

Rapportage Morfologische effecten Doorwerthse Waarden



Boskalis bv

**Project: 4 Maatregelen Nederrijn
Zaaknummer: 31035845**

Documentnummer:	NR-RAP -110
Werkpakketcode:	3.3.4
Documentstatus:	Definitief
Versie:	2a
Datum:	9 maart 2012

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld:	S. van Rooij	<i>bla</i>	9 maart 2012
Getoetst:	M. Balke	<i>MB</i>	9 maart 2012
Vrijgegeven:	D.J. Zwemmer	<i>DZ</i>	9 maart 2012
Geaccepteerd OG:			

Rapportage Morfologische effecten Doorwerthse Waarden



Boskalis bv

**Project: 4 Maatregelen Nederrijn
Zaaknummer: 31035845**

Documentnummer:	NR-RAP -110
Werkpakketcode:	3.3.4
Documentstatus:	Definitief
Versie:	2a
Datum:	9 maart 2012

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld:	S. van Rooij		9 maart 2012
Getoetst:	M. Balke		9 maart 2012
Vrijgegeven:	D.J. Zwemmer		9 maart 2012
Geaccepteerd OG:			

Document historie

<i>Revisienummer.</i>	<i>Revisie datum</i>	<i>Aanpassingen</i>
<i>0a</i>	<i>9 januari 2012</i>	<i>Eerste concept</i>
<i>0b</i>	<i>9 januari 2012</i>	<i>Tweede concept, opmerkingen TM verwerkt</i>
<i>1a</i>	<i>9 januari 2012</i>	<i>Definitief, intern goedgekeurd</i>
<i>2a</i>	<i>9 maart 2012</i>	<i>Definitief</i>

Inhoudsopgave

1	Morfologische effecten	5
2	Grenzen voor bodemerosie.....	6
3	Onderdelen	7
4	Morfologische aandachtspunten uiterwaardvergraving Doorwerth.....	9
5	Conclusies	11
6	Bijlagen	12

1 Morfologische effecten

Deze rapportage handelt over de morfologische effecten ten gevolge van de uitvoering van het deelproject Doorwerthse Waarden als onderdeel van het project vier maatregelen Nederrijn. Het doel is om de morfologische effecten van het ontwerp in beeld te brengen en de daaraan verbonden risico's te benoemen. De effecten en risico's worden beschreven in vergelijking tot de voorkeursvariant (VKV) en de referentiesituatie.

De volgende scenario's van Waqua worden gebruikt:

Tabel 1-1: afvoerscenario's

Debiet bovenrijn m ³ /s		voorkomen
4000		± 20 dagen/jr
6000		1 / jr
10000		1/10 jr
16000	(MHW)	1/1250 jr

In elk gebied wordt beoordeeld op een aantal vooraf vastgestelde beoordelingspunten die volgen uit het rivierkundig beoordelingskader. Hierbij wordt er rekening mee gehouden dat de scenario's een verschillende herhalingsfrequentie hebben. Hierdoor kan het zijn dat bij lagere afvoeren kleine veranderingen in stroming een grotere invloed hebben op het beheer dan zeer grote veranderingen die slechts in scenario's van eens in 1250 jaar voorkomen.

Op voorhand is te stellen dat een 1/1250 jr scenario waarschijnlijk weinig invloed heeft op de jaarlijkse hoeveelheid baggeren. Als het gaat om onderhoud aan de uiterwaard of kade ligt de nadruk bij een 1/1250 jr scenario op het controleren op hoge stroomsnelheden in verband met ondermijning van constructies of kades. De 1/10 jr en 1/jr afvoer hebben een grotere invloed op het rivieronderhoud door hun grotere frequentie en doorgaans minder extreme morfologische gevolgen per hoogwater. Bij 4000 m³/s bij Lobith is doorgaans geen overstroming van de uiterwaard achter de kades aanwezig en bij 6000 m³/s bij Lobith loopt de uiterwaard doorgaans niet onder of is er slechts weinig water aanwezig. Op uiterwaarden zal dit vooral leiden tot het achterlaten van slib en drijvende takken en mogelijk drijvend vuil.

2 Grenzen voor bodemerosie

In de beoordeling van de morfologie wordt rekening gehouden met de erosiegevoeligheid van de bodem. De bestendigheid van bodemmateriaal tegen erosie is bij benadering bekend¹ en gegeven in Tabel 2-1. Daarnaast speelt de vegetatie een belangrijke rol. Van invloed zijn hierbij o.a.: type groeivorm, leeftijd, dekkinggraad, doorworteldiepte etc.² Getallen lopen hierbij ver uiteen. Daarom wordt hier Tabel 2-1 aangehouden. Daarnaast is bekend dat vaste klei met grasbekleding stroomsnelheden tot 1 m/s goed kan hebben. Dit wordt daarom doorgaans toegepast op dijken.

Tabel 2-1: Toelaatbare stroomsnelheden bij een natuurlijk evenwichtsprofiel

Grondsoort	toelaatbare (m/s)
Zand	0,30
Veen	0,50
Zandige klei	0,40
Slappe klei	0,60
Redelijk vaste klei	0,80 (1,0 bij kortdurende belastingen)
Vaste klei	1,00 (1,2 -1,5 bij kortdurende belastingen)

¹ CUR-rapport 201, natuurvriendelijke oevers – belasting en sterkte

² Vegetatiekundige inventarisatie en erosiebestendigheid van de waterkeringen in het beheersgebied van Waterschap Vallei en Eem. Alterra. 2009.

3 Onderdelen

In de ontwerpen worden de volgende punten beoordeeld volgens het morfologisch beoordelingskader:

