebied waar de deklaag een hoge weerstand heeft van 28.000 dagen. Op het vaste land in de polders is deze weerstand afgenomen tot circa 2.000-3.000 dagen. In het gebied waar de weerstand van de deklaag 28000 dagen bedraagt de verandering van de lek -0,05 mm/dag. Op het moment dat de zandwininput is dichtgeslibd reiken de stijghoogteverhogingen in het 1e watervoerend pakket tot een afstand van circa 10 km uit de zandwinning. De grondwaterstandsverhogingen in de Noord-Oost polder blijven in deze situatie beperkt tot 0,02 m.

Zandwinning zone Medemblik-Lemmer

De berekeningsresultaten van de zandwinning zone Medemblik-Lemmer zijn weergegeven in de kaarten 5a t/m 5g. In vergelijking met de 4 eerdere zandwinningen is de invloed (circa 8 km) van deze zandwinning veel kleiner. De stijghoogteverhogingen (0,02 m) direct na beëindiging van de zandwinning blijven beperkt tot het IJsselmeer. De grondwaterstandsverhogingen op het vaste land zijn verwaarloosbaar. Overeenkomstig de stijghoogteverhogingen blijven de lekveranderingen ook beperkt tot het IJsselmeer. Deze zandwinning ligt in een gebied waar de weerstand van de deklaag meer geleidelijk verloopt. De lekveranderingen vertonen bij deze zandwinning ook een minder discontinue verloop.

Enige tijd na de zandwinning wanneer de zandwininput is dichtgeslibd blijven de stijghoogteverhogingen in het 1e watervoerend pakket beperkt tot een klein gebied rond de zandwinning in het IJsselmeer.

Zandwinning Gooimeer

In kaart 6A is het verfijnde elementennetwerk met de varelpunten in de omgeving van de zandwinlocatie weergegeven. De stijghoogten in het 1^e watervoerende pakket en de lek door de deklaag zijn in de kaarten 6B en 6C weergegeven. Bij de berekende effecten van de zandwinning wordt een onderscheid gemaakt in een zandwinning van 500x1000 m² en

een zandwinning van 500 x 500 m². In de KAARTEN 6D1 t/m 6G1 zijn de effecten van de zandwinning van 500 x 1.000 m² weergegeven. In de situatie "direct na beëindiging van de zandwinning" bedragen de stijghoogteveranderingen in de Flevopolder 0,02 – 0,1 m. Het gebied in de Flevopolder waar deze veranderingen optreden blijft beperkt tot een zone van circa 3 x 2 km langs de oever van het Gooimeer. De lekveranderingen voor die situatie blijven in die zone beperkt tot –0,05 tot –0,25 mm/dag. De gemiddelde verhogingen van de grondwaterstand blijven in die situatie beperkt tot 0,02-0,05 m.

In de situatie "enige tijd na beëindiging van de zandwinning" blijven de stijghoogteveranderingen en de lekveranderingen beperkt tot een gebied in het Gooimeer en een kleine zone van enkele honderd meters breed in de Flevopolder. In deze zone treedt een verandering van de lek op van circa –0,05 mm/dag.

In de kaarten 6D2 t/m 6G2 zijn de effecten van de zandwinning van 500 x 500 m² weergegeven. Voor deze zandwinningsvariant blijken de stijghoogteveranderingen beperkt tot een kleiner gebied dan de eerdere variant. Deze winning heeft een kleiner oppervlak maar wordt tot een grotere diepte uitgevoerd. Aangezien ter plaatse van deze locatie de scheidende laag een zeer geringe weerstand heeft is het effect van het dieper winnen van zand klein. Het dieper winnen heeft alleen gevolg dat de effecten van "onvolkomenheid van de zandwinning" iets kleiner worden. In deze situatie worden de effecten van de zandwinning voornamelijk bepaald door de omvang van de winning. In de Flevopolder worden direct na beëindiging van de winning stijghoogteverhogingen berekend van circa 0,02 tot 0,05 m. De gemiddelde verhogingen van de grondwaterstand blijven in die situatie beperkt tot 0,02 m.

De lekveranderingen in de deklaag in deze zone bedragen –0,05 tot –0,1 mm/dag. Voor de periode "enige tijd na beëindiging van de zandwinning" zijn de stijghoogteveranderingen in het 1^e watervoerende pakket en de lekveranderingen in de deklaag beperkt tot een gebied in het Gooimeer.

Zandwinning Veluwemeer

In kaart 7A is het verfijnde elementennetwerk met de varelpunten in de omgeving van de zandwinlocatie weergegeven. De stijghoogten in het 1^e watervoerende pakket en de lek door de deklaag zijn in de kaarten 7B en 7C weergegeven. In de kaarten 7D t/m 7G zijn de effecten van de zandwinning weergegeven. Uit deze kaarten blijkt dat de effecten van de zandwinning in een zone van 2 x 4 km in de Flevopolder merkbaar zijn. In deze zone worden stijghoogteverhogingen berekend van 0,02 tot 0,05 m.

De lekveranderingen in de deklaag bedragen voor die situatie in de Flevopolder –0,05 tot –0,5 mm/dag.

Ten gevolge van de berekende stijghoogteveranderingen treden er direct na beëindiging van de zandwinning in de Flevopolder geen tot verwaarloosbare veranderingen van de grondwaterstand op. Voor de periode "enige tijd na beëindiging van de zandwinning" zijn de stijghoogteveranderingen in het 1^e watervoerende pakket verwaarloosbaar. De lekveranderingen in de deklaag beperken zich tot een smalle zone in de Flevopolder en bedragen –0,05 tot –0,1 mm/dag.

Zandwinning zuidelijk van Marken

De berekeningsresultaten van de zandwinning welke zuidelijk van Marken is gelegen zijn weergegeven in de kaarten 8a t/m 8g. Deze zandwinning betreft een middeldiepe winning tot circa 30 m-NAP. De stijghoogteverhogingen (0,02 m iso-lijn) direct na beëindiging van de zandwinning reiken in noordwestelijke richting tot een afstand van circa 20 km tot aan Purmerend in Noord-Holland. In westelijke richting is deze invloed beperkt tot een afstand

van circa 10 km. In de richting van de Flevopolder (zuid tot zuid-oostelijk) reiken de stijghoogteverhogingen tot een afstand van circa 10 km à 16 km uit de zandwinning. Deze stijghoogteverhogingen leiden in de Flevopolder en in Noord-Holland tot verwaarloosbare grondwaterstandsverhogingen van om en nabij 0,02 m. De veranderingen van de lek bedragen in de Flevopolder en in Noord-Holland circa -0,05 tot -0,10 mm/dag. Op het eiland Marken bedraagt de lekverandering eveneens circa -0,05 mm/dag.

Wanneer de zandwinput is dichtgeslibd worden op het vaste land van Noord-Holland, op Marken en in een kleine zone in de Flevopolder nog stijghoogteverhogingen vastgesteld. Deze verhogingen zijn beperkt tot 0,02-0,05 m. De lekveranderingen in deze situatie zijn beperkt tot een klein gebied rond de zandwinning.

Zandwinning Houtrib onder Urk bij verhoging IJsselmeerpeil

In kaart 9A is het verfijnde elementennetwerk in de omgeving van de zandwinlocatie weergegeven. De stijghoogten in het 1° watervoerende pakket en de lek door de deklaag zijn in de kaarten 9B en 9C weergegeven.

Bij deze zandwinning is uitgegaan van een peilverhoging van 0,3 m van het IJsselmeer en van het Ketelmeer. Allereerst is het effect van deze peilverhoging op de stijghoogte in het 1° watervoerend pakket berekend (kaart 9B*). Uit deze berekening blijkt dat ter plaatse van de zandwinning een stijghoogteverhoging optreedt van circa 0,07 m. In de richting van de Flevopolder en de Noord-Oostpolder neemt deze verhoging na circa 4 tot 8 km polderinwaarts af tot circa 0,02. In het noordelijk deel van het IJsselmeer neemt de stijghoogteverhoging in het 1° watervoerend pakket toe met circa 0,25 m.

Een vergelijking van de berekende stijghoogteveranderingen bij een verhoogd IJsselmeerpeil met die bij een normaal IJsselmeerpeil geeft geen noemenswaardige verschillen te zien. Het berekende beeld (kaart 9D) is nagenoeg gelijk aan het beeld uit de eerdere berekening (kaart 4D). Om de verschillen toch weer te geven is een verschil berekening uitgevoerd tussen de stijghoogteveranderingen bij een normaal IJsselmeerpeil en die bij een verhoogd IJsselmeerpeil. De resultaten van deze berekening zijn te zien in kaart 9D*. Uit deze kaart blijkt dat ter plaatse van de zandwinning, door de stijging van het IJsselmeerpeil, de stijghoogteverhogingen toenemen met 0,1 m. In de richting van de polders is deze toename na circa 8 km verdwenen.

5.2.2 Vaargeulen

Voor de modellering van de vaargeulen is het elementennetwerk verfijnd. De vaargeulen zijn gemodelleerd met circa 200 m brede AREA elementen. In kaart 10A is het verfijnde netwerk weergegeven. De stijghoogten in het 1° watervoerende pakket en de lek door de deklaag zijn in de kaarten 10B en 10C weergegeven.

Verdieping vaargeul Amsterdam-Lemmer; situatie enige tijd na de verdieping (kaarten 10D en 10E)

Ten gevolge van de verdieping van de vaargeul Amsterdam-Lemmer treden er slechts beperkte stijghoogteverhogingen in het 1° watervoerend pakket op. Ter plaatse van de vaargeul nabij Lemmer worden verhogingen berekend van circa 0,10 m. Bij het overige deel van de vaargeul bedragen de verhogingen < 0,02 m. De berekende effecten zijn gering doordat de vaargeul voor het merendeel in een gebied ligt met een grote weerstand (25.000-30.000 dagen) van de deklaag.

De lekveranderingen voor deze situatie blijken zeer gering tot verwaarloosbaar en blijven eveneens beperkt tot een gebied nabij Lemmer. Op basis van deze berekening blijkt dat de

verdieping van deze vaargeul een verwaarloosbare invloed heeft op de grondwaterstand en de lek ter plaatse van de polders.

Verdieping vaargeul Amsterdam-Lemmer; situatie enige tijd na de verdieping; waarbij het vak VAL5 net is ontgrond (kaarten 10F en 10G)

Deze berekening verschilt met de voorgaande dat ter plaatse van het vak VAL5 een grotere weerstandsreductie heeft plaatsgevonden. Ter plaatse van vak VAL5 bedraagt de weerstand van de deklaag in de referentiesituatie circa 3000 dagen. Direct na de ontgroning wordt voor dit vak een weerstand van de resterende deklaag gehanteerd van 50 dagen. De maximale stijghoogteverhoging in het 1^e watervoerend pakket bedraagt ter plaatse 0,25 m. In de Noord-Oostpolder wordt een maximale stijghoogteverhogingen van 0,05 m berekend. Het gebied in de Noord-Oostpolder waar de stijghoogteverhogingen optreden heeft een beperkte omvang van circa 3x6 km². Ter plaatse zijn de berekende grondwaterstandsverhogingen verwaarloosbaar.

Verdieping vaargeul Amsterdam-Lemmer en tak Lelystad-Ketelbrug, situatie enige tijd na de verdieping; verdieping tak Urk-Ketelbrug net gerealiseerd (kaarten 10H en 10I)

In deze situatie worden alleen nabij Lemmer en in de omgeving van de Triangel stijghoogteverhogingen in het 1^e watervoerend pakket berekend (circa 0,25 m). In de Noord-Oostpolder en de Flevopolder zijn de stijghoogteverhogingen verwaarloosbaar.

Verdieping vaargeul Amsterdam-Lemmer, tak Lelystad-Ketelbrug en tak Urk-Ketelbrug, situatie enige tijd na de verdieping (kaarten 10J en 10K)

De effecten in deze situatie zijn in de omgeving van het Ketelmeer qua omvang kleiner dan bij de voorgaande situatie. De maximale stijghoogteverhoging wordt berekend in de omgeving van de Ketelbrug en bedraagt 0,02 m.

De veranderingen van de lek en de grondwaterstand zijn in deze situatie verwaarloosbaar.

Verdieping vaargeul Amsterdam-Lemmer, tak Lelystad-Ketelbrug en tak Urk-Ketelbrug, vaarweg Ketelmeer en tak Amsterdam-Enkhuizen, situatie enige tijd na de verdieping (kaarten 10L en 10M)

In deze berekening zijn alle verdiepte geulen in de modelberekening meegenomen. Doordat na de beëindiging van de zandwinning al enige tijd is verstreken heeft zich ter plaatse van de vaargeul weer enige weerstand kunnen ontwikkelen. Uit deze berekening blijkt dat voor deze berekeningsituatie de grootste effecten optreden in de omgeving Lemmer. De stijghoogteverandering ten oosten van Marken wordt veroorzaakt door de ter plaatse aanwezige geul welke door de vaarweg Amsterdam-Enkhuizen wordt doorsneden. Ter plaats is de weerstand van de deklaag gereduceerd van 9000 naar 5000 dagen.

5.3 Berekende cumulatieve verblijftijdsberekening van het infiltratiewater voor de zandwinning Houtrib

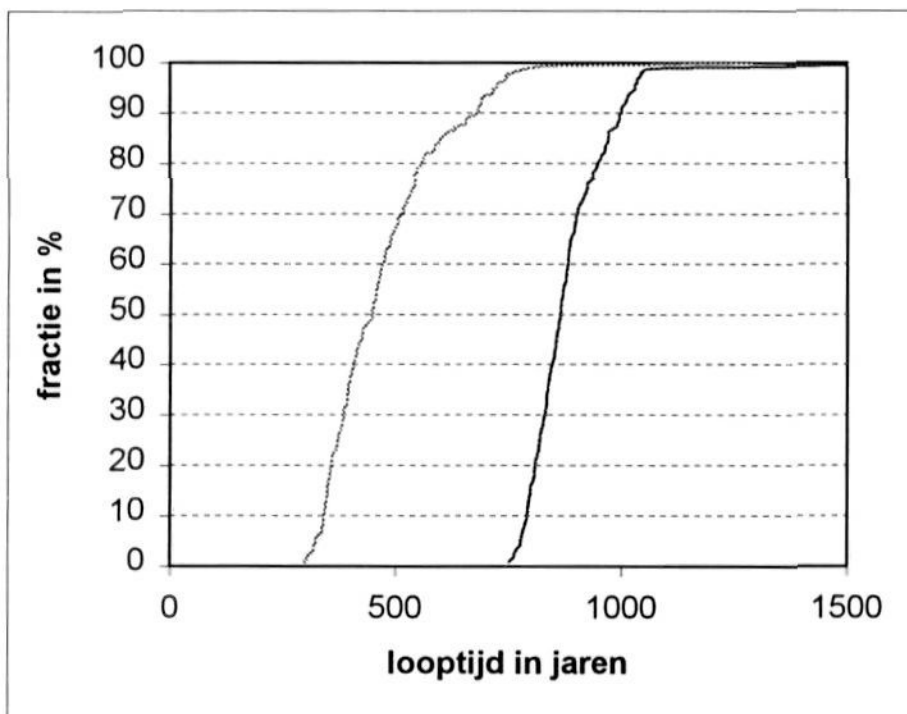
Ten gevolge van de zandwininput zal de looptijd van het infiltrerende oppervlaktewater naar het achter de dijk gelegen poldergebied veranderen. Om vast te stellen in welke mate deze looptijd verandert is voor de referentiesituatie en voor de situatie met een zandwininput een stroombaanberekening uitgevoerd. Bij de laatste berekening is uitgegaan van de situatie "enige tijd na beëindiging van de zandwinning". Voor de referentiesituatie zijn ter plaatse van de zandwinning Houtrib 175 startpunten voor stroombanen gelijkmatig verdeeld over locatie van de zandwinning gekozen. De startpunten zijn aan de top van het 1^e watervoerend pakket gekozen. Voor de situatie met zandwinning zijn 12 startpunten

stroombanen gelijkmatig radiaal verdeeld over de zandwinput gekozen. De stroombanen zijn op 15 verschillende niveaus vanaf de bovenzijde van het 1e watervoerend pakket tot aan de bodem van de zandwinput gekozen. In totaal zijn voor deze situatie 180 startpunten gekozen.

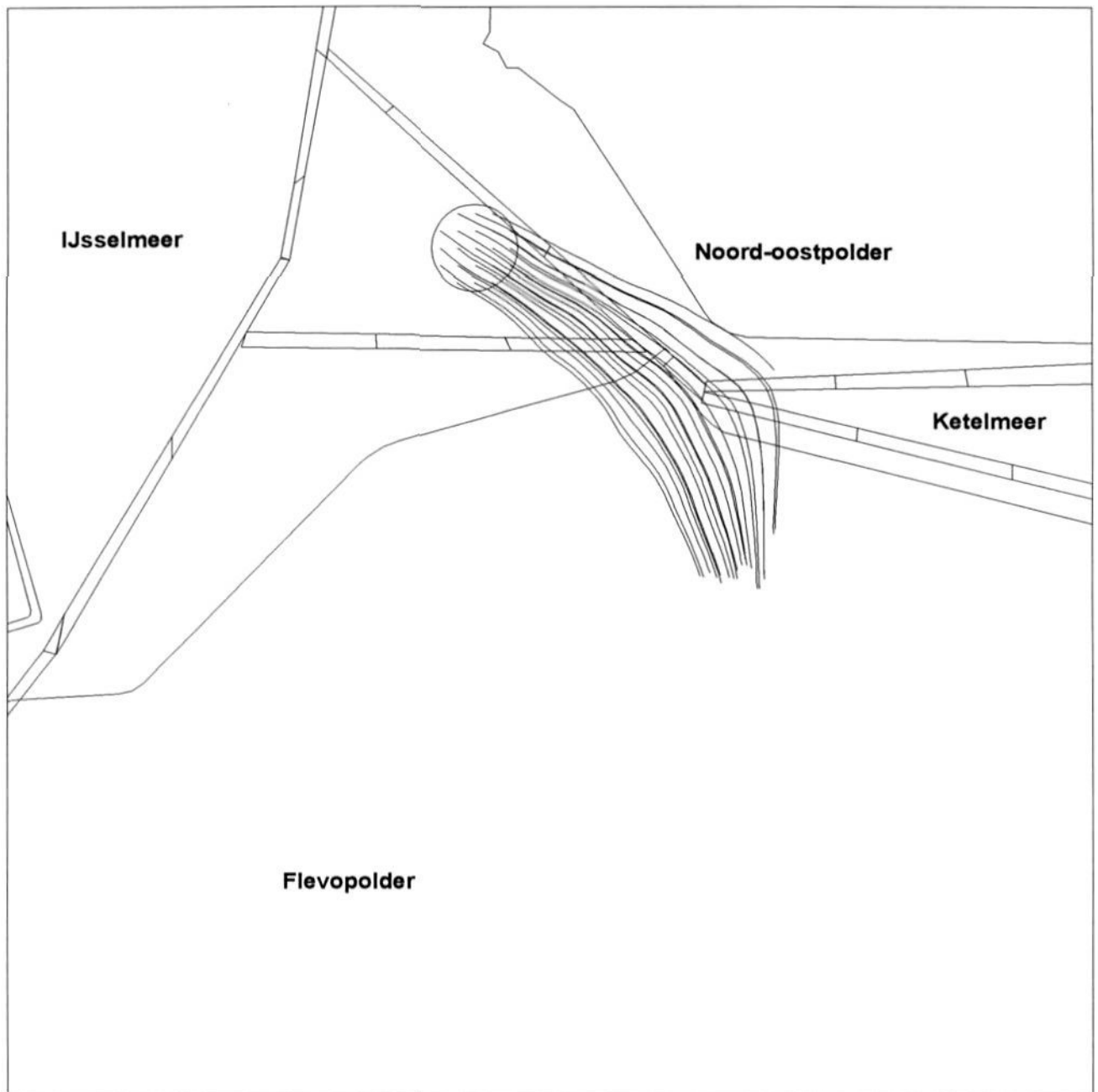
Voor de berekening van de stroombanen is voor de watervoerende pakketten en de scheidende lagen een doorstroomd poriënvolume van 25% gehanteerd.

Op basis van de looptijden van de stroombanen is een cumulatieve verblijftijdsverdeling van het infiltratiewater samengesteld voor zowel de referentiesituatie als voor de situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning. Beide verblijftijdsverdelingen zijn weergegeven in figuur 4. Uit deze figuur blijkt dat voor de zandwinning Houtrib de zogenaamde kortsluittijd door de zandwinning wordt verkort van circa 750 jaar naar circa 300 jaar.

Het oppervlaktewater dat via de zandwinput infiltreert kwelt met name op in de Flevopolder. In figuur 5 is een stroombanenpatroon van het infiltratiewater weergegeven.



Figuur 4 Cumulatieve verblijftijdsverdeling van het infiltratiewater ter plaatse van zandwinning Houtrib.



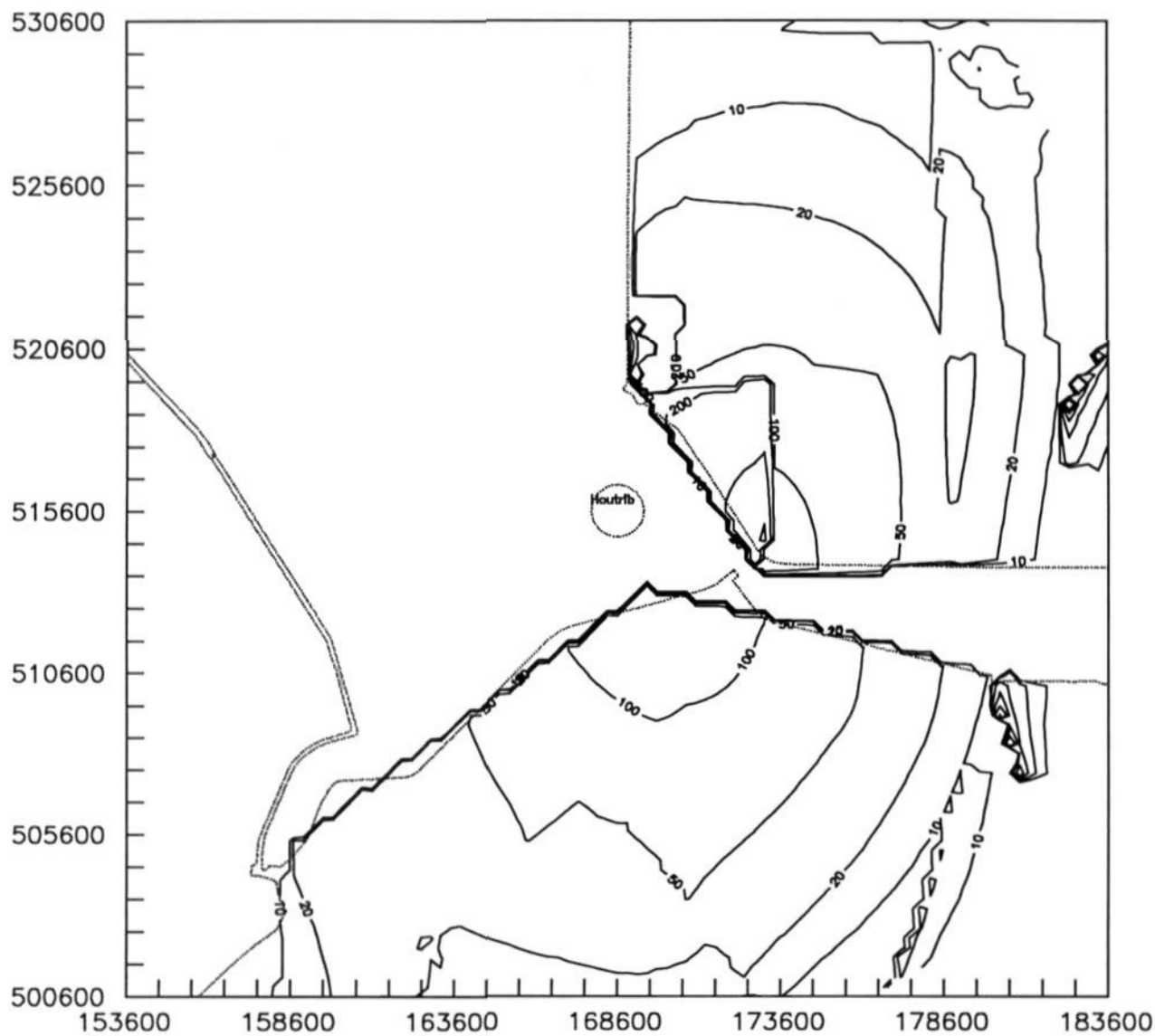
Stroombanenpatroon van het infiltratiewater ter plaatse van de zandwinning Houtrib

5.4 Effect zandwininput Houtrib op toename zoutvracht in de nabijgelegen polder

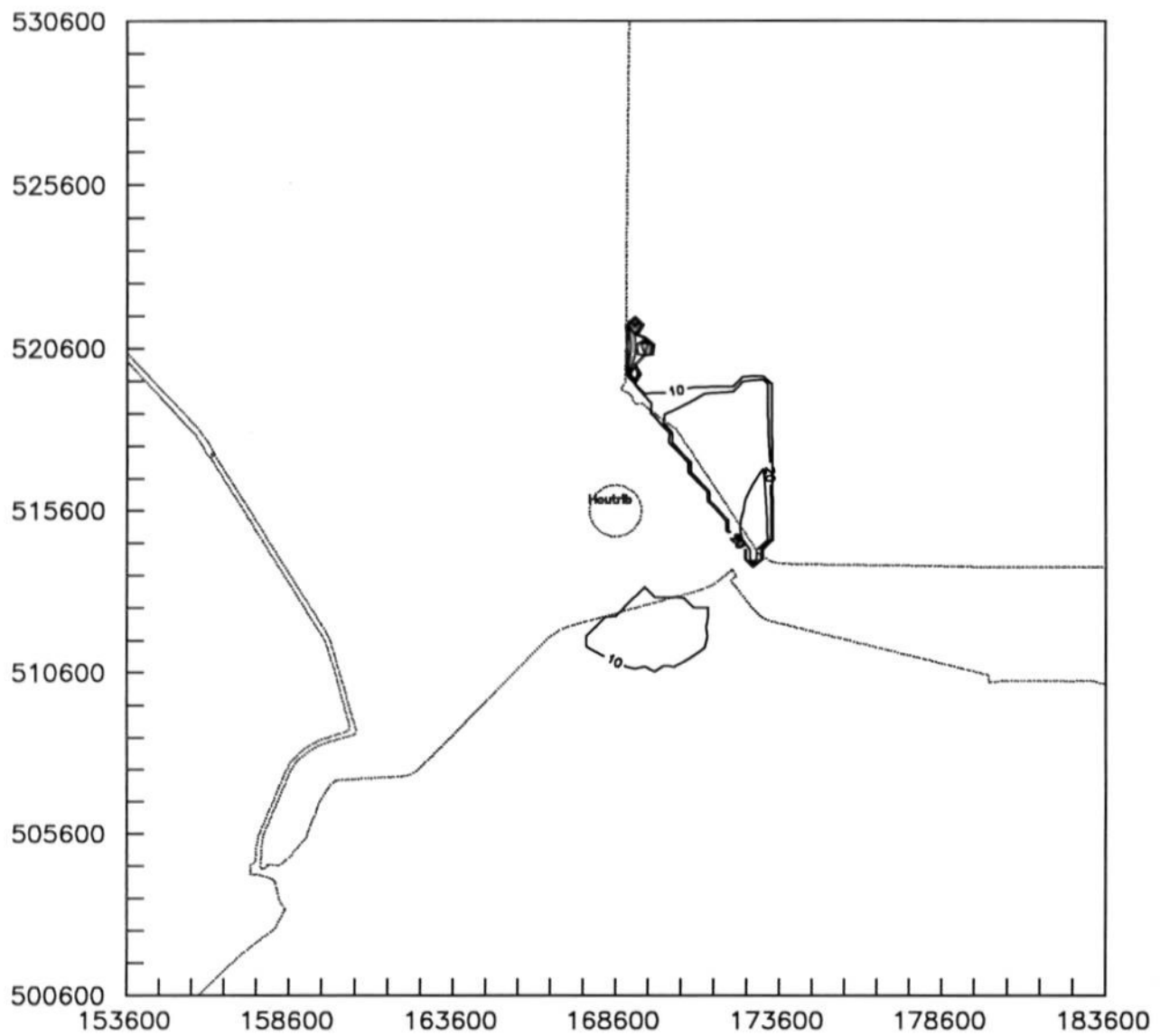
Ten gevolge van de zandwininput Houtrib treden er in nabijgelegen polders veranderingen van de lek door de deklaag op. Door deze lekveranderingen treden er ook veranderingen in de zoutflux op. Ten gevolge van de zandwinning Houtrib neemt in de Flevopolder en in de Noord-oostpolder in het beïnvloede gebied de kwel toe met 0,05-0,25 mm/dag. In de Noord-Oostpolder bedraagt de maximale kweltoename 0,50 mm/dag. In figuur 6a en in figuur 6b is de percentuele toename van de kwel ten gevolge van de zandwinning Houtrib weergegeven voor de situatie *direct na beëindiging en enige tijd na beëindiging van de zandwinning*.

Ter plaatse van deze kweltoename worden in beide polders in het ondiepe grondwater (15 à 20 m-NAP) chloriden gehalten gemeten van circa 500 à 1.000 mg/l (grondwaterkaart van Nederland, kaartblad 20 oost/21 west, 1978). Uitgaande van een chloridegehalte van 1000 mg/l kan de toename van de zoutflux worden berekend op 50-250 mg/m²/d. In de Noord-Oostpolder kan de toename van de zoutflux zelfs 500 mg/m²/d bedragen. Deze toename geldt echter alleen voor een korte periode na beëindiging van de zandwinning. Op basis van de percentuele toename van de kwel (figuur 6a) kan worden geconcludeerd dat de toename in de zoutvracht verloopt van enkele tientallen procenten tot meer dan 100 procent in de richting van de zandwinning.

Enige tijd nadat de zandwininput is dichtgeslibd zal de kweltoename in de polders, op een klein gebied in de Noord-Oostpolder na, kleiner zijn dan 0,05 mm/dag. De toename in zoutflux zal dan ook kleiner zijn dan 50 mg/m²/dag. In de omgeving van Urk en in een strook langs de zuid-westelijk kust van de Noord-Oostpolder zal de toename in de zoutflux respectievelijk 250 en 50 mg/m²/d blijven bedragen. Dit komt overeen met enkele tientallen (10-20) procenten van de oorspronkelijke zoutflux (zie figuur 6b).



Figuur 6a Percentuele lekverandering ten gevolge van zandwinning Houtrib direct na beëindiging van de zandwinning.



Figuur 6b Percentuele lekverandering ten gevolge van zandwinning Houtrib enige tijd na beëindiging van de zandwinning.

6 Conclusies

Achtereenvolgens worden voor de zandwinningen en de vaargeulen de conclusies opgesteld ten aanzien van de effecten van de verschillende ingrepen.

6.1 Zandwinningen

Het gebied waar effecten van een zandwinning kunnen worden verwacht wordt ondermeer bepaald door de grootte van de ingreep (in dit geval het verschil tussen het oppervlaktewater peil en de stijghoogte in het 1e watervoerend pakket) en de pakketparameters (doorlaatvermogen 1e watervoerend pakket en weerstand van de deklaag). In het IJsselmeergebied treden met name ten aanzien van de weerstand van de deklaag grote verschillen op (zie figuur 3a). Uit deze kaart blijkt dat ter plaatse van de zandwinningen de weerstand kan variëren van circa 30 (Veluwemeer) tot circa 30.000 dagen (zandwinningen in het Markermeer en het IJsselmeer onder Urk).

Uit de modelberekeningen blijkt dan ook dat de grootste effecten optreden bij de diepe zandwinningen in het Markermeer en het IJsselmeer. De effecten bij de ondiepe zandwinningen in het Veluwemeer en het Gooimeer beperken zich voornamelijk tot een klein gebied rond de zandwininput van enkele kilometers doorsnede. De effecten op het vaste land zijn bij deze laatste winningen relatief gering..

In tabel 6.1 is voor de verschillende zandwinlocaties het verschil in oppervlaktewaterpeil en de stijghoogte in het 1e watervoerend pakket (potentiaalsprong) weergegeven. Tevens is in deze tabel voor de verschillende zandwinningen de maximale invloed in kilometers, de maximale toename van de kwel en de maximale verhoging van de grondwaterstand op het vaste land weergegeven. Hierbij is de invloed verondersteld als het 0,02 m stijghoogteverschil in het 1e watervoerend pakket uitgaande van een volledige voedende zandwininput.

Uit deze tabel blijkt dat de grootste ingreep (verschil IJsselmeerpeil en stijghoogte watervoerend pakket = 3,3 m) ter plaatse van de zandwinning Houtrib optreedt. Dit in combinatie met de relatief hoge weerstand van de deklaag (circa 27.000 dagen) en de nabijgelegen polders, leidt tot relatief grote effecten.

Dit laatste geldt in zekere mate ook voor de zandwinning Kuil van Marken. Alhoewel de grootte van de ingreep bij deze zandwinning kleiner is (2,5 m) is de invloed van deze zandwinning vergelijkbaar. De zandwinning zone Medemblik-Lemmer ligt daarentegen veel gunstiger. Bij deze zandwinning is er een relatief klein verschil tussen het oppervlaktewaterpeil en de stijghoogte in het 1e watervoerend pakket. Daarbij ligt deze zandwinning in een gebied met een weerstand van de deklaag van circa 1.000 dagen.

Tabel 6.1 Enkele kentallen van de verschillende zandwinningen

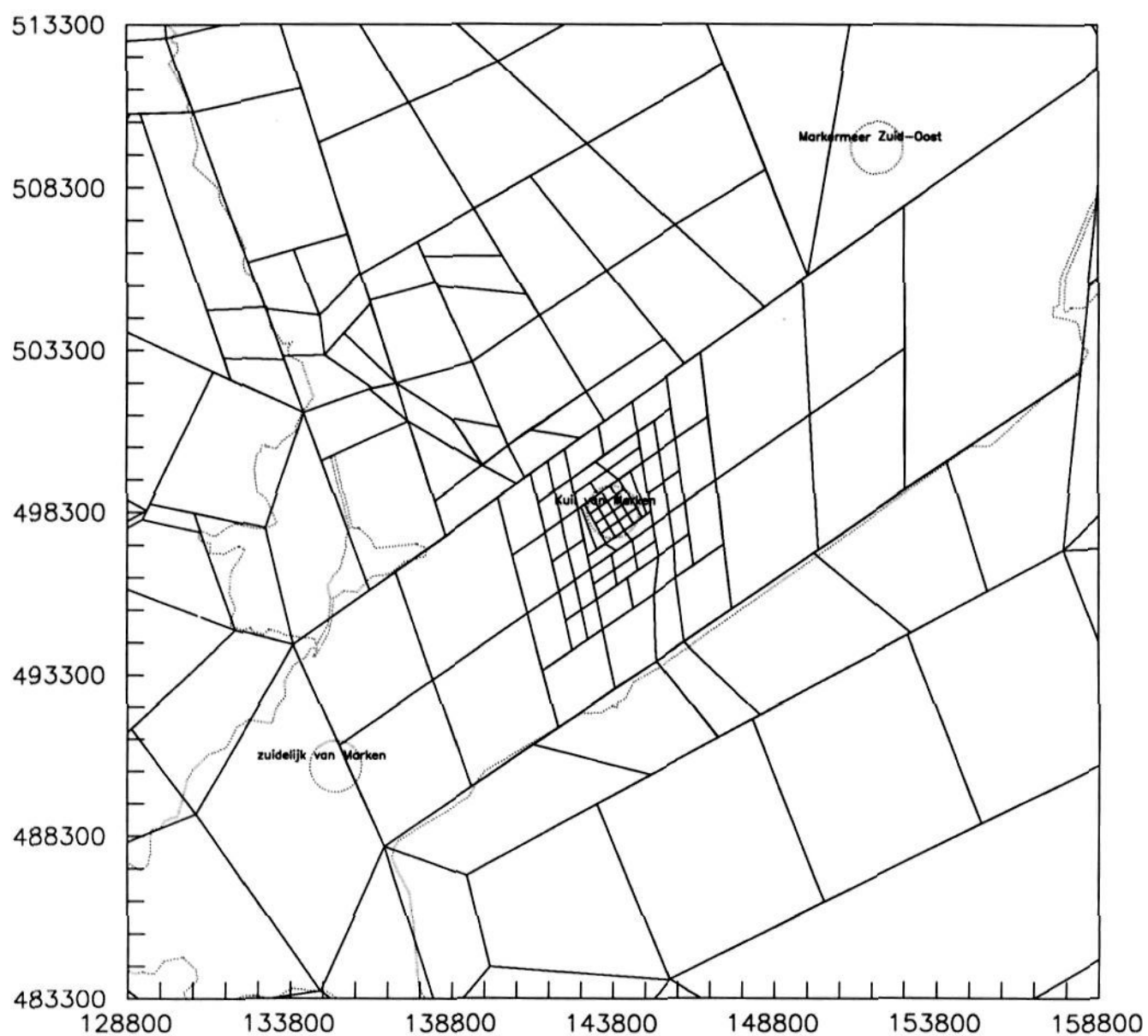
Locatie zandwinning	Verskil oppervlakte waterpeil-stijghoogte [m]	Weerstand van de deklaag t.p.v. de zandwinning	Invloedsfeer [km] in de richting van het vaste land	Maximale kweltoename op het vaste land [mm/dag]	Maximale verhoging grondwaterstand op het vaste land [m]
Kuil van marken	2,5	9.000	16-20	0,25	0,05
Markermeer Zuid-Oost	2,3	28.000	20	0,10	0,02
Markermeer Noord-Oost	1,4	30.000	20	0,10	0,02
Houtrib	3,3	27.000	16	0,50	0,10
Zone Medemblik-Lemmer	0,4	1.000	8	<0,05	<0,02
Gooimeer 500x1000 m ²	0,3	200	1-2	0,10	0,05
Gooimeer 500x500 m ²	0,3	200	1-2	0,10	0,02
Veluwemeer	0,3	3	1-2	0,50	0,02
Zuidelijk van Marken	2,1	31.000	14-16	0,10	0,02

Het effect van een verhoging van het IJsselmeerpeil op de effecten van de zandwinning Houtrib onder URK is gering. Het beeld van de stijghoogteverhogingen in het 1^e watervoerend pakket is overeenkomstig het beeld uit de eerdere modelberekening waarbij het peil van het IJsselmeer niet was verhoogd.

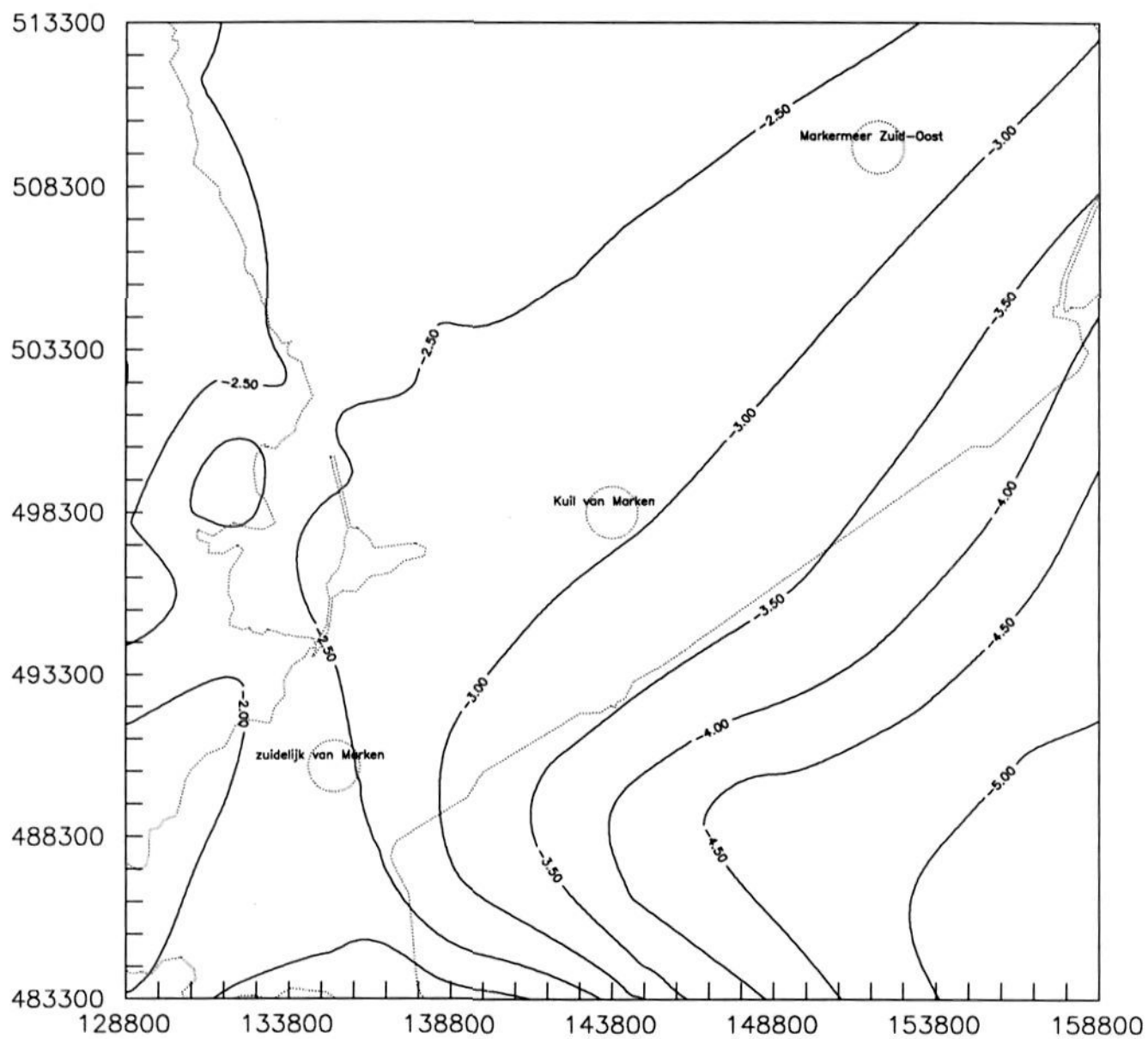
In absolute zin worden de stijghoogteverhogingen met maximaal 0,1 m vergoot. Gezien de grote effecten van de zandwinning op de stijghoogten is deze verandering nauwelijks zichtbaar.

Vaargeulen

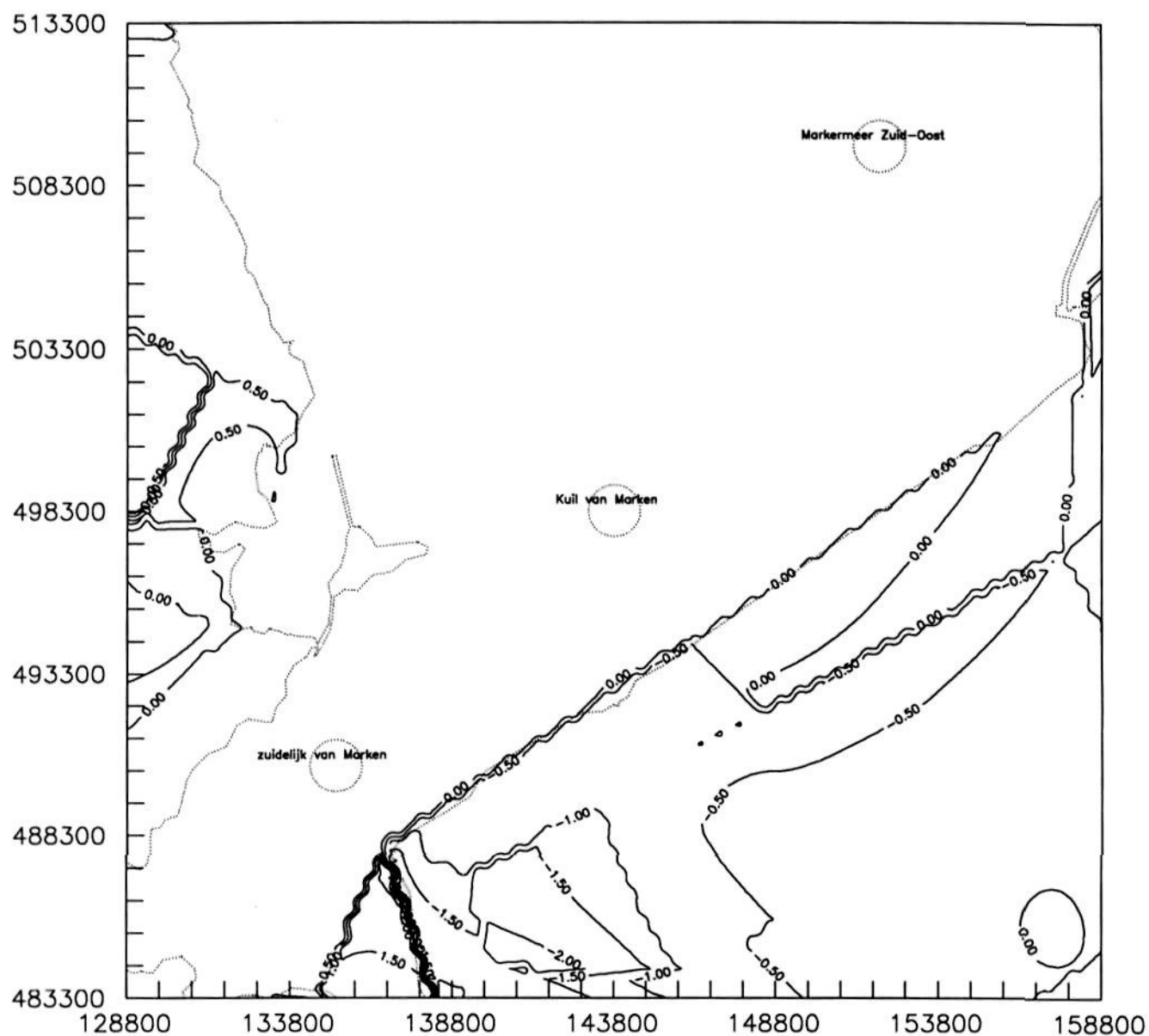
De invloed van een verdieping van de vaargeulen op de grondwaterstanden in de polders is zeer gering tot verwaarloosbaar. Alleen ter plaatse van gebieden waar de weerstand van de deklaag beperkt is (vak VAL5 en verder richting Lemmer) is een geringe invloed in de Noord-Oost polder merkbaar.