Tabel 3-1: beoordelingspunten

1	<ul style="list-style-type: none"> ● Hydraulisch
	Het totale effect van de maatregelen op de waterstandverlaging bij Maatgevend Hoog Water (MHW) in vergelijking tot VKV en referentie.
	NVT ³
2	<ul style="list-style-type: none"> ● Onderhoud rivieras:
	Sedimentatie en erosie met als gevolg een systematische toename of afname van baggerwerk of uitdiepen van de rivier.
	NVT ³
3	<ul style="list-style-type: none"> ● Rivieroever:
	Erosie van de oever en het lage deel van het talud van de vaargeul met als gevolg geulverlegging, verandering geulafmeting, oeverafslag of oeverinstabiliteit.
	Input: Waqmorf rekenresultaat en bodemligging. Output: kaarten en analyse van rekenresultaat van Waqmorf. Inschatting risico's op basis van expert judgement.
4	<ul style="list-style-type: none"> ● Uiterwaard:
	Erosie en sedimentatie met als gevolg toe- of afname van de berging of stroomvoerende capaciteit, schade aan constructies of hinder.
	Input: Waqua en Waqmorf rekenresultaat in kaarten en getallen en bodemligging. Grenssnelheden voor erosie voor verschillende bodemtypen en begroeiing. Output: beoordeling risico's en effecten op basis van gegevens en expert judgement. Bepaling van verandering in bergend vermogen en effect op stroombeeld.
5	<ul style="list-style-type: none"> ● Nevengeulen en watergangen:
	Erosie en sedimentatie met als gevolg verandering van de geuldimensies en watervoerende capaciteit of risico's voor de waterkeringen.
	Input: Waqua en Waqmorf rekenresultaten en terreinhoogten. Grenssnelheden voor erosie voor verschillende bodemtypen en begroeiing. Output: analyse van veranderingen in geuldimensie en positie en inschatting van de effecten op hoogwaterafvoer en risico's voor schade aan objecten op basis van expert judgement.
6	<ul style="list-style-type: none"> ● Kades:
	Stroomsnelheid en erosie over, langs en achter de kade ivm stabiliteit van de kade en het risico op ondergraving van de constructie.
	Input: Waqua en Waqmorf rekenresultaat, terreinhoogten en grenssnelheden voor erosie voor verschillende bodemtypen. Output: analyse en overzicht van risicovolle locaties mbt erosie en het optreden van mogelijk risicovolle hoge stroomsnelheden.
7	<ul style="list-style-type: none"> ● Keringen:
	Erosie in nabijheid van de kering waardoor gevaar op afname van stabiliteit van de kering kan ontstaan.
	Input: Waqua en Waqmorf rekenresultaten, terreinhoogten en Output en grenssnelheden voor erosie voor verschillende bodemtypen en begroeiing. Output: Risico-inschatting op basis van expert judgement.

³ Dit wordt behandeld in de rapportage met betrekking tot het hydraulisch en morfologisch onderzoek.

8	● Kribben:
	Toename van stroomsnelheid of achterloopsheid van de kribben of erosie rondom de kribben met als gevolg instabiliteit van de kribben of afname van de werking.
	Input: Waqua en Waqmorf rekenresultaten, terreinhoogten en Output en grenssnelheden voor erosie voor verschillende bodemtypen en begroeiing. Output: Analyse van stroomsnelheden rondom de kribben en risico-inschatting op basis van expert judgement
9	● Constructies
	Erosie rondom constructies met als gevolg instabiliteit of schade.
	Input: resultaten van voorgaande analysestappen Output: beschrijving van risico's per object.

4 Morfologische aandachtspunten uiterwaardvergraving Doorwerth

De uiterwaardvergraving van Elst is beoordeeld op basis van Waqua berekeningen voor de afvoerscenario's zoals genoemd in rapportage hydraulisch en morfologisch onderzoek Definitief ontwerp maatregel Elst. Er zijn berekeningen uitgevoerd van de referentiesituatie, het VKV en VO. Onderstaande tabel geeft de bevindingen weer per beoordelingspunt. De beoordeling is uitgevoerd op basis van de gegevens in de volgende kaarten:

- Kaart Uiterwaardvergraving Doorwerth, waquarun voor D05: stroomsnelheden D05-q06;
- Kaart Uiterwaardvergraving Doorwerth, waquarun voor D05: stroomsnelheden D05-q10;
- Kaart Uiterwaardvergraving Doorwerth, waquarun voor D05: stroomsnelheden D05-q16;
- Kaarten 4 maatregelen Nederrijn. Locatie Doorwerth. Bijlagen 1-1 t/m 4-5;
- Kaart Uiterwaardvergraving Doorwerth waquarun voor D05: gebieden waar bepaalde stroomsnelheden voorkomen.

1	<ul style="list-style-type: none"> • Hydraulisch <p><i>Het totale effect van de maatregelen op de waterstandverlaging bij Maatgevend Hoog Water (MHW) in vergelijking tot VKV en referentie.</i></p> <p>Dit is geen onderdeel van onderhavig rapport. NVT ⁴</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> • Onderhoud rivieras: <p><i>Sedimentatie en erosie met als gevolg een systematische toename of afname van baggerwerk of uitdiepen van de rivier.</i></p> <p>NVT ³</p>
3	<ul style="list-style-type: none"> • Rivieroever: <p><i>Erosie van de oever en het lage deel van het talud van de vaargeul met als gevolg geulverlegging, verandering geulafmeting, oeverafslag of oeverinstabiliteit.</i></p> <p>Er zijn 3 kribben aanwezig. Alleen op de zuidwestelijke punt van het Ei van Thijssen worden de stroomsnelheden op de oever zodanig hoog dat bij een 1/10 jr scenario en bij maatgevende afvoer significante erosie op kan treden (>1 m/s). bovendien betreft het hier een stroomhappende rand. Uit de verschilanalyse blijkt dat de stroomsnelheden na uitvoer van de maatregelen hier niet veranderen ten opzichte van de referentiesituatie. Er wordt vanuit gegaan dat de oever hier afdoende is beschermd. De bescherming hoeft daarmee niet aangepast te worden ten opzichte van de huidige situatie.</p>
4	<ul style="list-style-type: none"> • Uiterwaard: <p><i>Erosie en sedimentatie met als gevolg toe- of afname van de berging of stroomvoerende capaciteit, schade aan constructies of hinder.</i></p> <p>De uiterwaard loopt onder vanaf q10000. Stroomsnelheden zijn op de uiterwaard ten noorden van de terp bij maatgevend hoogwater maximaal 1 m/s. Uit de verschilanalyse blijkt dat de stroomsnelheden niet veranderen ten opzichte van de referentiesituatie. Door het terugbrengen van de kleiige bodem en het aanbrengen van een grasbedekking wordt de huidige situatie hersteld en is afdoende bescherming aanwezig. Ten zuiden van de terp en de verplaatste kade treedt onderlopen van het gebied op bij normale jaarlijkse hoogwaterperioden. Stroomsnelheden zijn hierbij niet problematisch en lopen op tot 1 m/s bij maatgevende afvoer. De kleiige ondergrond met grasbekleding biedt afdoende bescherming.</p> <p>Stroomsnelheden zijn aan de westkant van het ei van Thijssen hoog genoeg voor erosie van onbeschermd bodem bij afvoerscenario's van 1/10 jr en maatgevende waterstand. De kleihoudende bodem met grasmat biedt voldoende bescherming hiertegen.</p>
5	<ul style="list-style-type: none"> • Nevengeulen en watergangen: <p><i>Erosie en sedimentatie met als gevolg verandering van de geuldimensies en watervoerende capaciteit of risico's voor de waterkeringen.</i></p> <p>Nevengeulen zijn niet aanwezig</p>