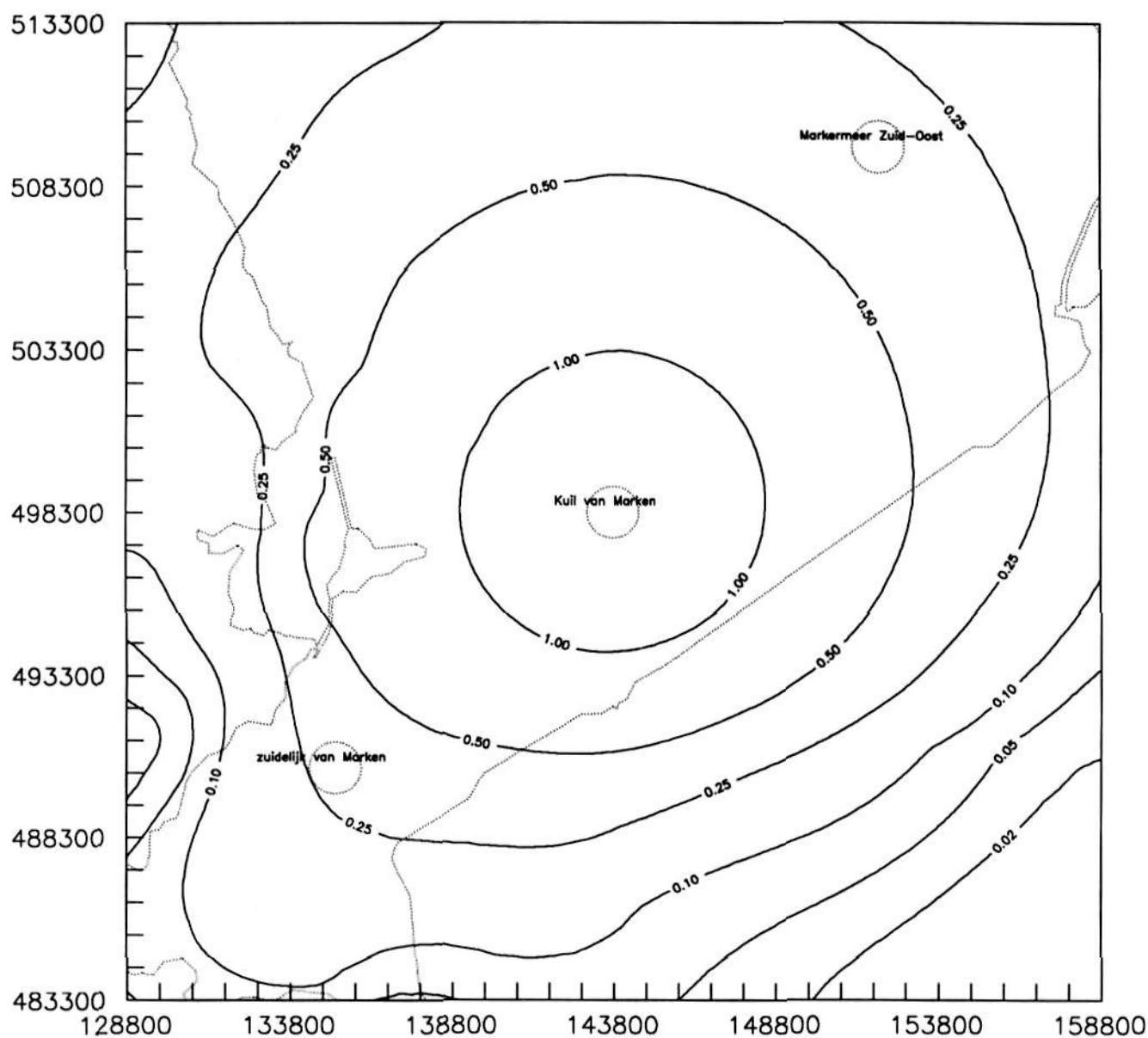
Verfijnd netwerk in de omgeving van zandw. Kuil van Marken



Berekende stijghoogten 1e wvp [m tov NAP] omgeving Kuil van Marken
Referentiesituatie



Berekende lek deklaag [mm/dag] omgeving Kuil van Marken
Referentiesituatie

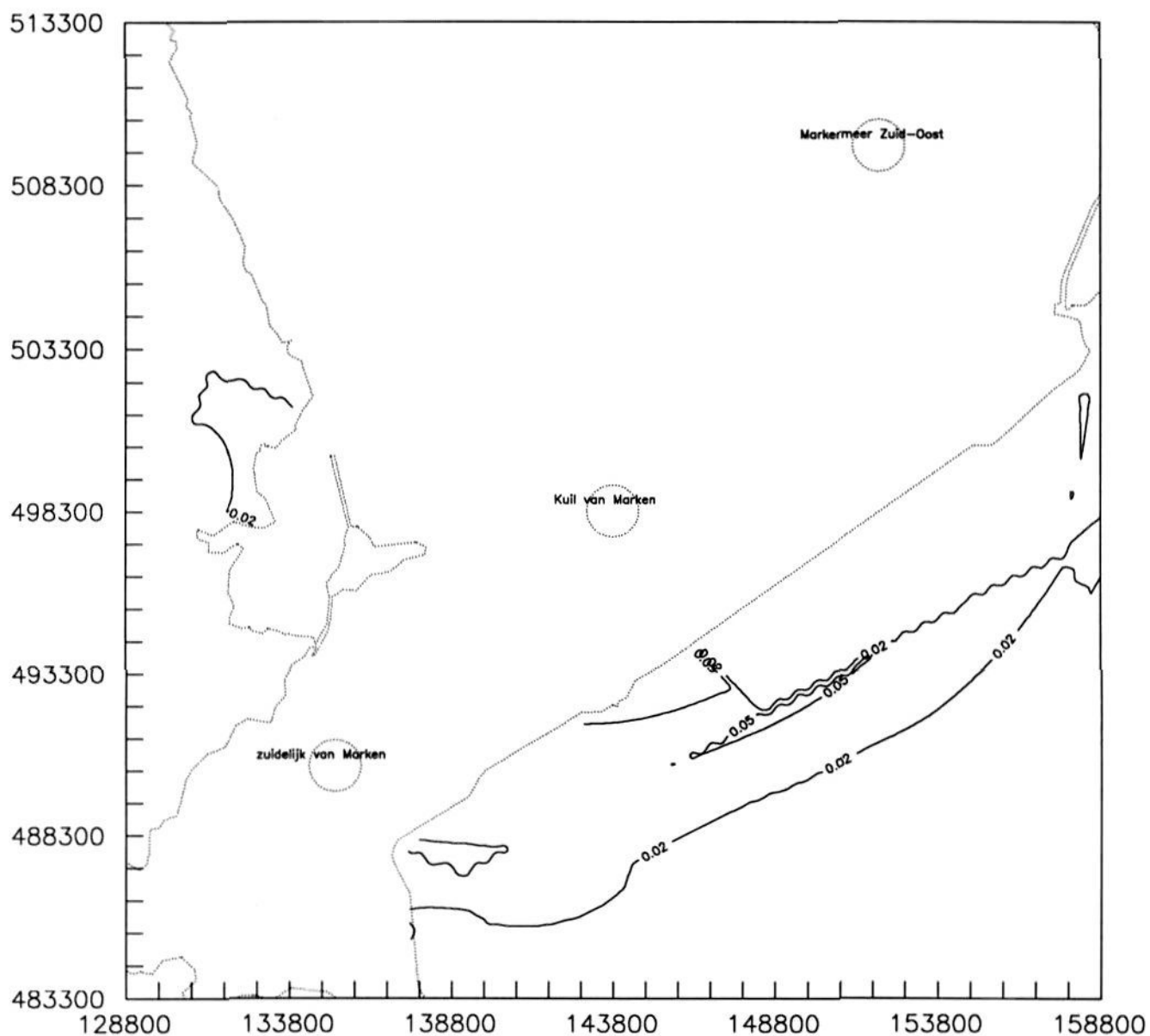


Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. Kuil van Marken,
situatie direct na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 9000 naar volledig voedend

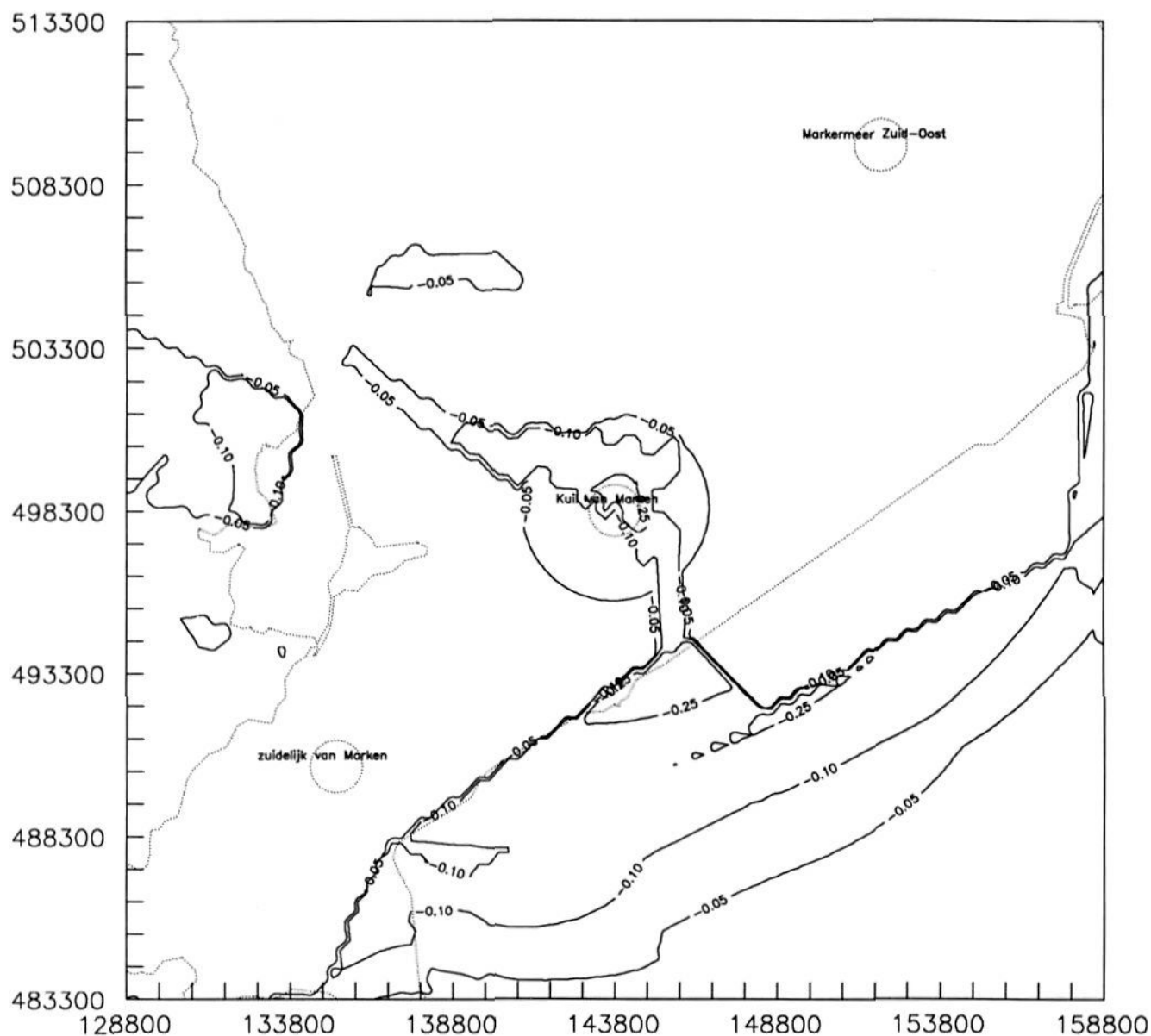
stijghoogteverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



Berekende grondwaterstandsverandering [m] tgv zandw. Kuil van Marken,
situatie direct na beëindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 9000 naar volledig voedend
Drainageweerstand 200 dagen

grondwaterstandsverandering
0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

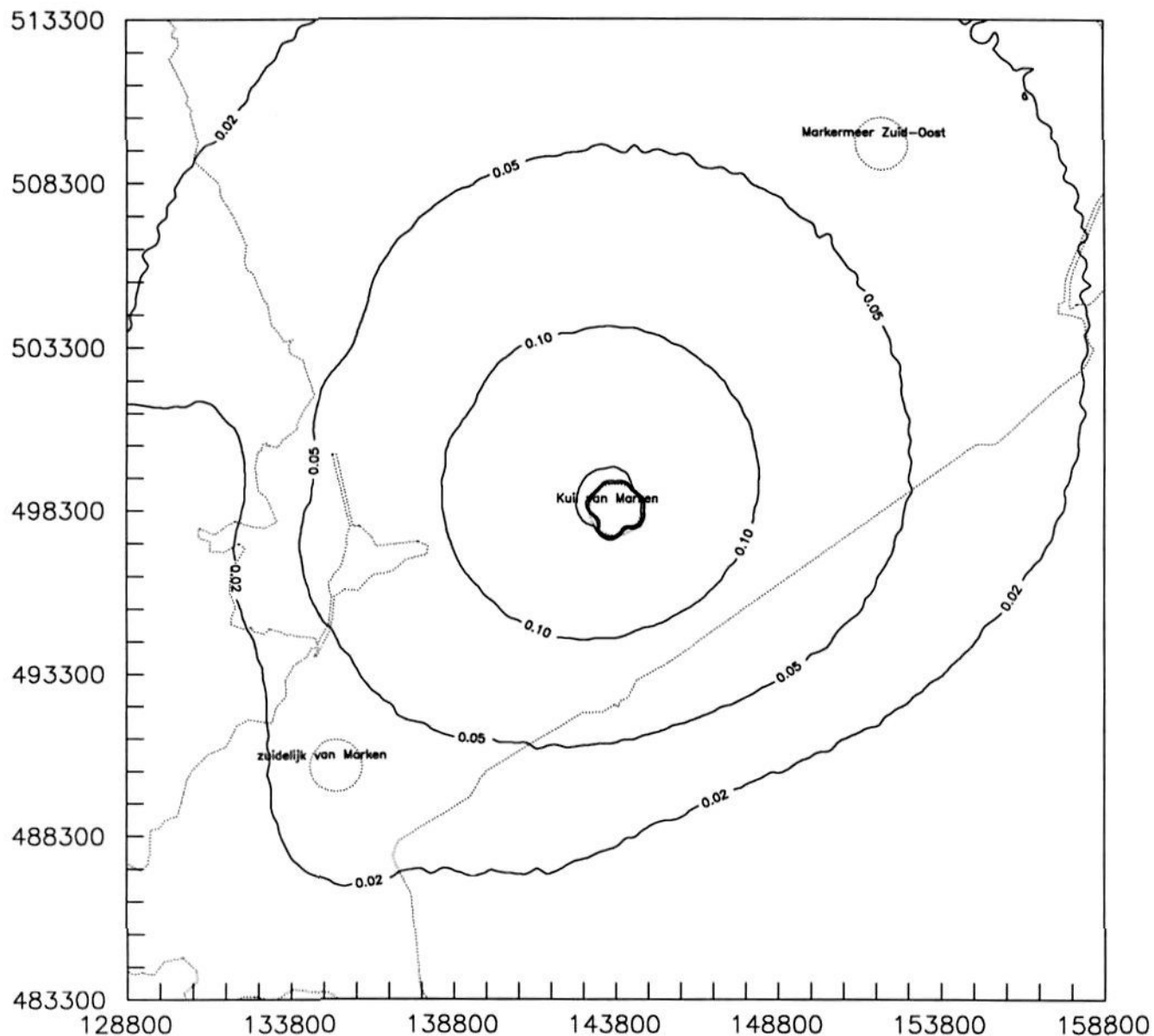


Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. Kuil van Marken,
situatie direct na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 9000 naar volledig voedend

lekverandering

-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1

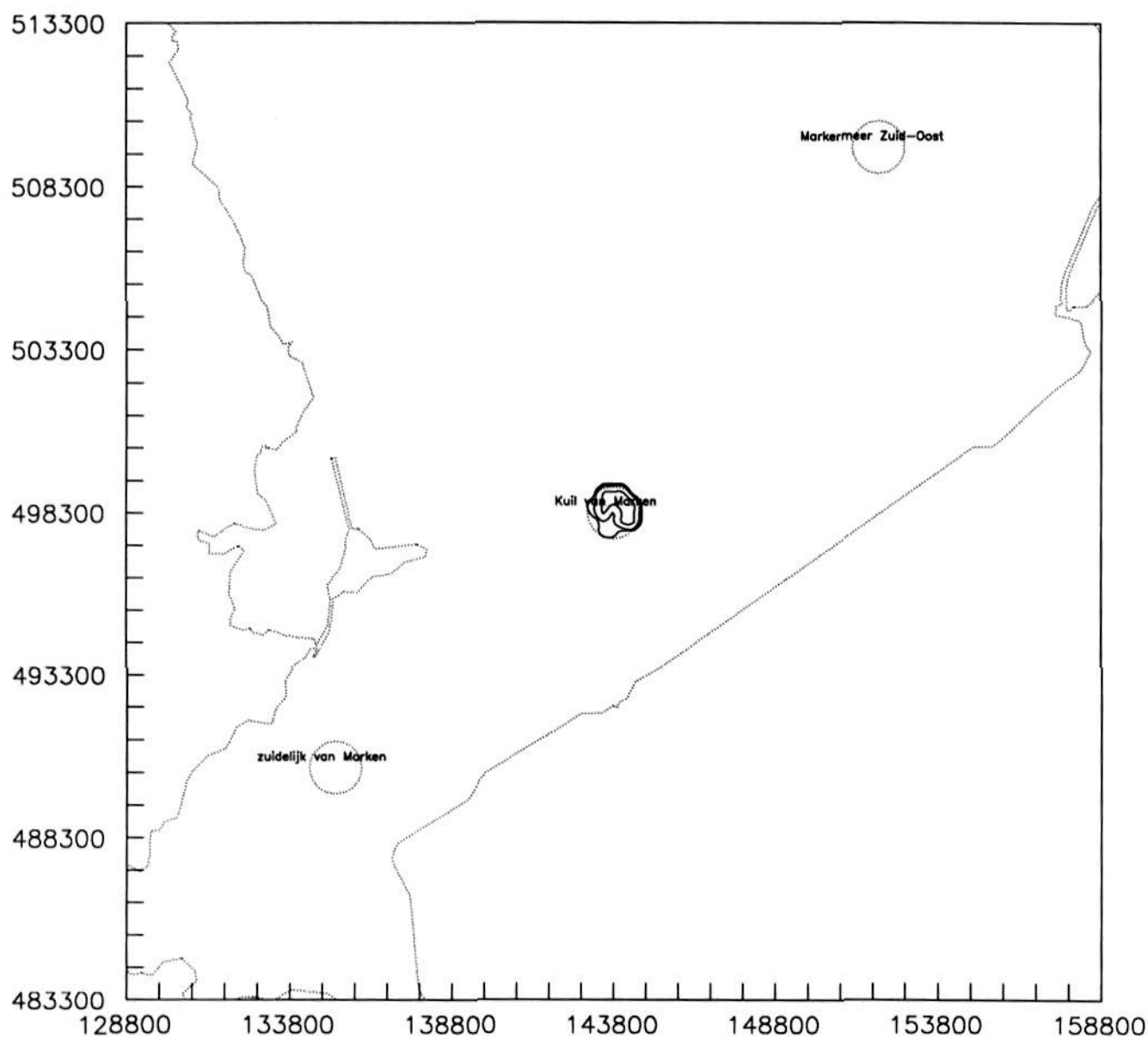


Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. Kuil van Marken,
situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 9000 naar 300 dagen

stijghoogteverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

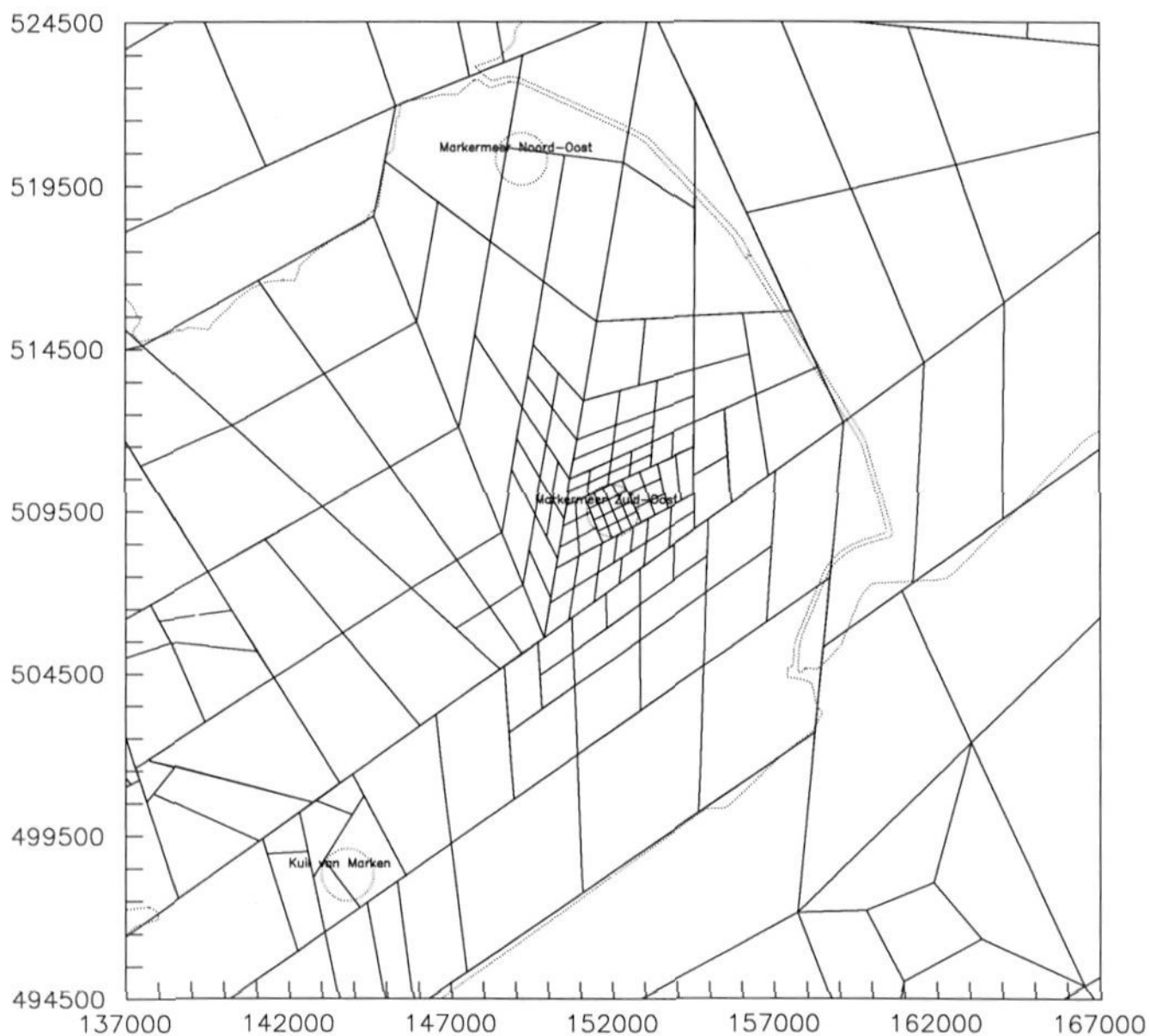


Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. Kuil van Marken,
situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning

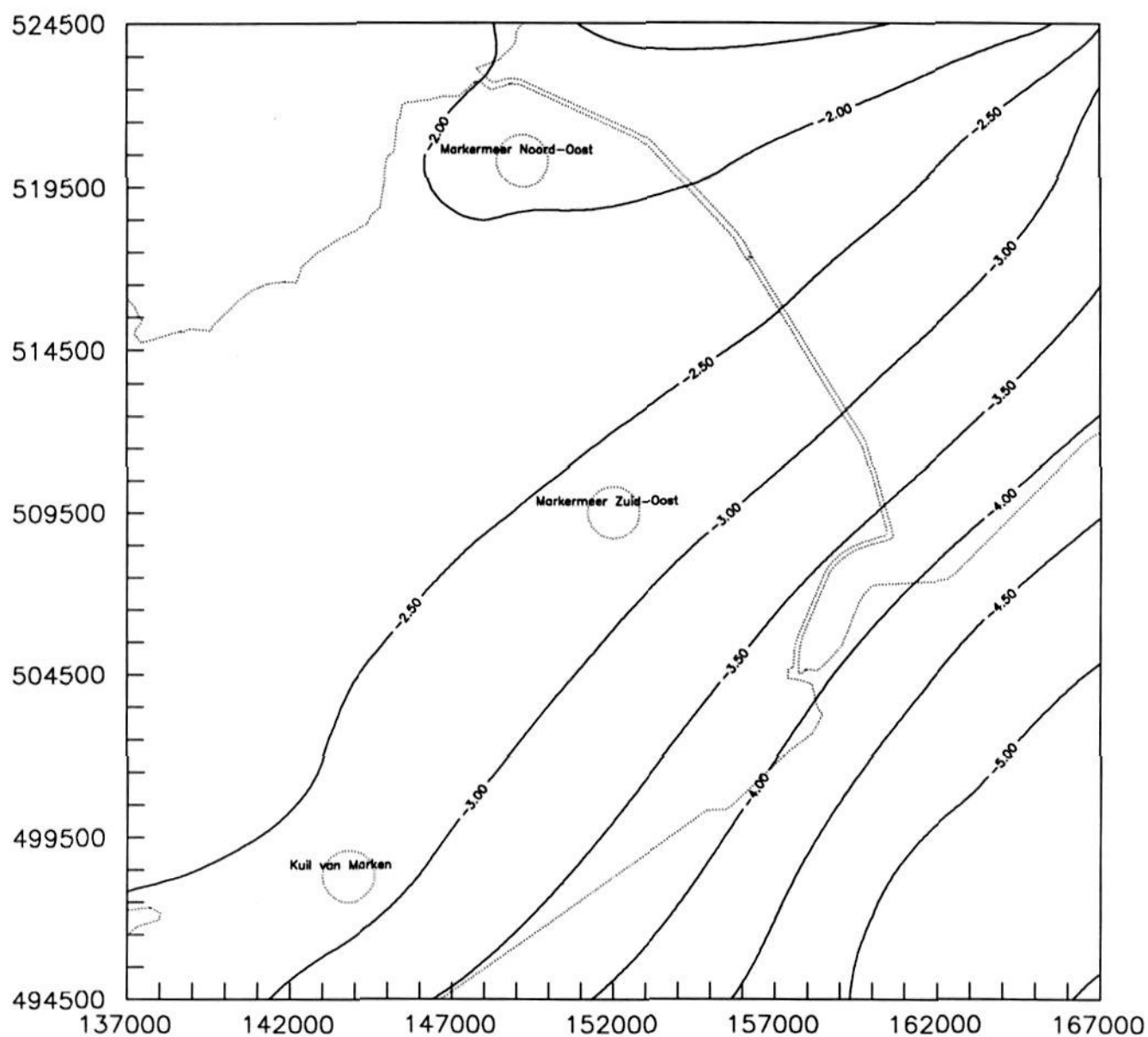
Reductie bodemweerstand van 9000 naar 300 dagen

lekverandering

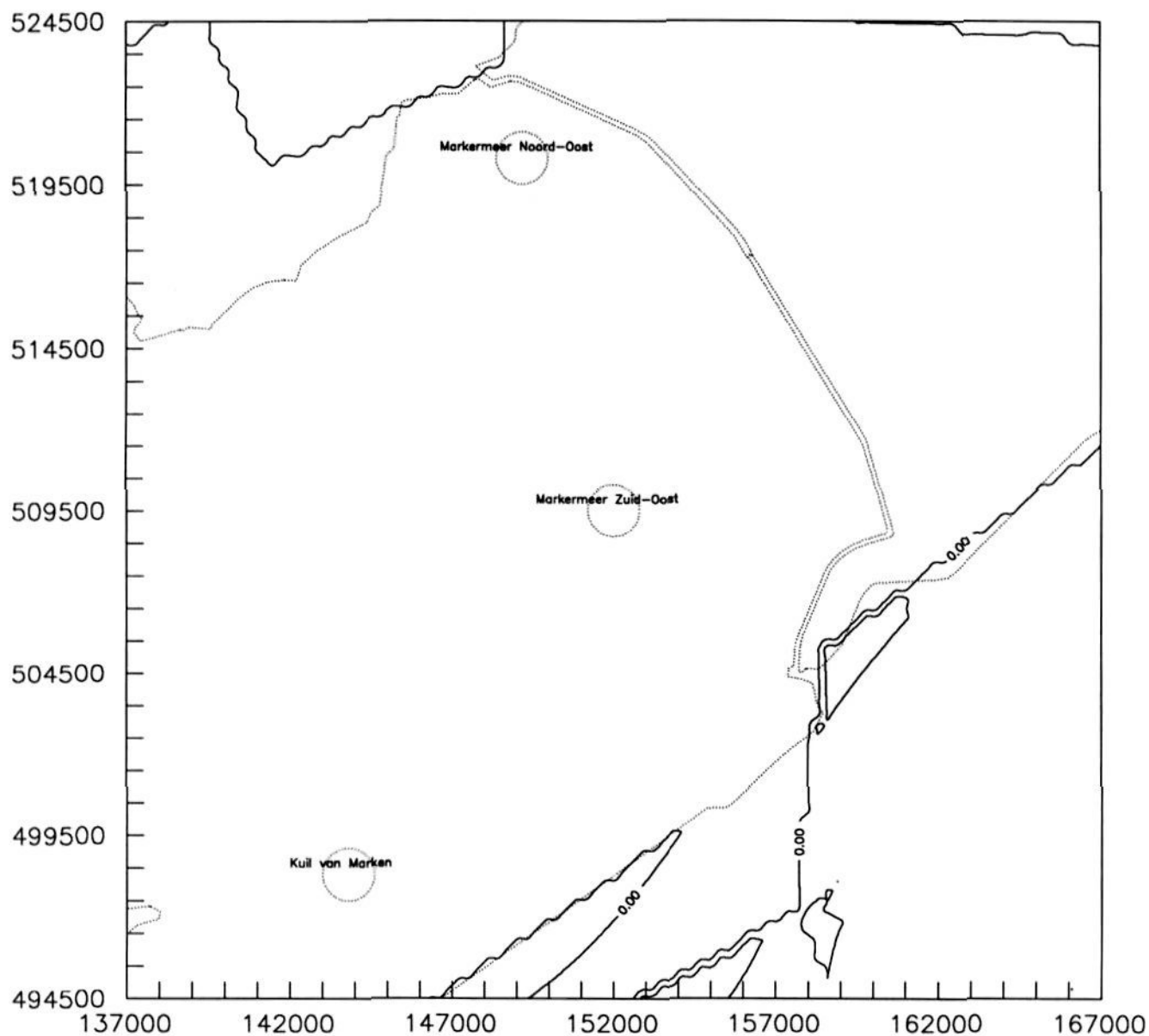
-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1



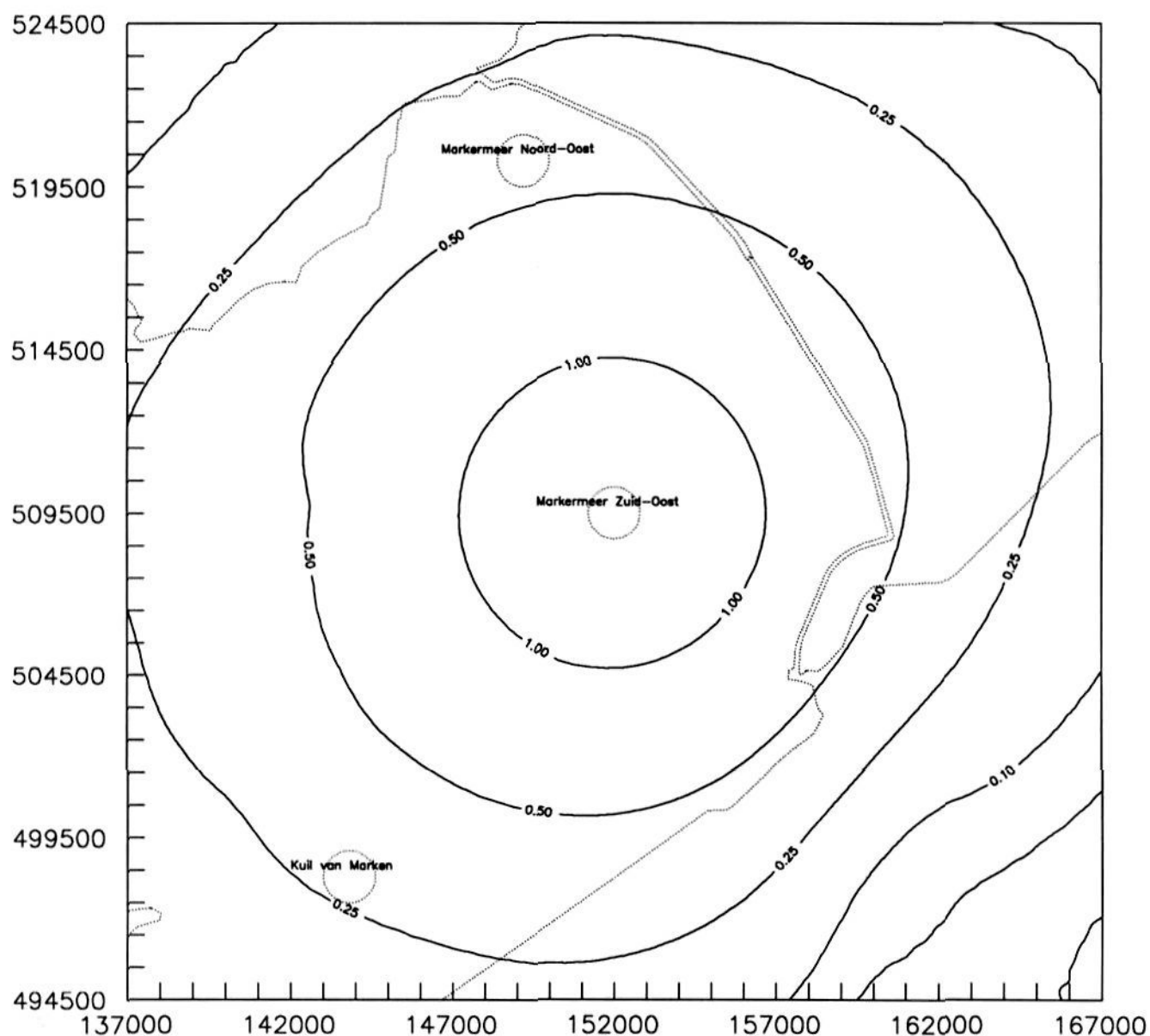
verfijnd netwerk in de omgeving van zandw. Markermeer Zuid-Oost



Berekende stijghoogten 1e wvp [m tov NAP] omgeving Markermeer Zuid-Oost
Referentiesituatie



Berekende lek deklaag [mm/dag] omgeving Markermeer Zuid-Oost
Referentiesituatie

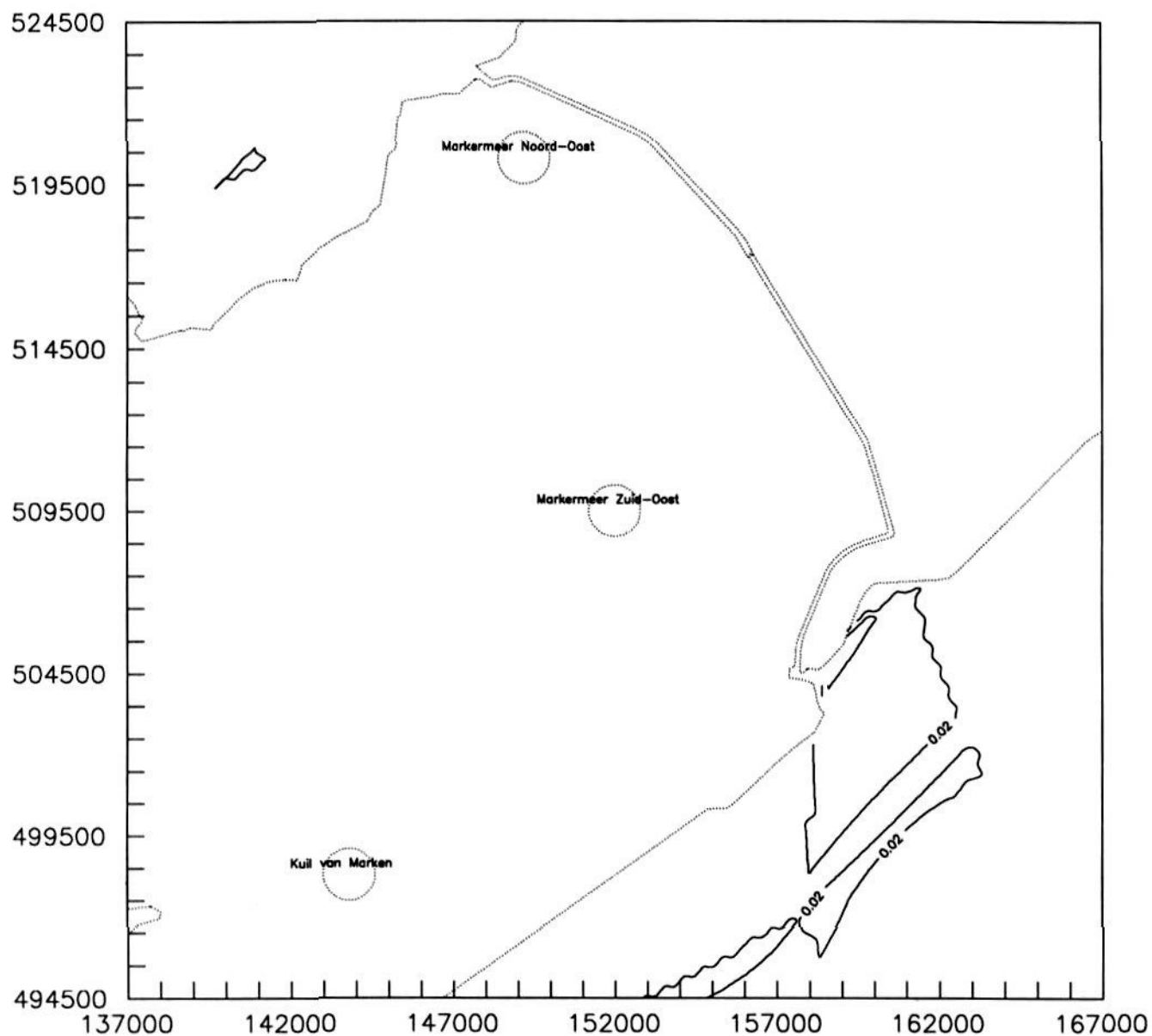


Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. Markermeer Zuid-Oost, situatie direct na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 28000 naar volledig voedend

stijghoogteverandering

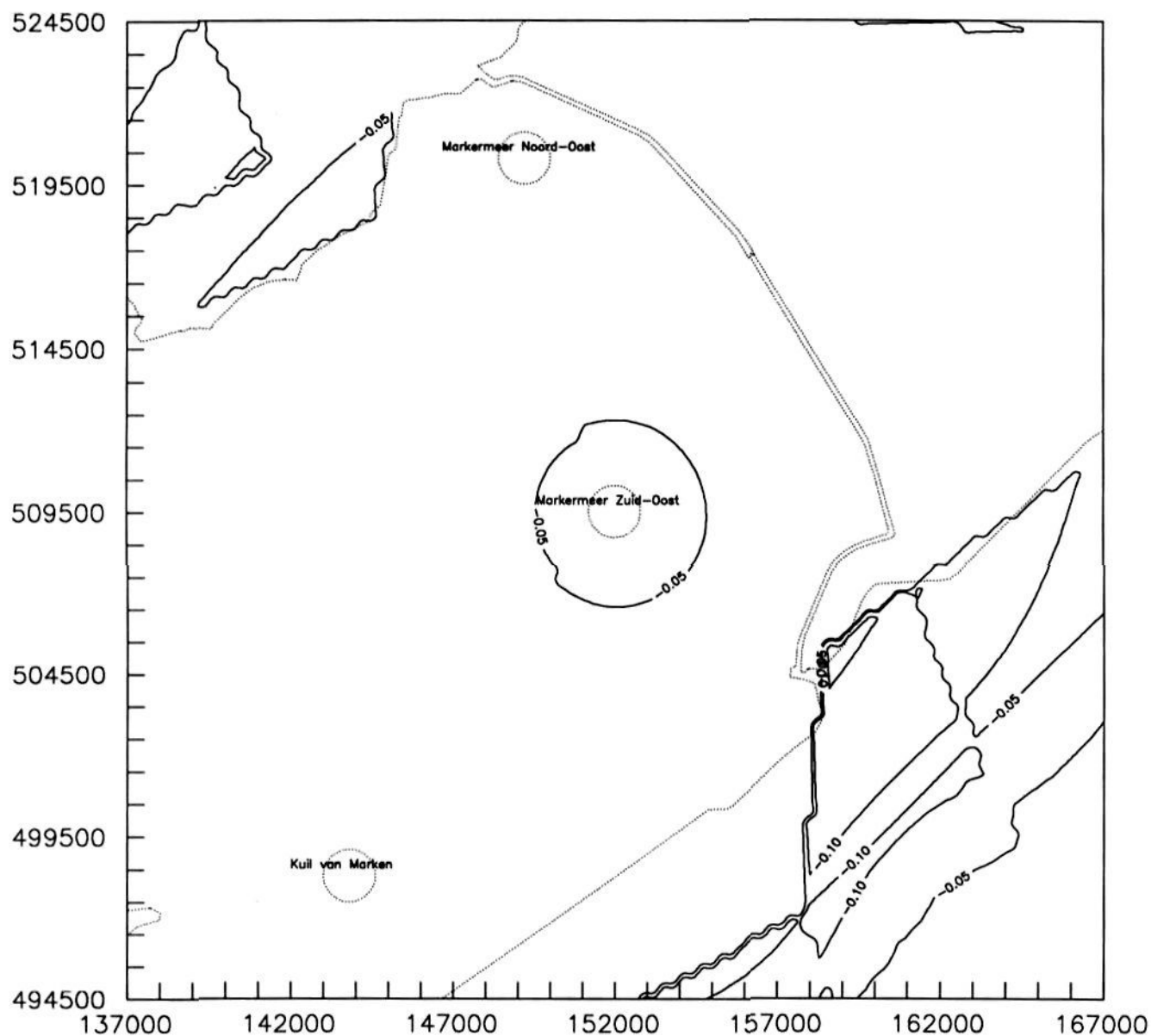
0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



Berekende grondwaterstandsverandering [m] tgv zandw. Markermeer Zuid-Oost,
situatie direct na beëindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 28000 naar volledig voedend
drainageweestand 200 dagen

grondwaterstandsverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

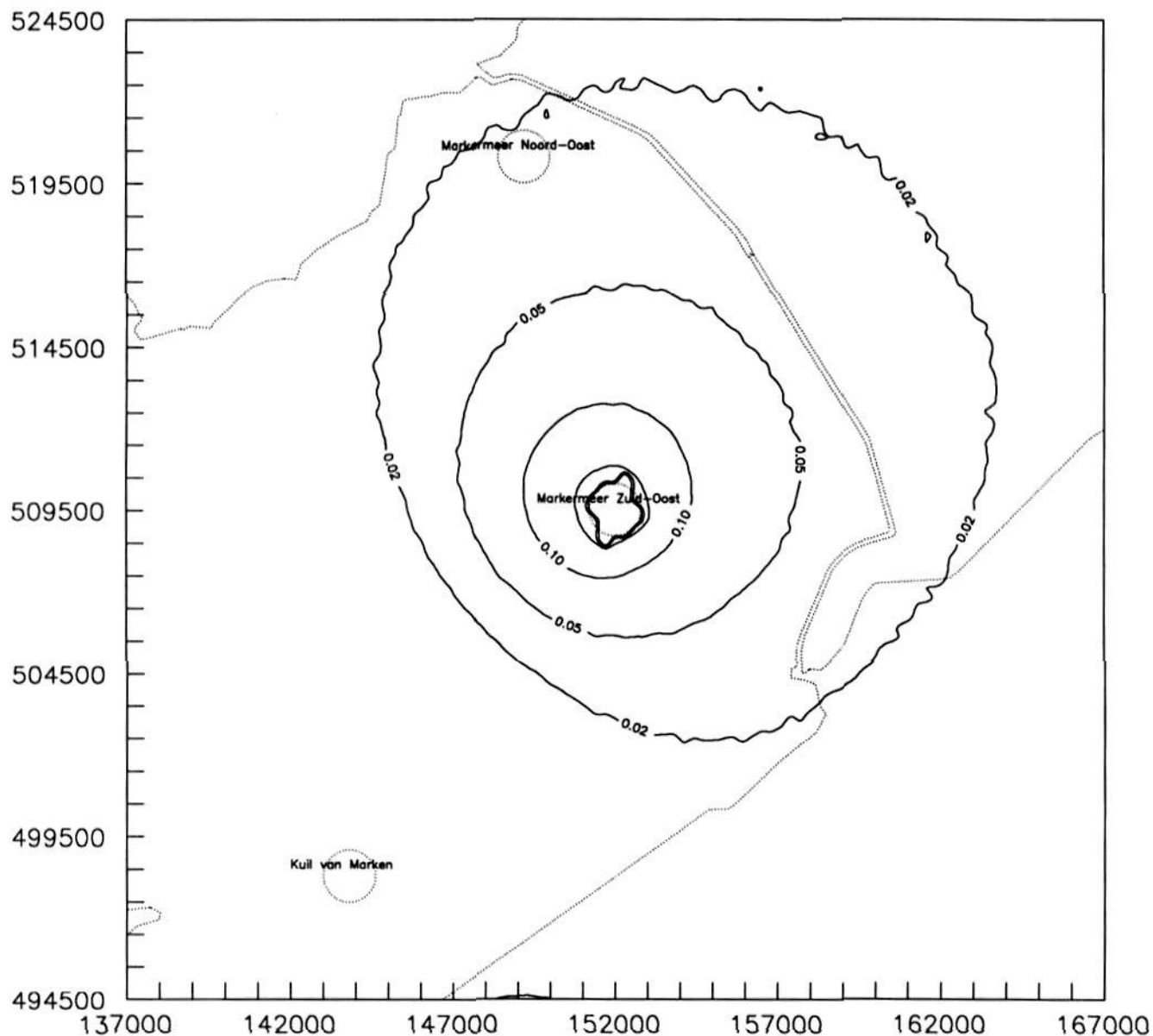


Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. Markermeer Zuid-Oost,
situatie direct na beeindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 28000 naar volledig voedend

lekverandering

-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1

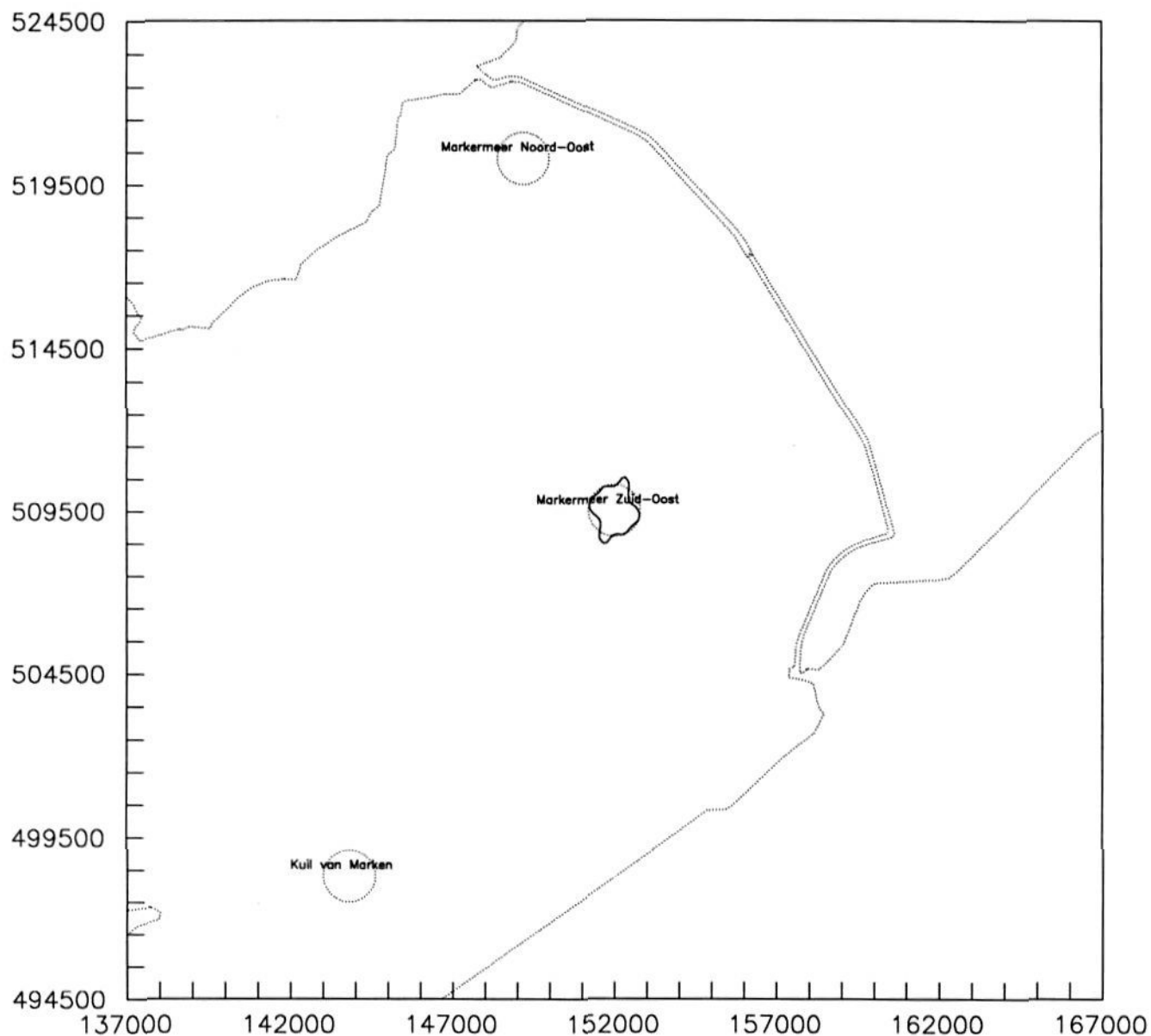


Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. Markermeer Zuid-Oost, situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 28000 naar 300 dagen

stijghoogteverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

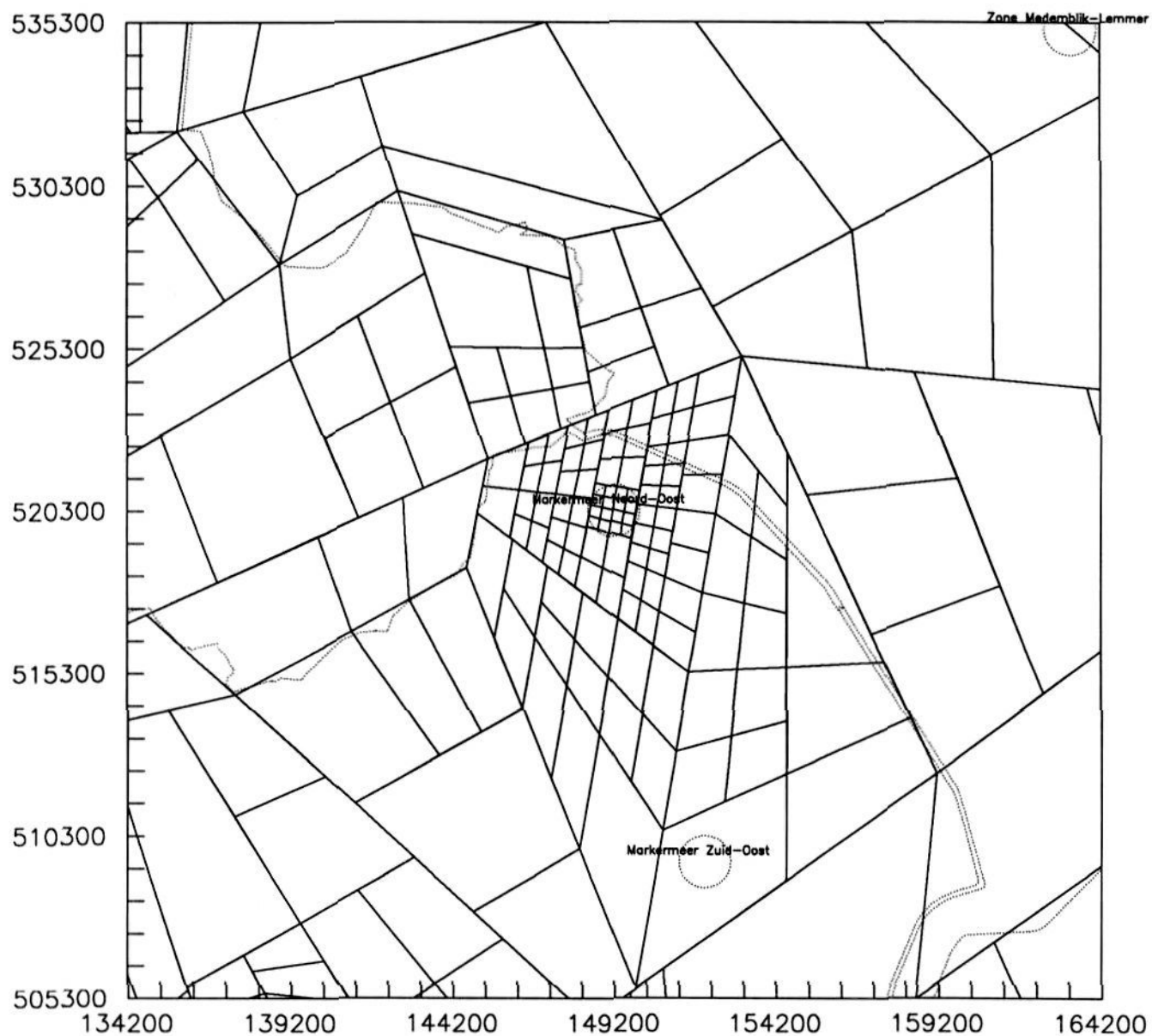


Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. Markermeer Zuid-Oost,
situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning

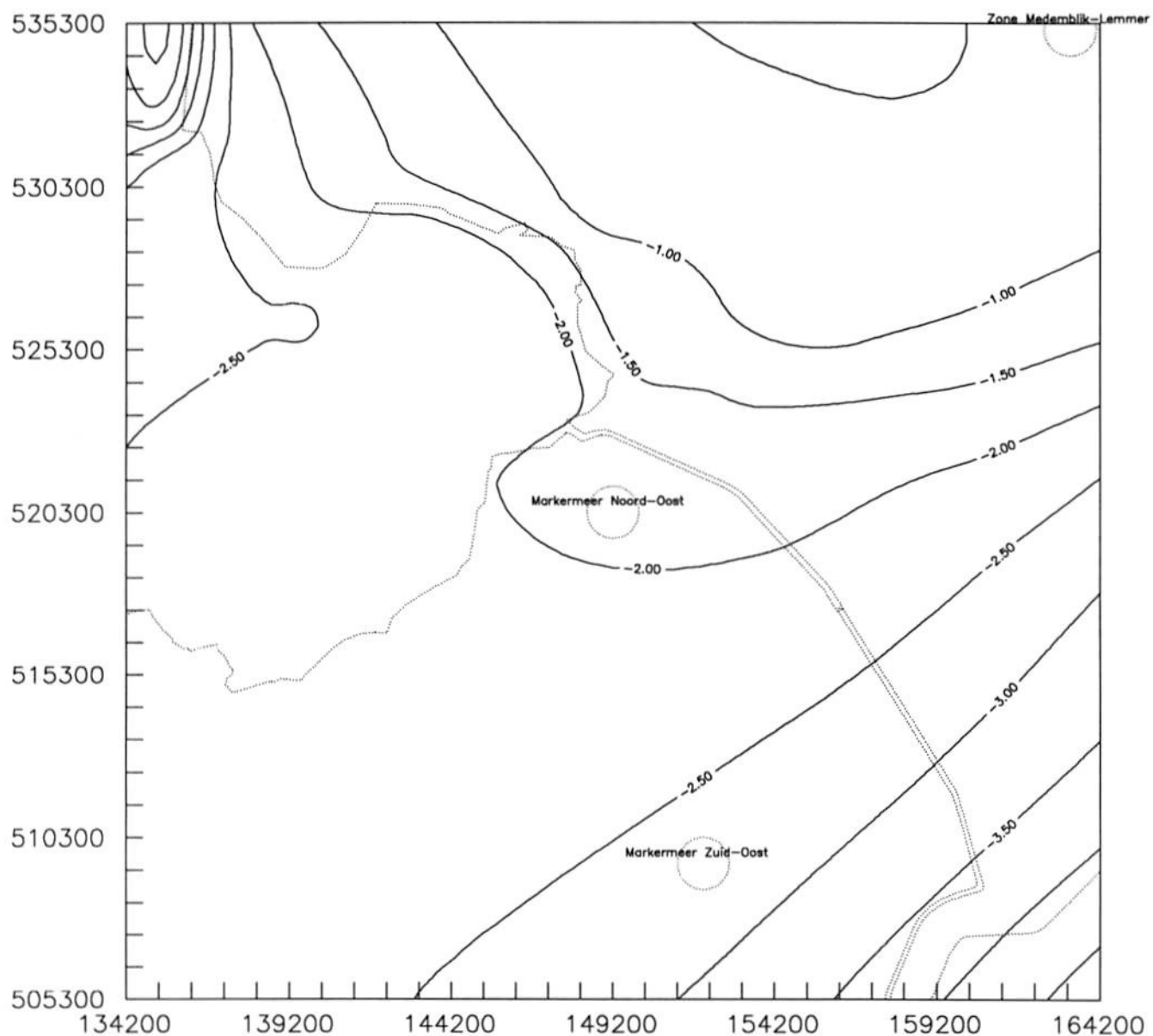
Reductie bodemweerstand van 28000 naar 300 dagen

lekverandering

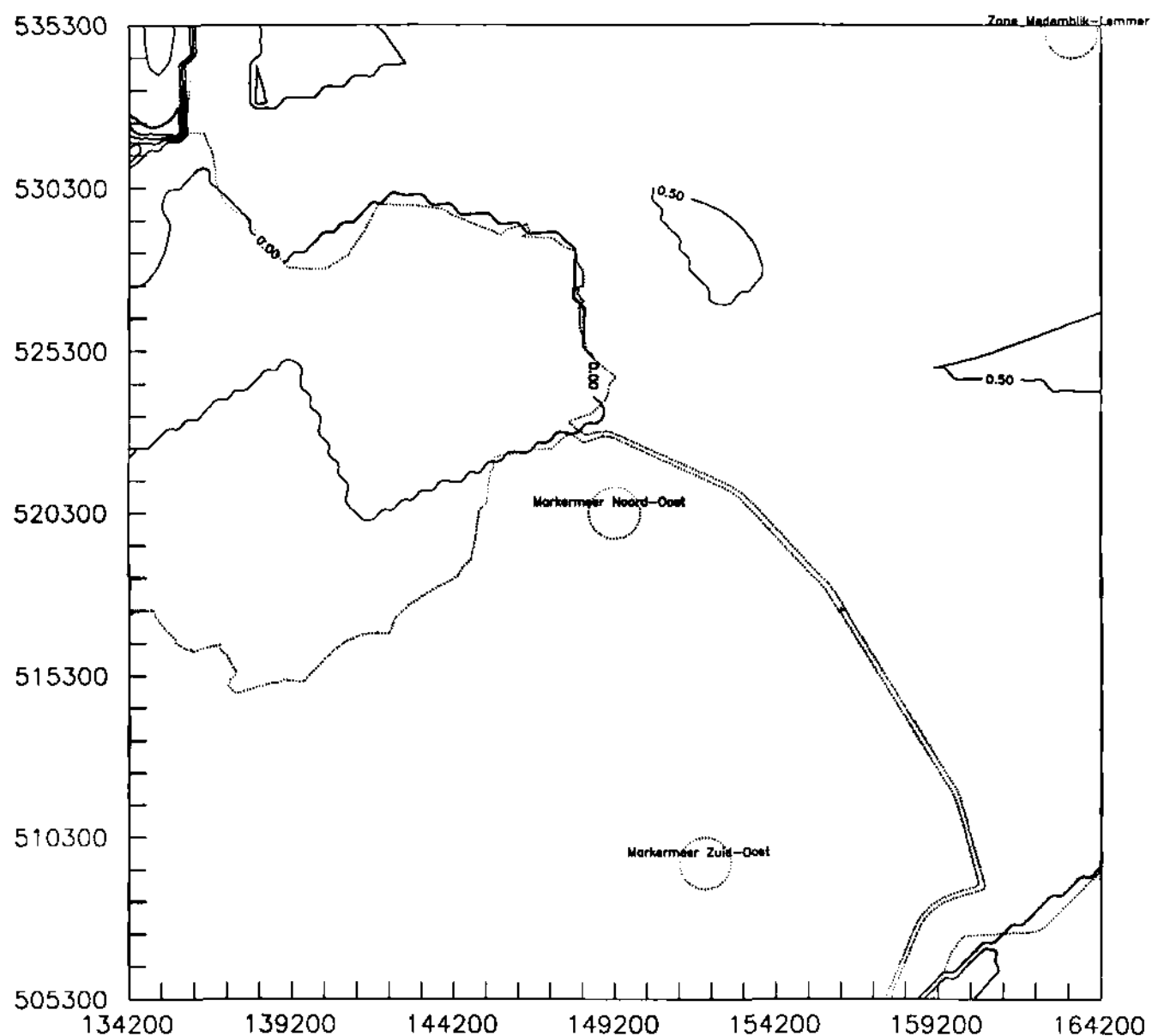
-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1



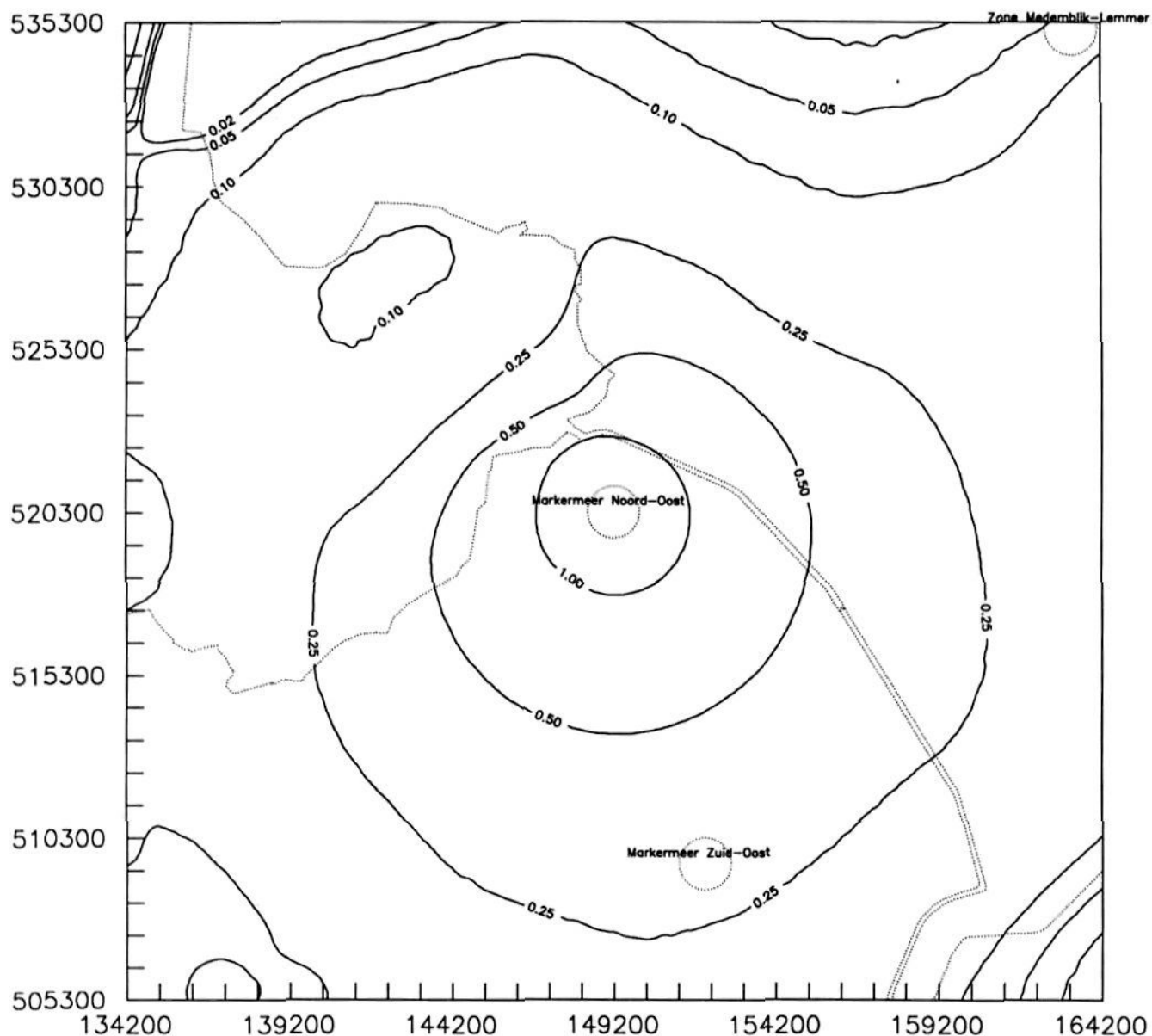
Verfijnd netwerk in de omgeving van zandw. Markermeer Noord-Oost



Berekende stijghoogten 1e wvp [m tov NAP] omgeving Markermeer Noord-Oost
Referentiesituatie



Berekende lek deklaag [mm/dag] omgeving Markermeer Noord-Oost
Referentiesituatie

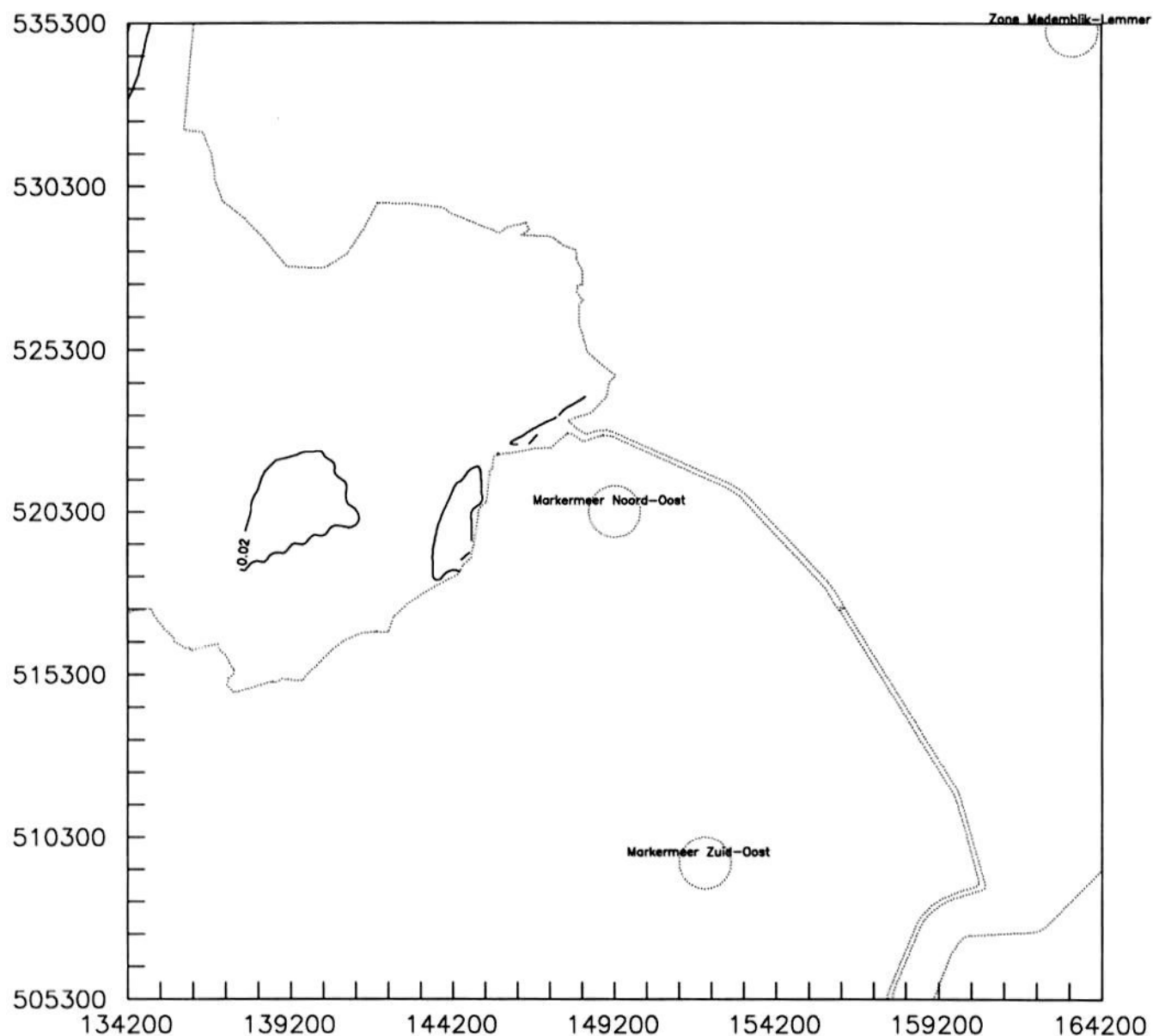


Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. Markermeer Noord-Oost,
situatie direct na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 30000 naar volledig voedend

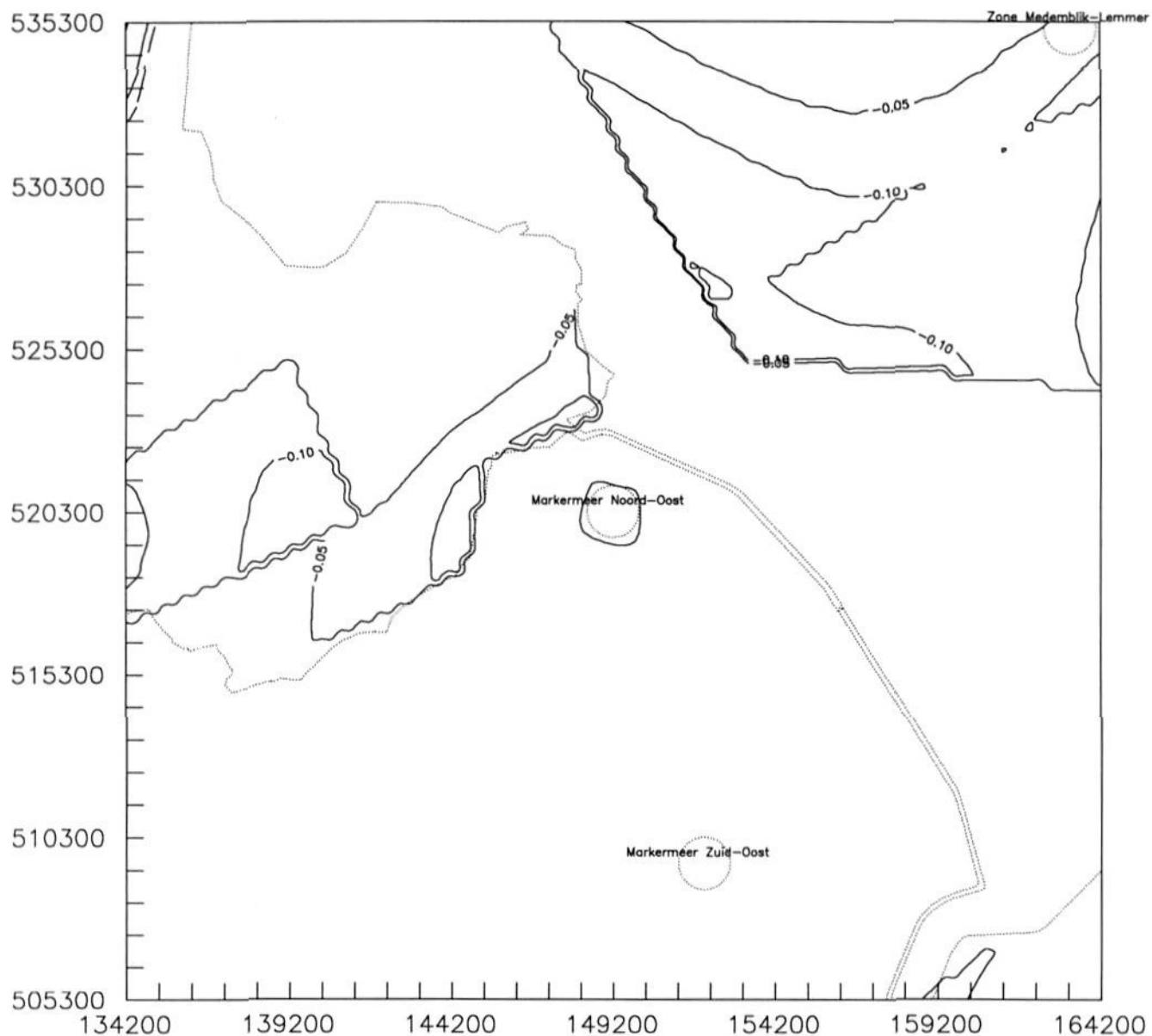
stijghoogteverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



Berekende grondwaterstandsverandering [m] tgv zandw. Markermeer Noord-Oost,
situatie direct na beëindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 30000 naar volledig voedend
Drainageweerstand 200 dagen

grondwaterstandsverandering
0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

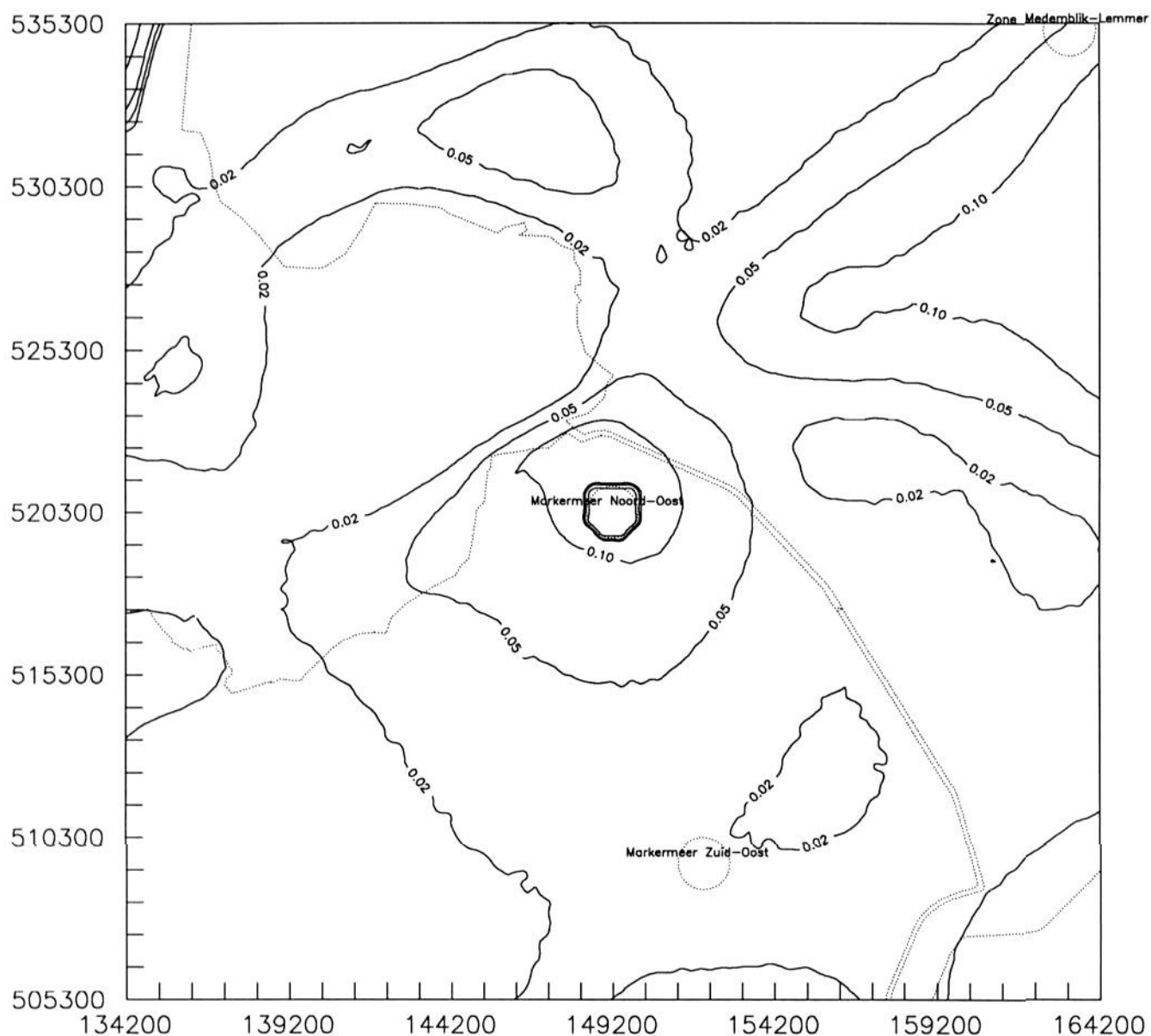


Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. Markermeer Noord-Oost,
situatie direct na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 30000 naar volledig voedend

lekverandering

-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1

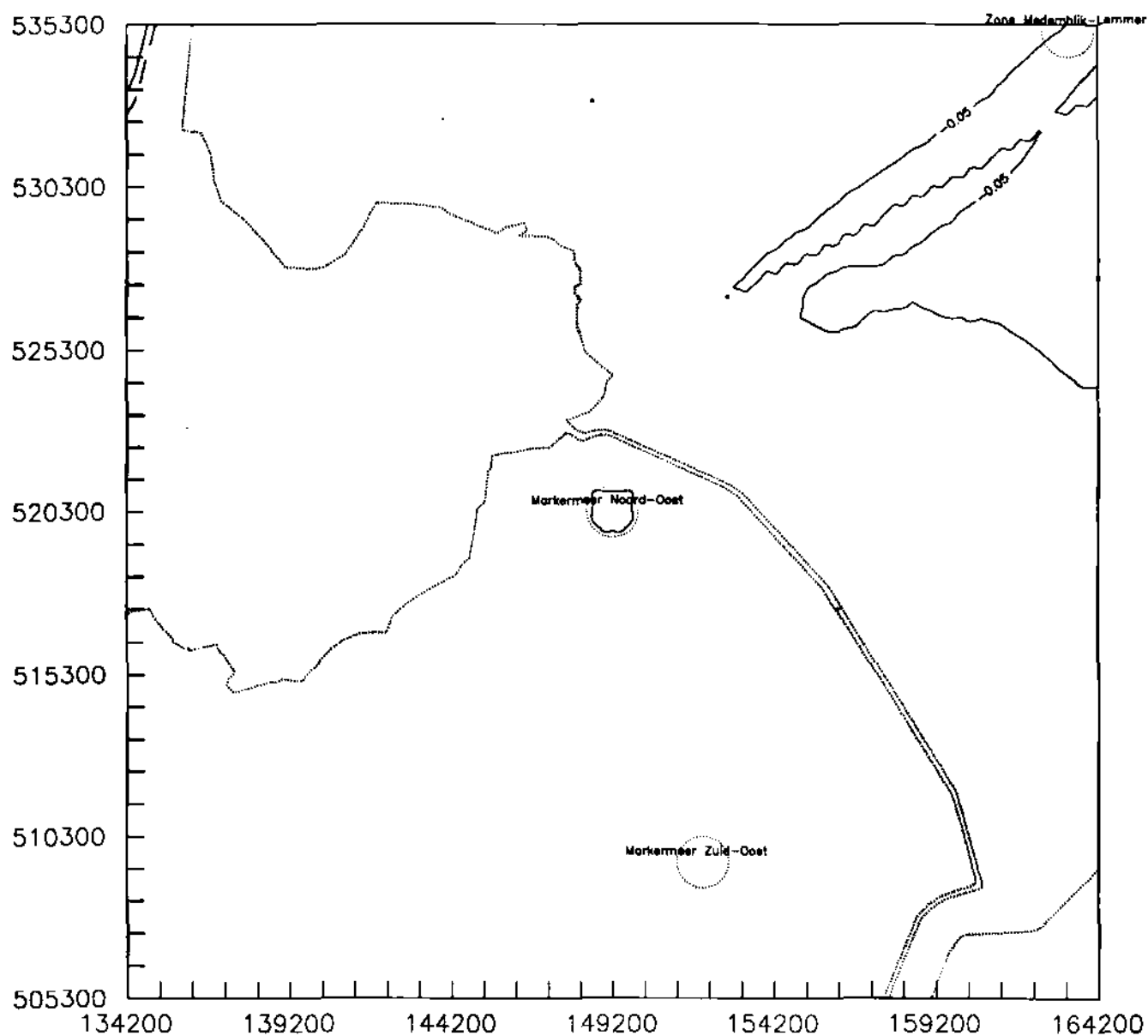


Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. Markermeer Noord-Oost, situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 30000 naar 300 dagen

stijghoogteverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

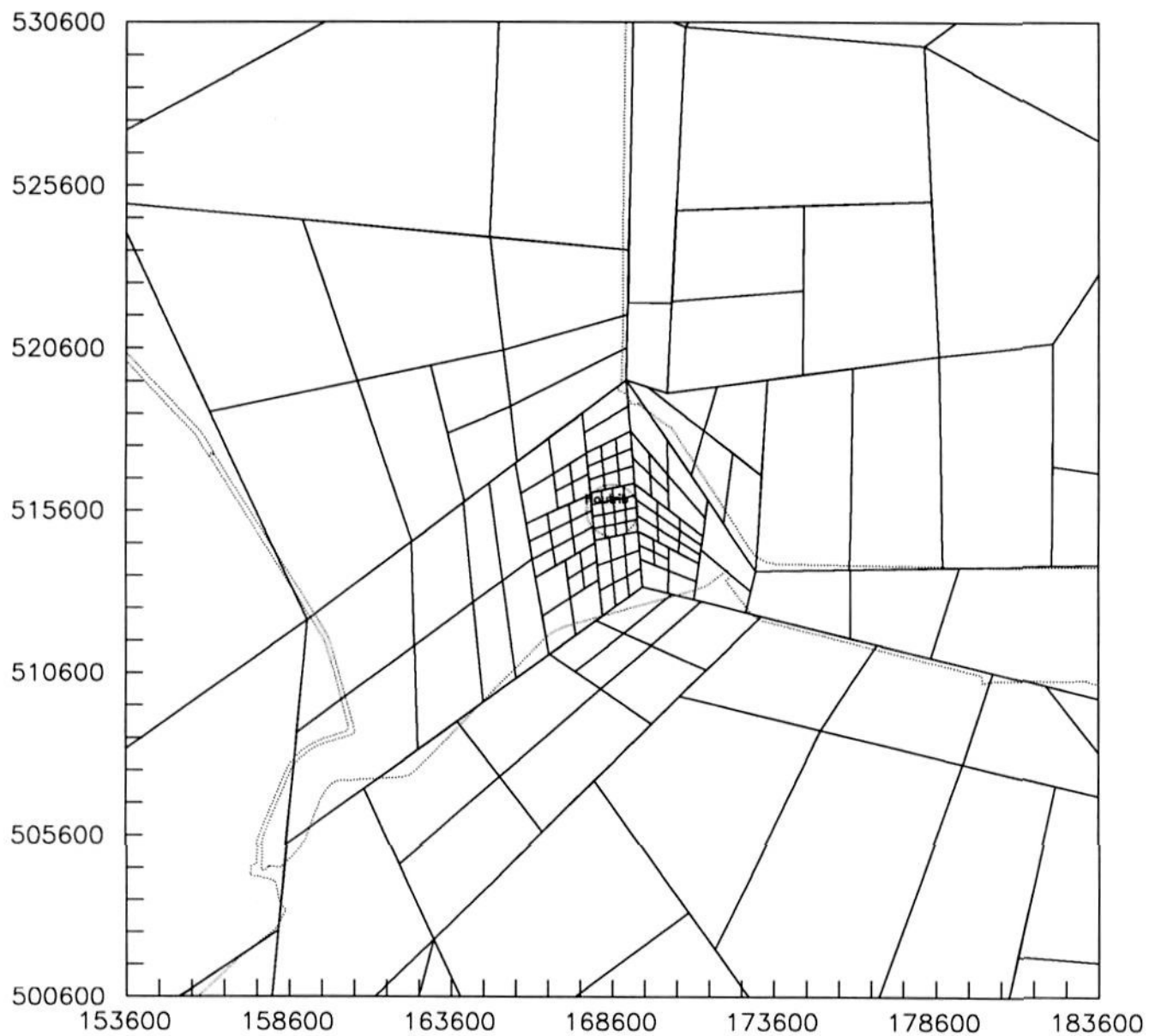


Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. Markermeer Noord-Oost,
situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning

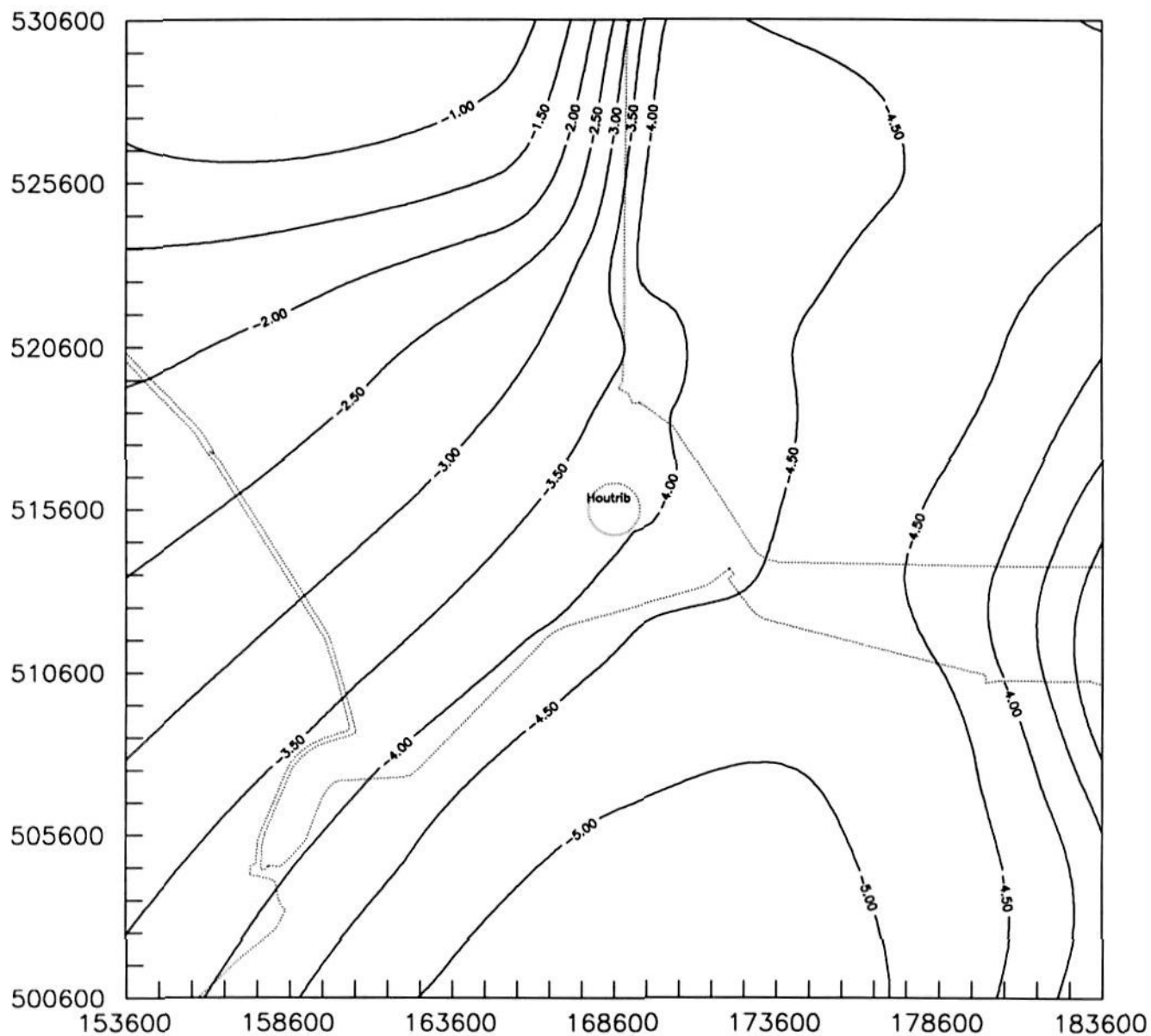
Reductie bodemweerstand van 30000 naar 300 dagen

lekverandering

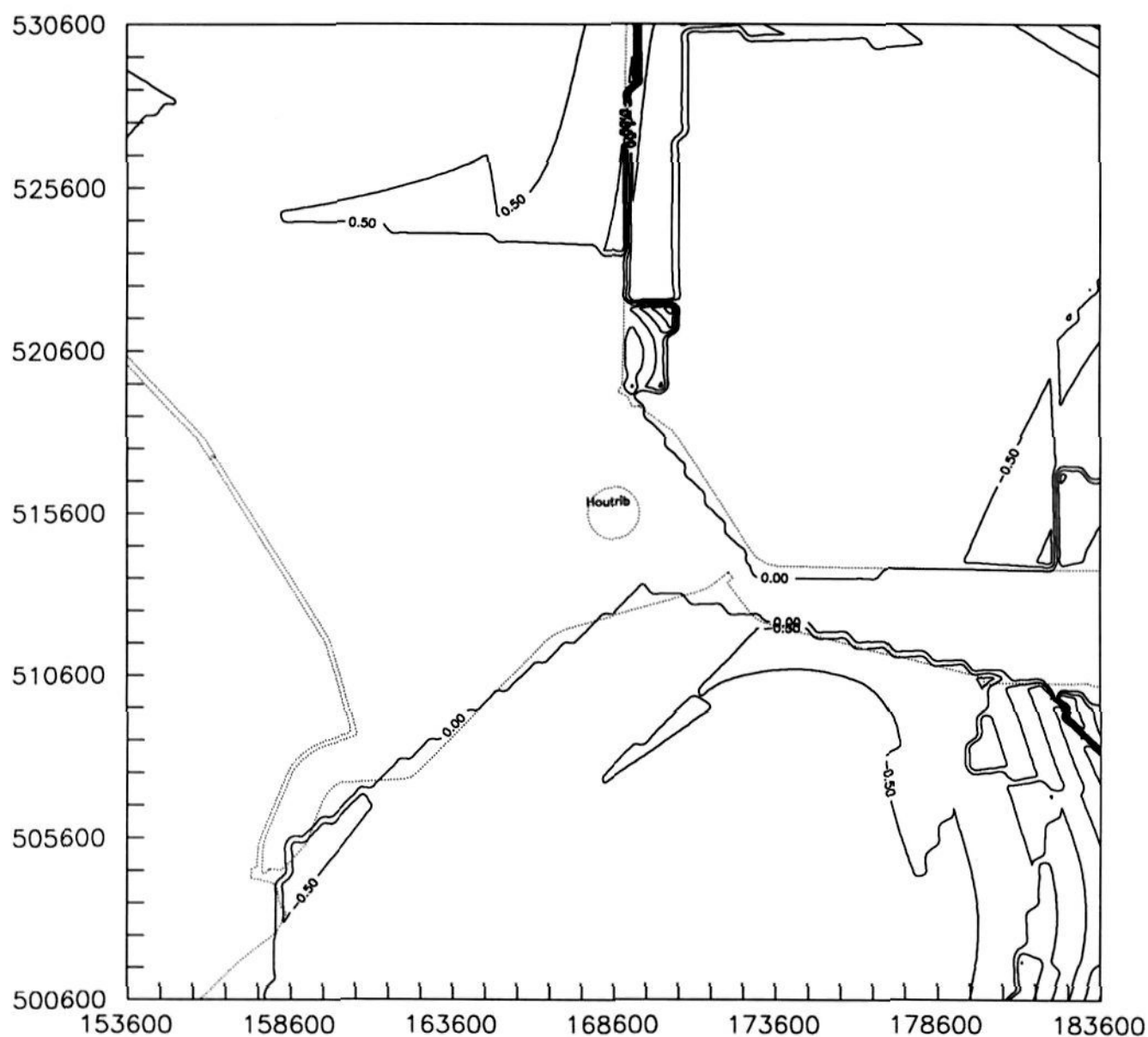
-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1



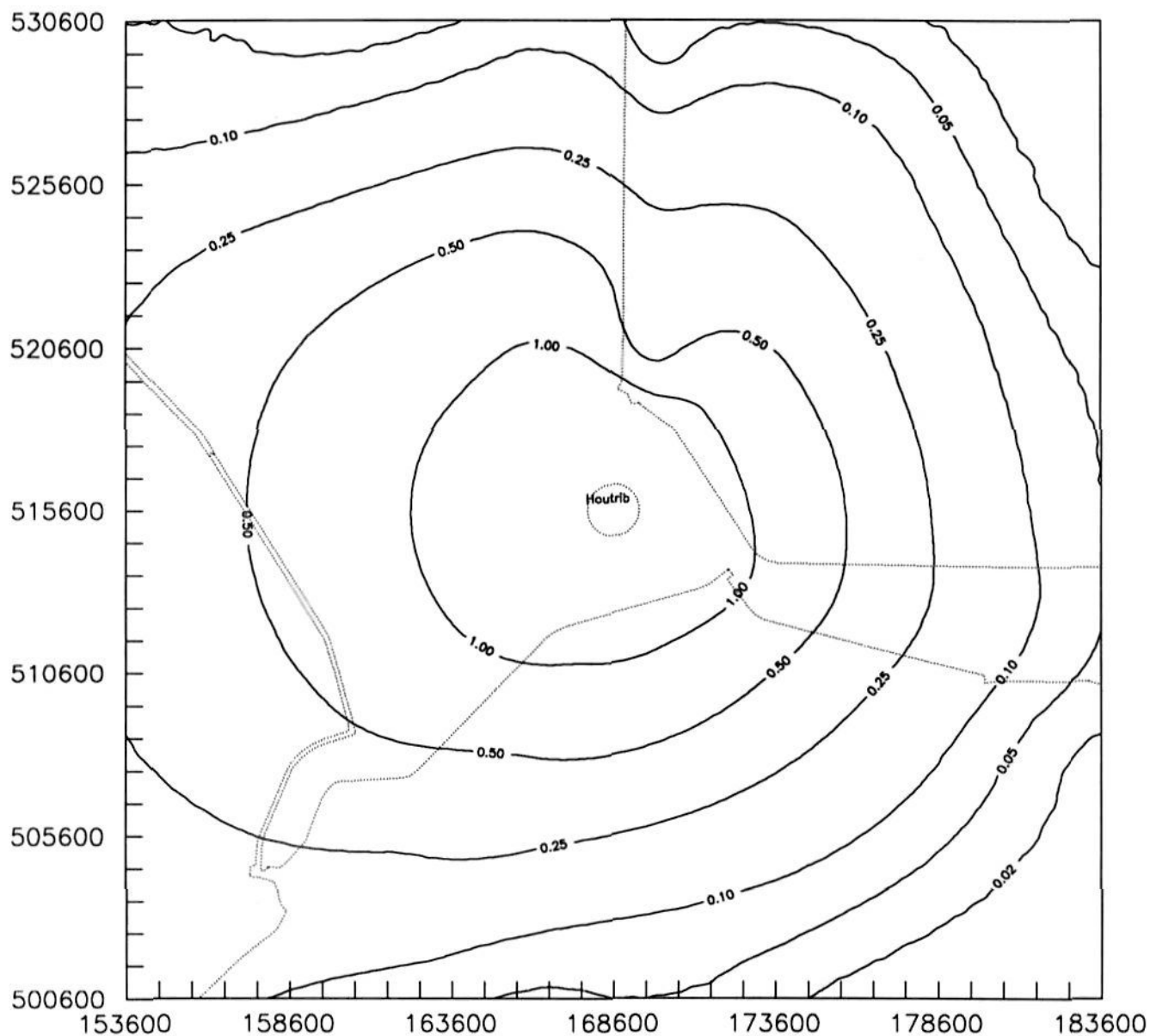
Verfijnd netwerk in de omgeving van zandw. IJsselmeer Houtrib



Berekende stijghoogten 1e wvp [m tov NAP] omgeving IJsselmeer Houtrib
Referentiesituatie



Berekende lek deklaag [mm/dag] omgeving IJsselmeer Houtrib
Referentiesituatie

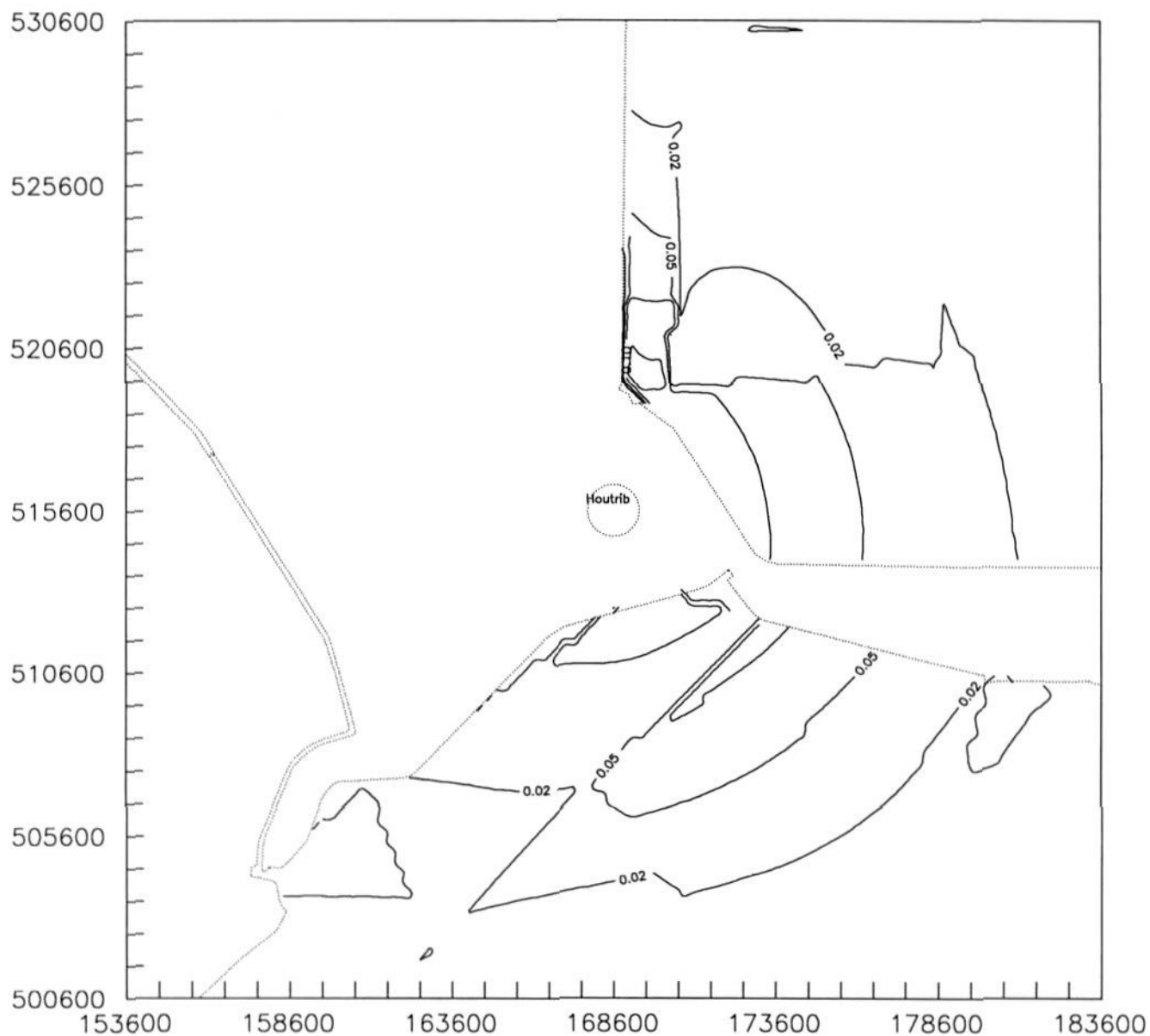


Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. IJsselmeer Houtrib
situatie direct na beeindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 27000 naar volledig voedend

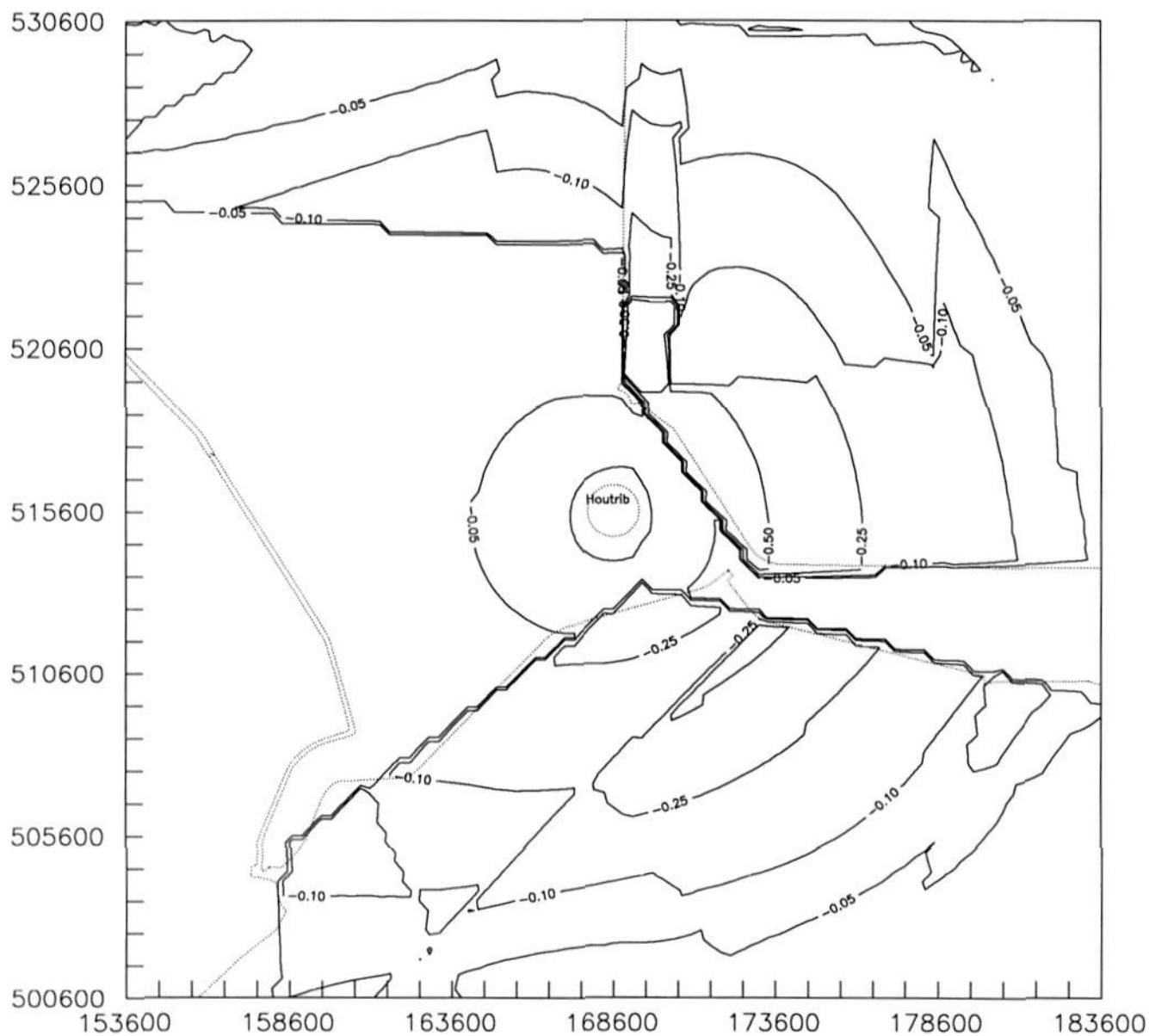
stijghoogteverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