⁴ Dit wordt behandeld in de rapportage met betrekking tot het hydraulisch en morfologisch onderzoek

6	<ul style="list-style-type: none"> ● Kades:
	<i>Stroomsnelheid en erosie over, langs en achter de kade ivm stabiliteit van de kade en het risico op ondergraving van de constructie.</i>
	Over de kade ten zuidwesten van de terp zijn stroomsnelheden rond 1m/s aanwezig bij 1/10 jr en maatgevende afvoer. De kleiige ondergrond met kleihoudende bodem en grasbekleding biedt afdoende bescherming.
7	<ul style="list-style-type: none"> ● Keringen:
	<i>Erosie in nabijheid van de kering waardoor gevaar op afname van stabiliteit van de kering kan ontstaan.</i>
	Waterdiepte en stroomsnelheid zijn nabij de hoge gronden laag en vormen geen risico's.
8	<ul style="list-style-type: none"> ● Kribben:
	<i>Toename van stroomsnelheid of achterloopsheid van de kribben (stroming achter de kribben langs) of erosie rondom de kribben met als gevolg instabiliteit van de kribben of afname van de werking.</i>
	Stroomsnelheden rondom de kribben zijn alleen bij maatgevende afvoer ongeveer 1m/s en hoog genoeg voor lichte erosie achter de kribben. Uit de verschillenanalyse van de stroomsnelheden blijkt dat ten opzichte van de huidige situatie geen veranderingen optreden. De kribben zijn rondom beschermd met kleiig materiaal. De aansluitingen van de kribben worden zonodig aangevuld met kleiig materiaal. Het beheer dient, net als nu het geval is - middels controles na hoogwater rekening te houden met de kans op erosie en zal bestaan uit het opvullen van mogelijke erosiegaten. Bij lagere waterstanden is geen risico op achterloopsheid.
9	<ul style="list-style-type: none"> ● Constructies
	<i>Erosie rondom constructies met als gevolg instabiliteit of schade.</i>
	Over de rivier is een brug aanwezig. Bij de pijlers kunnen stroomsnelheden van 1-1,5 m/s optreden bij maatgevende afvoer. Verschillenanalyse laat zien dat de stroomsnelheden gelijk zijn aan die in de referentiesituatie. Er hoeven daarom geen aanvullende maatregelen genomen te worden. Ten zuidoosten van de terp loopt een gasleiding. Deze behoudt na uitvoering van de werkzaamheden een dekking van minimaal een meter. Het maaiveld is boven de leiding ongeveer een halve meter hoger dan het omliggende land. De taluds aan weerszijden van de gasleiding zijn flauw, om een vloeiende overgang te creëren voor de stroming. De kop van de verhoging wordt beschermd met grastegels om erosie als gevolg van een stroomhappend effect te voorkomen. Zie memo Toetsing gasleiding op erosie, kenmerk NR-U-M-316/SvR-MB-np d.d. 16-12-2011.

5 Conclusies

Aandachtspunten voor erosie zijn de westelijke oever van het Ei van Thijsen en de extra bodembescherming boven de gasleiding.

6 Bijlagen

- Kaart Uiterwaardvergraving Doorwerth, waquarun voor D05: stroomsnelheden D05-Q06;
- Kaart Uiterwaardvergraving Doorwerth, waquarun voor D05: stroomsnelheden D05-q10;
- Kaart Uiterwaardvergraving Doorwerth, waquarun voor D05: stroomsnelheden D05-q16;
- Kaarten 4 maatregelen Nederrijn. Locatie Doorwerth. Bijlagen 1-1 t/m 4-5;
- Kaart Uiterwaardvergraving Doorwerth waquarun voor D05: gebieden waar bepaalde stroomsnelheden voorkomen;
- Memo Toetsing gasleiding op erosie, kenmerk NR-U-M-316/SvR-MB-np d.d. 16-12-2011.

Rapportage Morfologische effecten Doorwerthse Waarden



Boskalis bv

**Project: 4 Maatregelen Nederrijn
Zaaknummer: 31035845**

Documentnummer:	NR-RAP -110
Werkpakketcode:	3.3.4
Documentstatus:	Concept
Versie:	1a
Datum:	9 januari 2012

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld:	S. van Rooij	b.a.	9 januari 2012
Getoetst:	M. Balke		9 januari 2012
Vrijgegeven:	D.J. Zwemmer		9 januari 2012
Geaccepteerd OG:			

Document historie

<i>Revisienummer.</i>	<i>Revisie datum</i>	<i>Aanpassingen</i>
0a	9 januari 2012	Eerste concept
0b	9 januari 2012	Tweede concept, opmerkingen TM verwerkt
1a	9 januari 2012	Definitief, intern goedgekeurd

Inhoudsopgave

1	Morfologische effecten	5
2	Grenzen voor bodemerosie.....	6
3	Onderdelen	7
4	Morfologische aandachtspunten uiterwaardvergraving Doorwerth.....	9
5	Conclusies	11
6	Bijlagen	12

1 Morfologische effecten

Deze rapportage handelt over de morfologische effecten ten gevolge van de uitvoering van het deelproject Doorwerthse Waarden als onderdeel van het project vier maatregelen Nederrijn. Het doel is om de morfologische effecten van het ontwerp in beeld te brengen en de daaraan verbonden risico's te benoemen. De effecten en risico's worden beschreven in vergelijking tot de voorkeursvariant (VKV) en de referentiesituatie.

De volgende scenario's van Waqua worden gebruikt:

Tabel 1-1: afvoerscenario's

Debiet bovenrijn m ³ /s		voorkomen
4000		± 20 dagen/jr
6000		1 / jr
10000		1/10 jr
16000	(MHW)	1/1250 jr

In elk gebied wordt beoordeeld op een aantal vooraf vastgestelde beoordelingspunten die volgen uit het rivierkundig beoordelingskader. Hierbij wordt er rekening mee gehouden dat de scenario's een verschillende herhalingsfrequentie hebben. Hierdoor kan het zijn dat bij lagere afvoeren kleine veranderingen in stroming een grotere invloed hebben op het beheer dan zeer grote veranderingen die slechts in scenario's van eens in 1250 jaar voorkomen.