Berekende grondwaterstandsverandering [m] tgv zandw. Houtrib,
situatie direct na beeindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 27000 naar volledig voedend
Drainageweerstand 200 dagen

grondwaterstandsverandering
0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

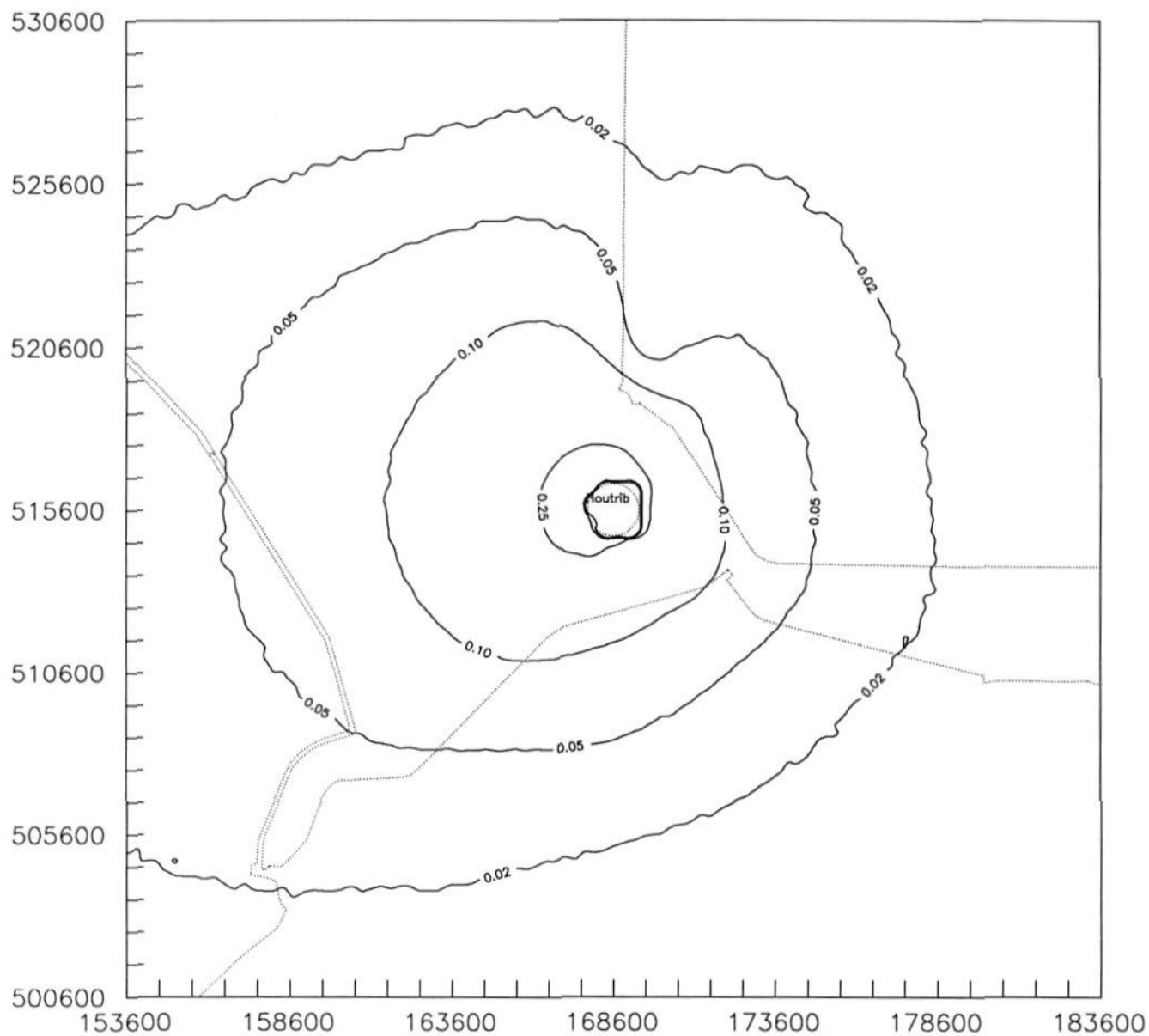


Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. IJsselmeer Houtrib,
situatie direct na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 27000 naar volledig voedend

lekverandering

-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1

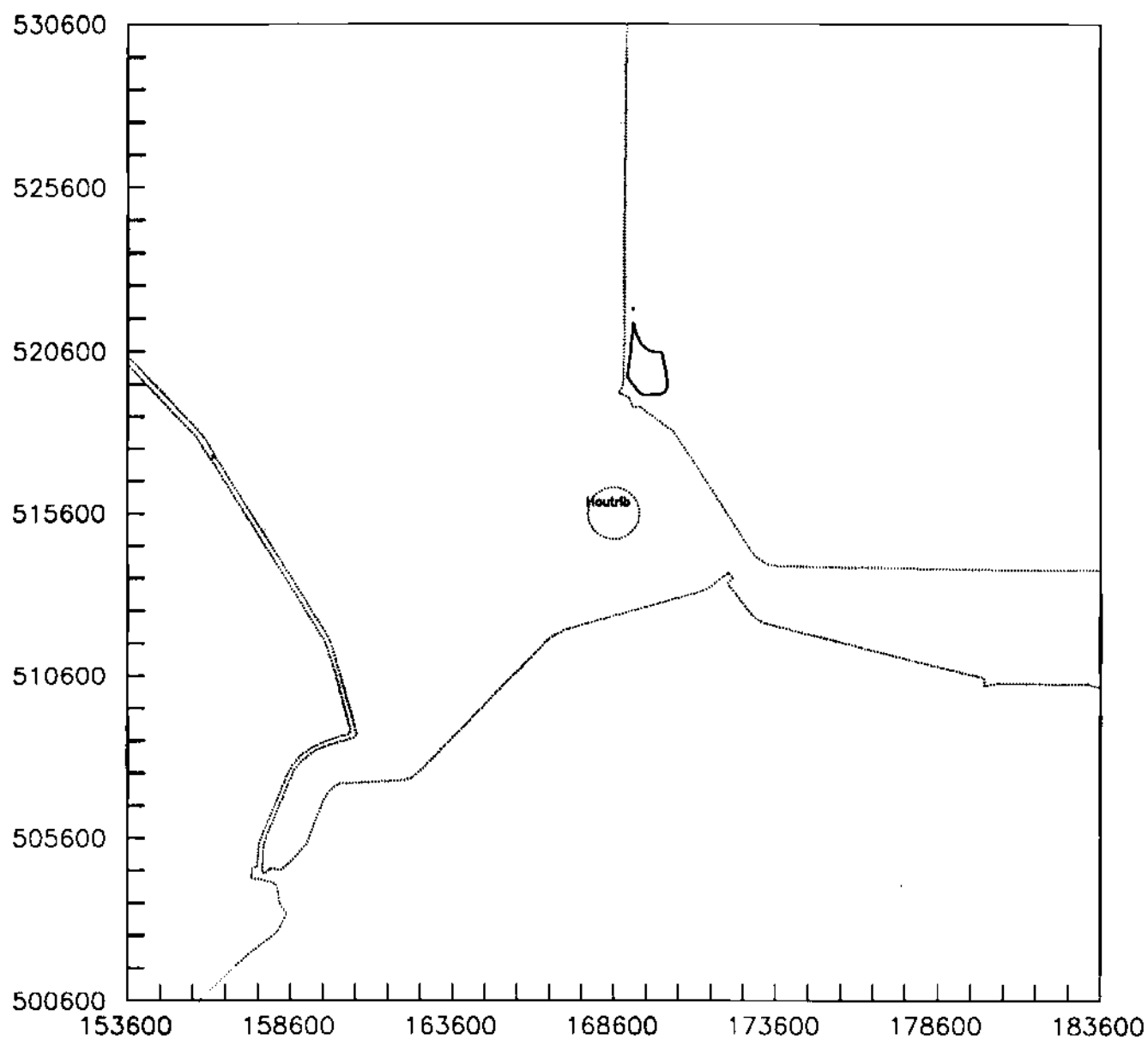


Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. IJsselmeer Houtrib,
situatie enige tijd na beeindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 27000 naar 300 dagen

stijghoogteverandering

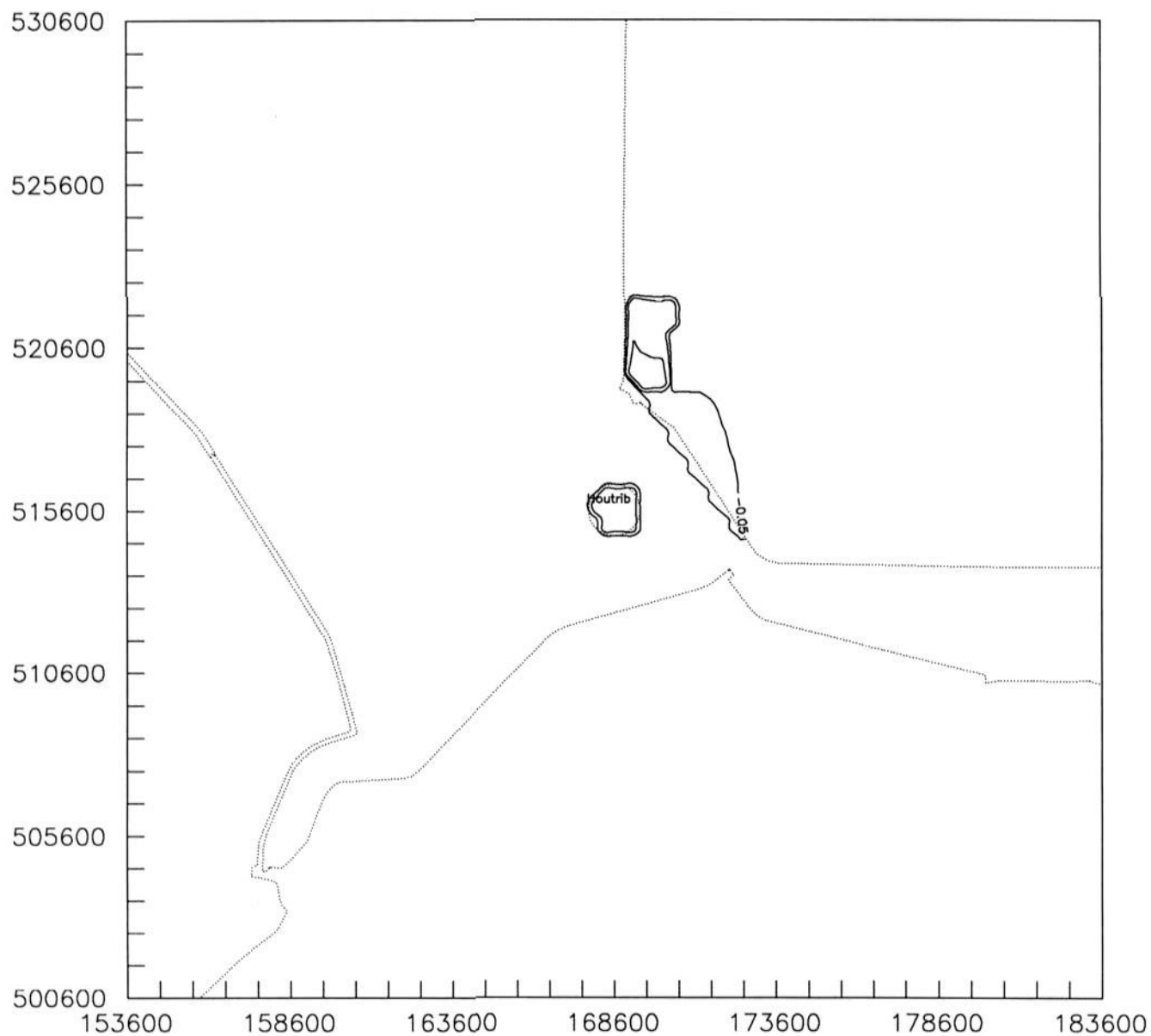
0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



Berekende grondwaterstandsverandering [m] tgv zandw. Houtrib,
situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 27000 naar 300 dagen
Drainageweerstand 200 dagen

grondwaterstandsverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

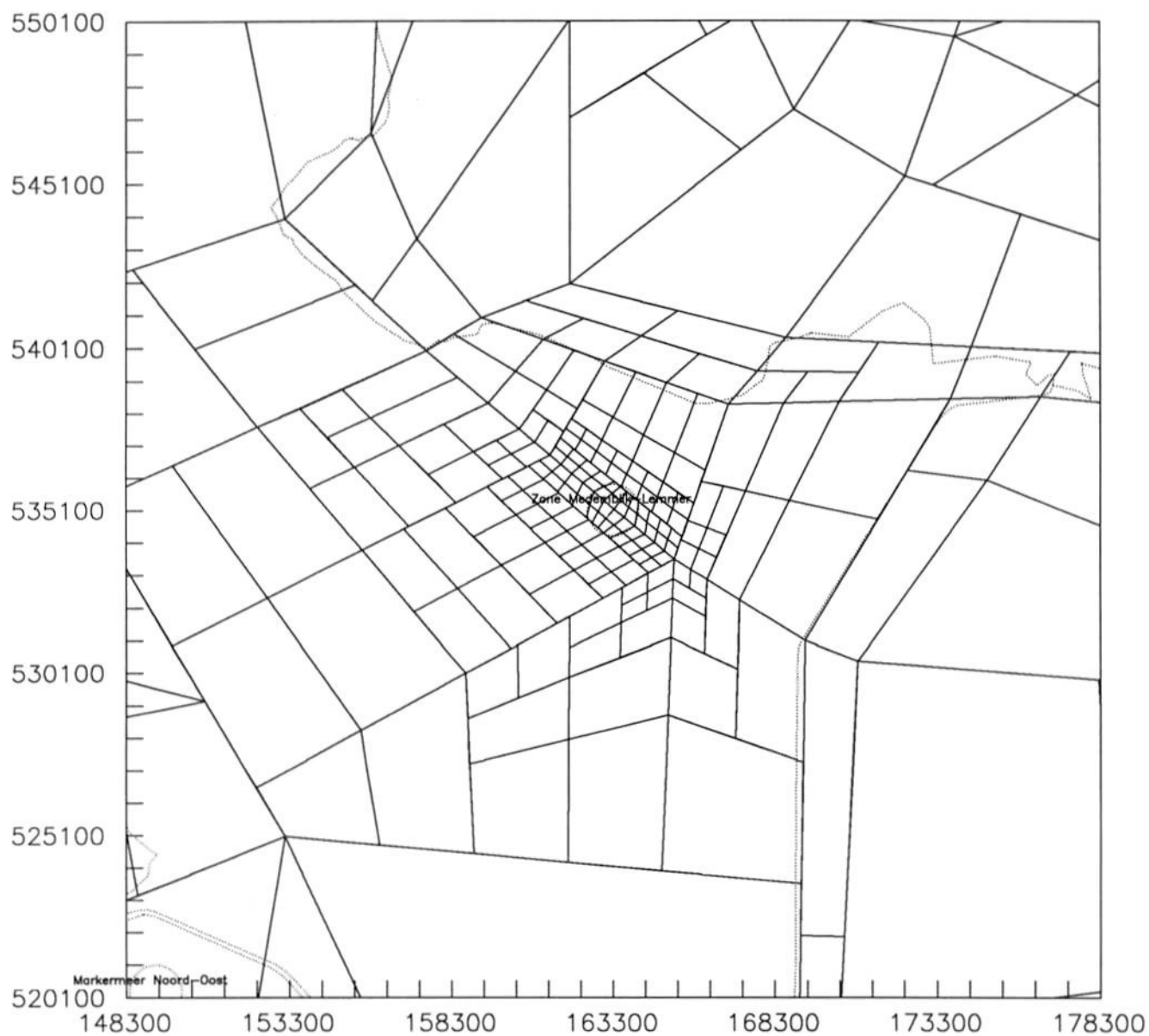


Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. IJsselmeer Houtrib,
situatie enige tijd na beeindiging van de zandwinning

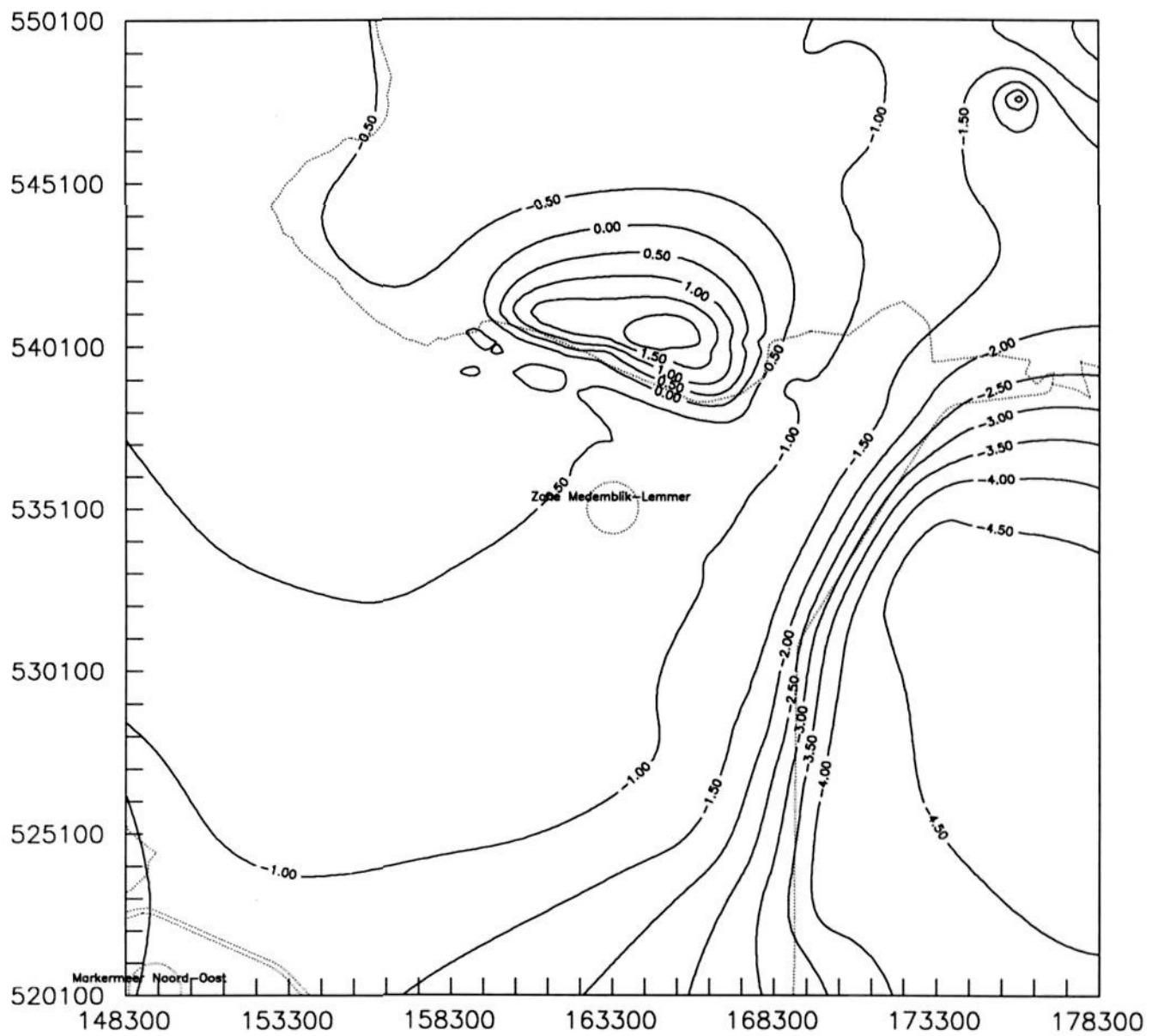
Reductie bodemweerstand van 27000 naar 300 dagen

lekverandering

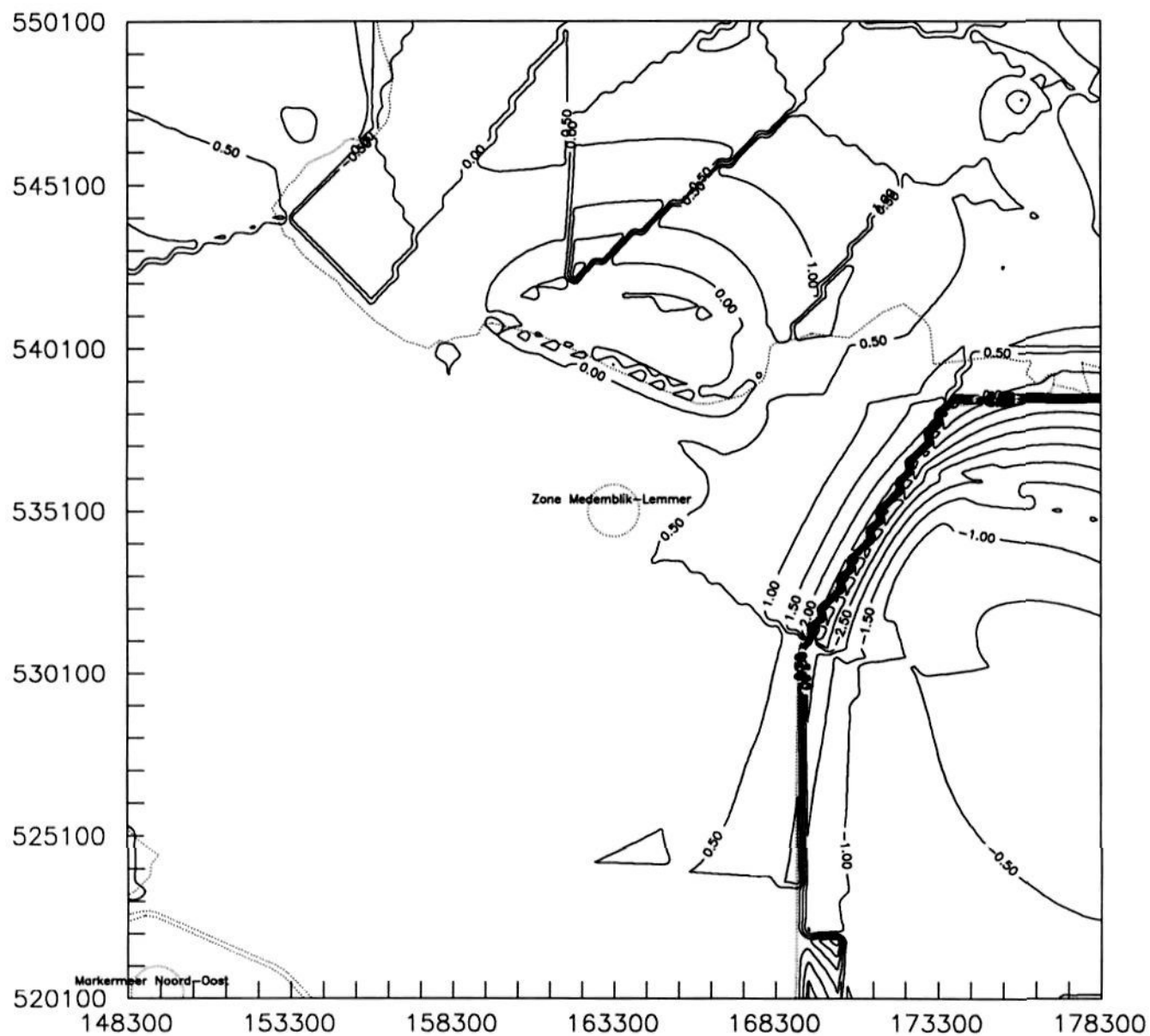
-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1



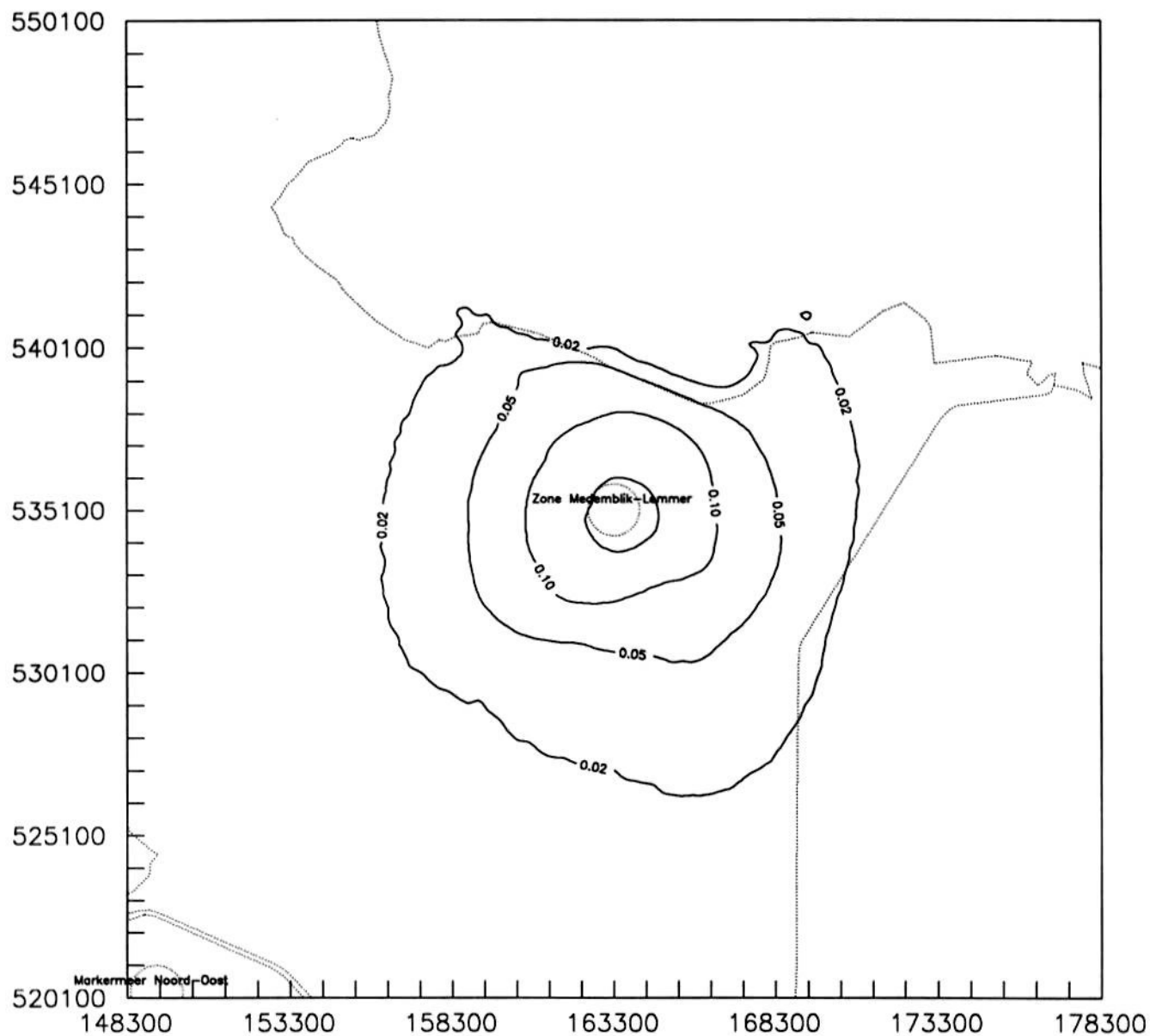
Verfijnd netwerk in de omgeving van zandw. zone Medemblik-Lemmer



Berekende stijghoogten 1e wvp [m tov NAP] omgeving zone Medemblik-Lemmer
Referentiesituatie



Berekende lek deklaag [mm/dag] in de omgeving zone Medemblik-Lemmer
Referentiesituatie

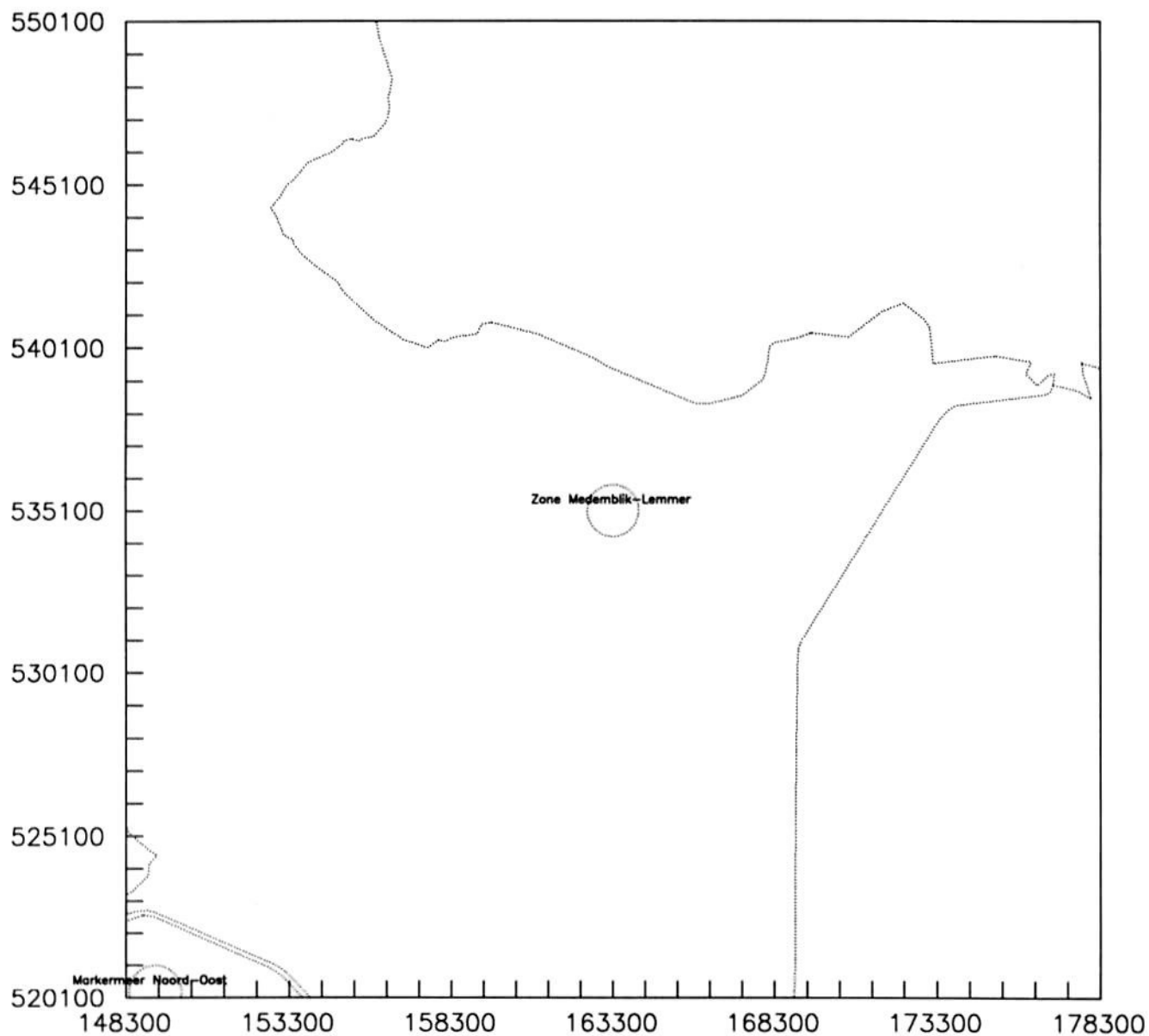


Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m], tgv zandw. zone Medemblik-Lemmer,
situatie direct na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 1002 naar volledig voedend

stijghoogteverandering

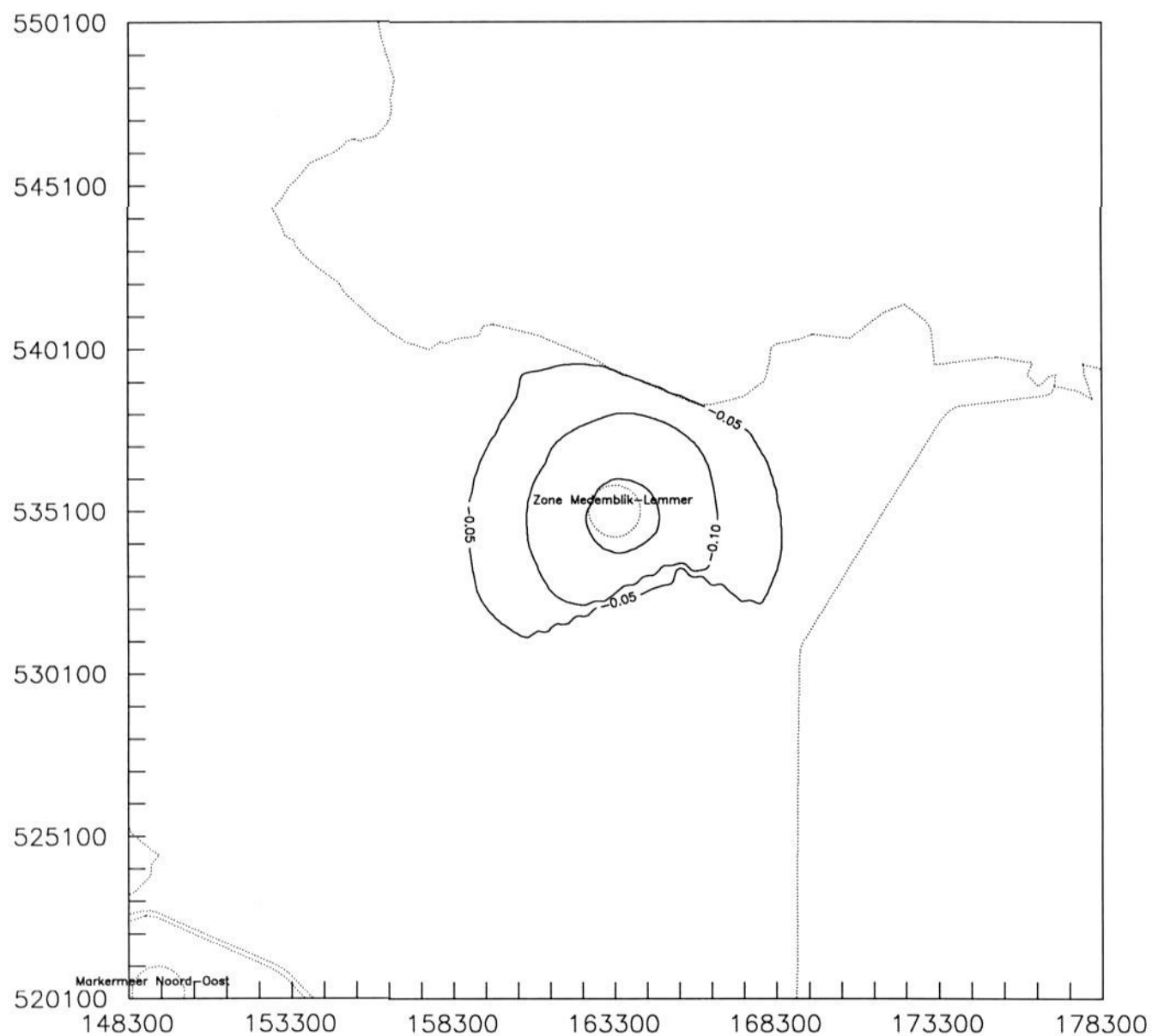
0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



Berekende grondwaterstandsverandering [m] tgv zandw. zone Medemblik-Lemmer,
situatie direct na beeindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 4002 naar volledig voedend
Drainageweerstand 200 dagen

grondwaterstandsverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

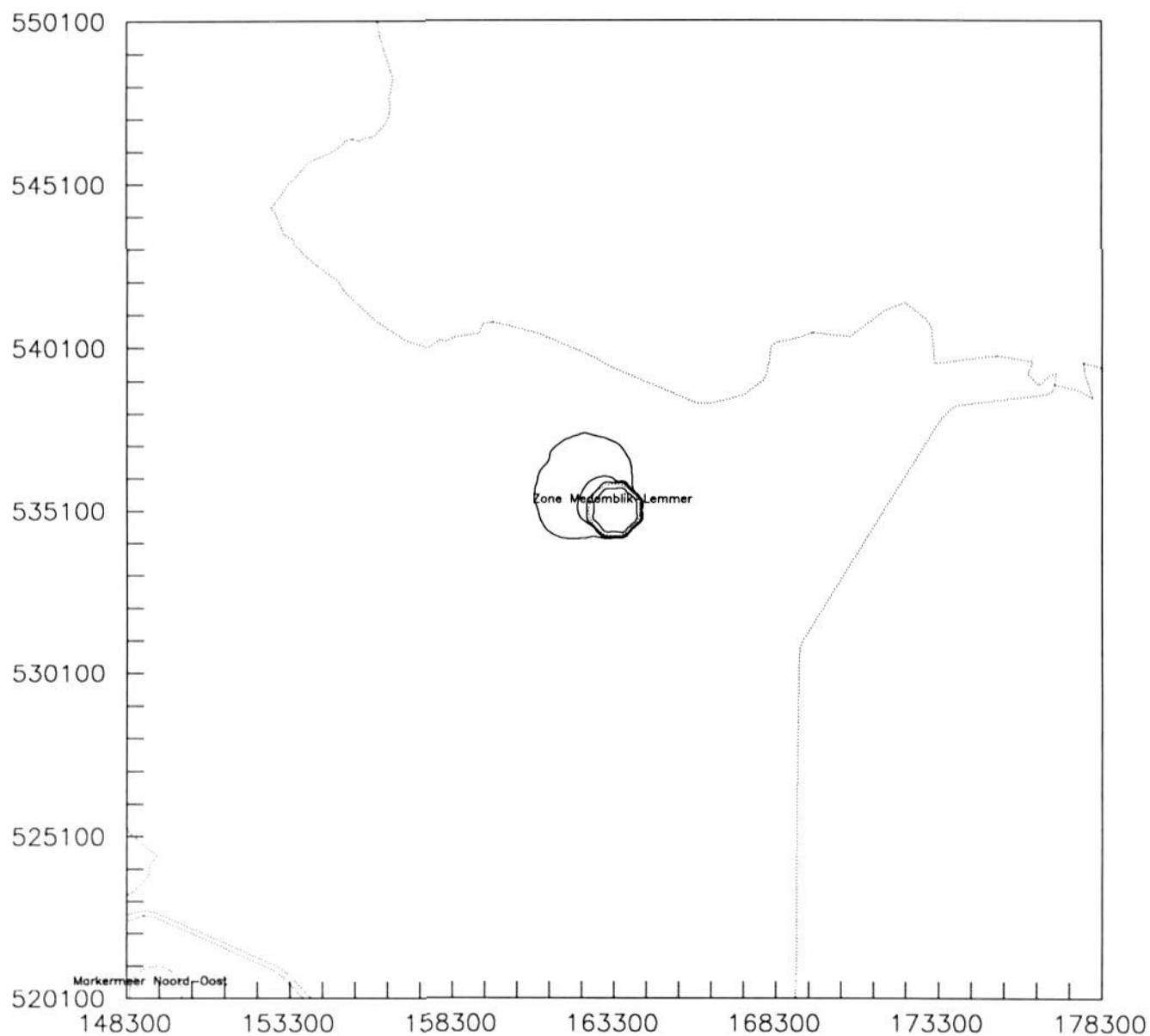


Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. zone Medemblik-Lemmer,
situatie direct na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 1002 naar volledig voedend

lekverandering

-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1

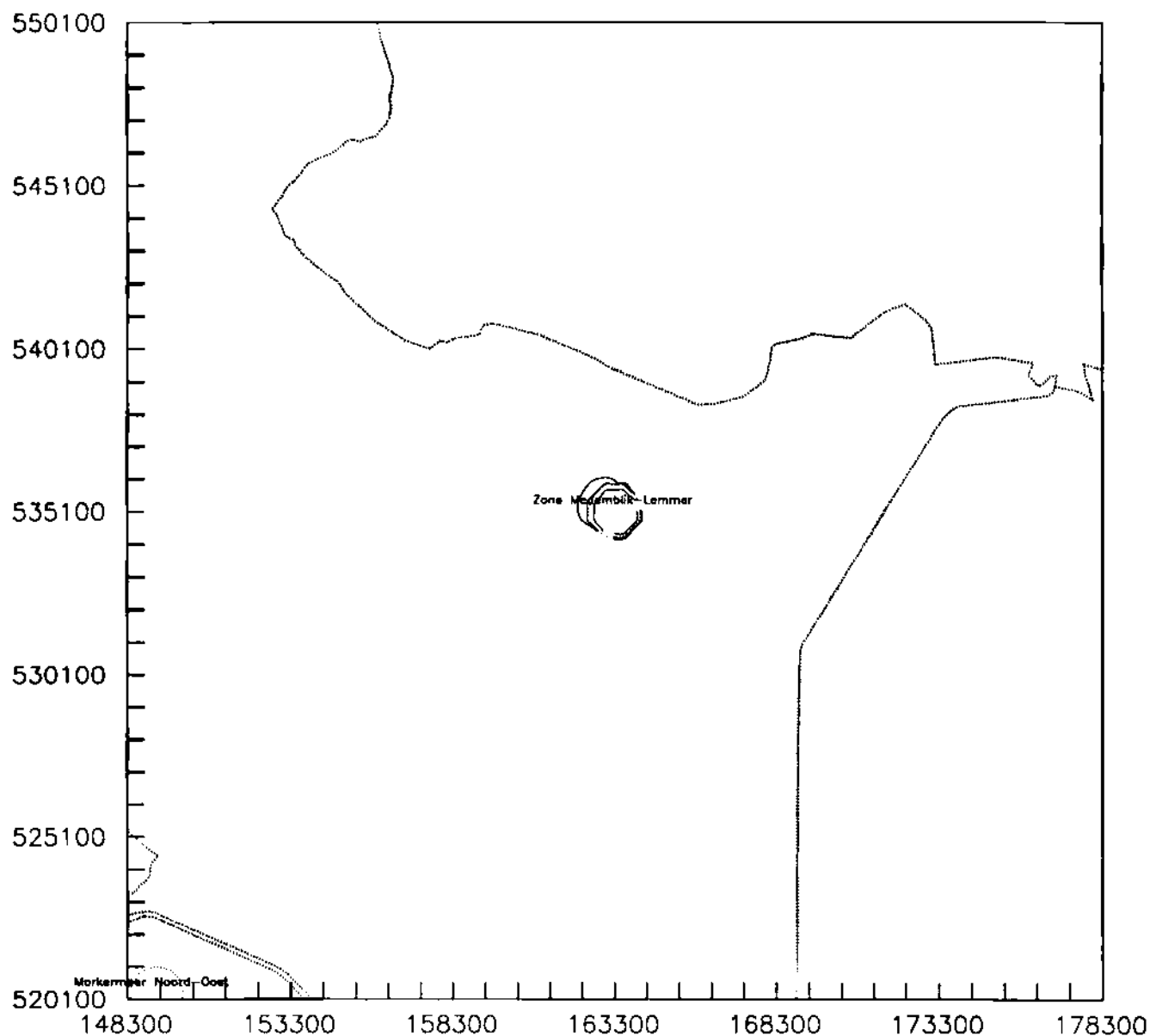


Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. zone Medemblik-Lemmer,
situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 1002 naar 300 dagen

stijghoogteverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

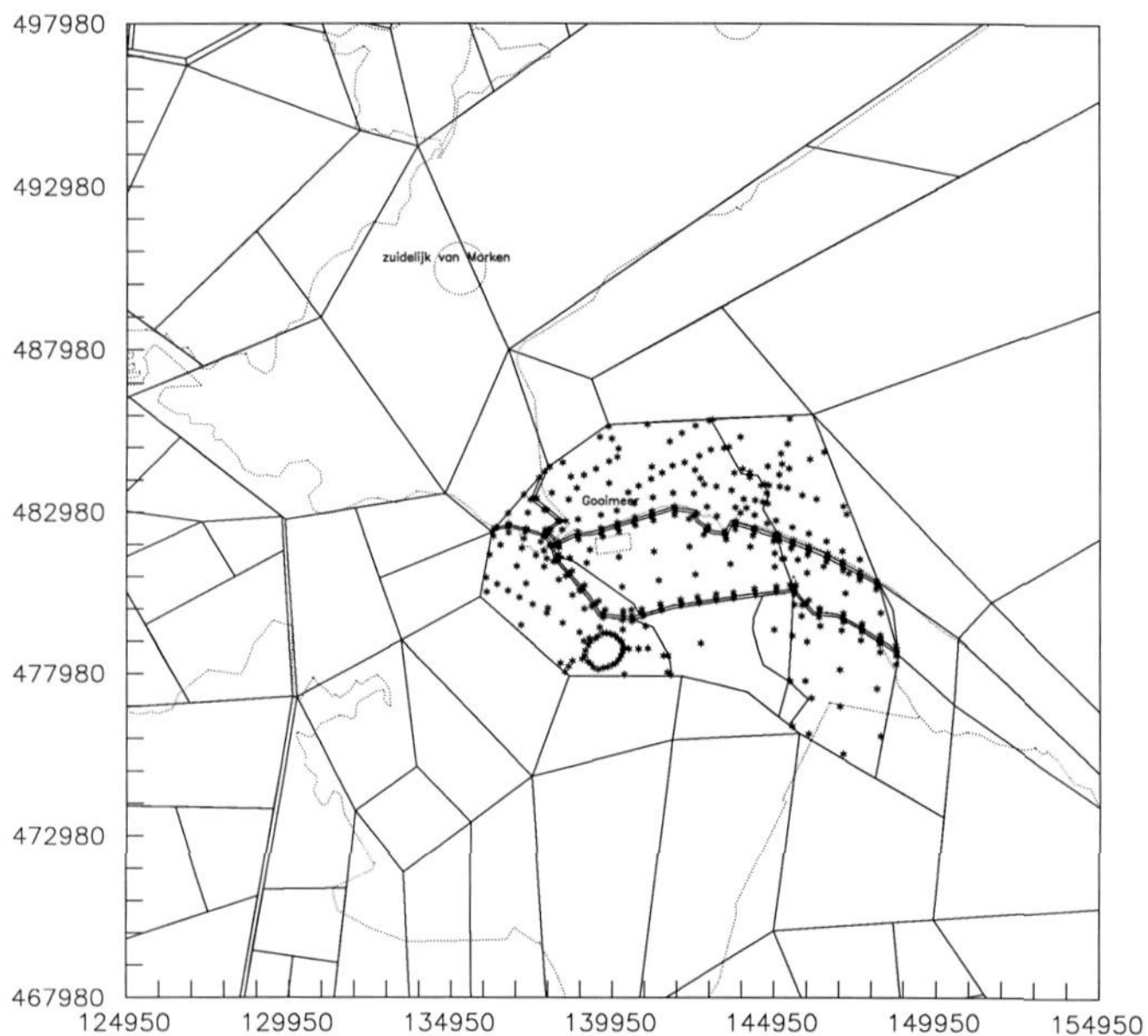


Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. zone Medemblik-Lemmer,
situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning

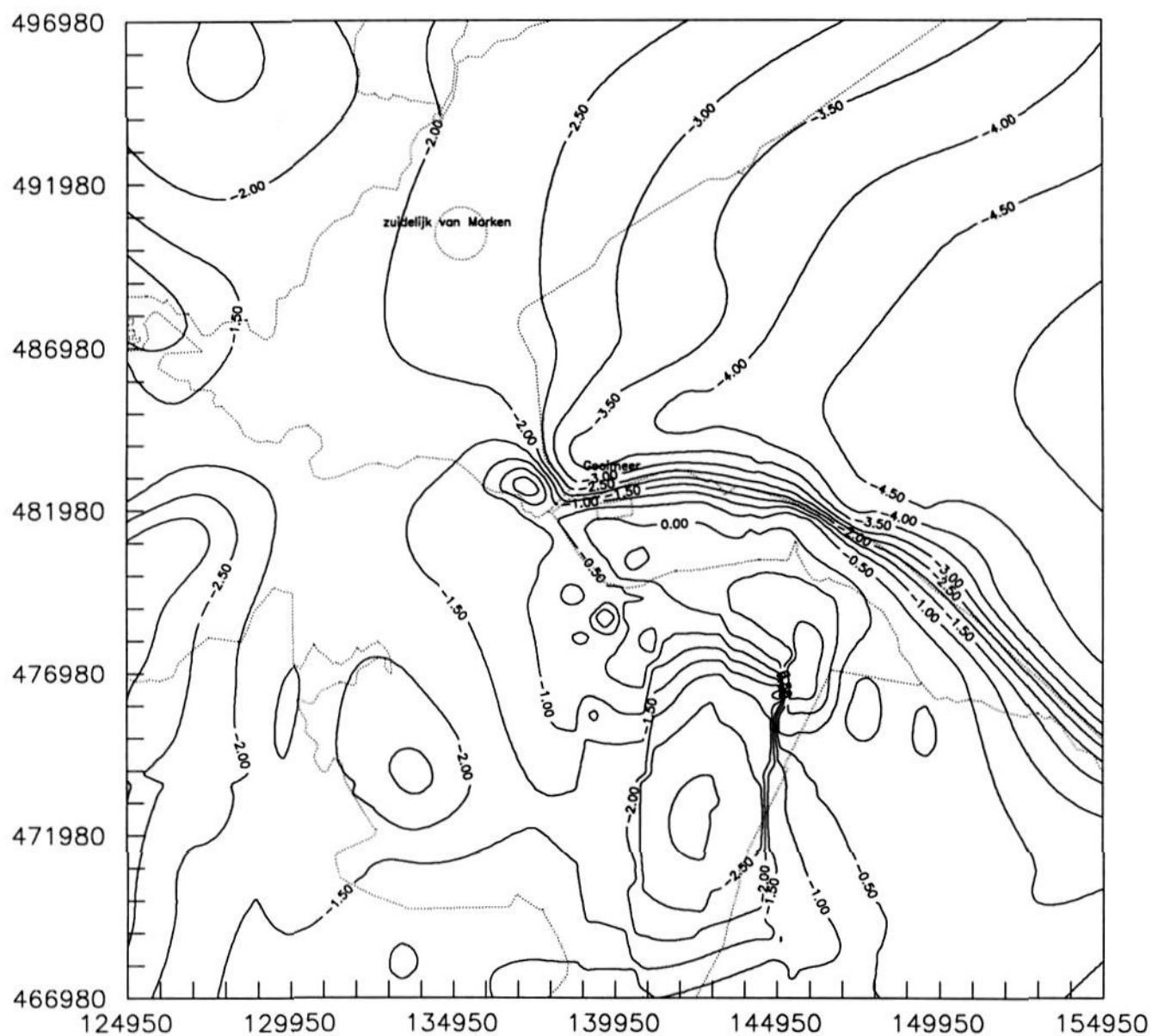
Reductie bodemweerstand van 1002 naar 300 dagen

lekverandering

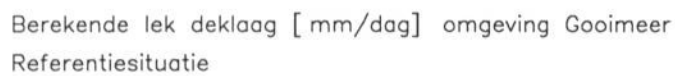
-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1

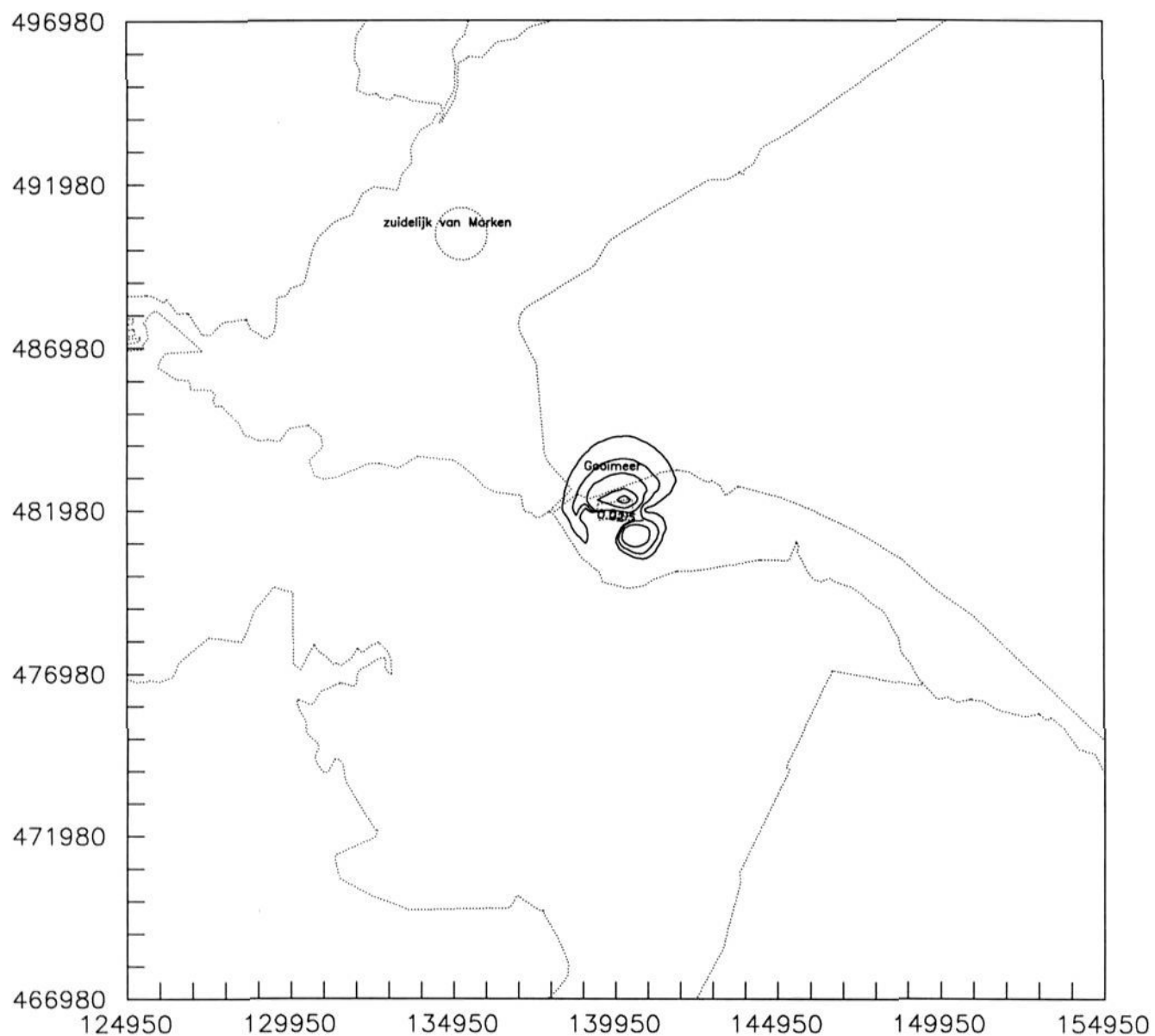


Netwerk aangepast model met varelpunten in de omgeving van zandw. Gooimeer



Berekende stijghoogten 1e wvp [m tov NAP] omgeving Gooimeer
Referentiesituatie

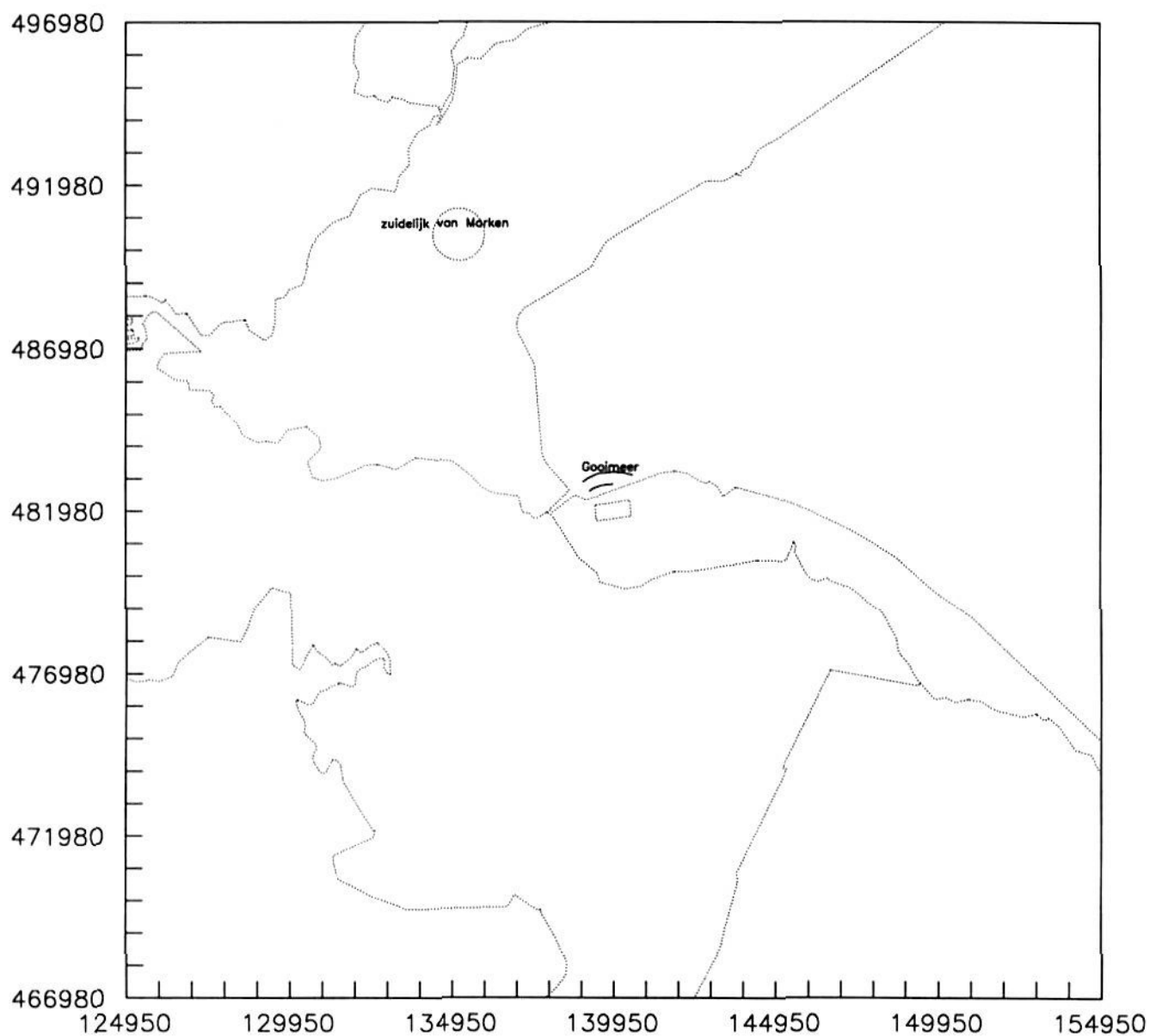




Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. Gooimeer,
zandw. 500X1000, situatie direct na beeindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 102 naar volledig voedend

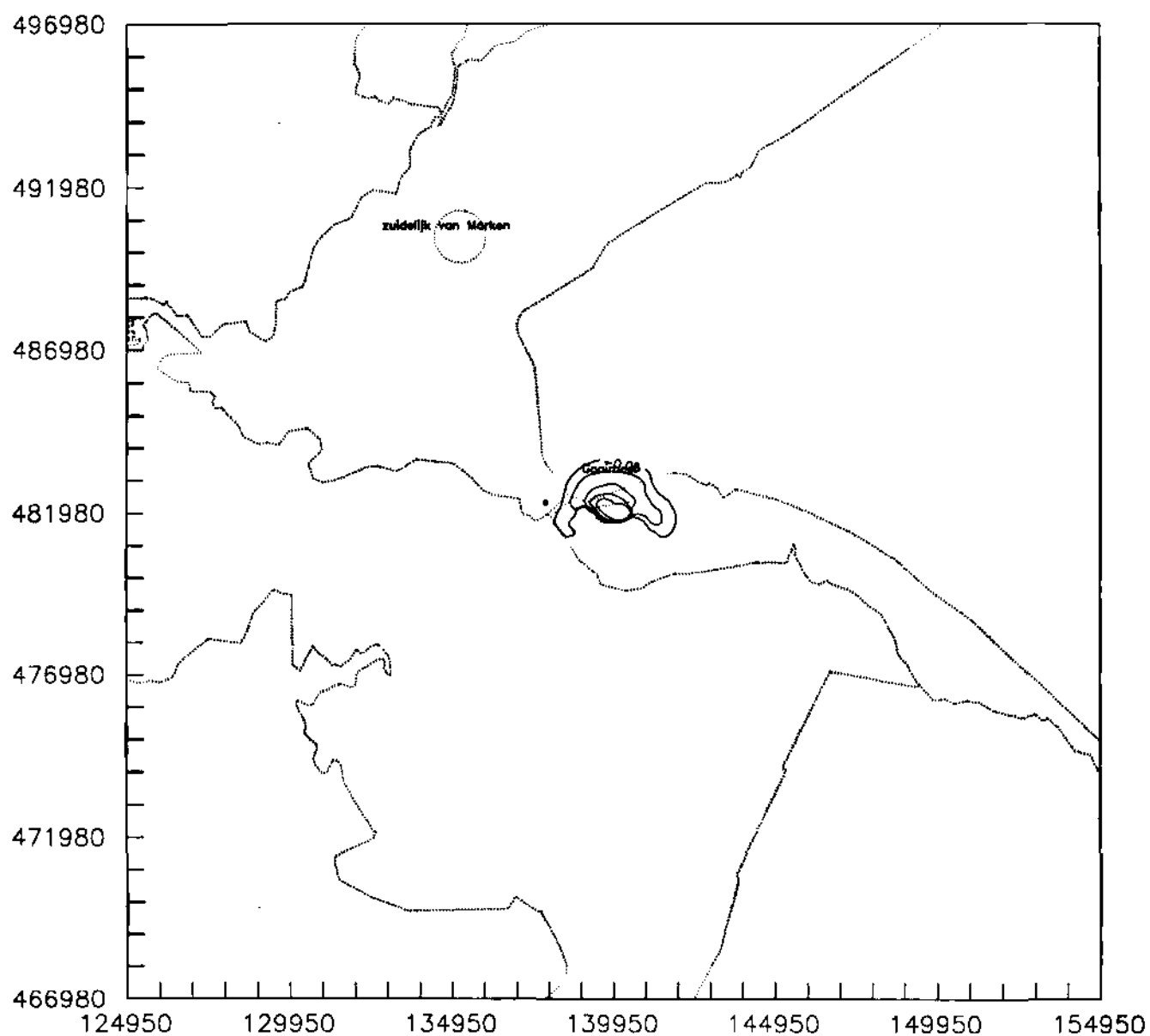
stijghoogteverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



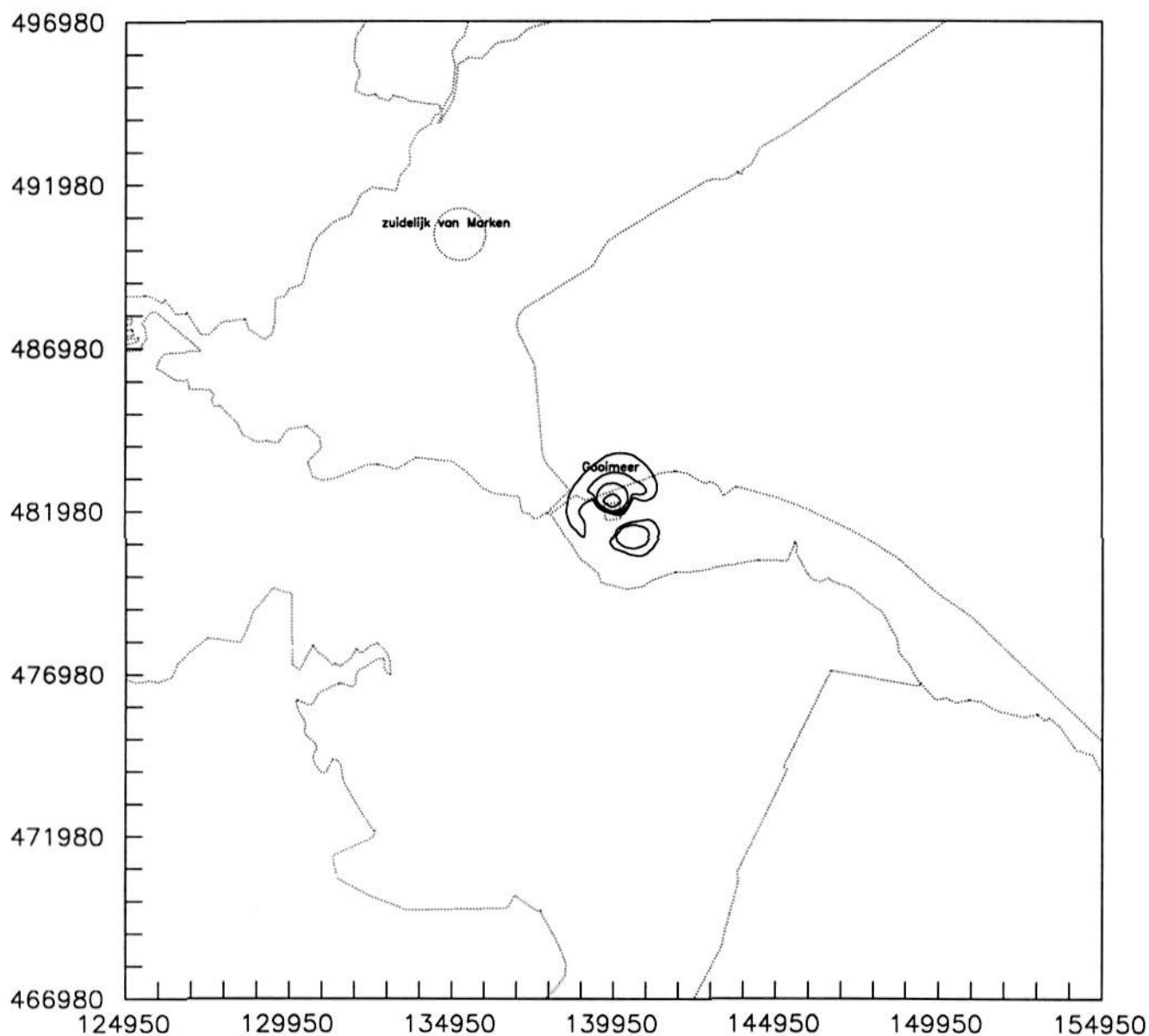
Berekende grondwaterstandsverandering [m] tgv zandw. Gooimeer,
situatie direct na beeindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 102 naar volledig voedend
Drainageweerstand 200 dagen

grondwaterstandsverandering
0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. Gooimeer,
zandw. 500x1000, situatie direct na beëindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 102 naar volledig voedend

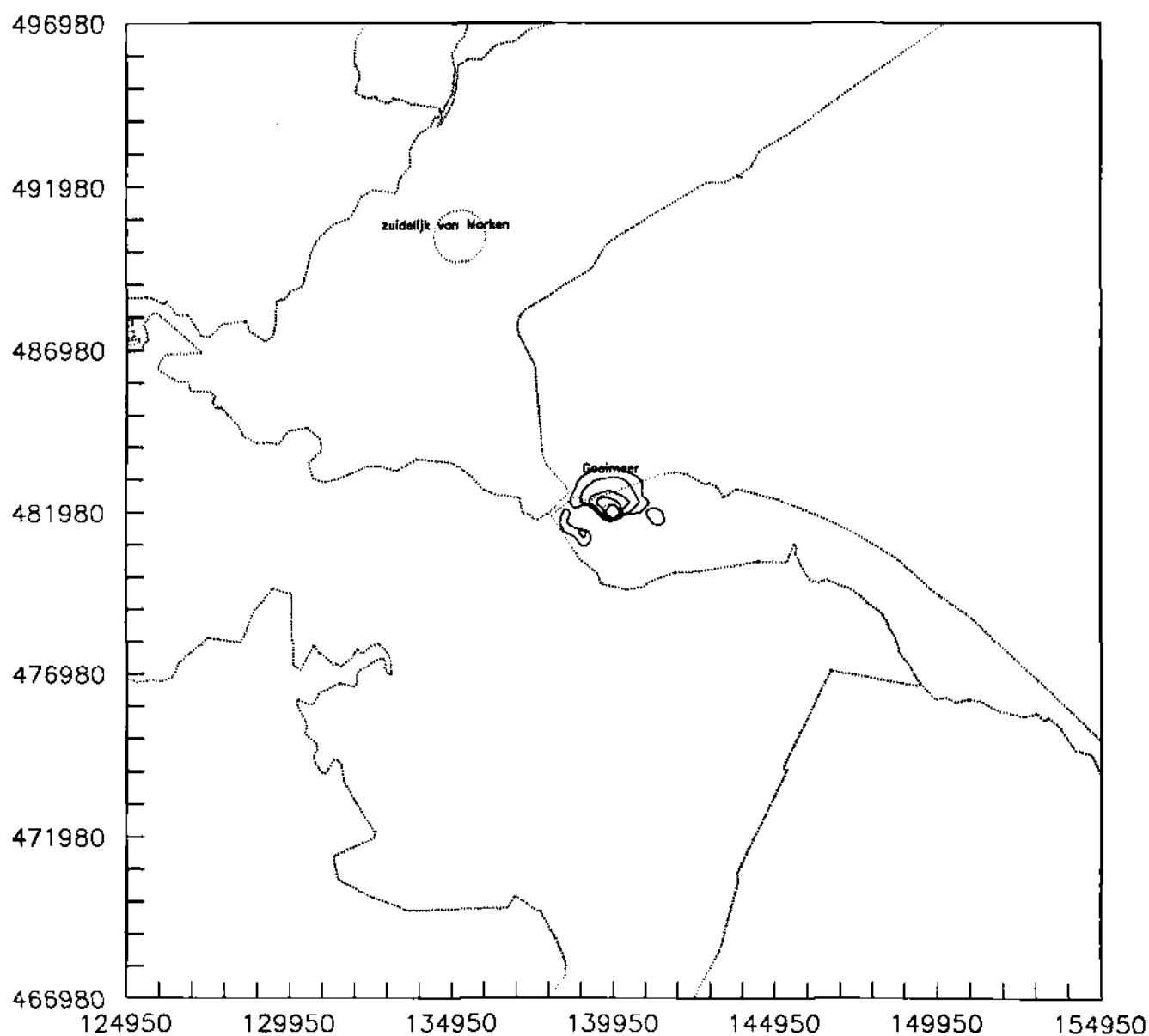
lekverandering
-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1



Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. Gooimeer,
zandw. 500x500, situatie direct na beeindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 102 naar volledig voedend

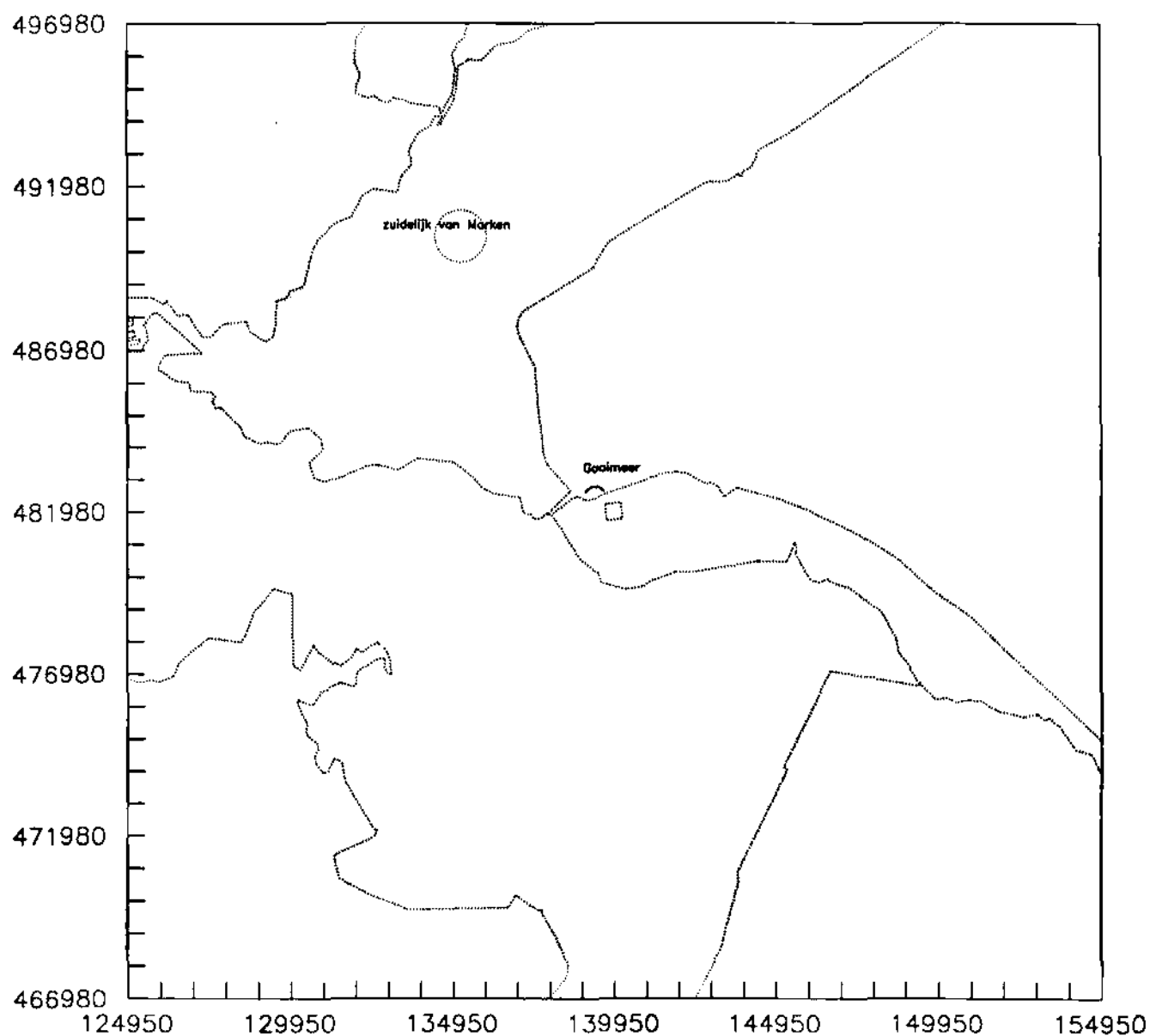
stijghoogteverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



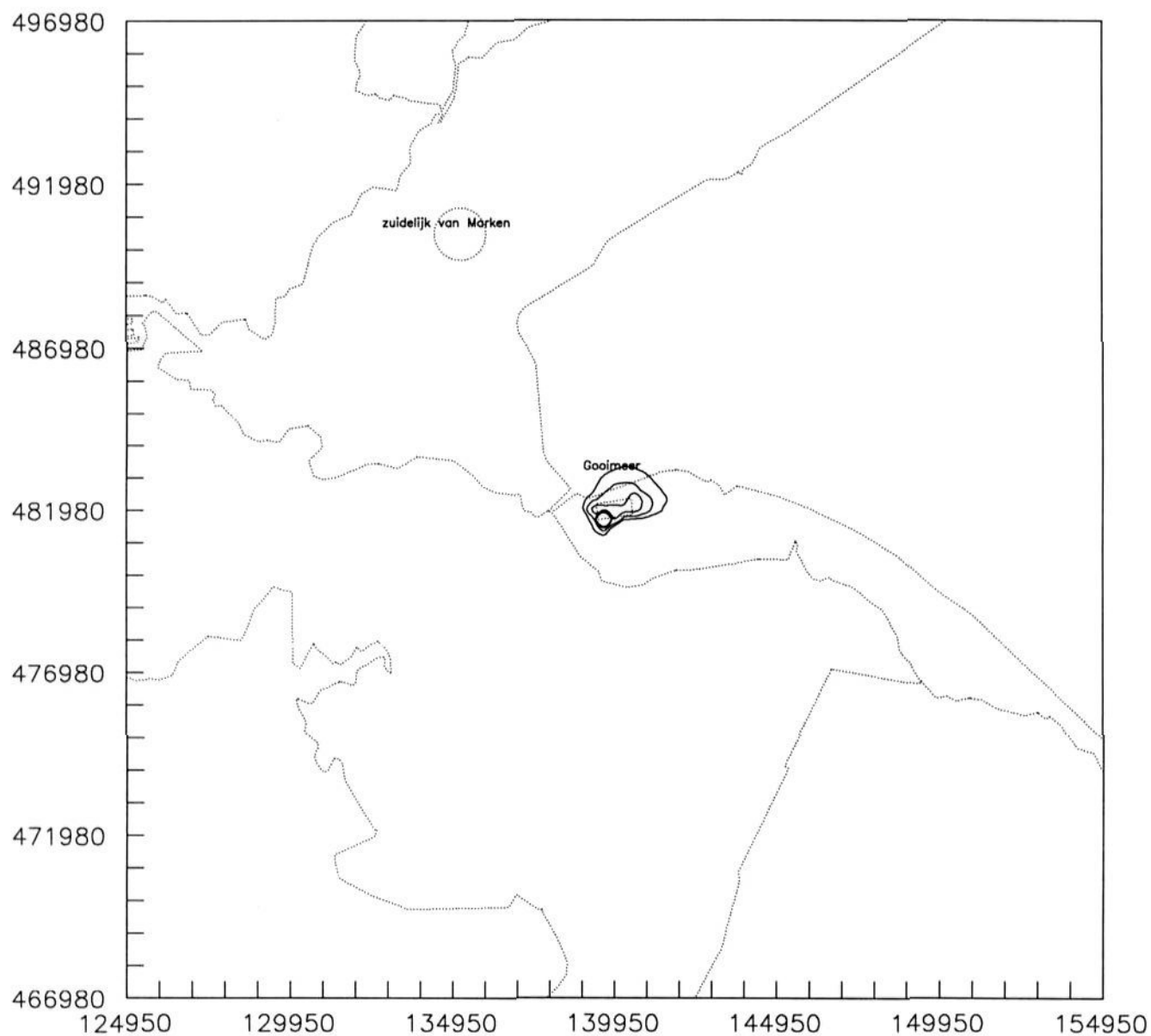
Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. Gooimeer,
zandw. 500x500, situatie direct na beeindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 102 naar volledig voedend

lekverandering
-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1



Berekende grondwaterstandsverandering [m] tgv zandw. Gooimeer,
situatie direct na beeindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 102 naar volledig voedend
Drainageweerstand 200 dagen

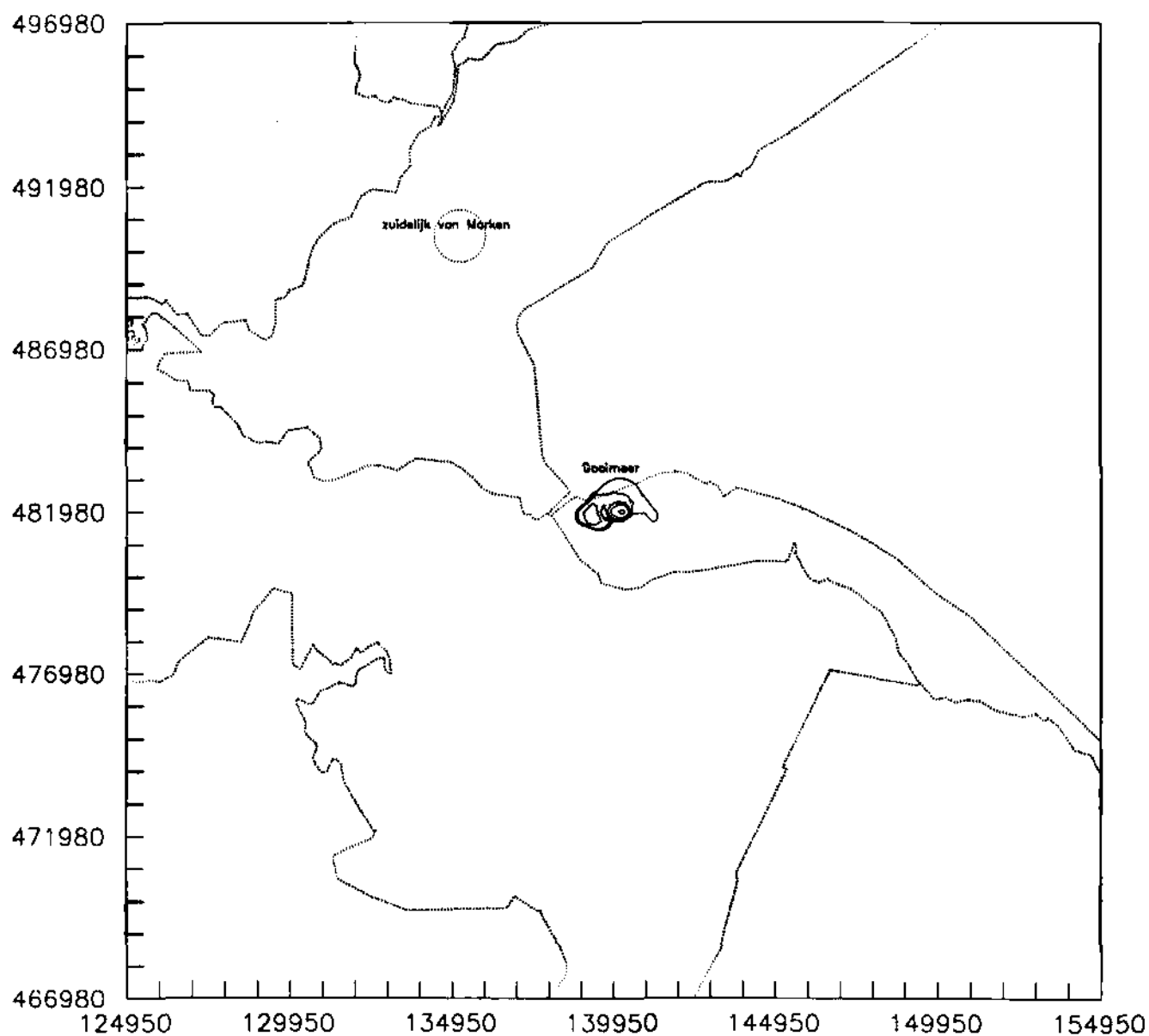
grondwaterstandsverandering
0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. Gooimeer,
zandw. 500x1000, situatie enige tijd na beeindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 102 naar 30 dagen

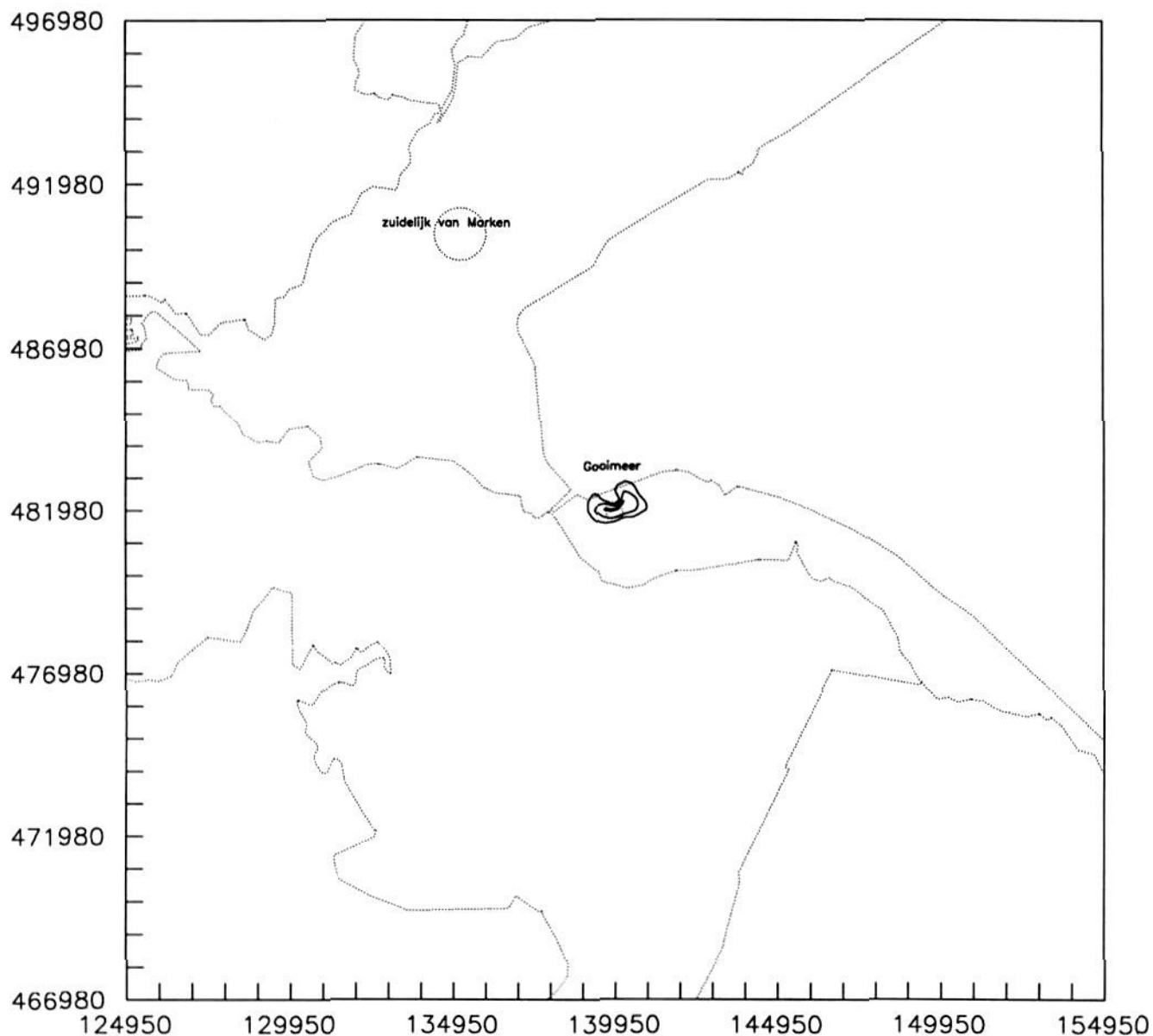
stijghoogteverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



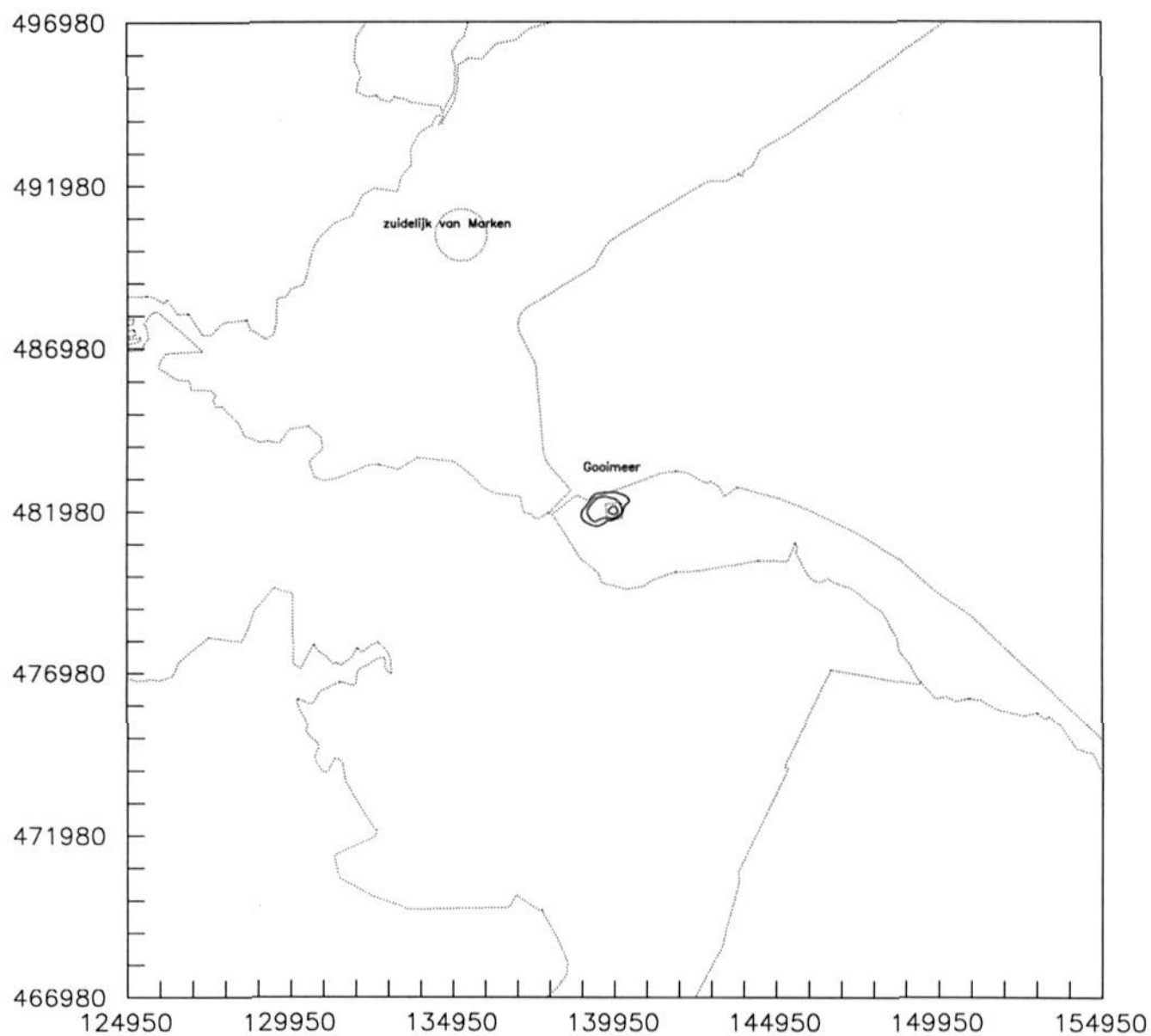
Berekende lekverandering deklaag [mm/dag], tgv zandw. Gooimeer,
zandw. 500x1000, situatie direct na beëindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 102 naar volledig voedend

lekverandering
-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1



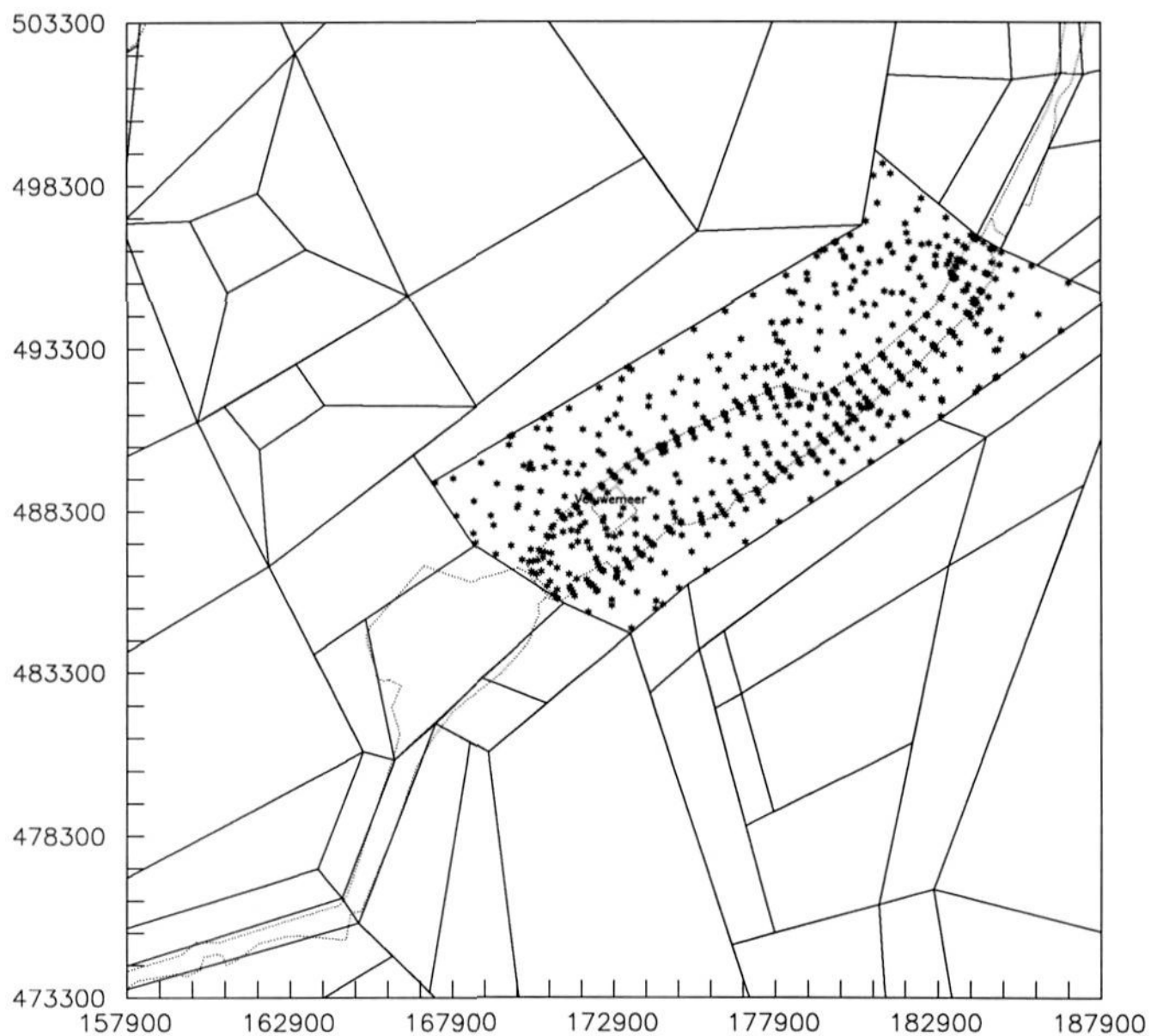
Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m], tgv zandw. Gooimeer,
zandw. 500x500, situatie enige tijd na beeindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 102 naar 30 dagen

stijghoogteverandering
0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

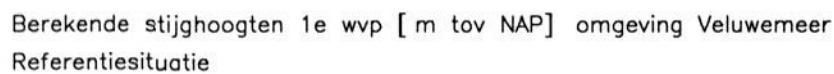


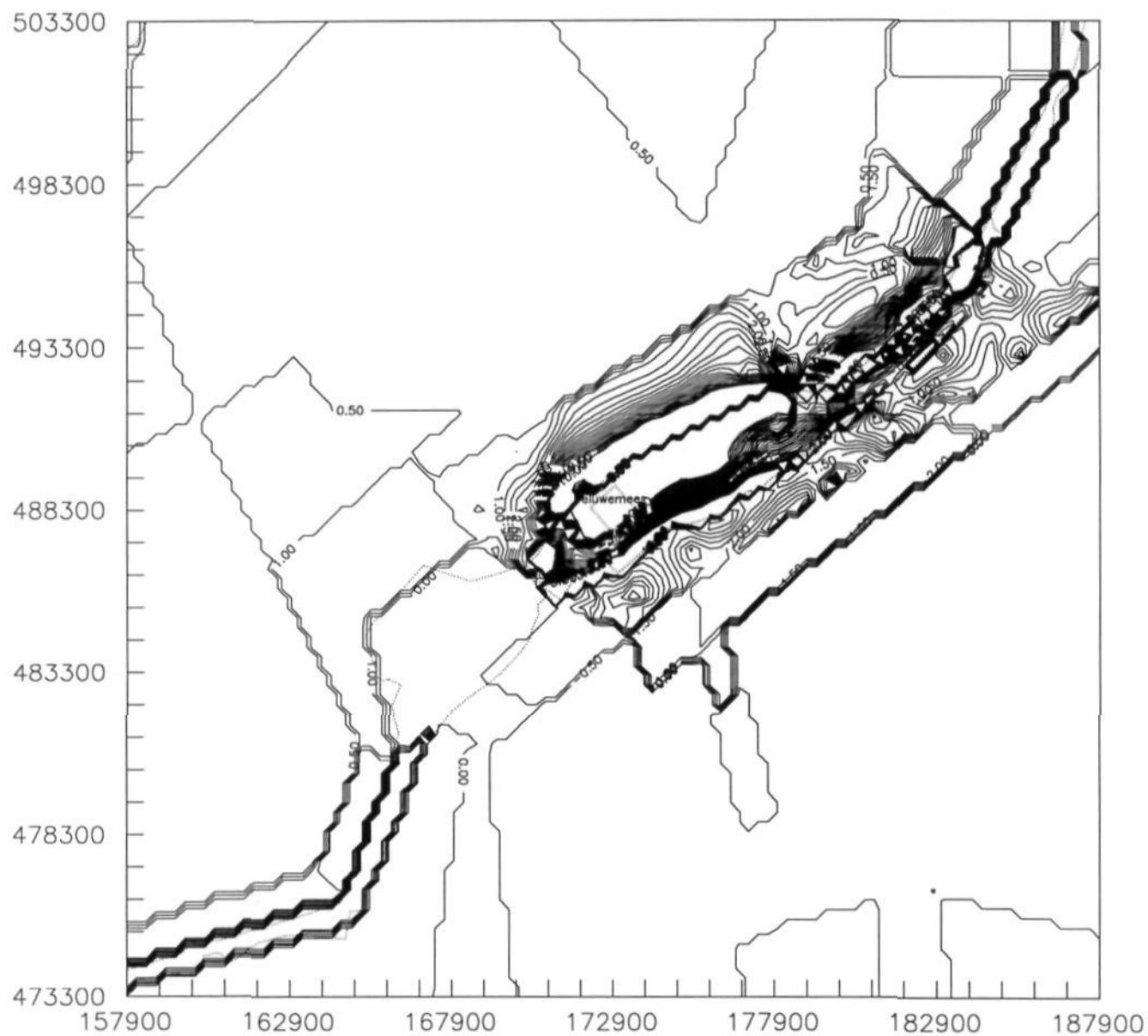
Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. Gooimeer,
zandw. 500x500, situatie direct na beeindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 102 naar 30 dagen