Op voorhand is te stellen dat een 1/1250 jr scenario waarschijnlijk weinig invloed heeft op de jaarlijkse hoeveelheid baggeren. Als het gaat om onderhoud aan de uiterwaard of kade ligt de nadruk bij een 1/1250 jr scenario op het controleren op hoge stroomsnelheden in verband met ondermijning van constructies of kades. De 1/10 jr en 1/jr afvoer hebben een grotere invloed op het rivieronderhoud door hun grotere frequentie en doorgaans minder extreme morfologische gevolgen per hoogwater. Bij 4000 m³/s bij Lobith is doorgaans geen overstroming van de uiterwaard achter de kades aanwezig en bij 6000 m³/s bij Lobith loopt de uiterwaard doorgaans niet onder of is er slechts weinig water aanwezig. Op uiterwaarden zal dit vooral leiden tot het achterlaten van slib en drijvende takken en mogelijk drijvend vuil.

2 Grenzen voor bodemerosie

In de beoordeling van de morfologie wordt rekening gehouden met de erosiegevoeligheid van de bodem. De bestendigheid van bodemmateriaal tegen erosie is bij benadering bekend¹ en gegeven in Tabel 2-1. Daarnaast speelt de vegetatie een belangrijke rol. Van invloed zijn hierbij o.a.: type groeivorm, leeftijd, dekkinggraad, doorworteldiepte etc.² Getallen lopen hierbij ver uiteen. Daarom wordt hier Tabel 2-1 aangehouden. Daarnaast is bekend dat vaste klei met grasbekleding stroomsnelheden tot 1 m/s goed kan hebben. Dit wordt daarom doorgaans toegepast op dijken.

Tabel 2-1: Toelaatbare stroomsnelheden bij een natuurlijk evenwichtsprofiel

Grondsoort	toelaatbare (m/s)
Zand	0,30
Veen	0,50
Zandige klei	0,40
Slappe klei	0,60
Redelijk vaste klei	0,80 (1,0 bij kortdurende belastingen)
Vaste klei	1,00 (1,2 -1,5 bij kortdurende belastingen)

¹ CUR-rapport 201, natuurvriendelijke oevers – belasting en sterkte

² Vegetatiekundige inventarisatie en erosiebestendigheid van de waterkeringen in het beheersgebied van Waterschap Vallei en Eem. Alterra. 2009.

3 Onderdelen

In de ontwerpen worden de volgende punten beoordeeld volgens het morfologisch beoordelingskader:

Tabel 3-1: beoordelingspunten

1	<ul style="list-style-type: none"> ● Hydraulisch
	Het totale effect van de maatregelen op de waterstandverlaging bij Maatgevend Hoog Water (MHW) in vergelijking tot VKV en referentie.
	NVT ³
2	<ul style="list-style-type: none"> ● Onderhoud rivieras:
	Sedimentatie en erosie met als gevolg een systematische toename of afname van baggerwerk of uitdiepen van de rivier.
	NVT ³
3	<ul style="list-style-type: none"> ● Rivieroever:
	Erosie van de oever en het lage deel van het talud van de vaargeul met als gevolg geulverlegging, verandering geulafmeting, oeverafslag of oeverinstabiliteit.
	Input: Waqmorf rekenresultaat en bodemligging. Output: kaarten en analyse van rekenresultaat van Waqmorf. Inschatting risico's op basis van expert judgement.
4	<ul style="list-style-type: none"> ● Uiterwaard:
	Erosie en sedimentatie met als gevolg toe- of afname van de berging of stroomvoerende capaciteit, schade aan constructies of hinder.
	Input: Waqua en Waqmorf rekenresultaat in kaarten en getallen en bodemligging. Grenssnelheden voor erosie voor verschillende bodemtypen en begroeiing. Output: beoordeling risico's en effecten op basis van gegevens en expert judgement. Bepaling van verandering in bergend vermogen en effect op stroombeeld.
5	<ul style="list-style-type: none"> ● Nevengeulen en watergangen:
	Erosie en sedimentatie met als gevolg verandering van de geuldimensies en watervoerende capaciteit of risico's voor de waterkeringen.
	Input: Waqua en Waqmorf rekenresultaten en terreinhoogten. Grenssnelheden voor erosie voor verschillende bodemtypen en begroeiing. Output: analyse van veranderingen in geuldimensie en positie en inschatting van de effecten op hoogwaterafvoer en risico's voor schade aan objecten op basis van expert judgement.
6	<ul style="list-style-type: none"> ● Kades:
	Stroomsnelheid en erosie over, langs en achter de kade ivm stabiliteit van de kade en het risico op ondergraving van de constructie.
	Input: Waqua en Waqmorf rekenresultaat, terreinhoogten en grenssnelheden voor erosie voor verschillende bodemtypen. Output: analyse en overzicht van risicovolle locaties mbt erosie en het optreden van mogelijk risicovolle hoge stroomsnelheden.
7	<ul style="list-style-type: none"> ● Keringen:
	Erosie in nabijheid van de kering waardoor gevaar op afname van stabiliteit van de kering kan ontstaan.
	Input: Waqua en Waqmorf rekenresultaten, terreinhoogten en Output en grenssnelheden voor erosie voor verschillende bodemtypen en begroeiing. Output: Risico-inschatting op basis van expert judgement.

³ Dit wordt behandeld in de rapportage met betrekking tot het hydraulisch en morfologisch onderzoek.

8	● Kribben:
	Toename van stroomsnelheid of achterloopsheid van de kribben of erosie rondom de kribben met als gevolg instabiliteit van de kribben of afname van de werking.
	Input: Waqua en Waqmorf rekenresultaten, terreinhoogten en Output en grenssnelheden voor erosie voor verschillende bodemtypen en begroeiing. Output: Analyse van stroomsnelheden rondom de kribben en risico-inschatting op basis van expert judgement
9	● Constructies
	Erosie rondom constructies met als gevolg instabiliteit of schade.
	Input: resultaten van voorgaande analysestappen Output: beschrijving van risico's per object.

4 Morfologische aandachtspunten uiterwaardvergraving Doorwerth

De uiterwaardvergraving van Elst is beoordeeld op basis van Waqua berekeningen voor de afvoerscenario's zoals genoemd in rapportage hydraulisch en morfologisch onderzoek Definitief ontwerp maatregel Elst. Er zijn berekeningen uitgevoerd van de referentiesituatie, het VKV en VO. Onderstaande tabel geeft de bevindingen weer per beoordelingspunt. De beoordeling is uitgevoerd op basis van de gegevens in de volgende kaarten:

- Kaart Uiterwaardvergraving Doorwerth, waquarun voor D05: stroomsnelheden D05-q06;
- Kaart Uiterwaardvergraving Doorwerth, waquarun voor D05: stroomsnelheden D05-q10;
- Kaart Uiterwaardvergraving Doorwerth, waquarun voor D05: stroomsnelheden D05-q16;
- Kaarten 4 maatregelen Nederrijn. Locatie Doorwerth. Bijlagen 1-1 t/m 4-5;
- Kaart Uiterwaardvergraving Doorwerth waquarun voor D05: gebieden waar bepaalde stroomsnelheden voorkomen.

1	<ul style="list-style-type: none"> • Hydraulisch <p><i>Het totale effect van de maatregelen op de waterstandverlaging bij Maatgevend Hoog Water (MHW) in vergelijking tot VKV en referentie.</i></p> <p>Dit is geen onderdeel van onderhavig rapport. NVT ⁴</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> • Onderhoud rivieras: <p><i>Sedimentatie en erosie met als gevolg een systematische toename of afname van baggerwerk of uitdiepen van de rivier.</i></p> <p>NVT ³</p>
3	<ul style="list-style-type: none"> • Rivieroever: <p><i>Erosie van de oever en het lage deel van het talud van de vaargeul met als gevolg geulverlegging, verandering geulafmeting, oeverafslag of oeverinstabiliteit.</i></p> <p>Er zijn 3 kribben aanwezig. Alleen op de zuidwestelijke punt van het Ei van Thijssen worden de stroomsnelheden op de oever zodanig hoog dat bij een 1/10 jr scenario en bij maatgevende afvoer significante erosie op kan treden (>1 m/s). bovendien betreft het hier een stroomhappende rand. Uit de verschilanalyse blijkt dat de stroomsnelheden na uitvoer van de maatregelen hier niet veranderen ten opzichte van de referentiesituatie. Er wordt vanuit gegaan dat de oever hier afdoende is beschermd. De bescherming hoeft daarmee niet aangepast te worden ten opzichte van de huidige situatie.</p>
4	<ul style="list-style-type: none"> • Uiterwaard: <p><i>Erosie en sedimentatie met als gevolg toe- of afname van de berging of stroomvoerende capaciteit, schade aan constructies of hinder.</i></p> <p>De uiterwaard loopt onder vanaf q10000. Stroomsnelheden zijn op de uiterwaard ten noorden van de terp bij maatgevend hoogwater maximaal 1 m/s. Uit de verschilanalyse blijkt dat de stroomsnelheden niet veranderen ten opzichte van de referentiesituatie. Door het terugbrengen van de kleiige bodem en het aanbrengen van een grasbedekking wordt de huidige situatie hersteld en is afdoende bescherming aanwezig. Ten zuiden van de terp en de verplaatste kade treedt onderlopen van het gebied op bij normale jaarlijkse hoogwaterperioden. Stroomsnelheden zijn hierbij niet problematisch en lopen op tot 1 m/s bij maatgevende afvoer. De kleiige ondergrond met grasbekleding biedt afdoende bescherming.</p> <p>Stroomsnelheden zijn aan de westkant van het ei van Thijssen hoog genoeg voor erosie van onbeschermd bodem bij afvoerscenario's van 1/10 jr en maatgevende waterstand. De kleihoudende bodem met grasmat biedt voldoende bescherming hiertegen.</p>
5	<ul style="list-style-type: none"> • Nevengeulen en watergangen: <p><i>Erosie en sedimentatie met als gevolg verandering van de geuldimensies en watervoerende capaciteit of risico's voor de waterkeringen.</i></p> <p>Nevengeulen zijn niet aanwezig</p>

⁴ Dit wordt behandeld in de rapportage met betrekking tot het hydraulisch en morfologisch onderzoek