lekverandering
-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1

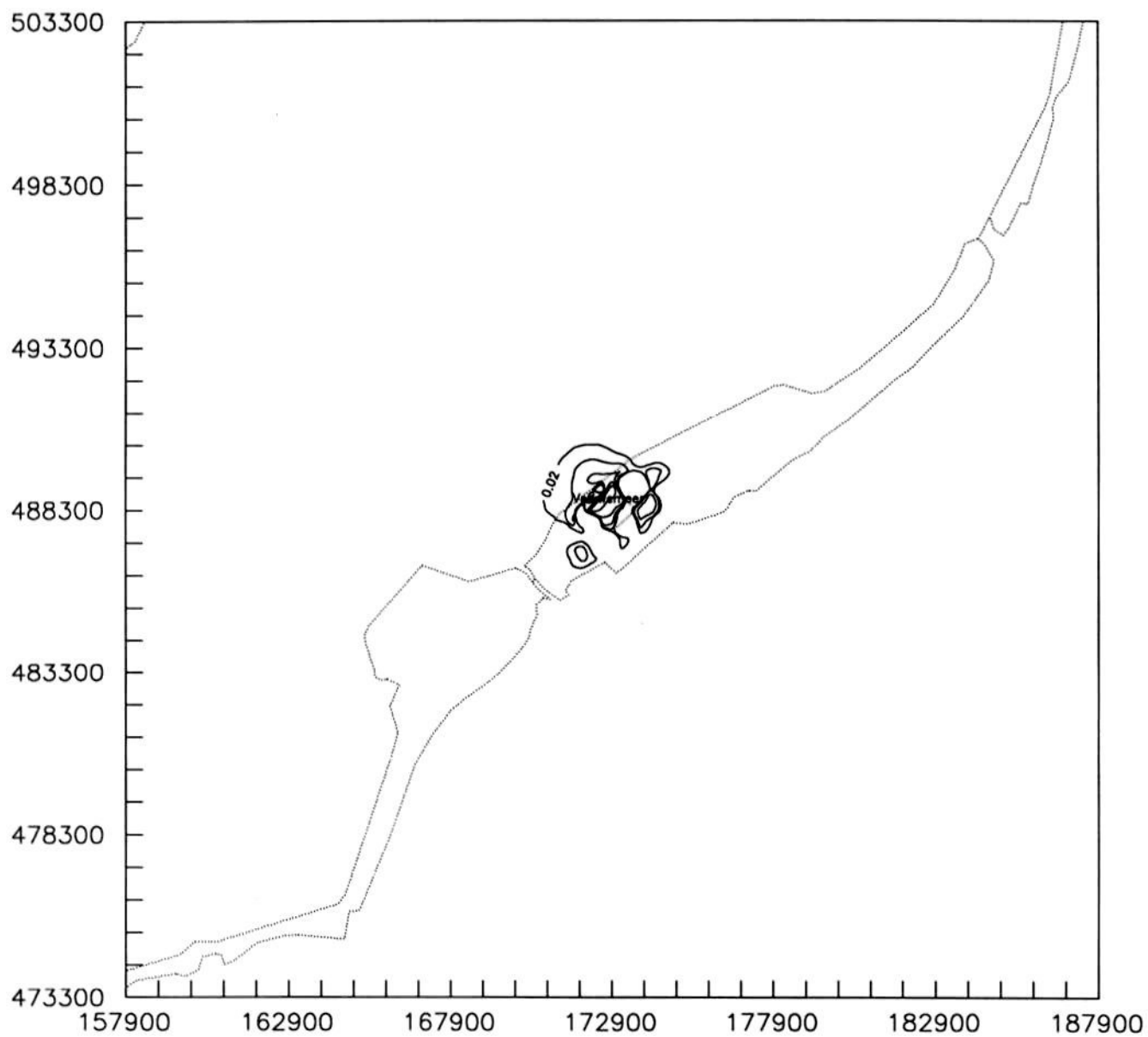


Netwerk aangepast model met varelpunten in de omgeving van zandw. Veluwemeer





Berekende lek deklaag [mm/dag] omgeving Veluwemeer
Referentiesituatie

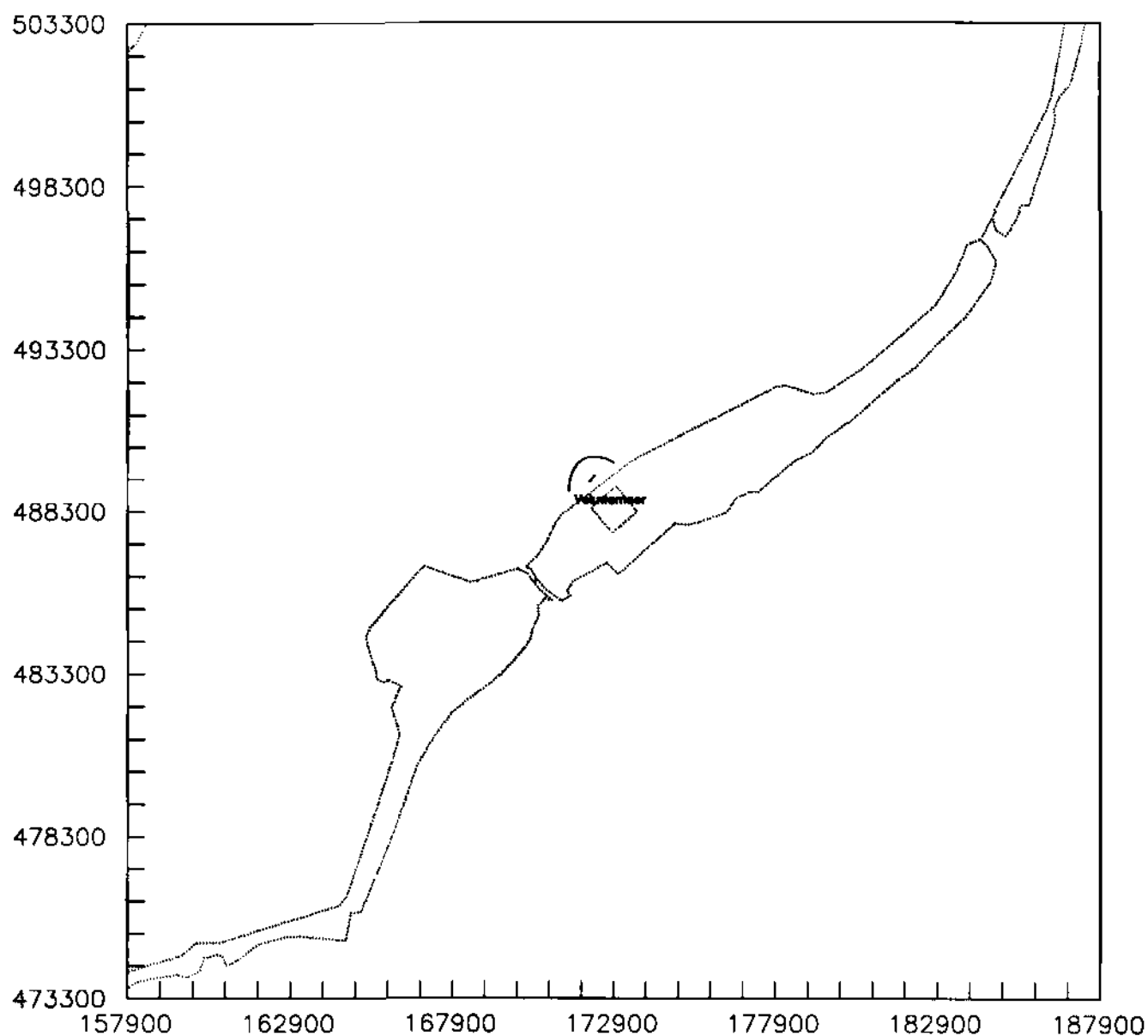


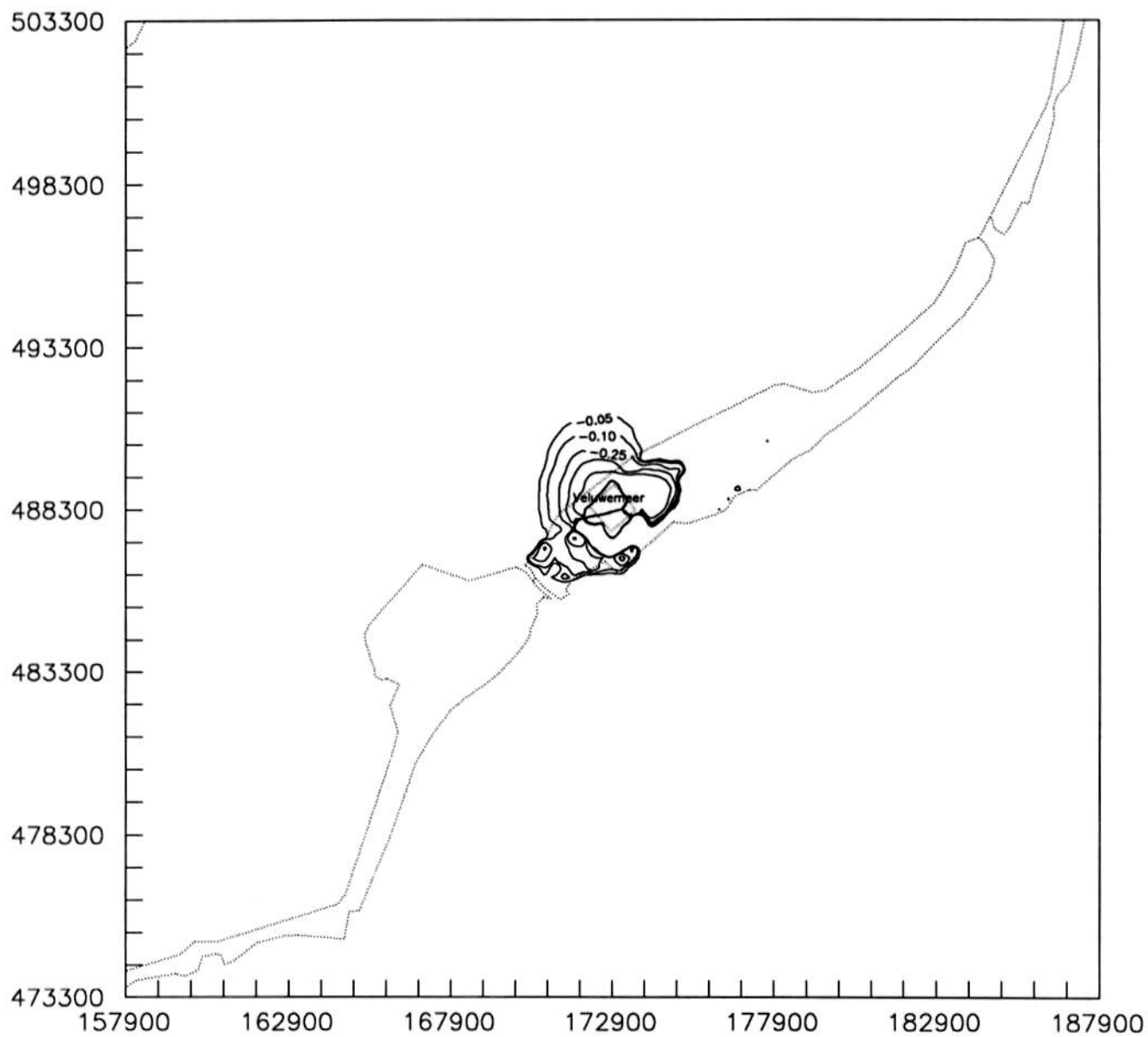
Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. Veluwemeer,
situatie direct na beeindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 30 naar volledig voedend

stijghoogteverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



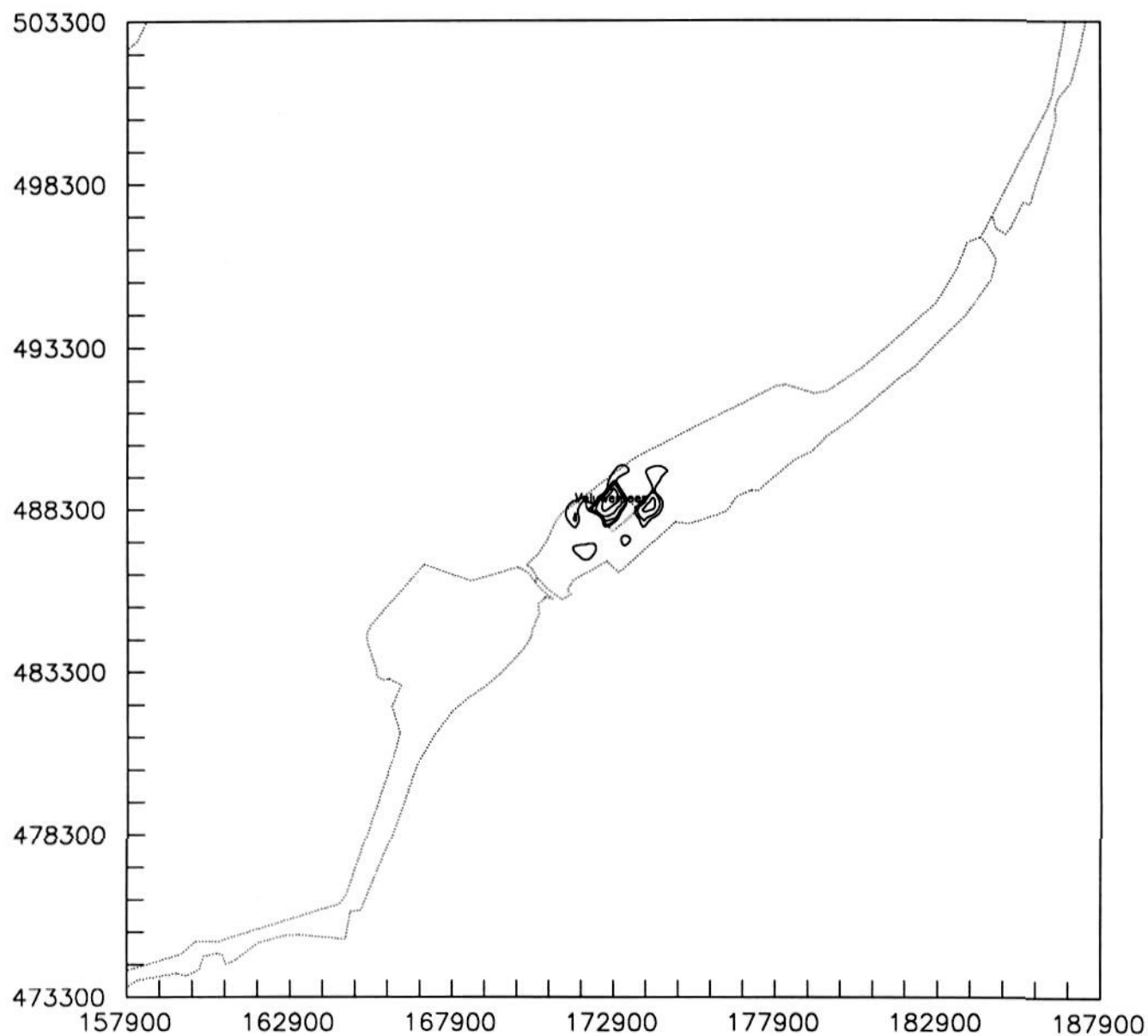


Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. Veluwemeer,
situatie direct na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 30 naar volledig voedend

lekverandering

-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1

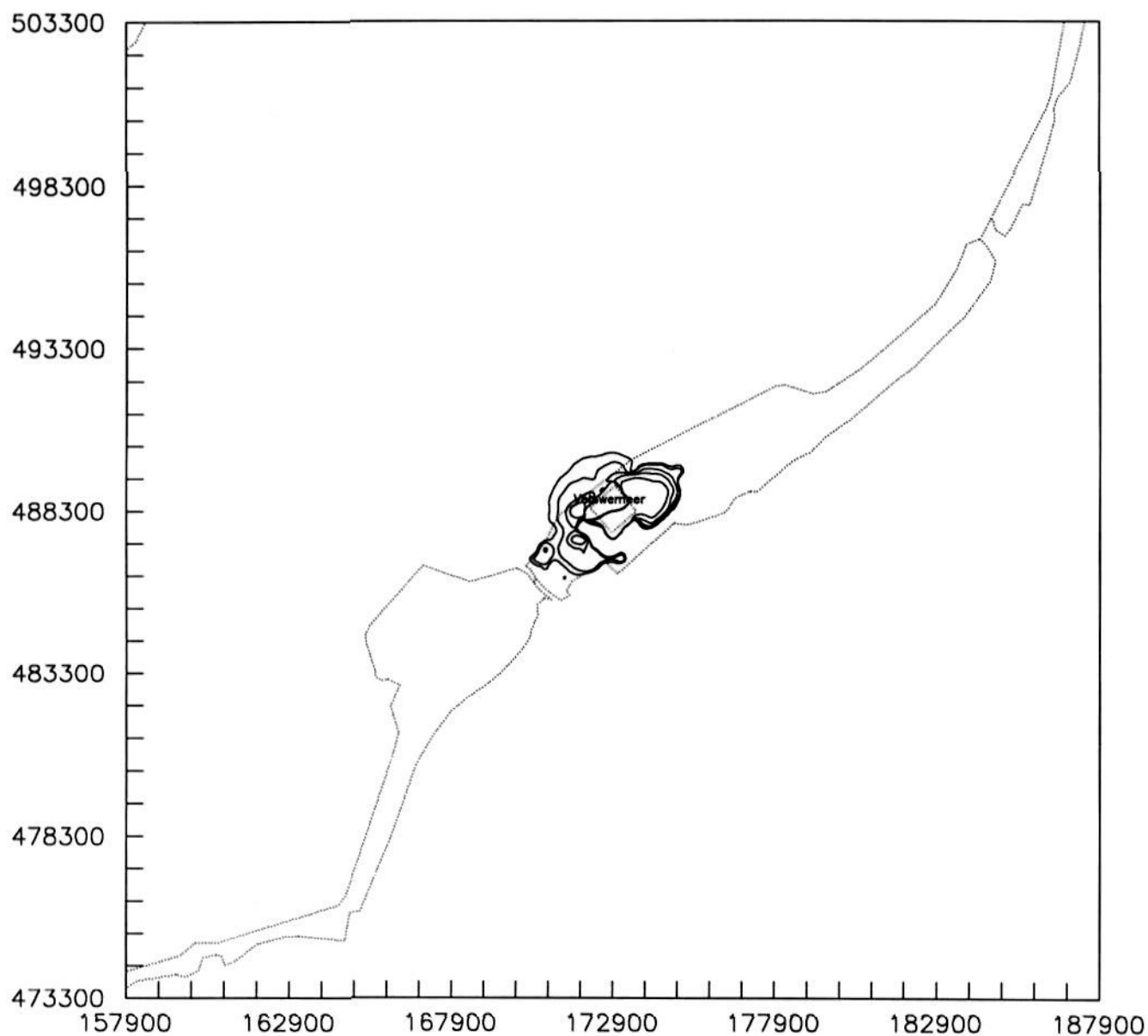


Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. Veluwemeer,
situatie enige tijd na beeindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 30 naar 5 dagen

stijghoogteverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

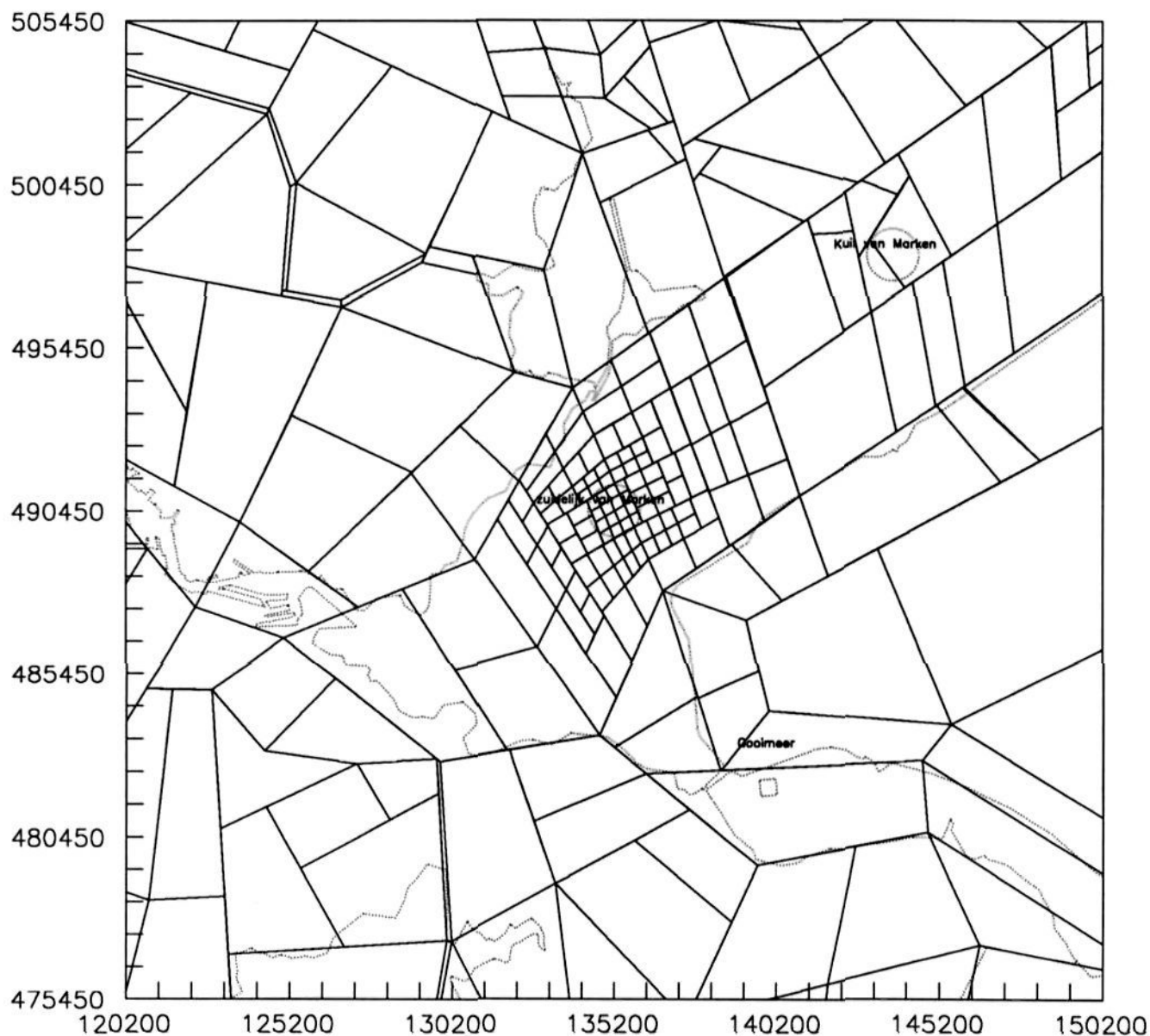


Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. Veluwemeer,
situatie enige tijd na beeindiging van de zandwinning

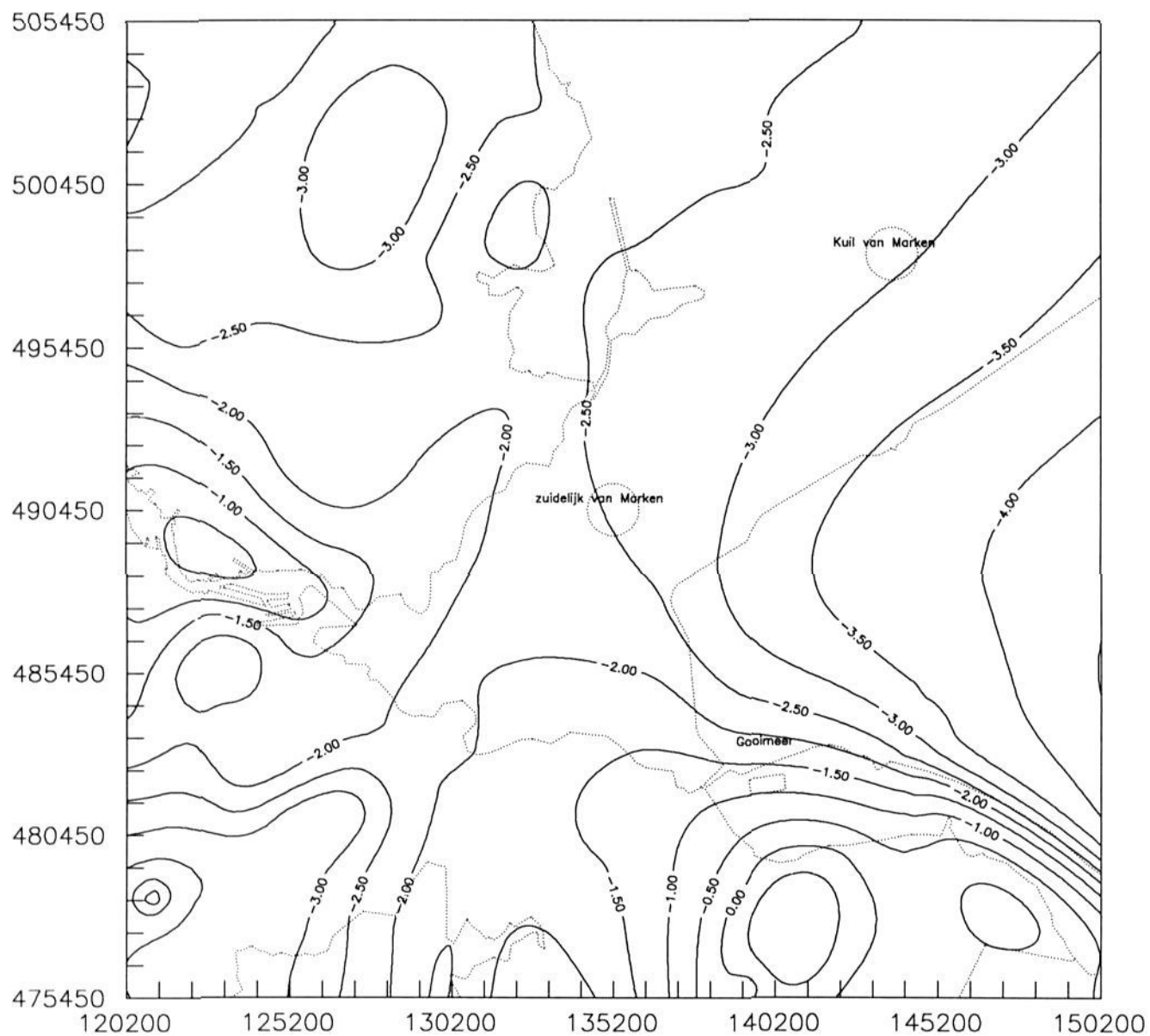
Reductie bodemweerstand van 30 naar 5 dagen

lekverandering

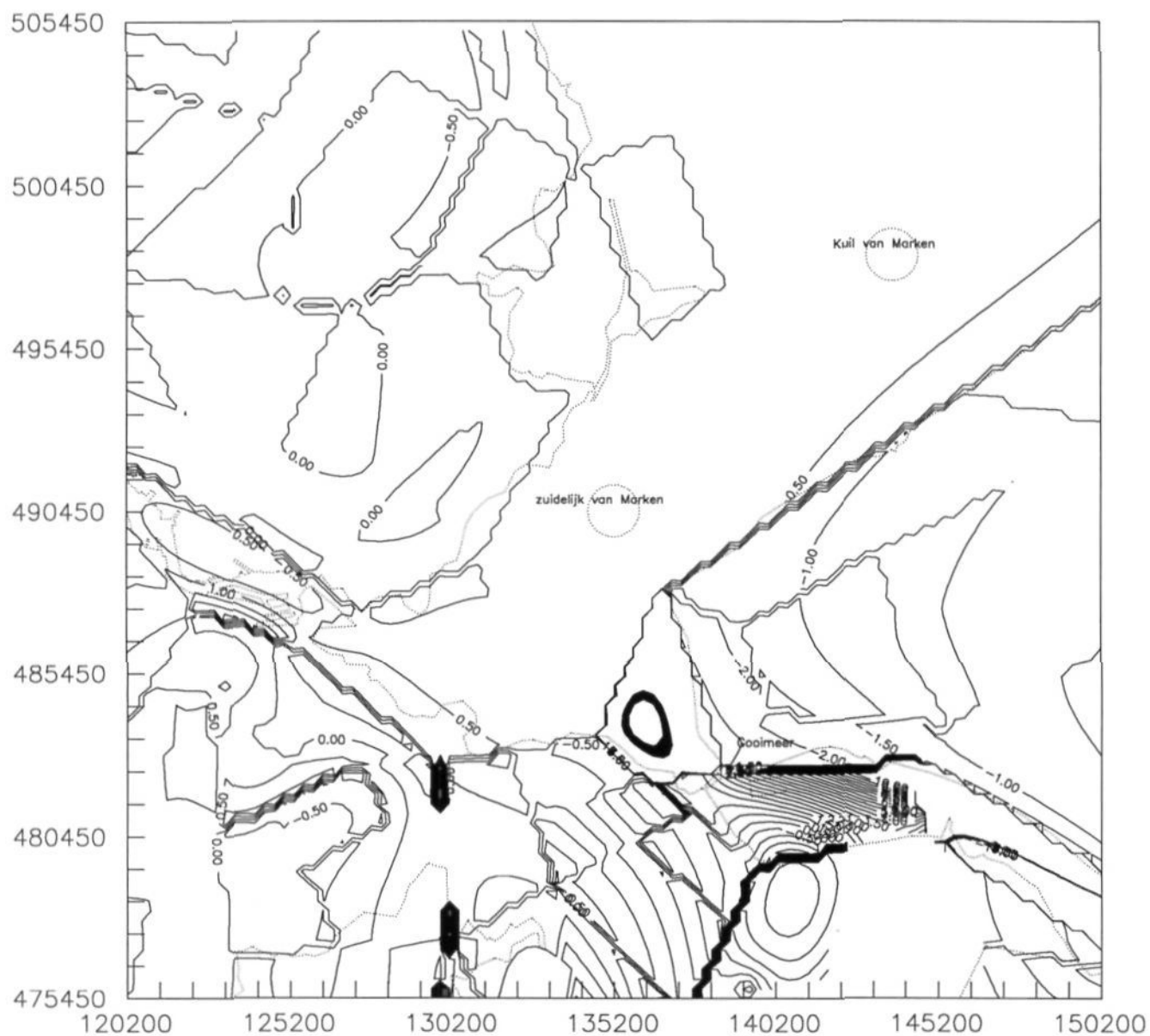
-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1



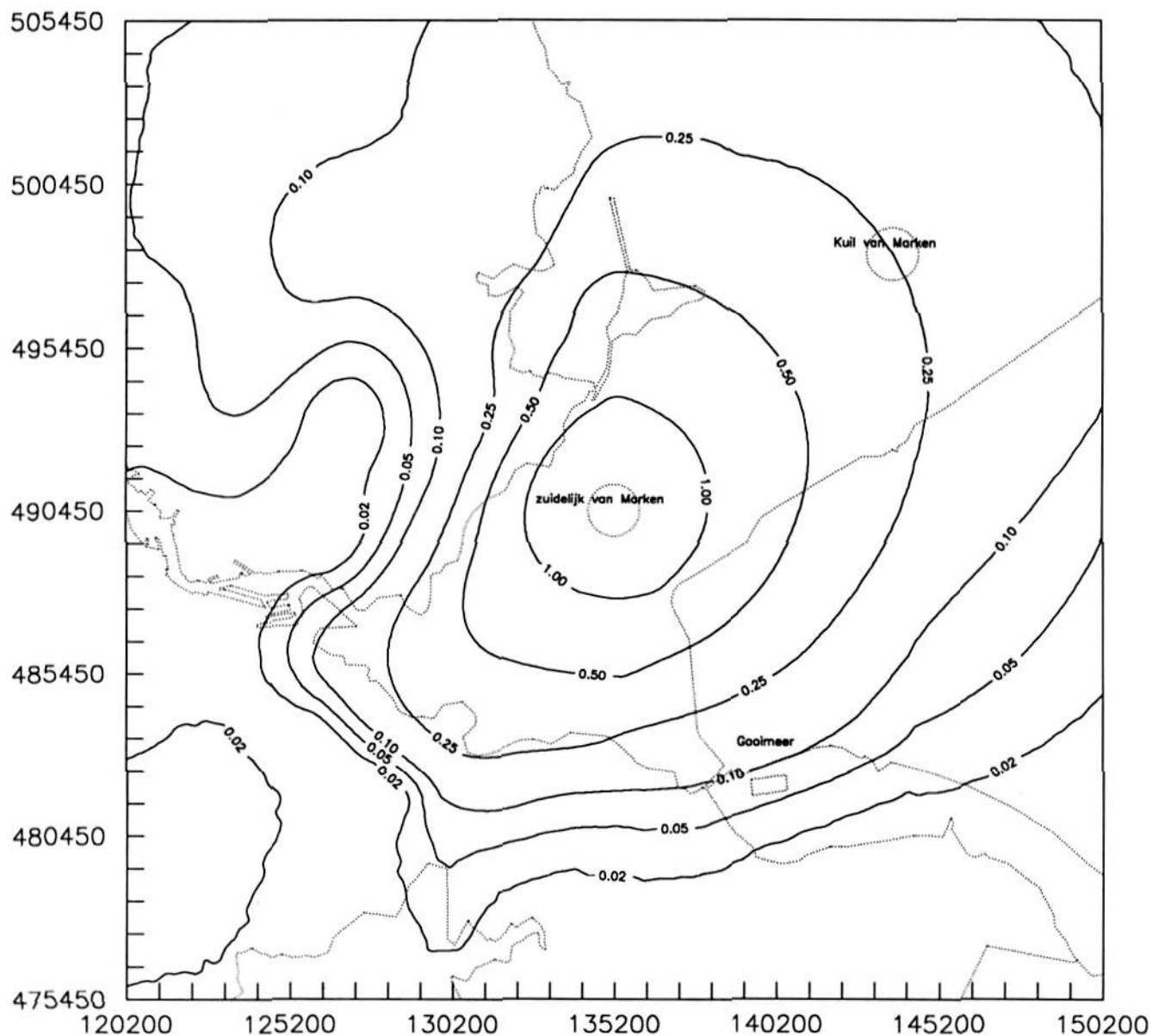
Verfijnd netwerk in de omgeving van zandw. zuidelijk van Marken



Berekende stijghoogten 1e wvp [m tov NAP] omgeving Marken
Referentiesituatie



Berekende lek deklaag [mm/dag] omgeving Marken
Referentiesituatie

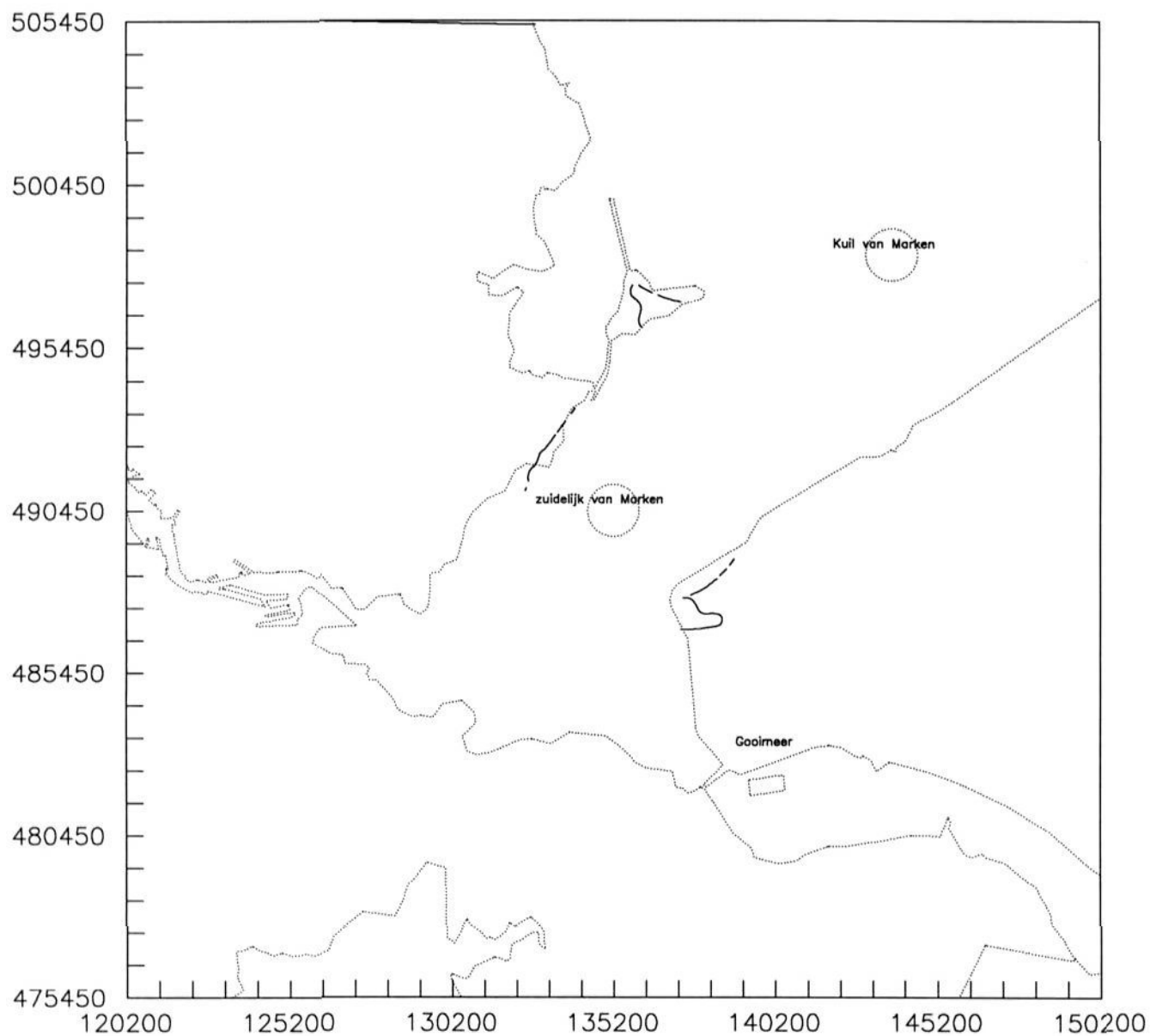


Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. zuidelijk van Marken,
situatie direct na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 4002 naar volledig voedend

stijghoogteverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

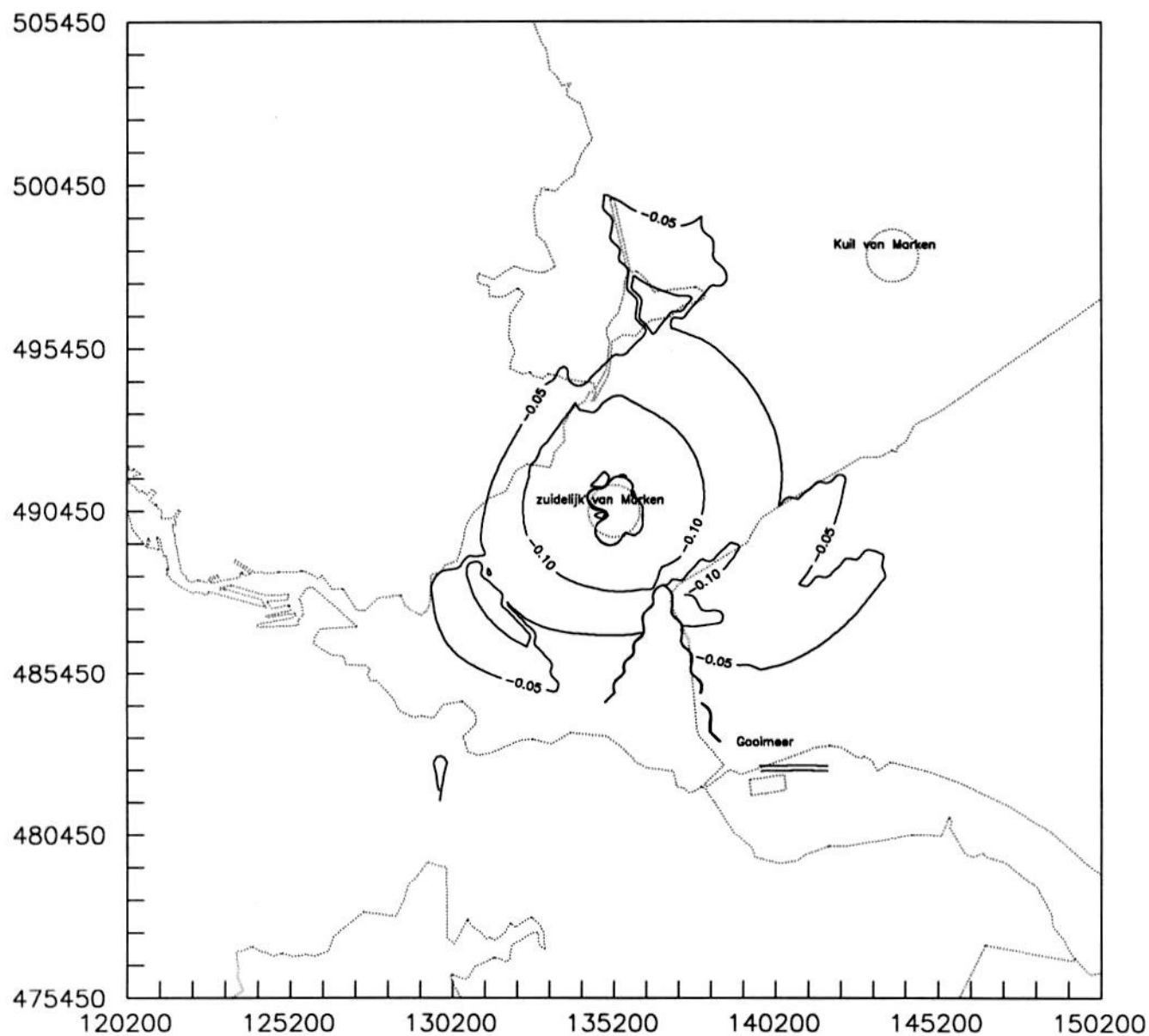


Berekende grondwaterstandsverandering [m] tgv zandw. Veluwemeer,
situatie direct na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 4002 naar volledig voedend

grondwaterstandsverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

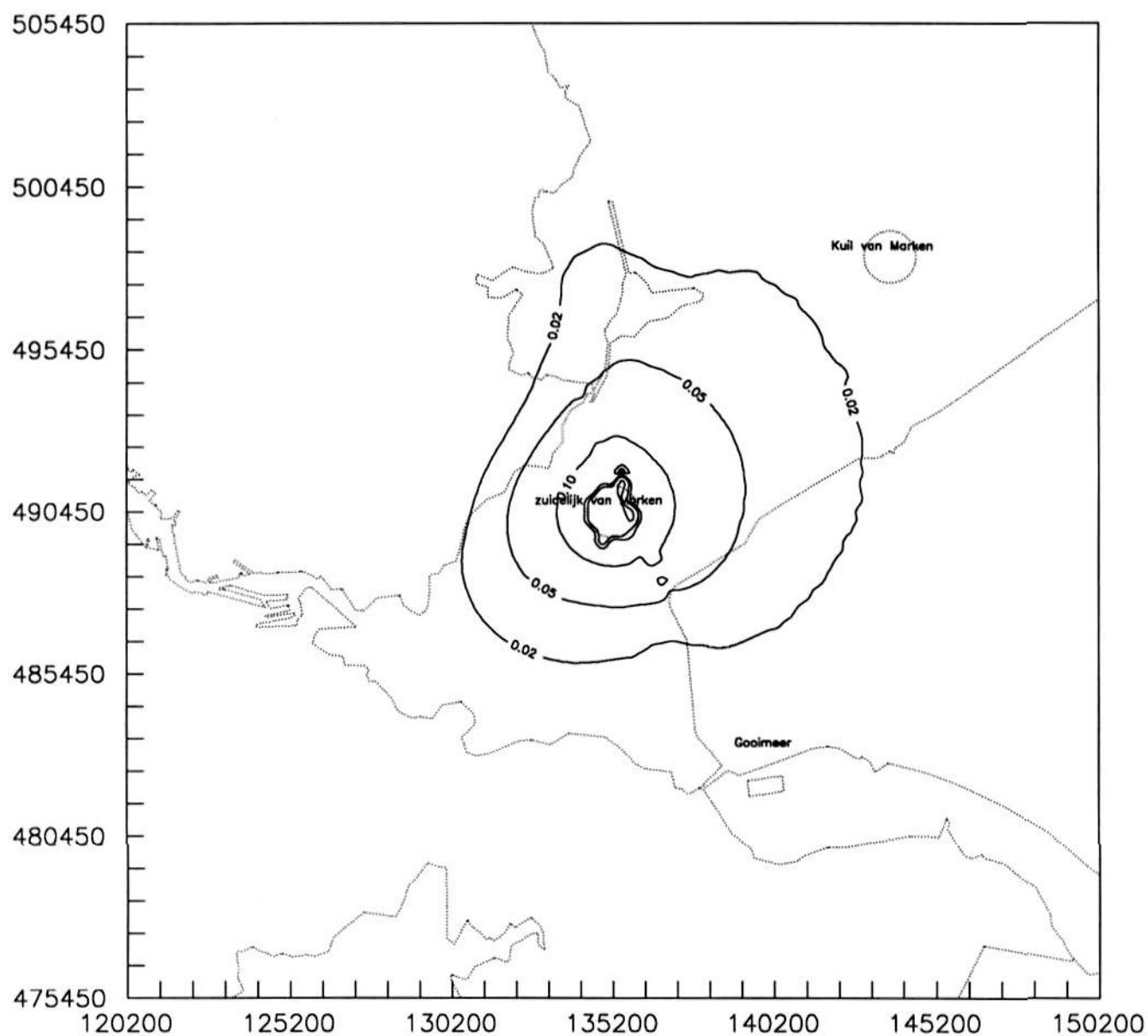


Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. zuidelijk van Marken,
situatie direct na beeindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 4002 naar volledig voedend

lekverandering

-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1

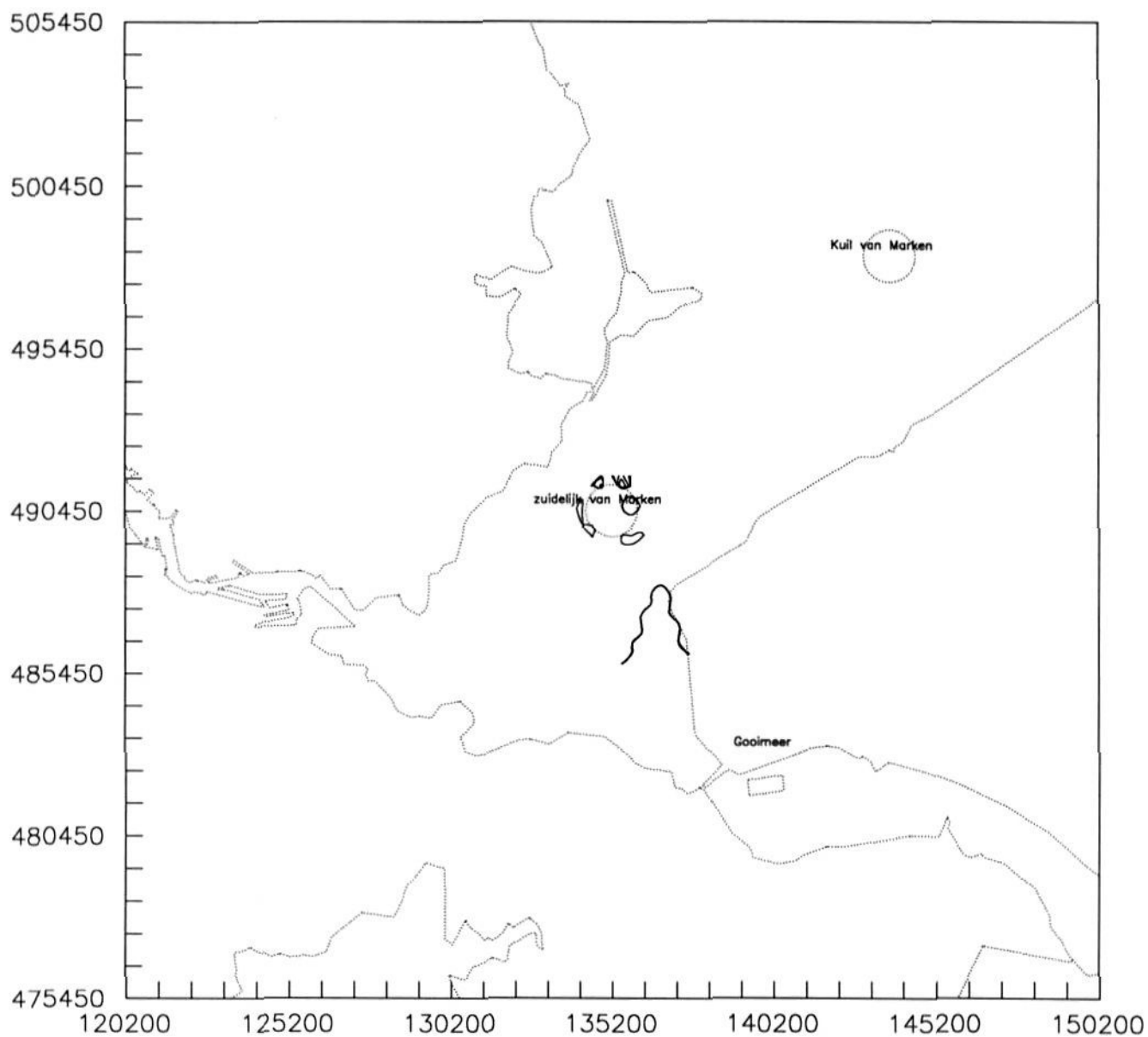


Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. zuidelijk van Marken,
situatie enige tijd na beeindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 4002 naar 300 dagen

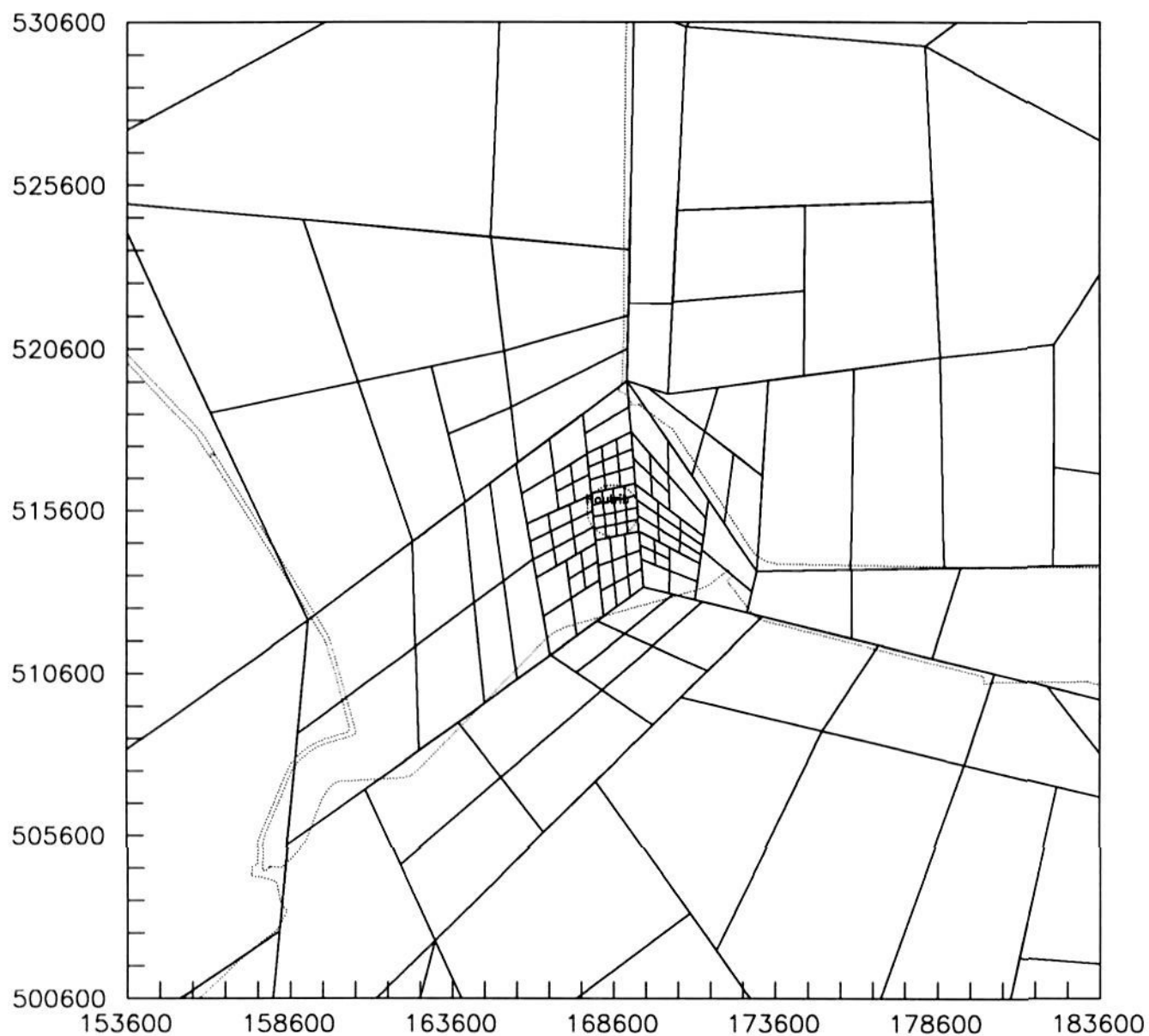
stijghoogteverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