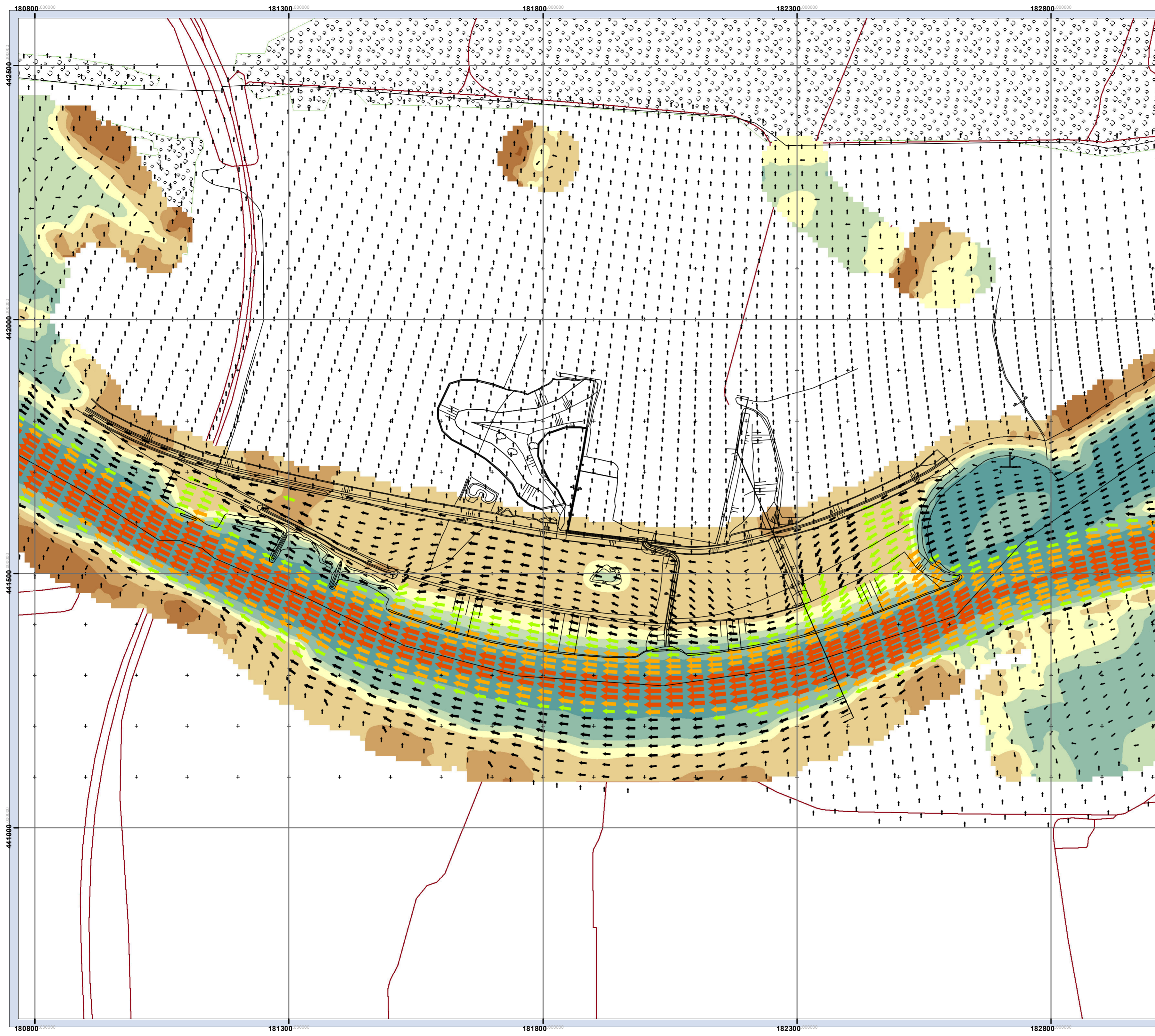
6	<ul style="list-style-type: none"> ● Kades:
	<i>Stroomsnelheid en erosie over, langs en achter de kade ivm stabiliteit van de kade en het risico op ondergraving van de constructie.</i>
	Over de kade ten zuidwesten van de terp zijn stroomsnelheden rond 1m/s aanwezig bij 1/10 jr en maatgevende afvoer. De kleiige ondergrond met kleihoudende bodem en grasbekleding biedt afdoende bescherming.
7	<ul style="list-style-type: none"> ● Keringen:
	<i>Erosie in nabijheid van de kering waardoor gevaar op afname van stabiliteit van de kering kan ontstaan.</i>
	Waterdiepte en stroomsnelheid zijn nabij de hoge gronden laag en vormen geen risico's.
8	<ul style="list-style-type: none"> ● Kribben:
	<i>Toename van stroomsnelheid of achterloopsheid van de kribben (stroming achter de kribben langs) of erosie rondom de kribben met als gevolg instabiliteit van de kribben of afname van de werking.</i>
	Stroomsnelheden rondom de kribben zijn alleen bij maatgevende afvoer ongeveer 1m/s en hoog genoeg voor lichte erosie achter de kribben. Uit de verschillenanalyse van de stroomsnelheden blijkt dat ten opzichte van de huidige situatie geen veranderingen optreden. De kribben zijn rondom beschermd met kleiig materiaal. De aansluitingen van de kribben worden zonodig aangevuld met kleiig materiaal. Het beheer dient, net als nu het geval is - middels controles na hoogwater rekening te houden met de kans op erosie en zal bestaan uit het opvullen van mogelijke erosiegaten. Bij lagere waterstanden is geen risico op achterloopsheid.
9	<ul style="list-style-type: none"> ● Constructies
	<i>Erosie rondom constructies met als gevolg instabiliteit of schade.</i>
	Over de rivier is een brug aanwezig. Bij de pijlers kunnen stroomsnelheden van 1-1,5 m/s optreden bij maatgevende afvoer. Verschillenanalyse laat zien dat de stroomsnelheden gelijk zijn aan die in de referentiesituatie. Er hoeven daarom geen aanvullende maatregelen genomen te worden. Ten zuidoosten van de terp loopt een gasleiding. Deze behoudt na uitvoering van de werkzaamheden een dekking van minimaal een meter. Het maaiveld is boven de leiding ongeveer een halve meter hoger dan het omliggende land. De taluds aan weerszijden van de gasleiding zijn flauw, om een vloeiende overgang te creëren voor de stroming. De kop van de verhoging wordt beschermd met grastegels om erosie als gevolg van een stroomhappend effect te voorkomen. Zie memo Toetsing gasleiding op erosie, kenmerk NR-U-M-316/SvR-MB-np d.d. 16-12-2011.

5 Conclusies

Aandachtspunten voor erosie zijn de westelijke oever van het Ei van Thijsen en de extra bodembescherming boven de gasleiding.

6 Bijlagen

- Kaart Uiterwaardvergraving Doorwerth, waquarun voor D05: stroomsnelheden D05-Q06;
- Kaart Uiterwaardvergraving Doorwerth, waquarun voor D05: stroomsnelheden D05-q10;
- Kaart Uiterwaardvergraving Doorwerth, waquarun voor D05: stroomsnelheden D05-q16;
- Kaarten 4 maatregelen Nederrijn. Locatie Doorwerth. Bijlagen 1-1 t/m 4-5;
- Kaart Uiterwaardvergraving Doorwerth waquarun voor D05: gebieden waar bepaalde stroomsnelheden voorkomen;
- Memo Toetsing gasleiding op erosie, kenmerk NR-U-M-316/SvR-MB-np d.d. 16-12-2011.



Legenda

stroomsnelheid DO5-q06
m/s

- ↑ 0,00 - 0,10
- ↑ 0,11 - 0,30
- ↑ 0,31 - 0,50
- ↑ 0,51 - 0,70
- ↑ 0,71 - 1,00
- ↑ 1,01 - 1,30
- ↑ 1,31 - 1,84

waterdiepte (m)

- droog
- 0,01 - 0,5
- 0,51 - 1
- 1,1 - 2
- 2,1 - 3
- 3,1 - 4
- 4,1 - 7
- 7,1 - 10
- 11 - 18

— Wegen_straten

ACAD-NR-TEK-San-188-0C.dwg Polyline

— alle lijnen

Vlakken

type

- forest
- park

Scenario voor waterdiepte en stroomsnelheid bij q=6000 m3/s

0 50 100 200 300 400 Meters

Uiterwaardvergraving Doorwerth
Waqua run voor DO5

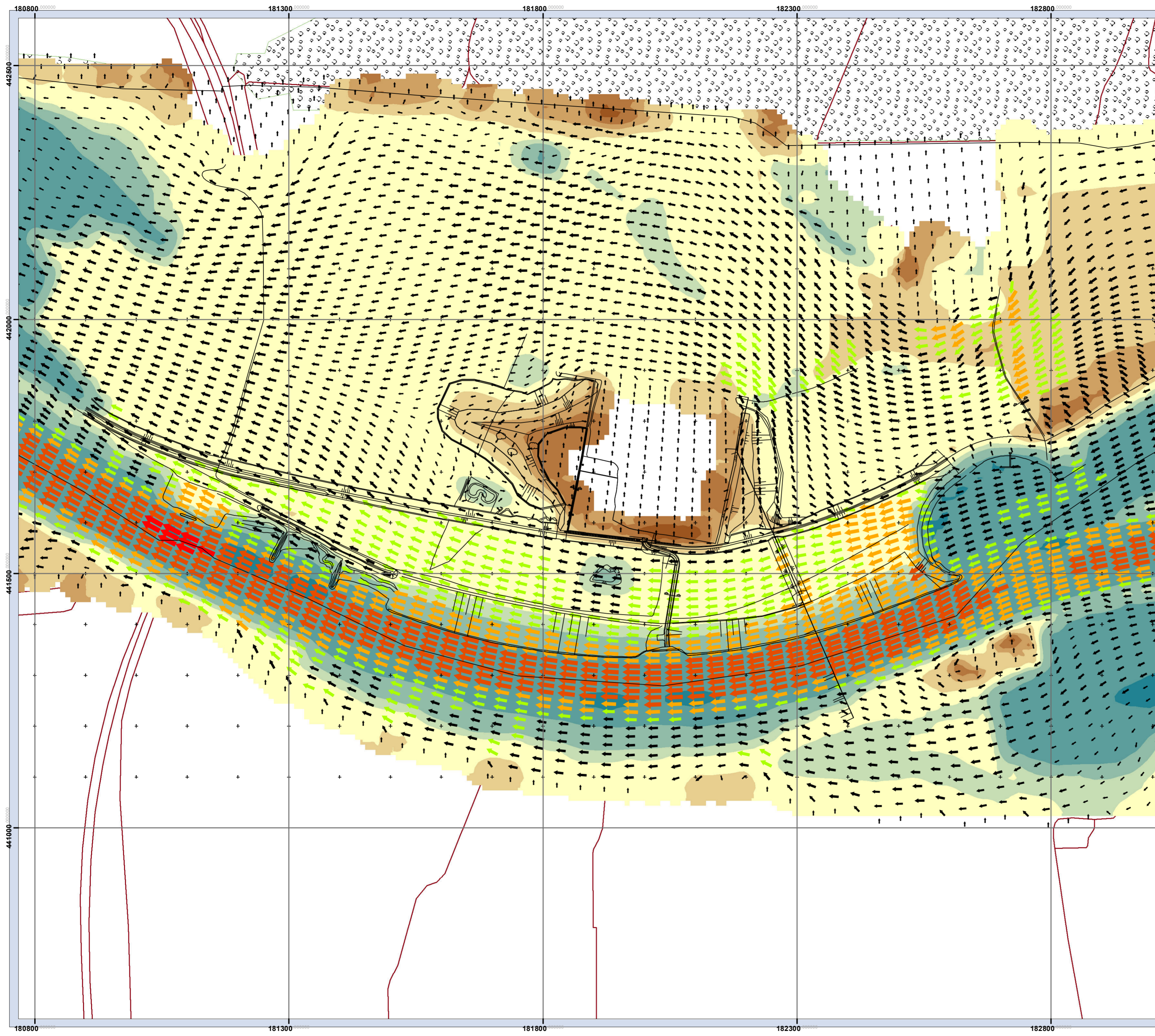
Projectnummer: 299493

Status: concept
Datum: 05-01-2012
Schaal: 1:5.000
Formaat: A2
Tekeningnummer: 4506

Grontmij

Hoofdkantoor
Locaties: De Bilt
De Holle Bilt 22
3732 HM, De Bilt
T 0302207556
waterbouw@grontmij.nl
www.grontmij.nl

© Grontmij Nederland bv. Alle rechten voorbehouden.



Legenda

stroomsnelheid DO5-q10
m/s

- ↑ 0,00 - 0,10
- ↑ 0,11 - 0,30
- ↑ 0,31 - 0,50
- ↑ 0,51 - 0,70
- ↑ 0,71 - 1,00
- ↑ 1,01 - 1,30
- ↑ 1,31 - 1,84

waterdiepte

- droog
- 0,01 - 0,5
- 0,51 - 1
- 1,1 - 2
- 2,1 - 3
- 3,1 - 4
- 4,1 - 7
- 7,1 - 10
- 11 - 18