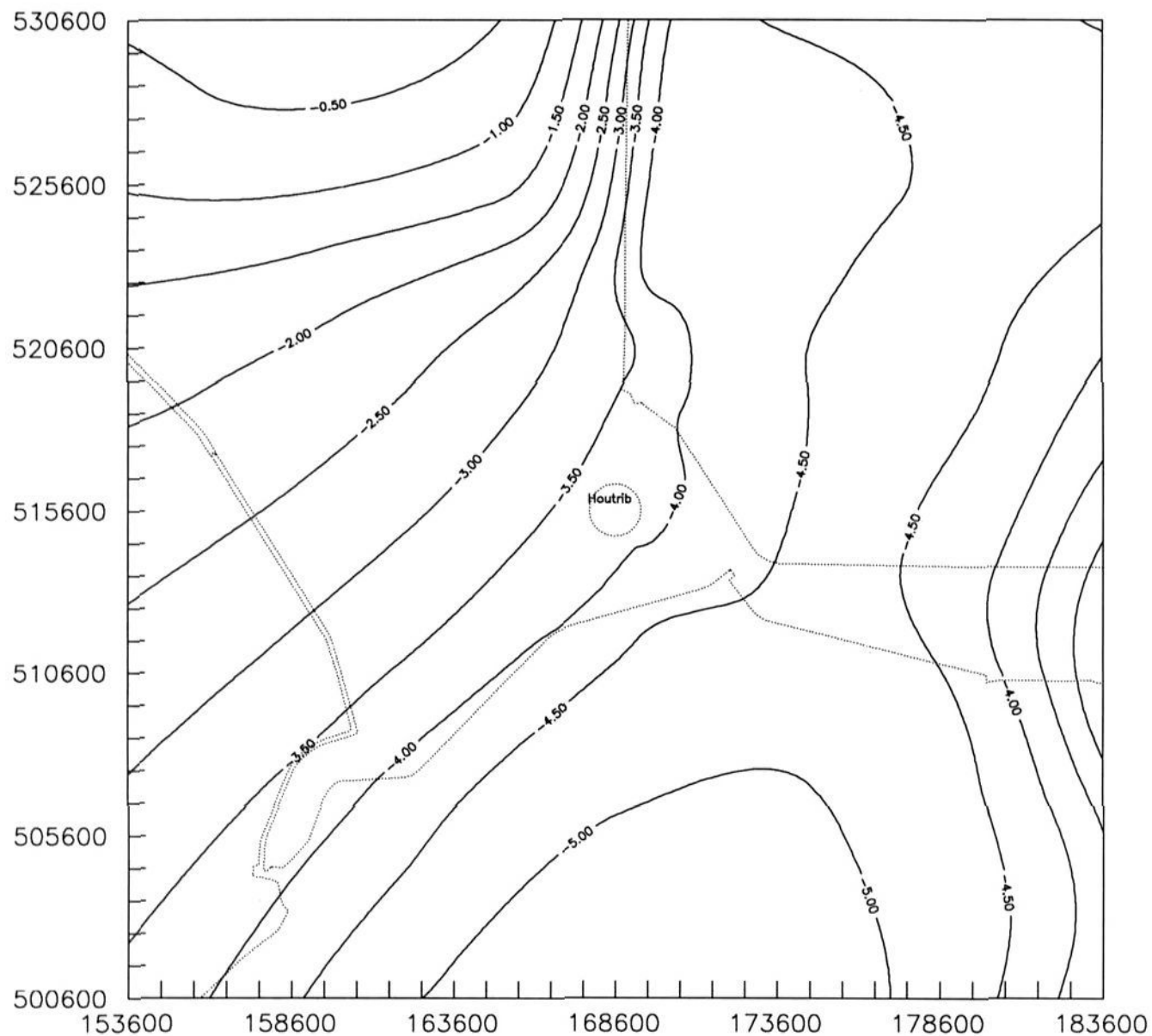


Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. zuidelijk van Marken,
situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 4002 naar 300 dagen

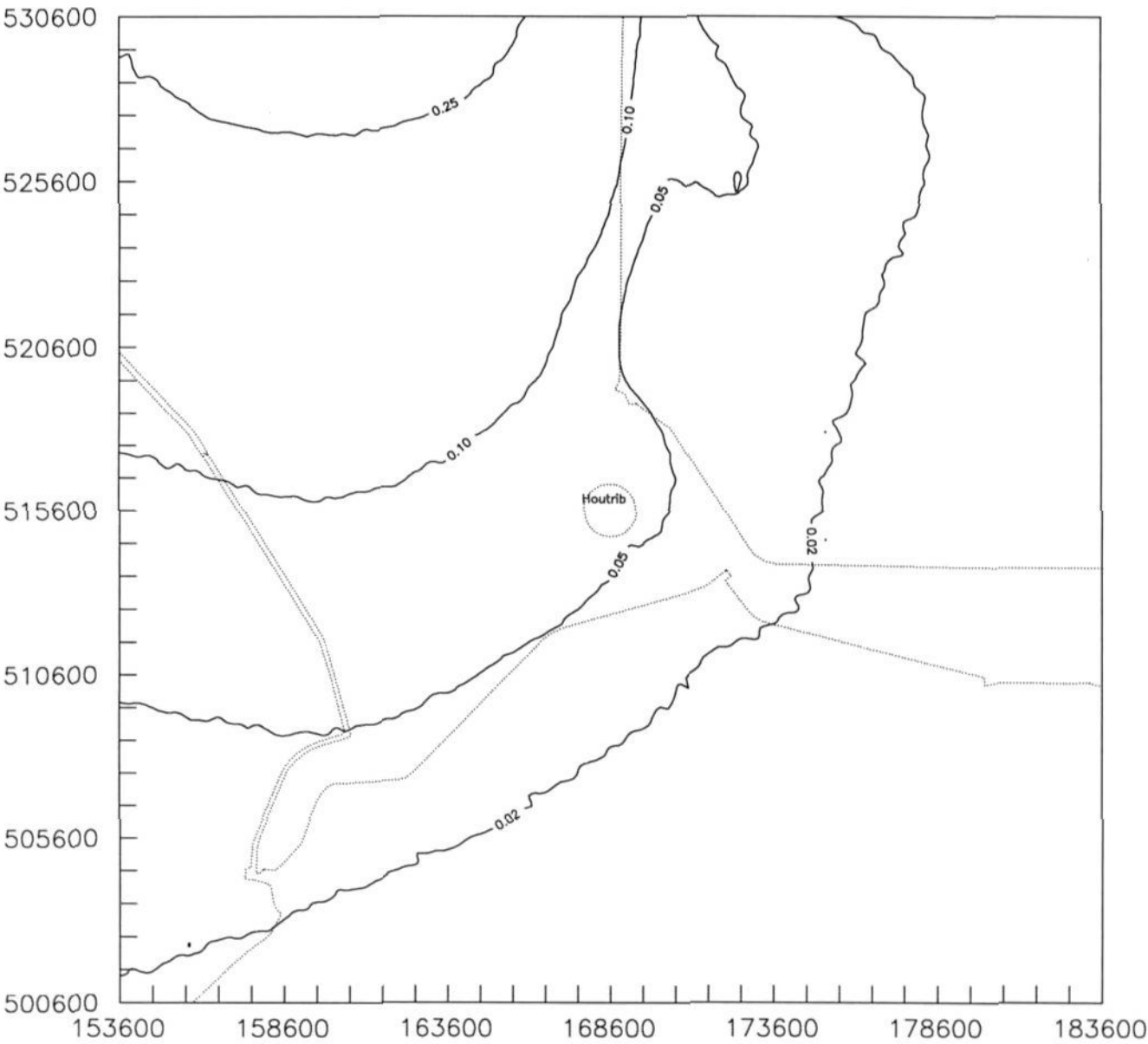
lekverandering
-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1



Verfijnd netwerk in de omgeving van zandw. IJsselmeer Houtrib

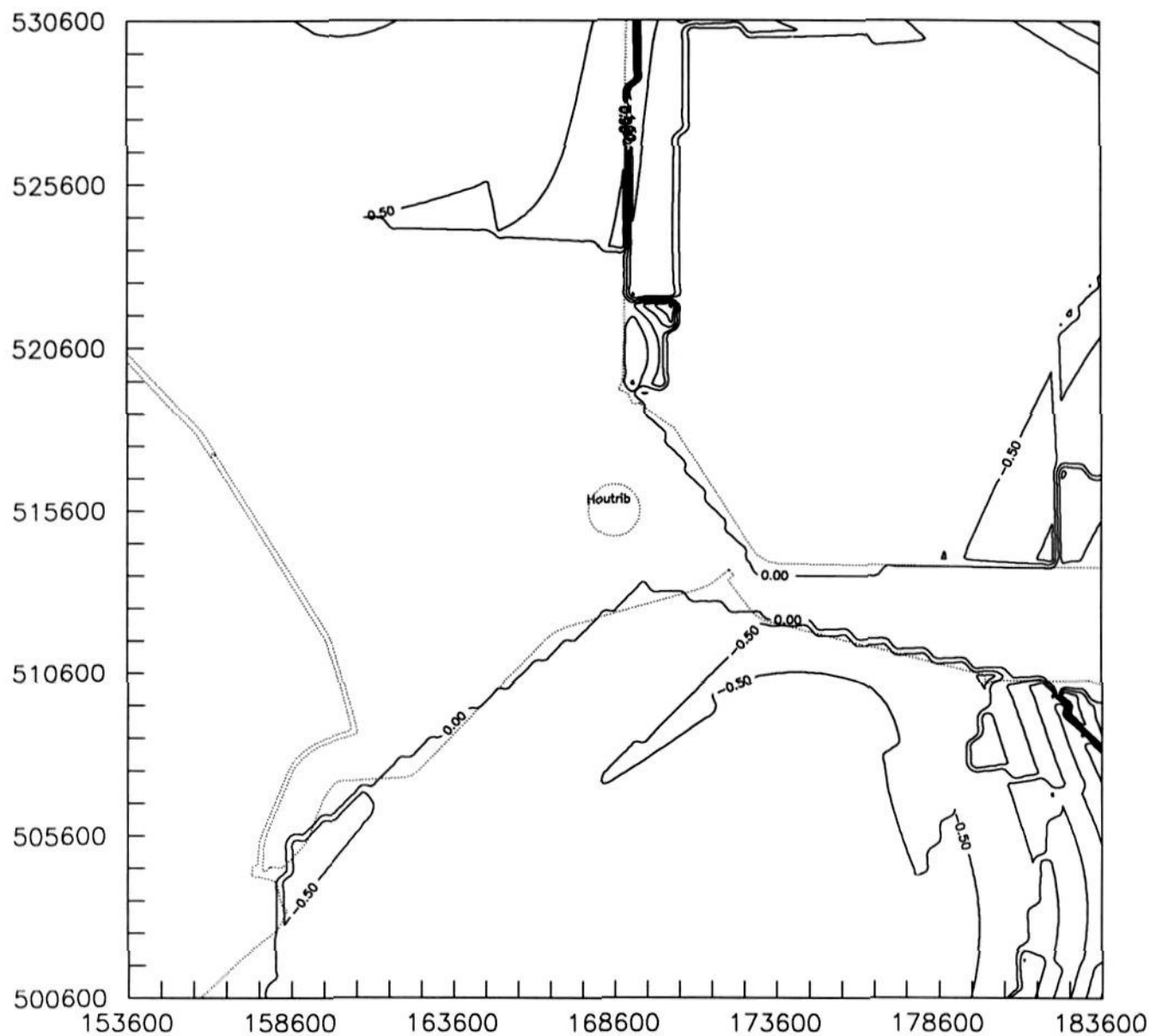


Berekende stijghoogten 1e wvp [m tov NAP] omgeving IJsselmeer Houtrib
IJsselmeerpeil 0.3 m verhoogd
Referentiesituatie

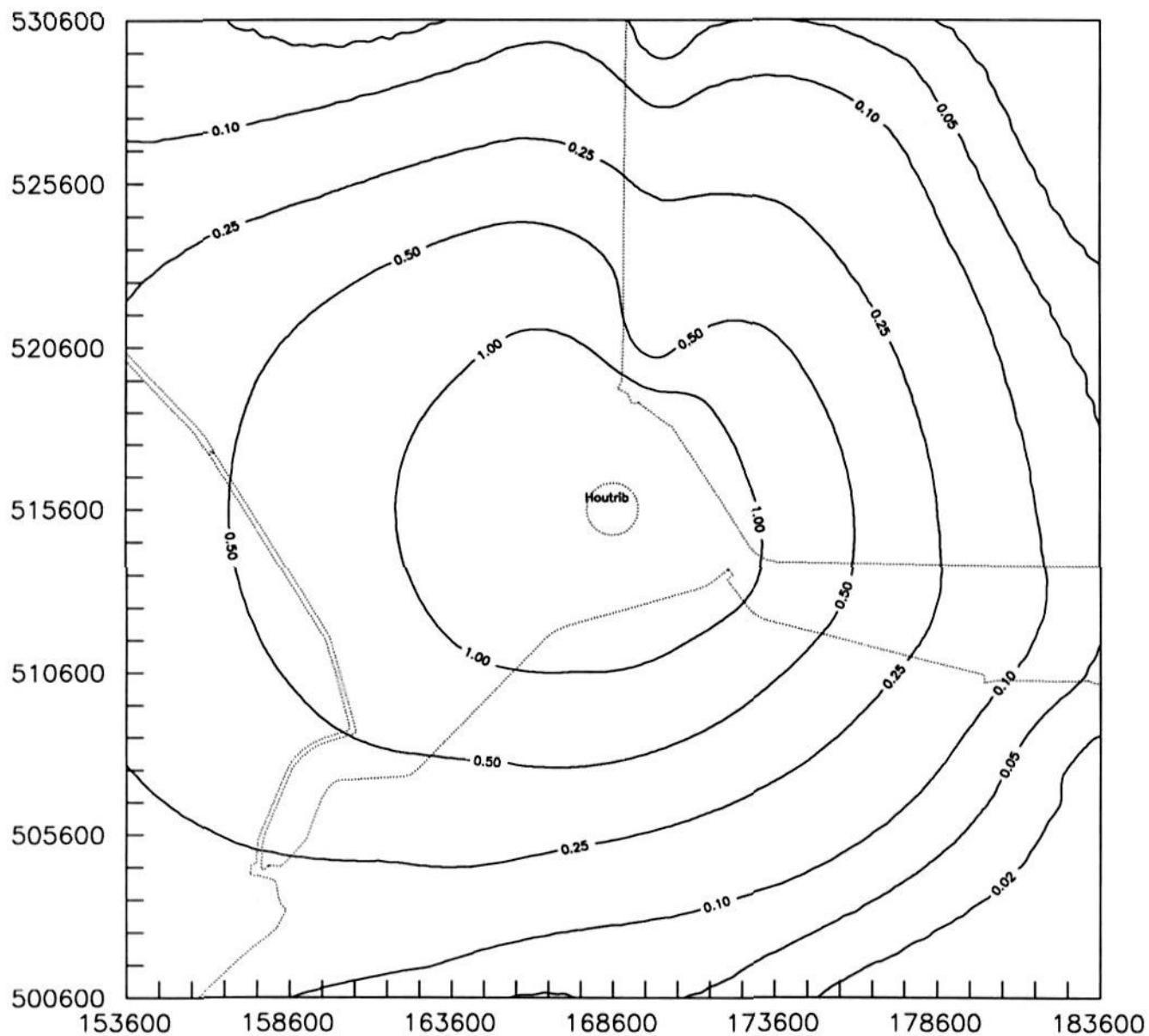


Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv stijging IJsselmeerpeil 0,3 m

- stijghoogteverandering
- 0.02
 - 0.05
 - 0.1
 - 0.25
 - 0.5
 - 1



Berekende lek deklaag [mm/dag] omgeving IJsselmeer Houtrib
IJsselmeerpeil 0.3 m verhoogd
Referentiesituatie

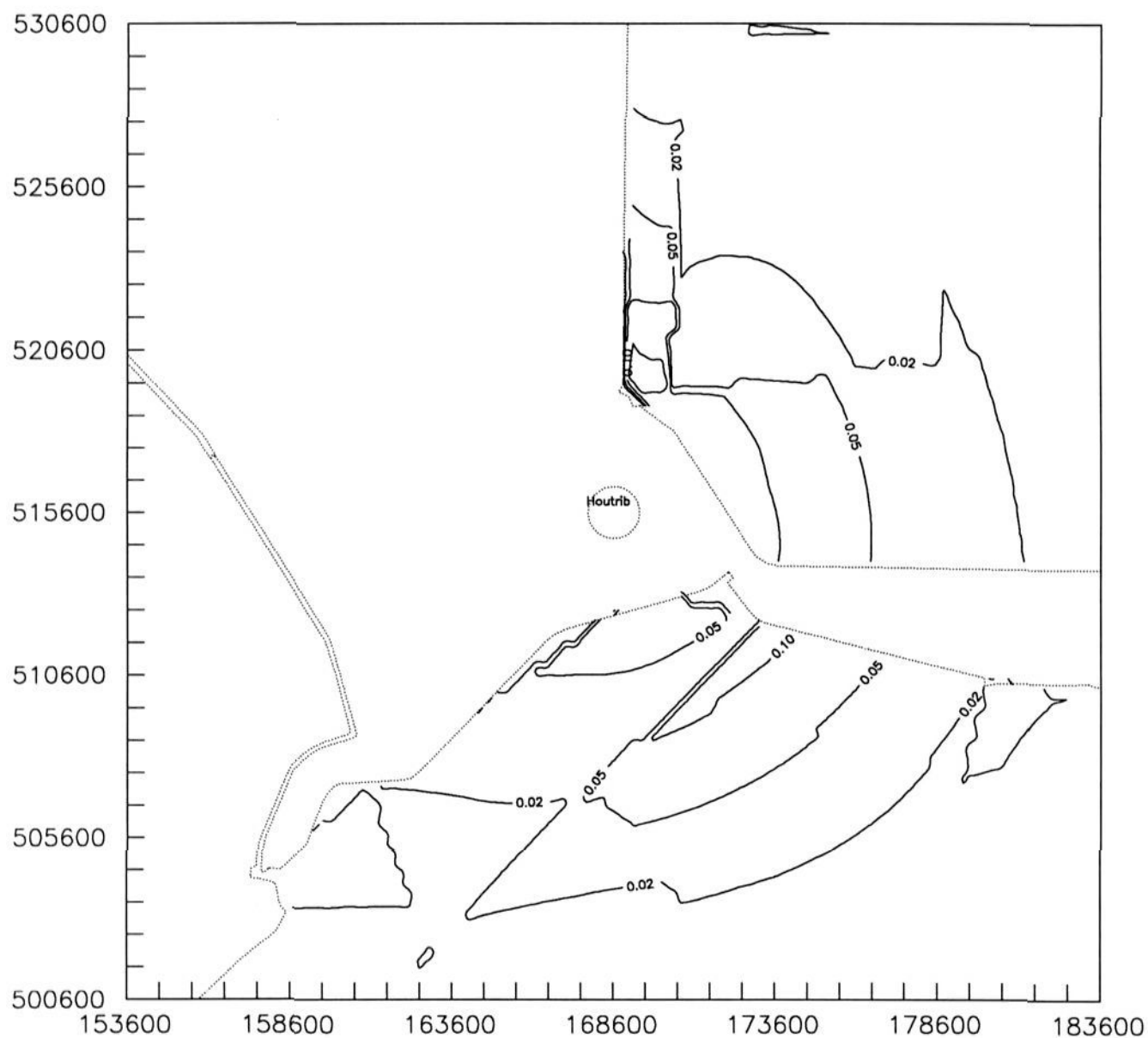


Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. IJsselmeer Houtrib
situatie direct na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 27000 naar volledig voedend
IJsselmeerpeil 0.3 m verhoogd

stijghoogteverandering

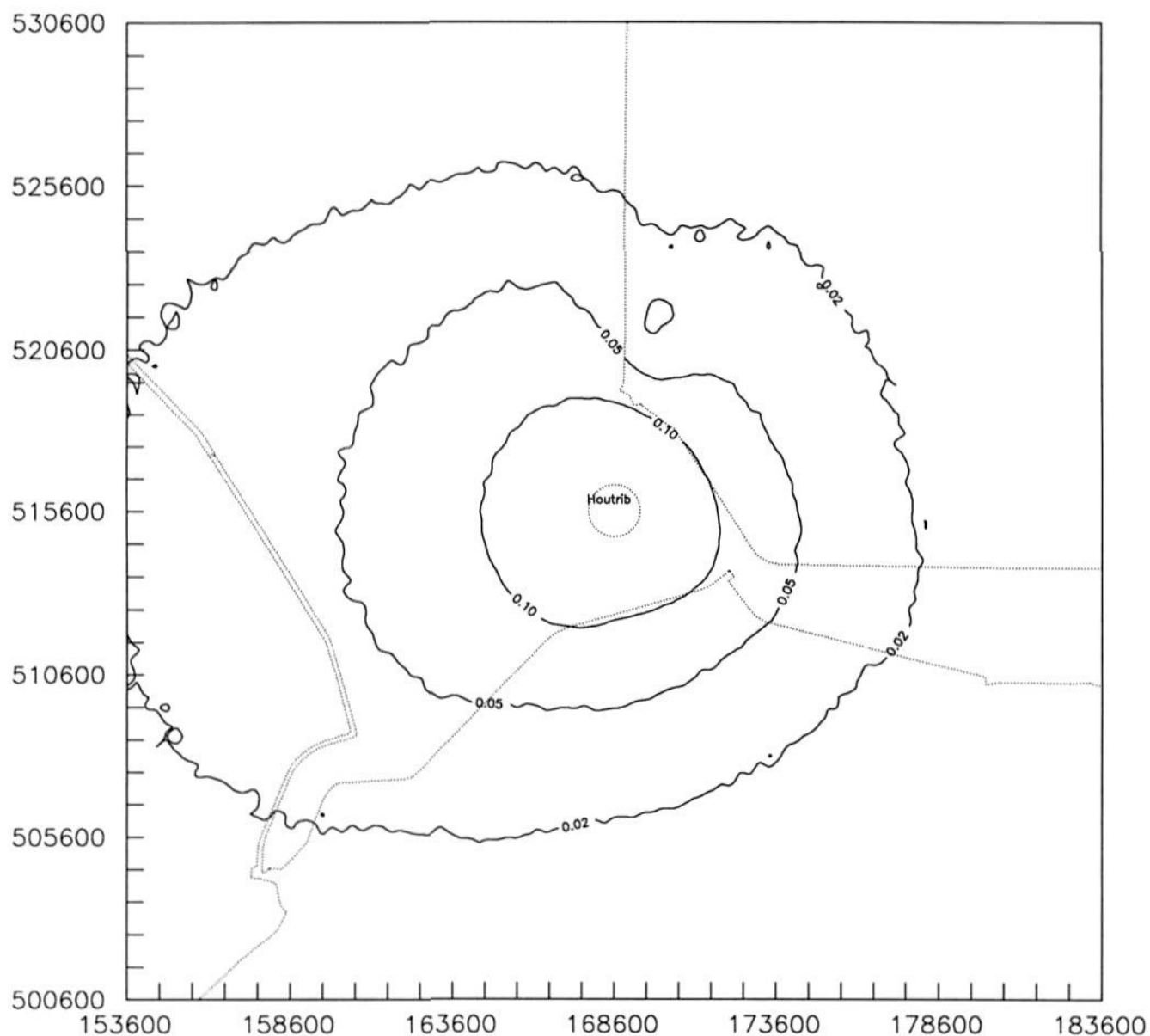
0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



Berekende grondwaterstandsverandering [m] tgv zandw. Houtrib,
situatie direct na beeindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 27000 naar volledig voedend
Drainageweerstand 200 dagen
IJsselmeerpeil 0.3 m verhoogd

grondwaterstandsverandering

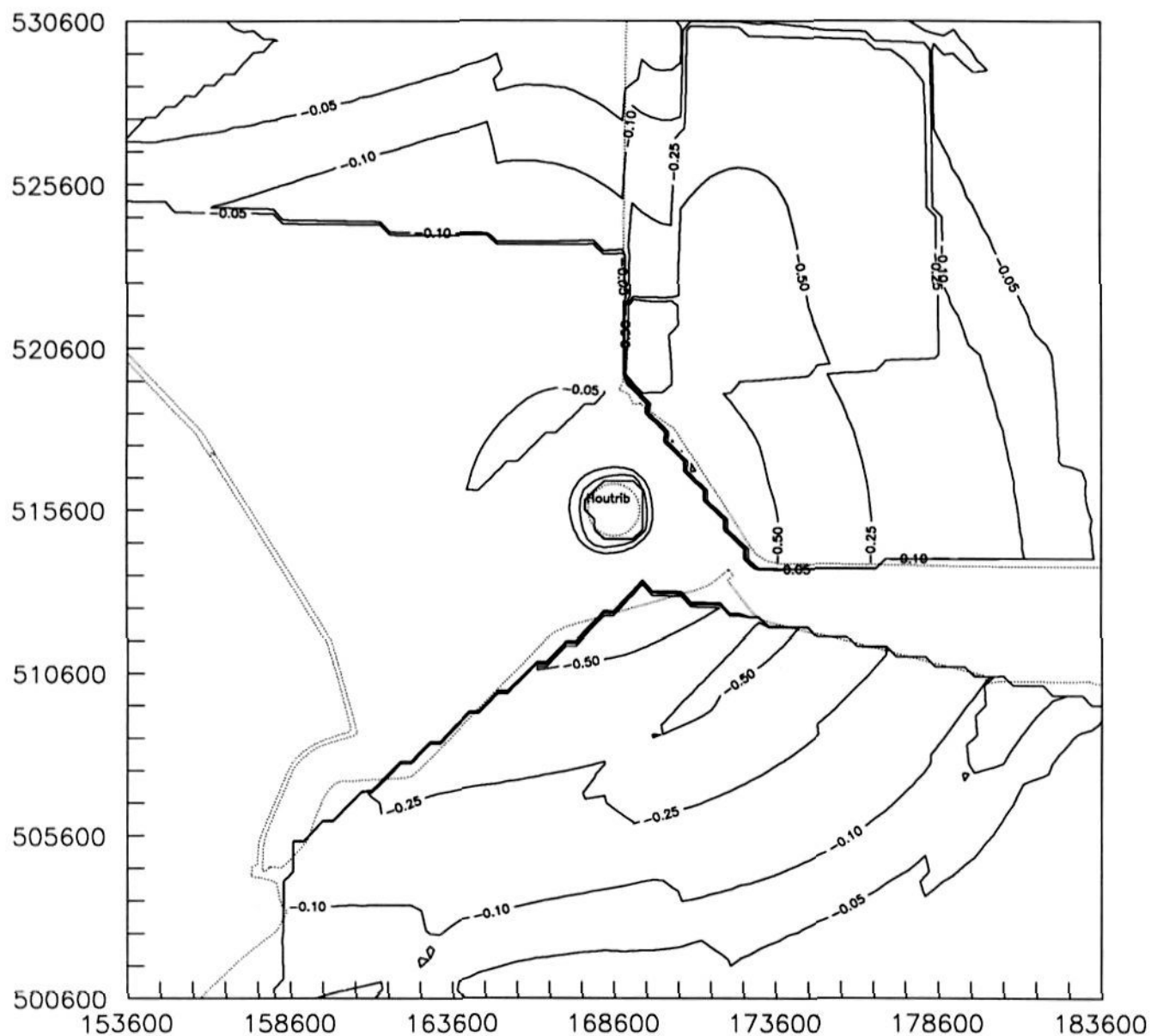
0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



Berekend verschil:
verandering stijghoogten 1e wvp zandw. Houtrib bij IJsselmeerpeil+0.3 m
verandering stijghoogten 1e wvp zandw. Houtrib bij IJsselmeerpeil
situatie direct na beeindiging zandwinning

stijghoogteverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

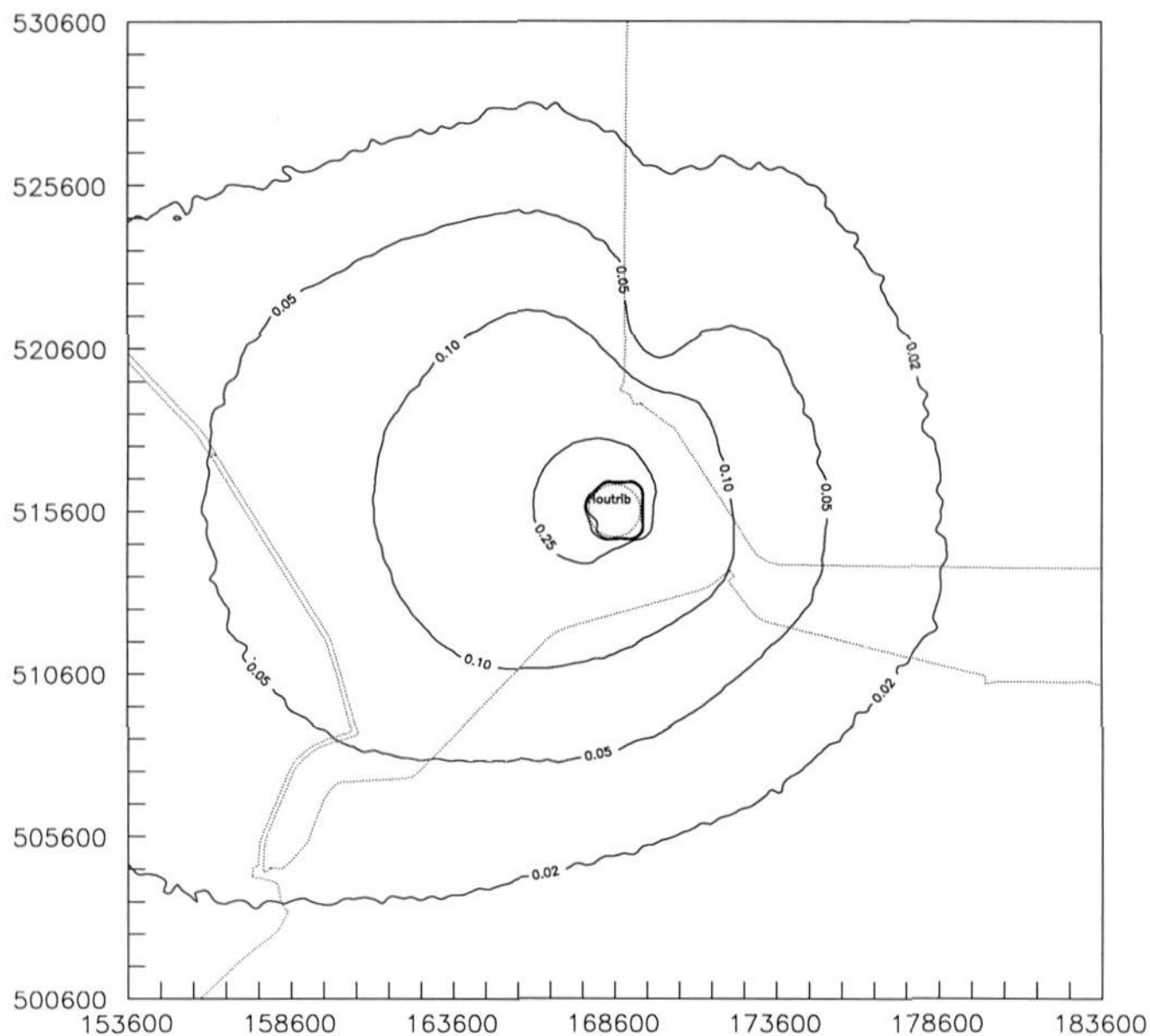


Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. IJsselmeer Houtrib, situatie direct na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 27000 naar volledig voedend
IJsselmeerpeil 0.3 m verhoogd

lekverandering

- 0.05
- 0.1
- 0.25
- 0.5
- 1

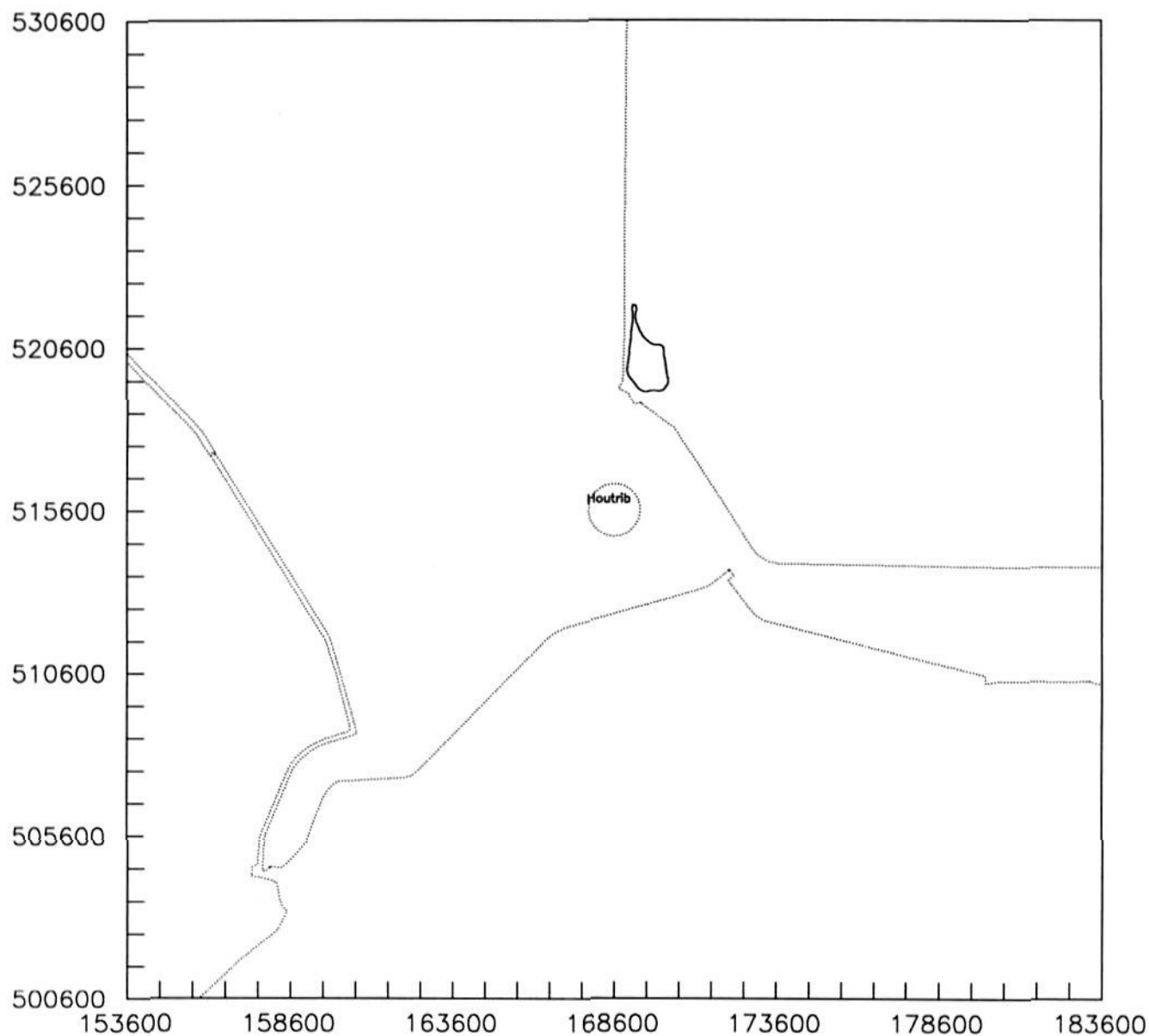


Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv zandw. IJsselmeer Houtrib,
situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning

Reductie bodemweerstand van 27000 naar 300 dagen
IJsselmeerpeil 0.3 m verhoogd

stijghoogteverandering

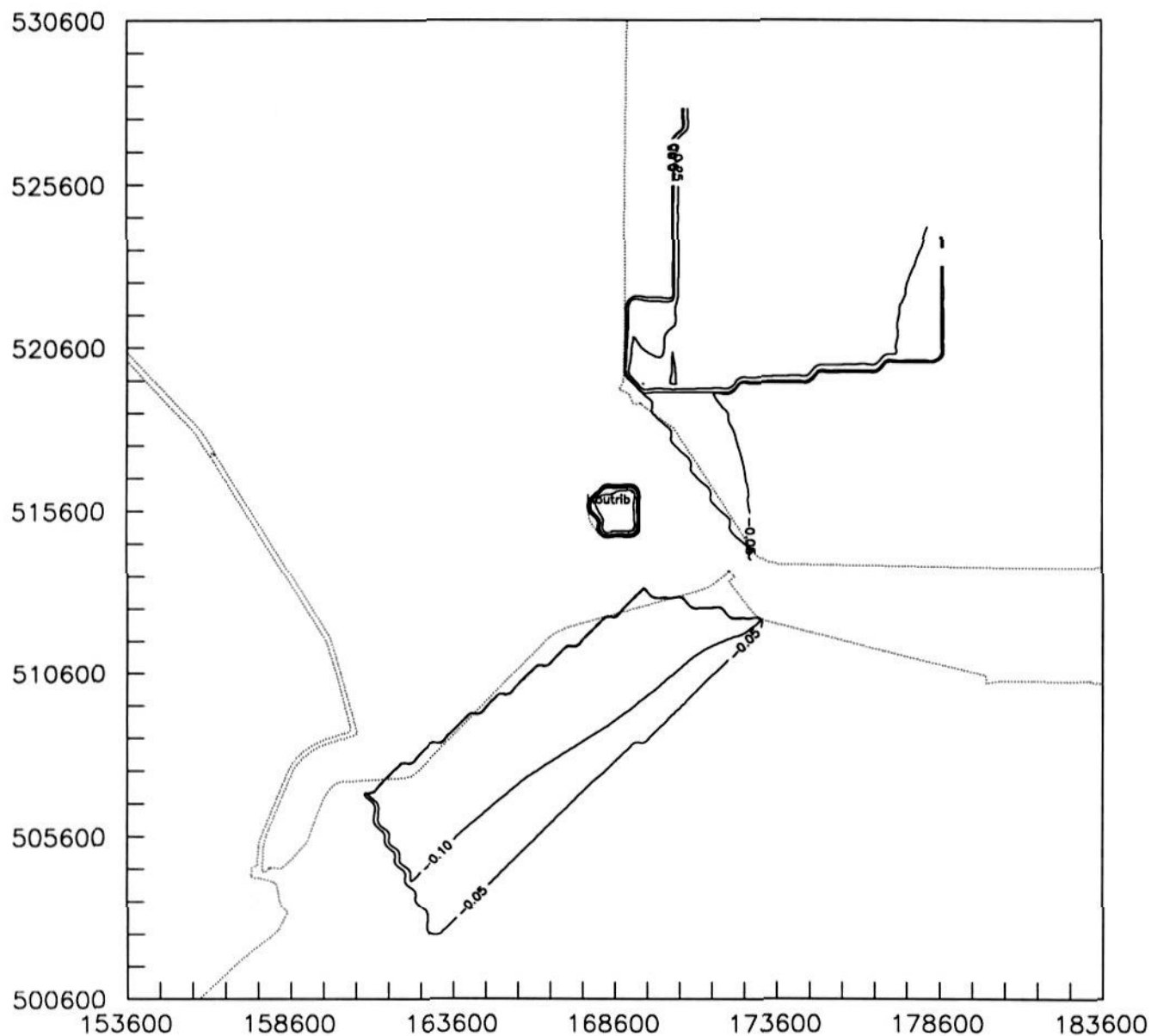
0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



Berekende grondwaterstandsverandering [m] tgv zandw. Houtrib,
situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning
Reductie bodemweerstand van 27000 naar 300 dagen
Drainageweerstand 200 dagen
IJsselmeerpeil 0.3 m verhoogd

grondwaterstandsverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

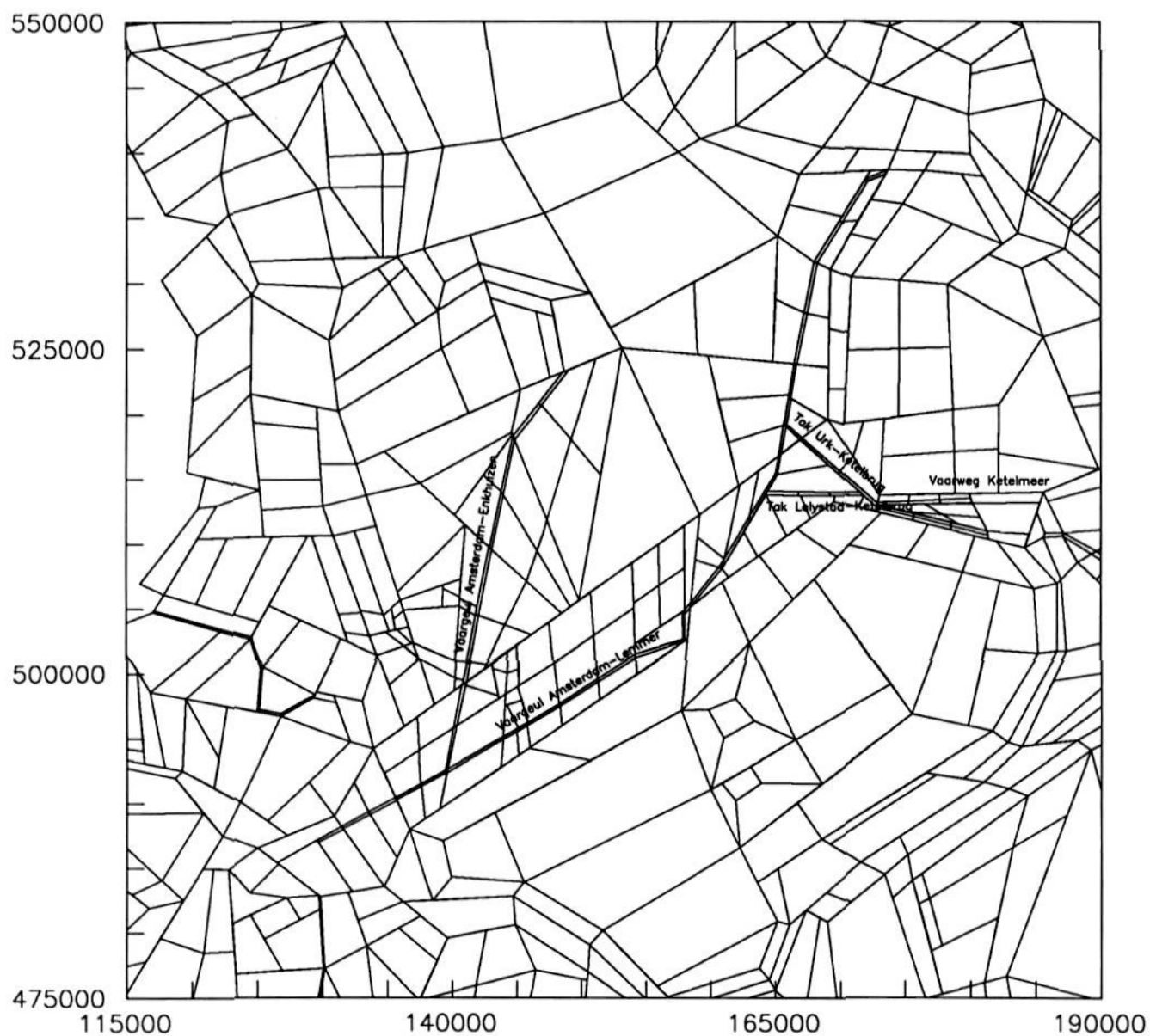


Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv zandw. IJsselmeer Houtrib, situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning

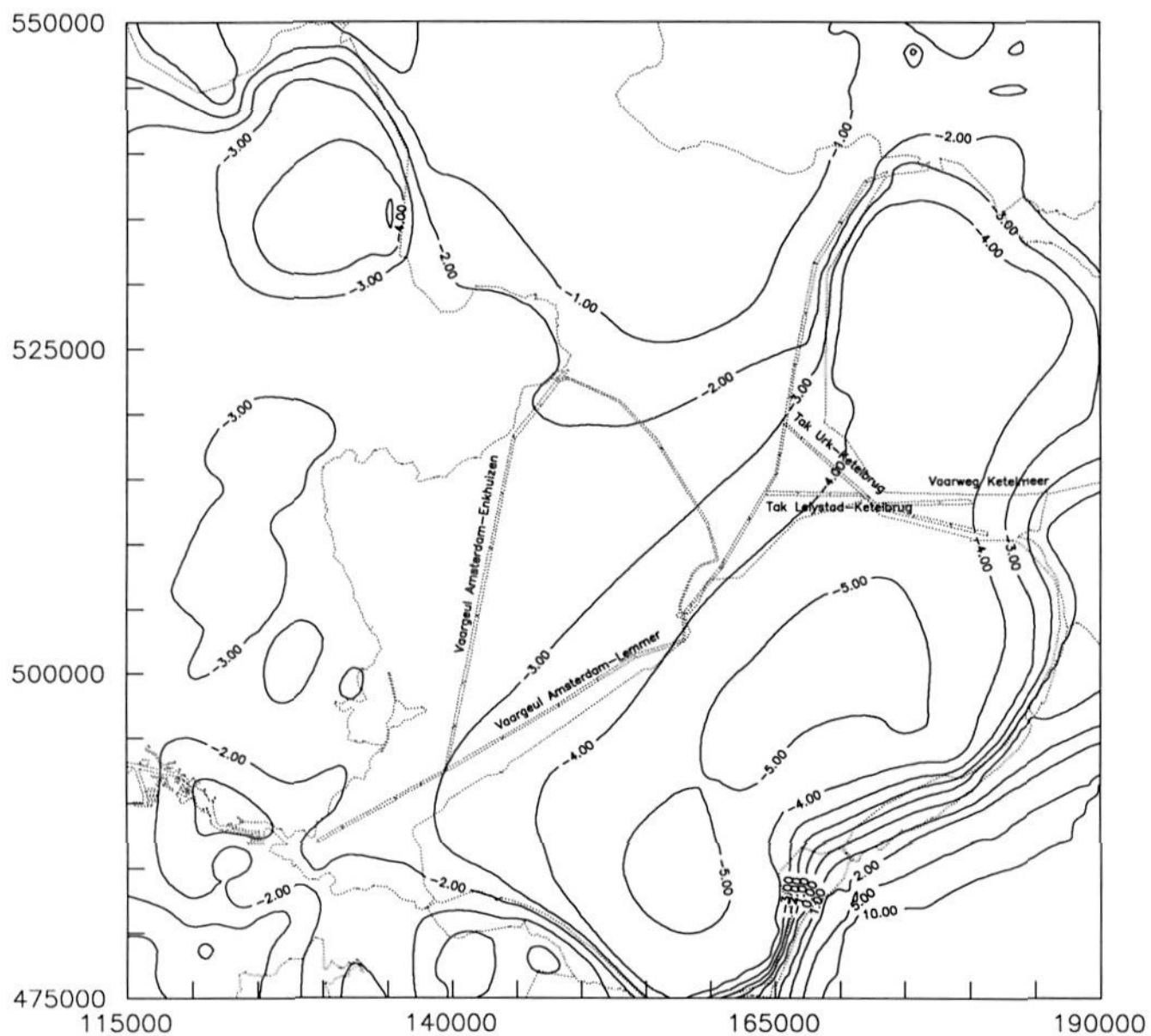
Reductie bodemweerstand van 27000 naar 300 dagen
IJsselmeerpeil 0.3 m verhoogd

lekverandering

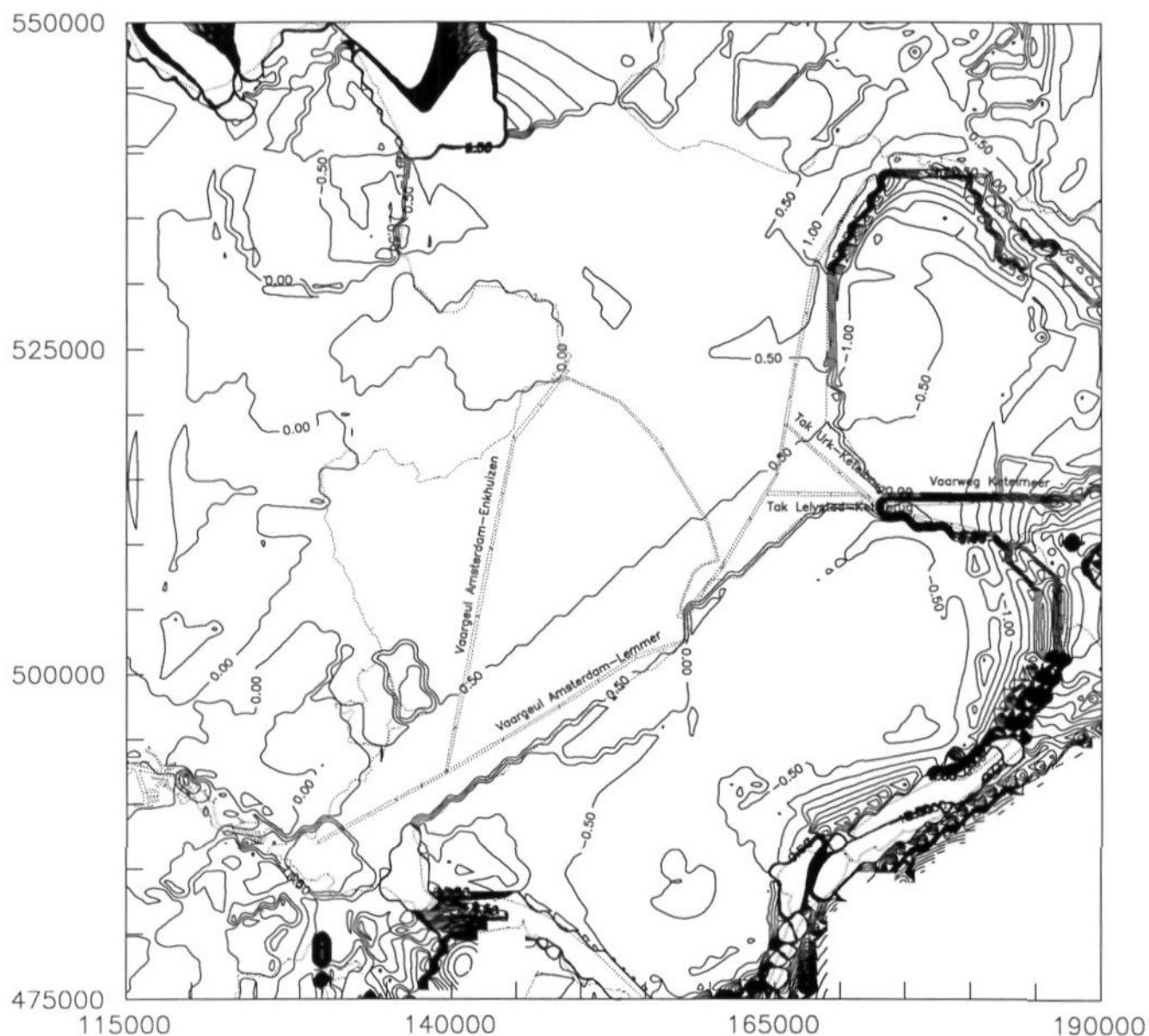
-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1



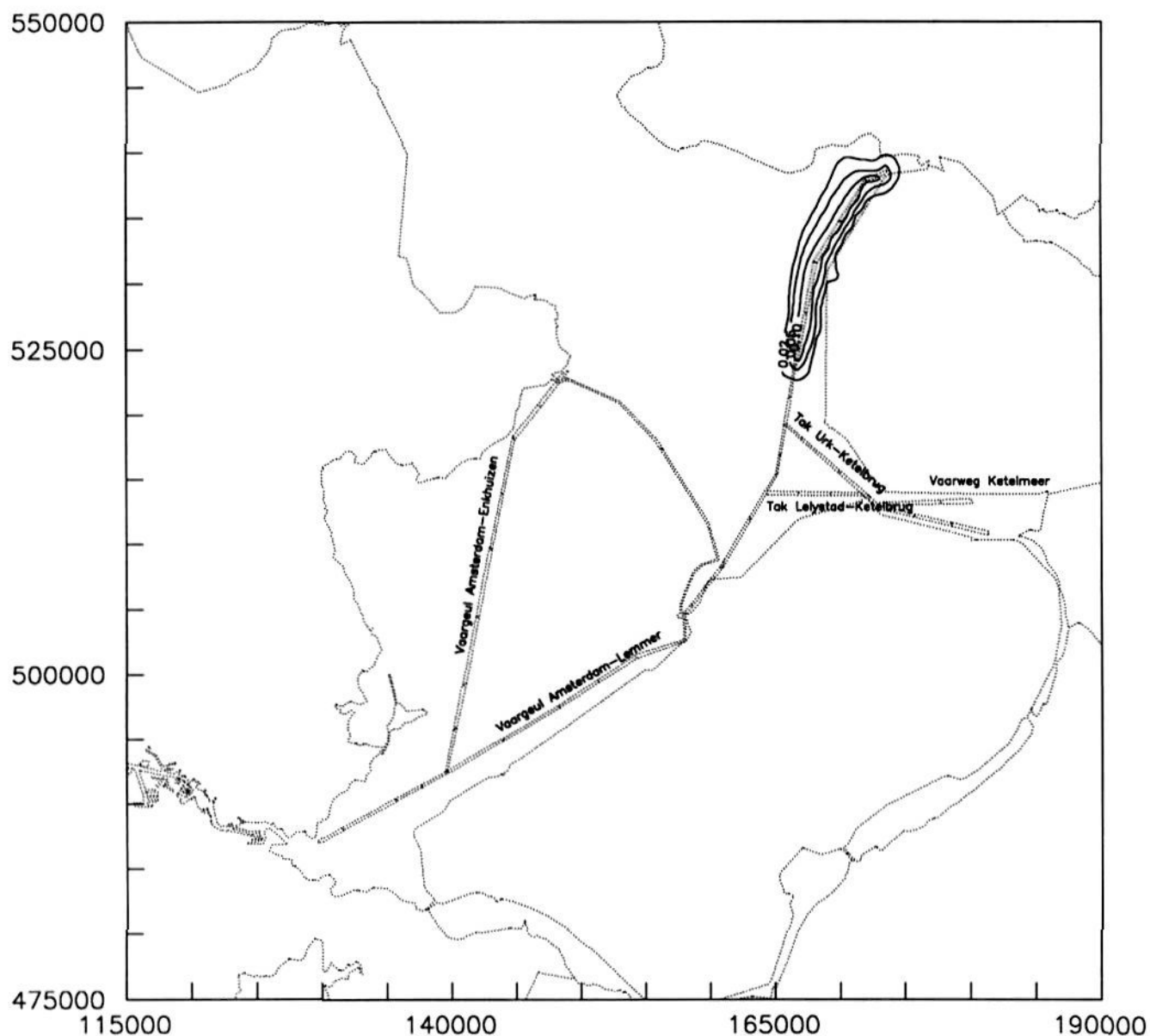
Verfijnd netwerk in de omgeving van verdiepte vaargeulen



Berekende stijghoogten 1e wvp [m tov NAP] IJsselmeergebied
Referentiesituatie



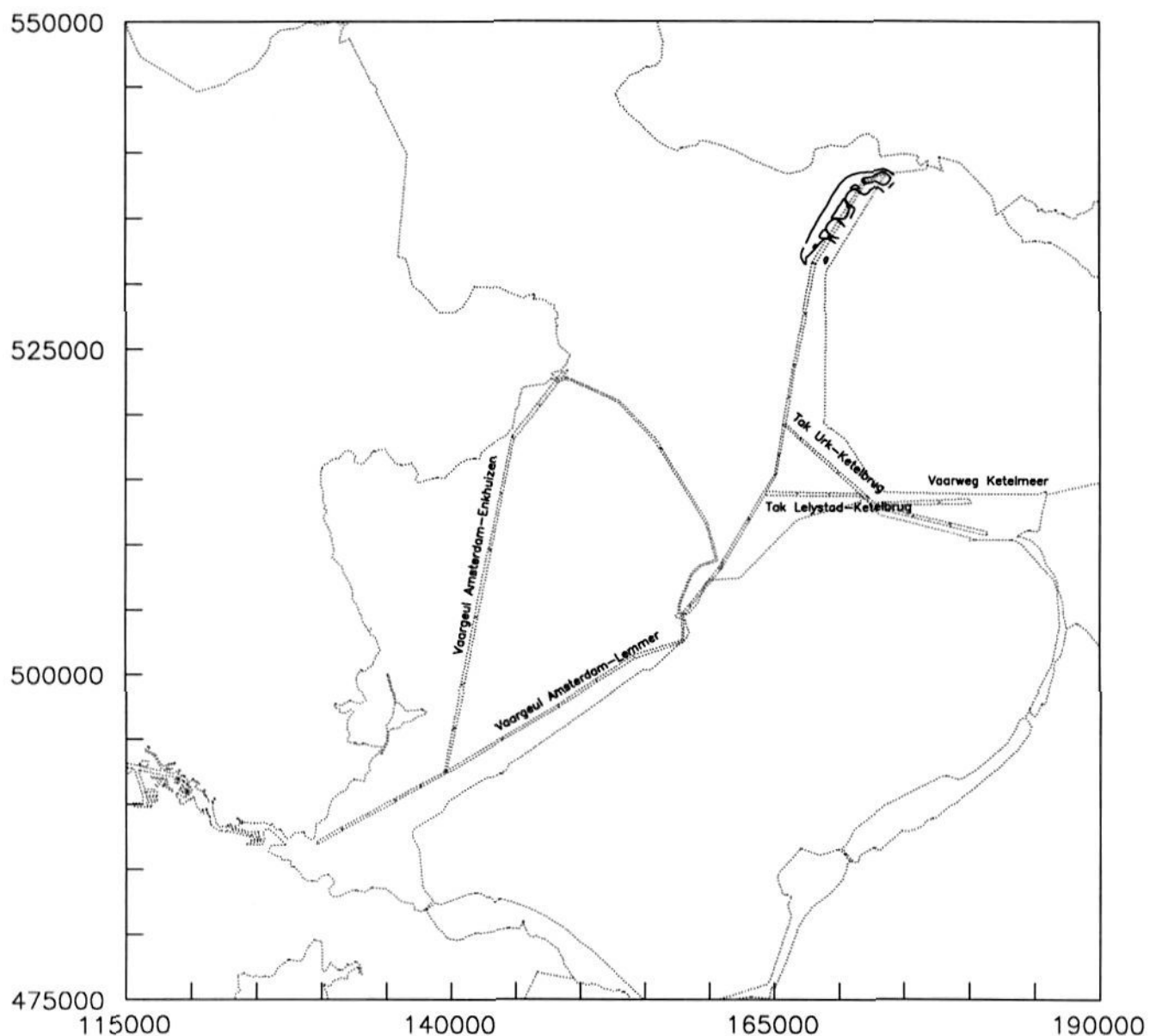
Berekende lek deklaag [mm/dag] IJsselmeergebied
Referentiesituatie



Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv verdieping vaargeul
Amsterdam-Lelystad; situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning

stijghoogteverandering

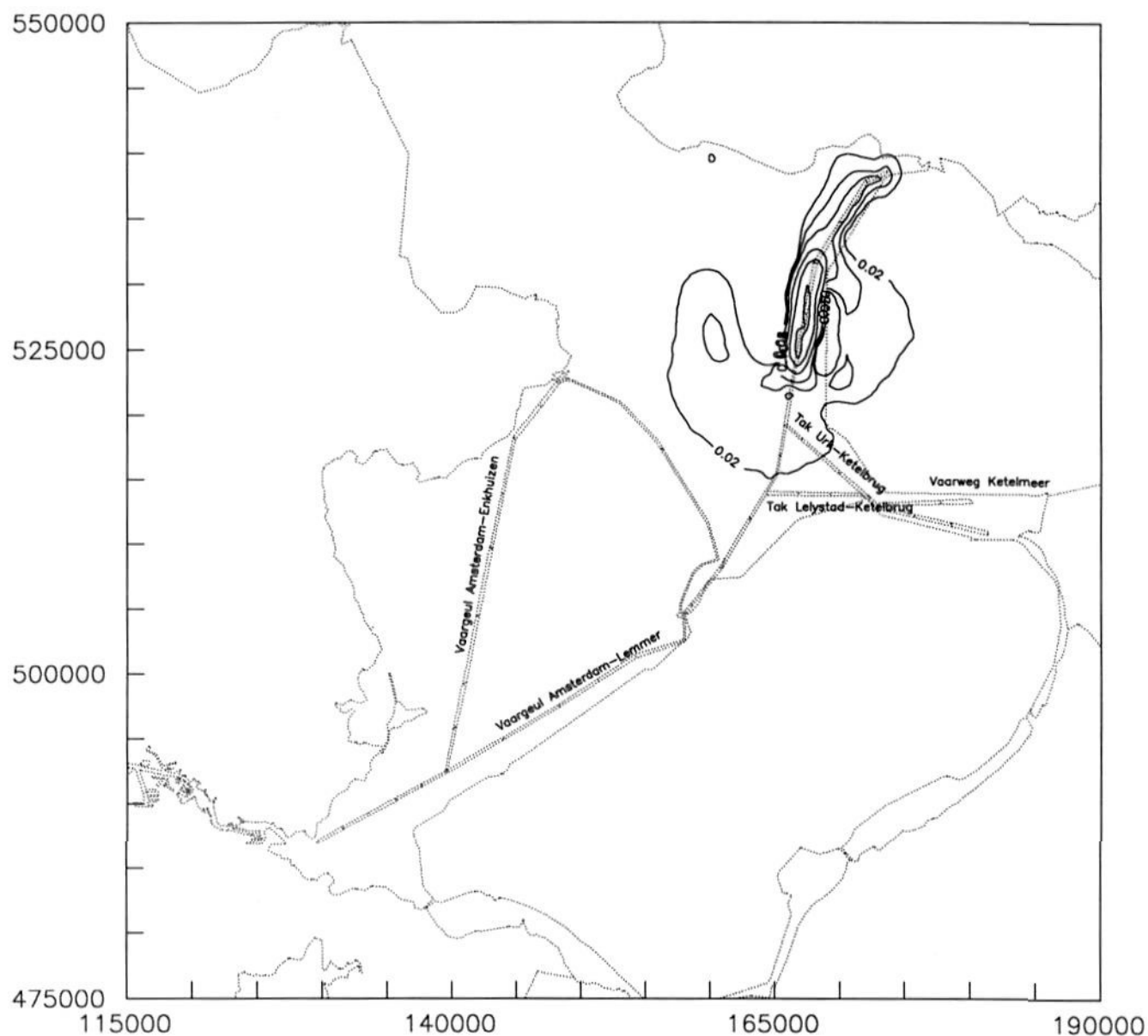
0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv verdieping vaargeul
Amsterdam-Lemmer; situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning

lekverandering

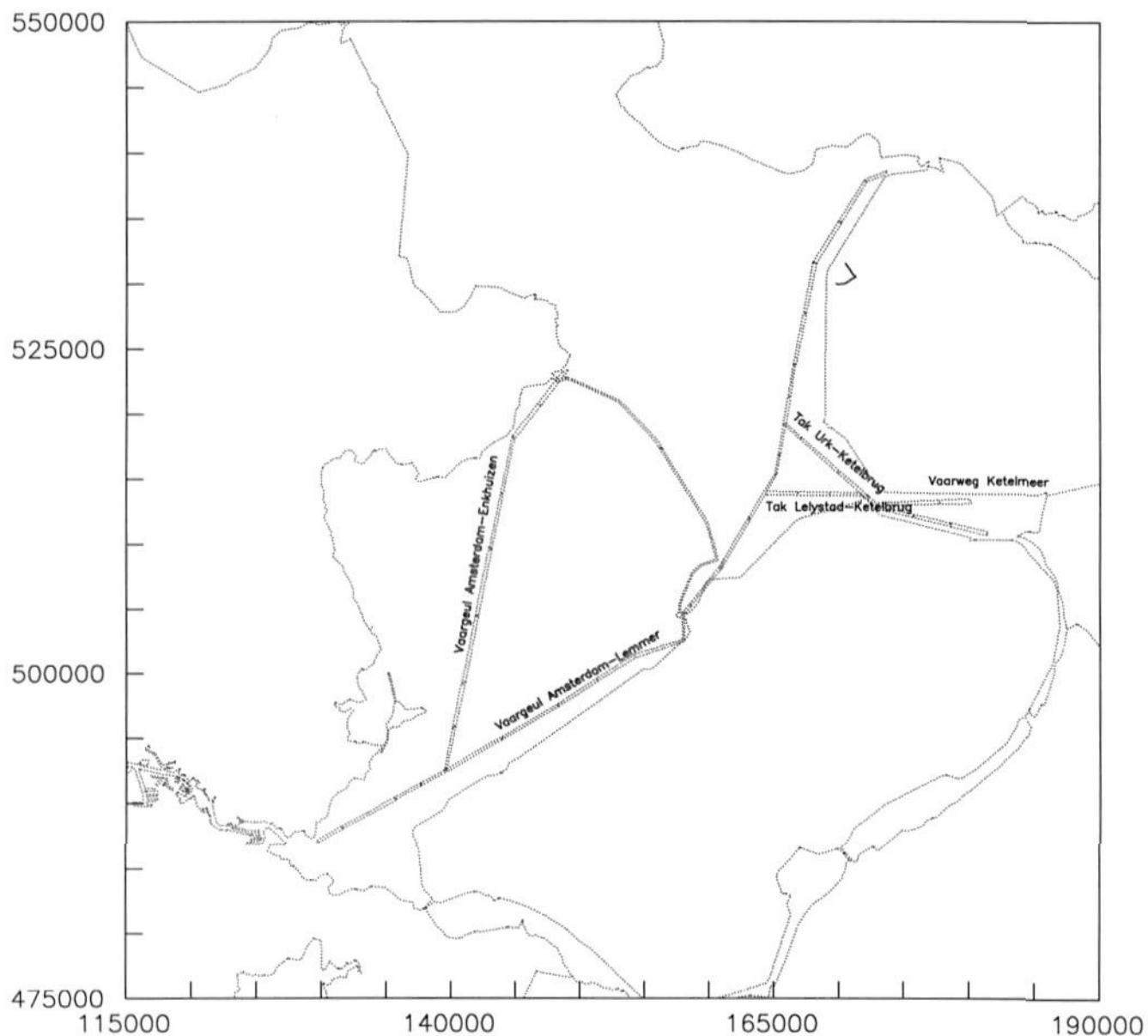
- 0.05
- 0.1
- 0.25
- 0.5
- 1



Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv verdieping vaargeul
Amsterdam-Lemmer; situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning
vak VAL5 net ontgrond

stijghoogteverandering

0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1

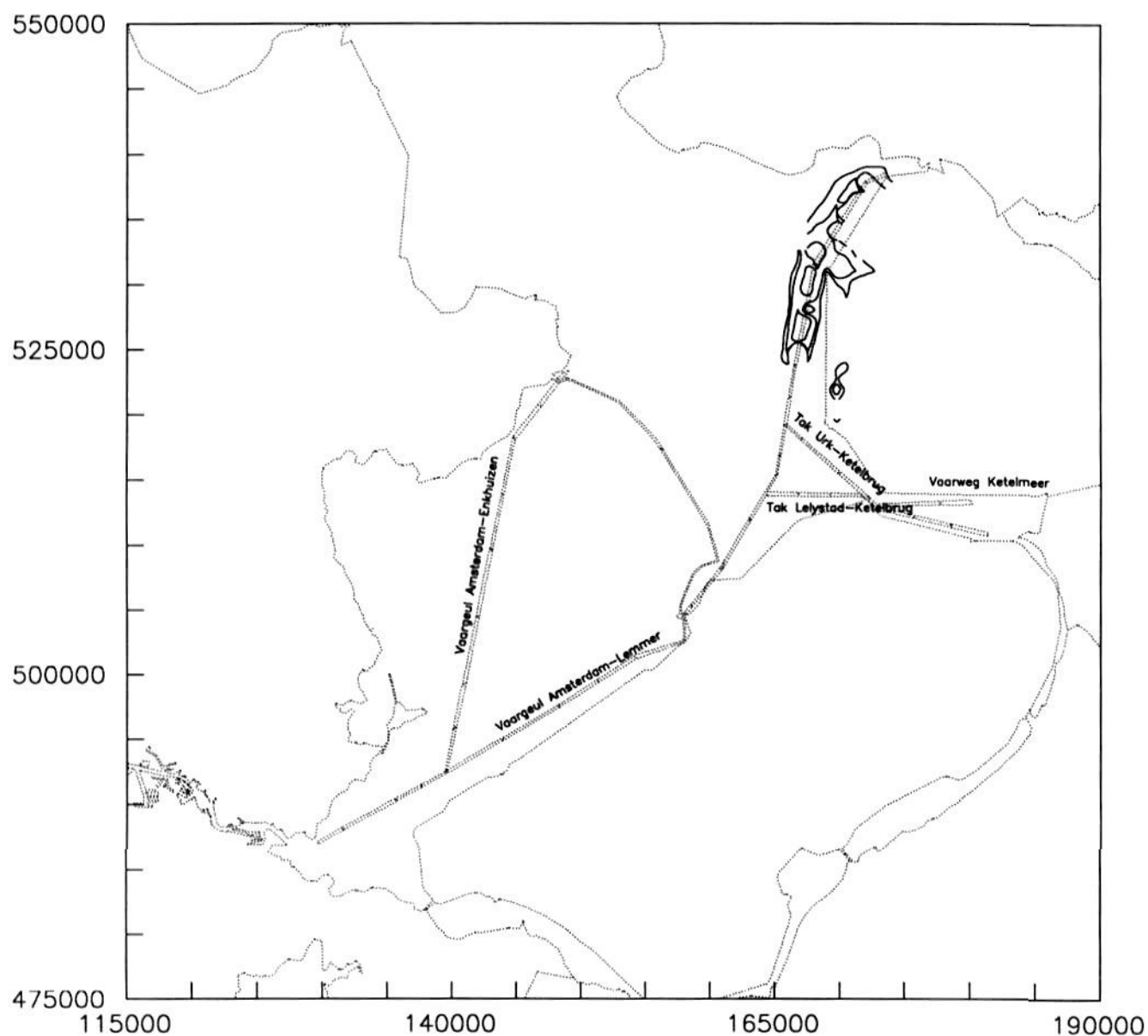


Berekende grondwaterstandsverandering [m] tgv verdieping vaargeul
Amsterdam-Lemmer, situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning
vak VAL5 net ontgrond

Drainageweerstand 200 dagen

grondwaterstandsverandering

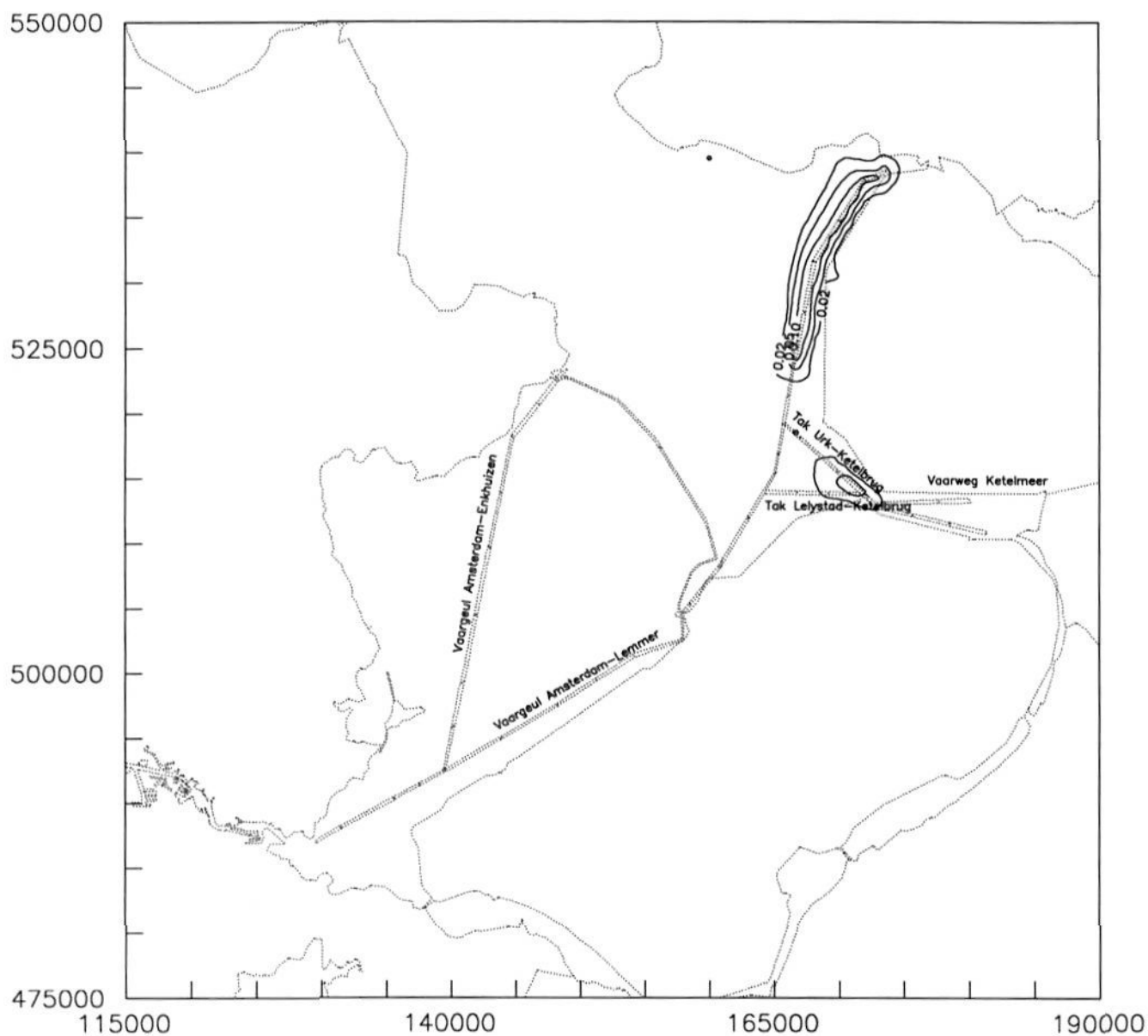
0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv verdieping vaargeul
Amsterdam-Lemmer; situatie enige tijd na beeindiging van de zandwinning
vak VAL5 net ontgrond

lekverandering

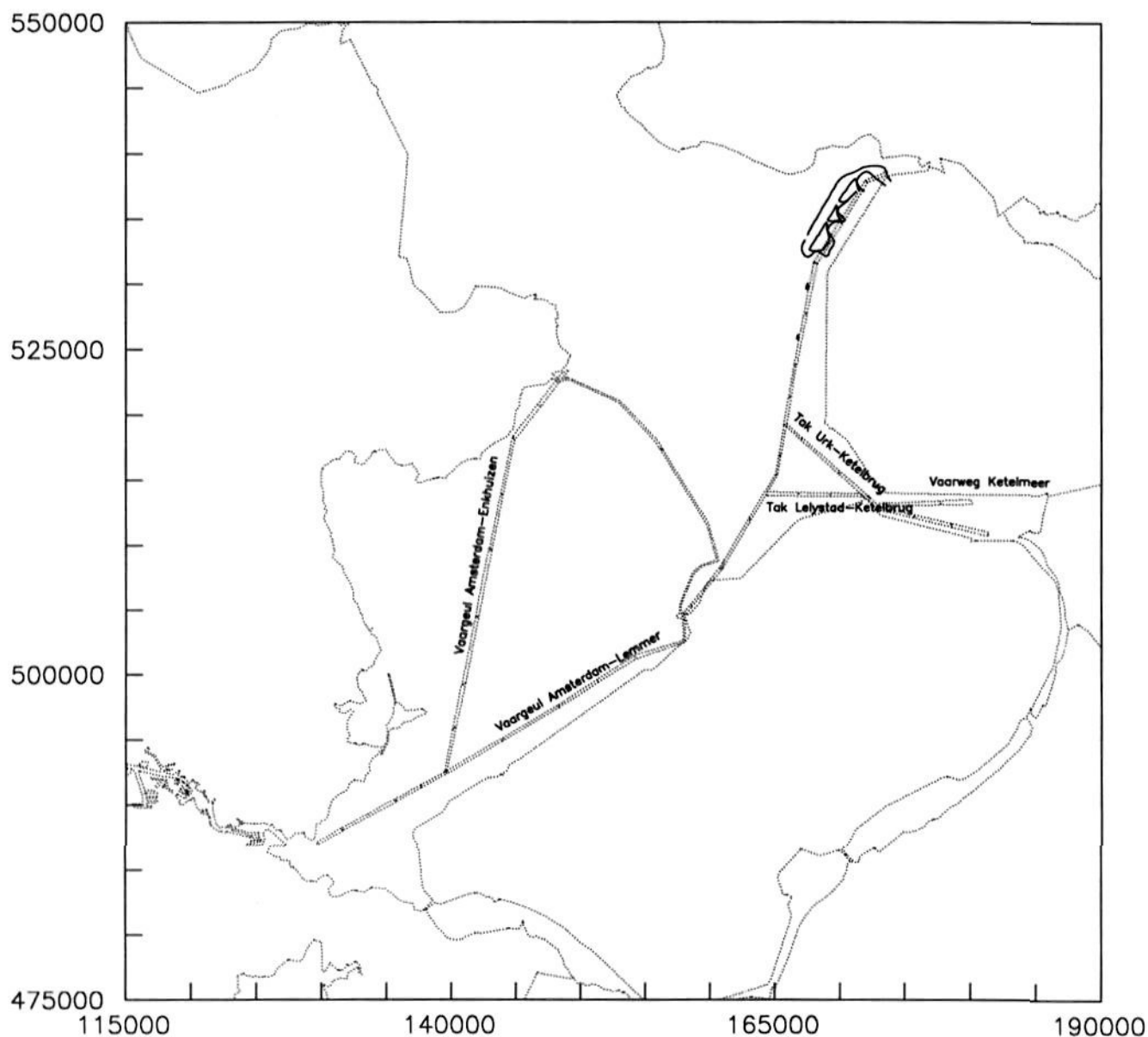
-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1



Berekende stijgheogteverandering 1e wvp [m] tgv verdieping vaargeulen
 Amsterdam-Lemmer + Triangel;
 situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning;
 tak Urk-Ketelbrug net gerealiseerd

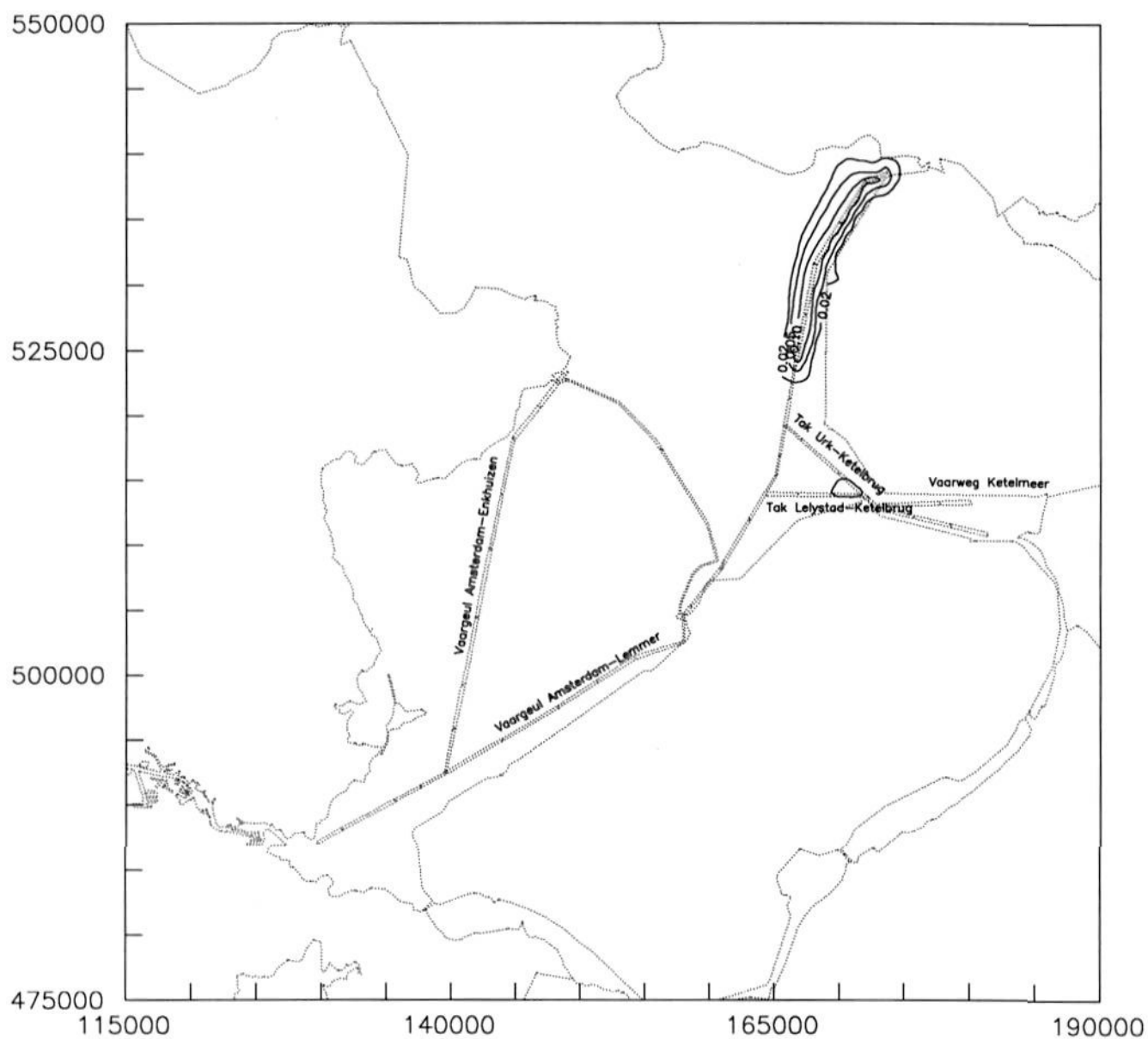
stijgheogteverandering

0.02
 0.05
 0.1
 0.25
 0.5
 1



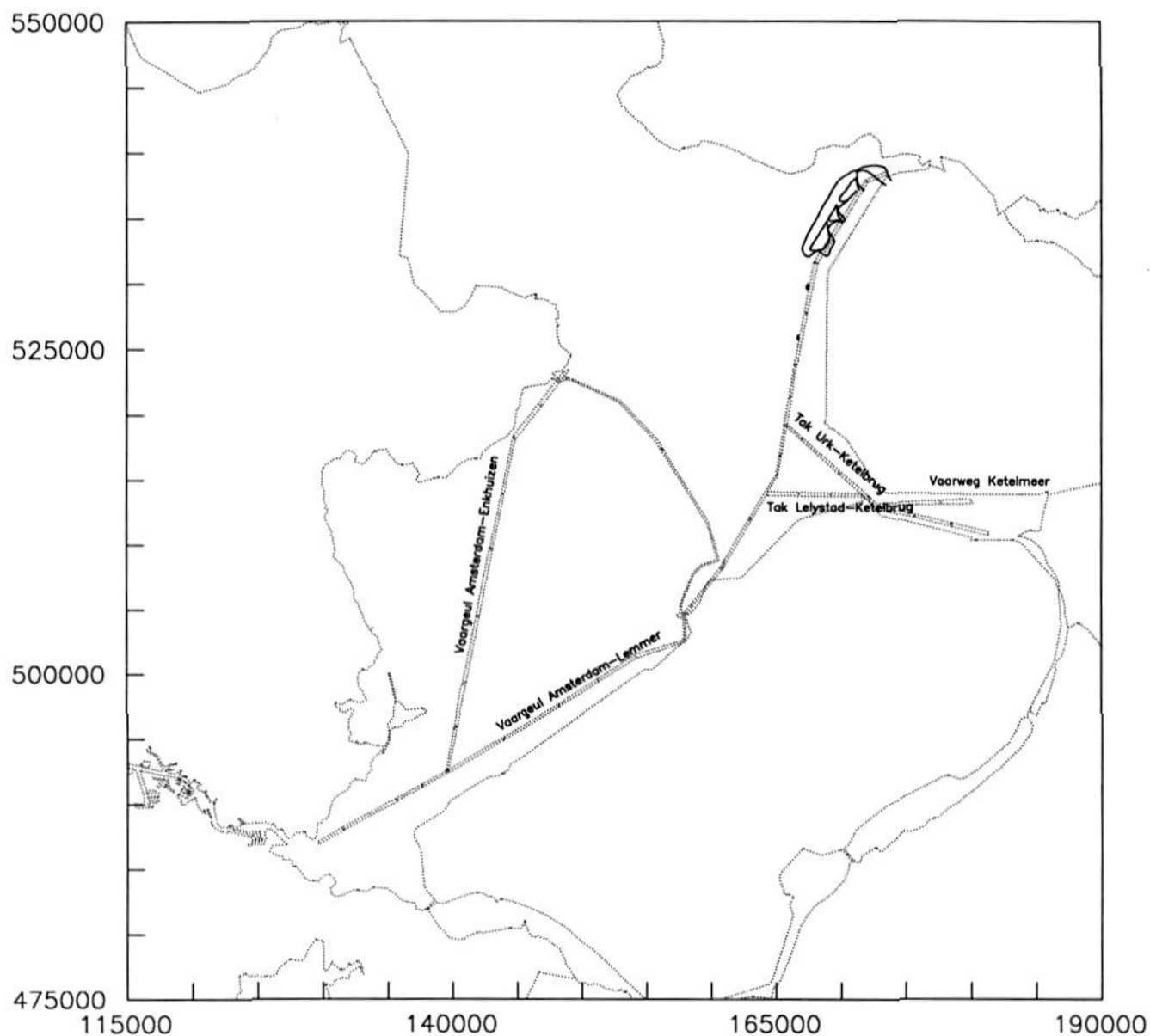
Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv verdieping vaargeulen
 Amsterdam-Lemmer + Triangel
 situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning
 tak Urk-Ketelbrug net gerealiseerd

lekverandering
 -0.05
 -0.1
 -0.25
 -0.5
 -1



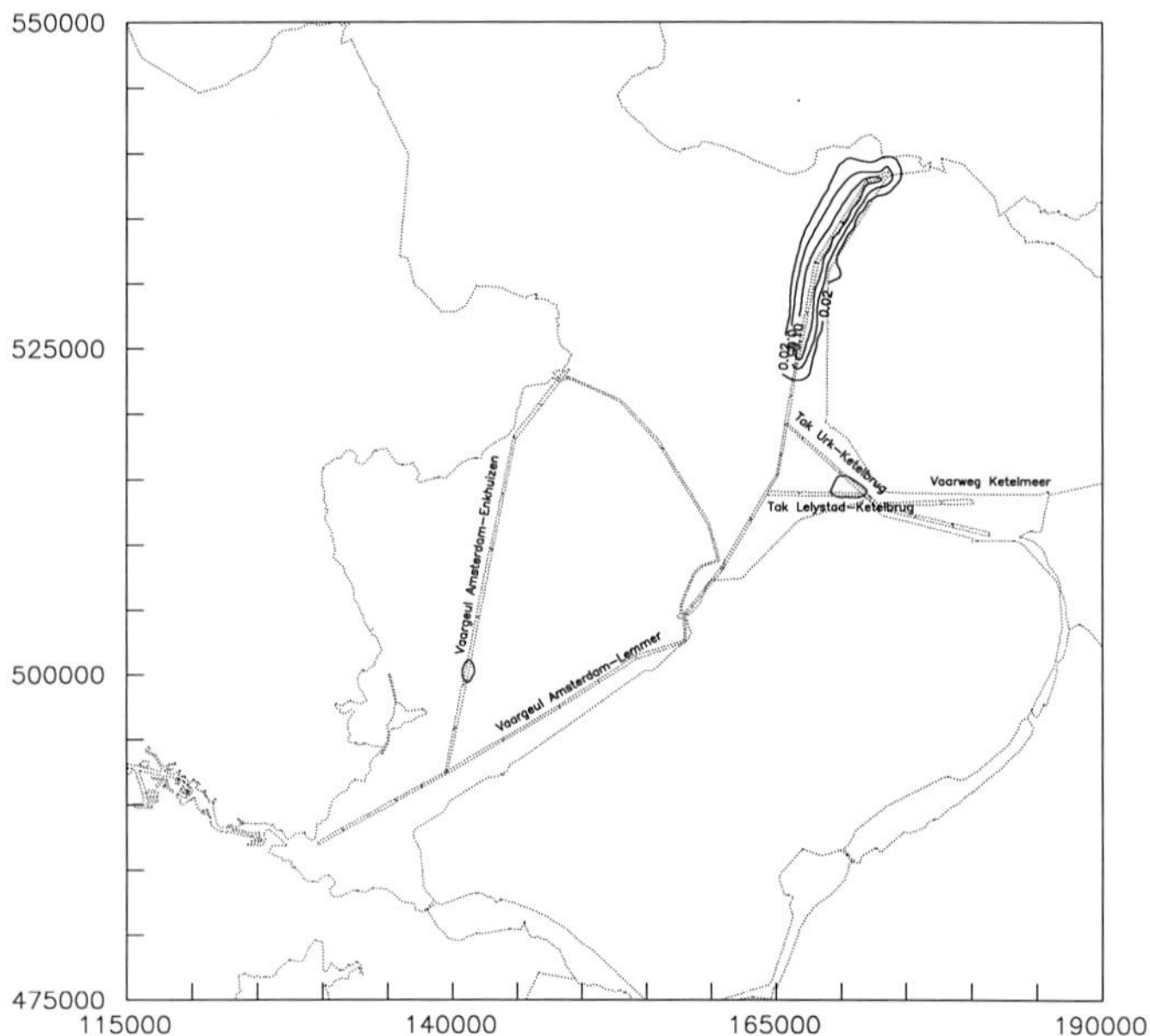
Berekende stijghoogteverandering 1e wvp [m] tgv verdieping vaargeulen
Amsterdam-Lemmer + Triangel
situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning

stijghoogteverandering
0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv verdieping vaargeulen
Amsterdam-Lemmer + Triangel
situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning

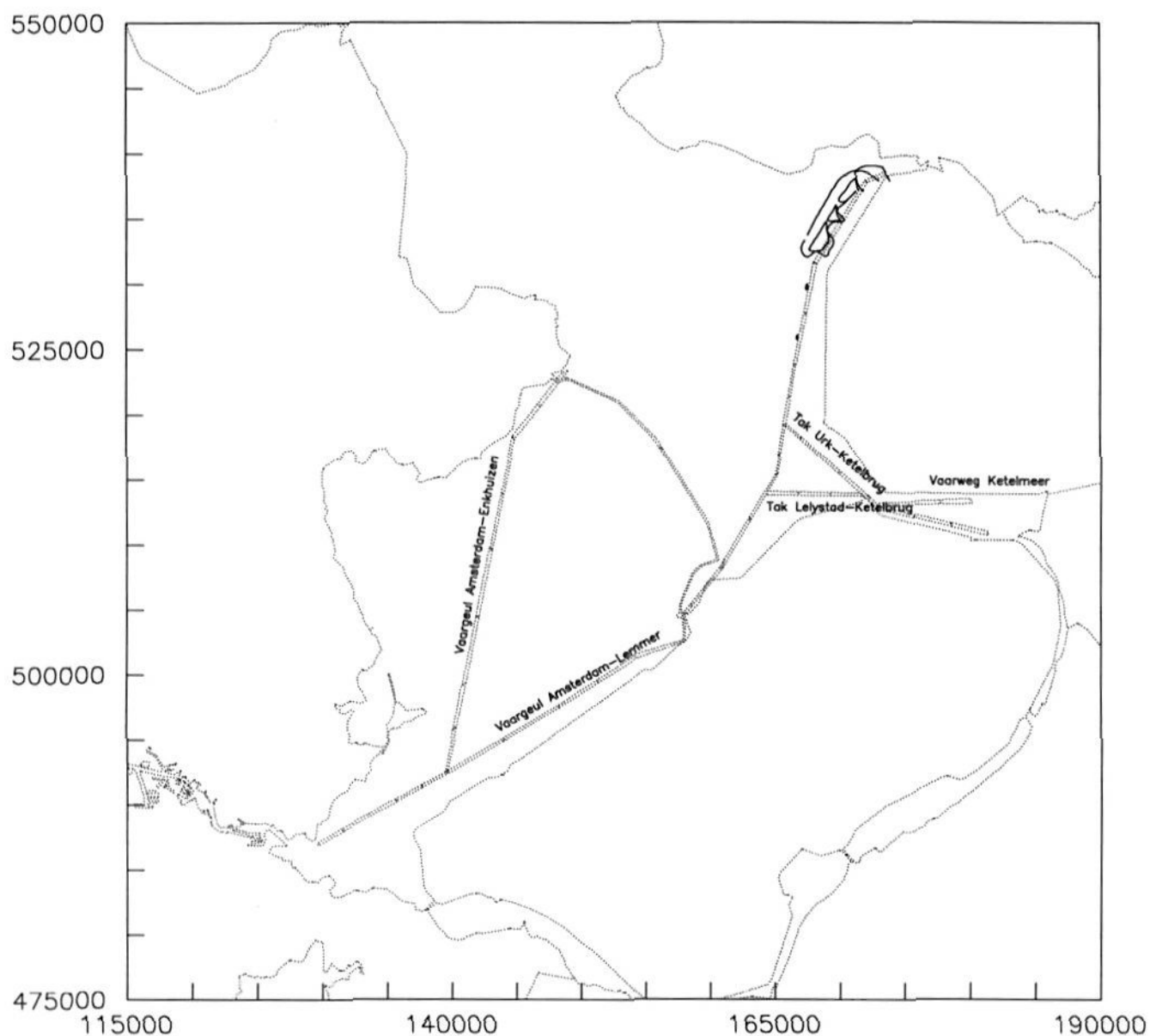
lekverandering
-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1



Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv verdieping vaargeulen
Amsterdam-Lemmer, triangel, Amsterdam-Enkhuizen en vaargeul ketelmeer
situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning

stijghoogteverandering

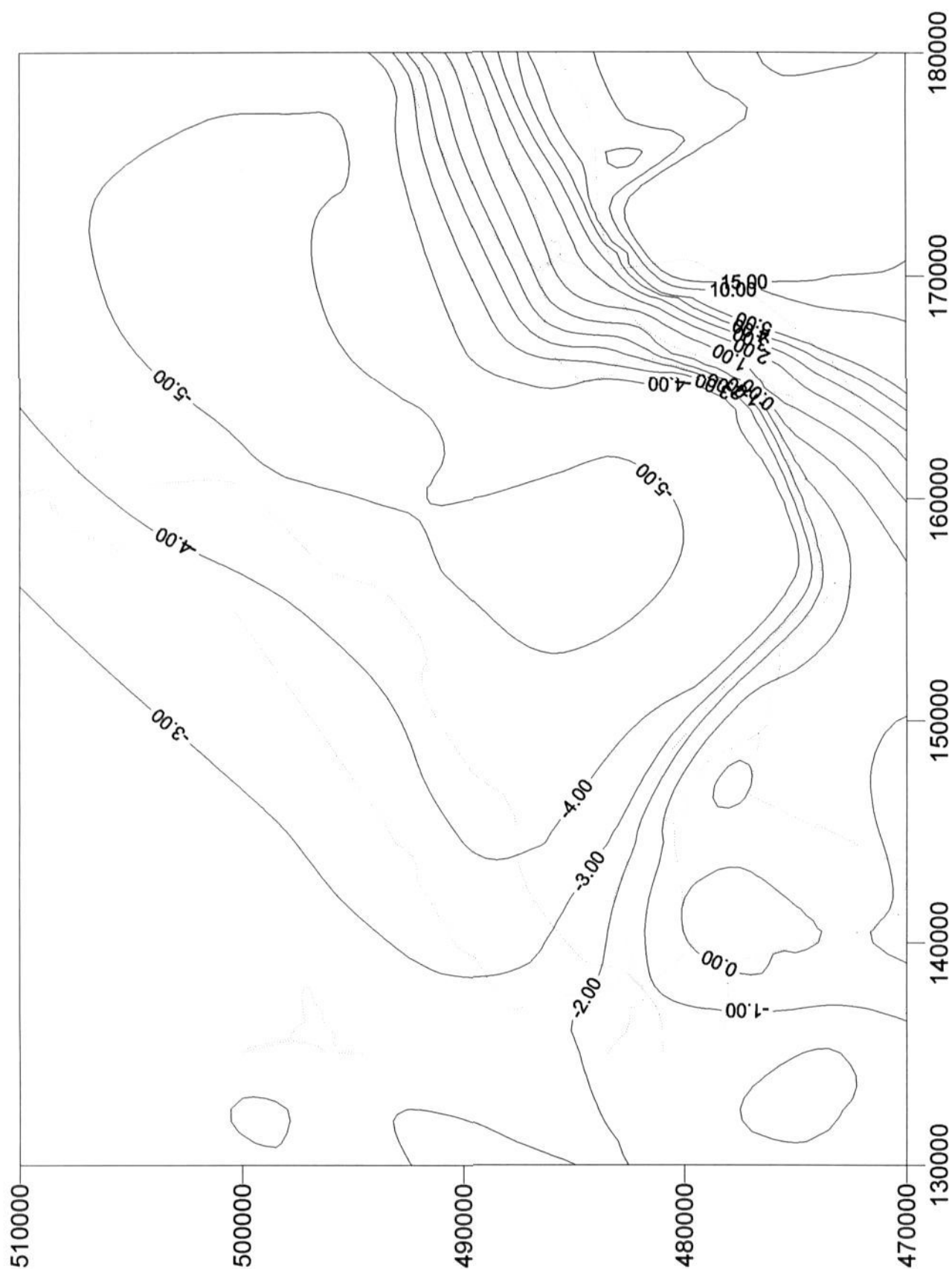
0.02
0.05
0.1
0.25
0.5
1



Berekende lekverandering deklaag [mm/dag] tgv verdieping vaargeulen
Amsterdam-Lemmer, triangel, Amsterdam-Enkhuizen en vaargeul ketelmeer
situatie enige tijd na beëindiging van de zandwinning

lekverandering
-0.05
-0.1
-0.25
-0.5
-1

Bijlagen



Bijlage 1, blad 2
Met NAGROM berekende stijghoogten [m tov NAP]
van het 1e watervoerend pakket in de referentiesituatie