— Wegen_straten

ACAD-NR-TEK-San-188-0C.dwg Polyline

- alle lijnen

Vlakken

type

- forest
- park

Scenario voor waterdiepte en stroomsnelheid bij q=10000 m3/s

0 50 100 200 300 400 Meters N

Uiterwaardvergraving Doorwerth
Waqua run voor DO5

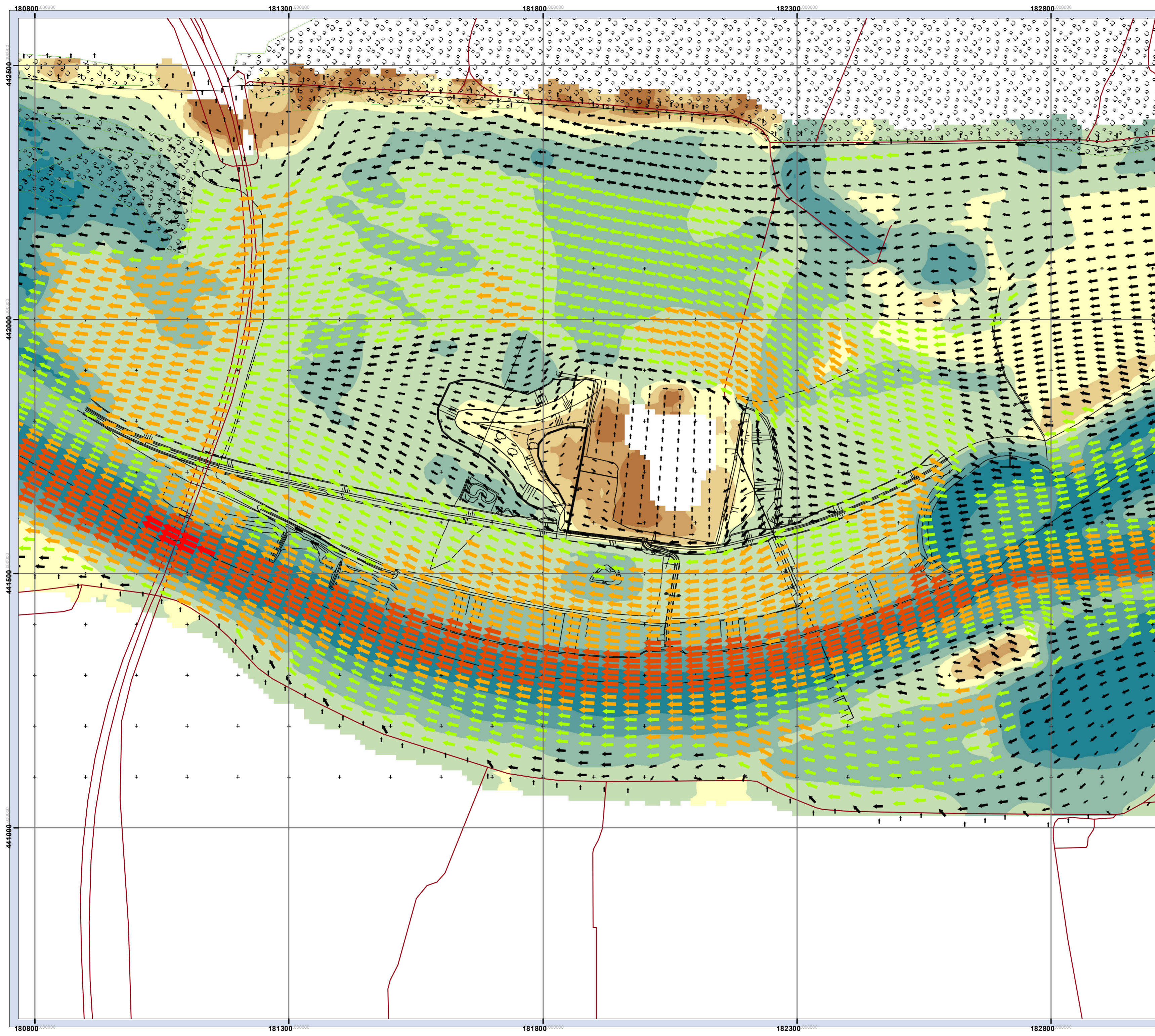
Projectnummer: 299493

Status: concept
Datum: 05-01-2012
Schaal: 1:5.000
Formaat: A2
Tekeningnummer: 4510

Grontmij

Hoofdkantoor
Locaties: De Bilt
De Holle Bilt 22
3732 HM, De Bilt
T 0302207556
waterbouw@grontmij.nl
www.grontmij.nl

© Grontmij Nederland bv. Alle rechten voorbehouden.



Legenda

stroomsnelheid DO5-q16
m/s

- ↓ 0,00 - 0,10
- ↑ 0,11 - 0,30
- ↑ 0,31 - 0,50
- ↑ 0,51 - 0,70
- ↑ 0,71 - 1,00
- ↑ 1,01 - 1,30
- ↑ 1,31 - 1,84

dw-do5-q16
waterdiepte (m)

- droog
- 0,01 - 0,5
- 0,51 - 1
- 1,1 - 2
- 2,1 - 3
- 3,1 - 4
- 4,1 - 7
- 7,1 - 10
- 11 - 18

— Wegen_straten


ACAD-NR-TEK-San-188-0C.dwg Polyline

— alle lijnen

Vlakken
type

- forest
- park


Scenario voor waterdiepte en stroomsnelheid bij q=16000 m3/s

0 50 100 200 300 400 Meters 

Uiterwaardvergraving Doorwerth
Waqua run voor DO5

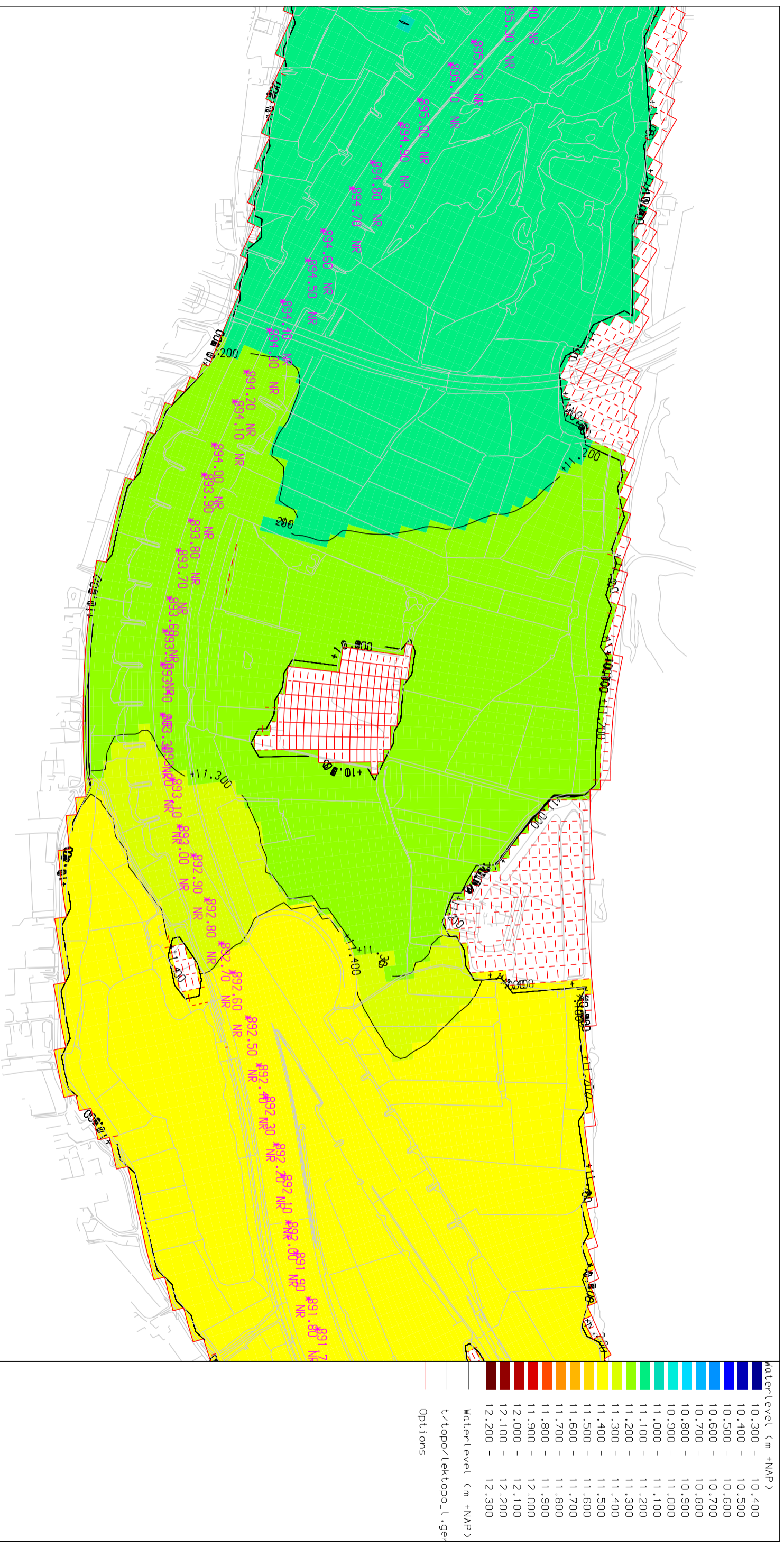
Projectnummer: 299493

Status: concept
Datum: 05-01-2012
Schaal: 1:5.000
Formaat: A2
Tekeningnummer: 4516

 **Grontmij**

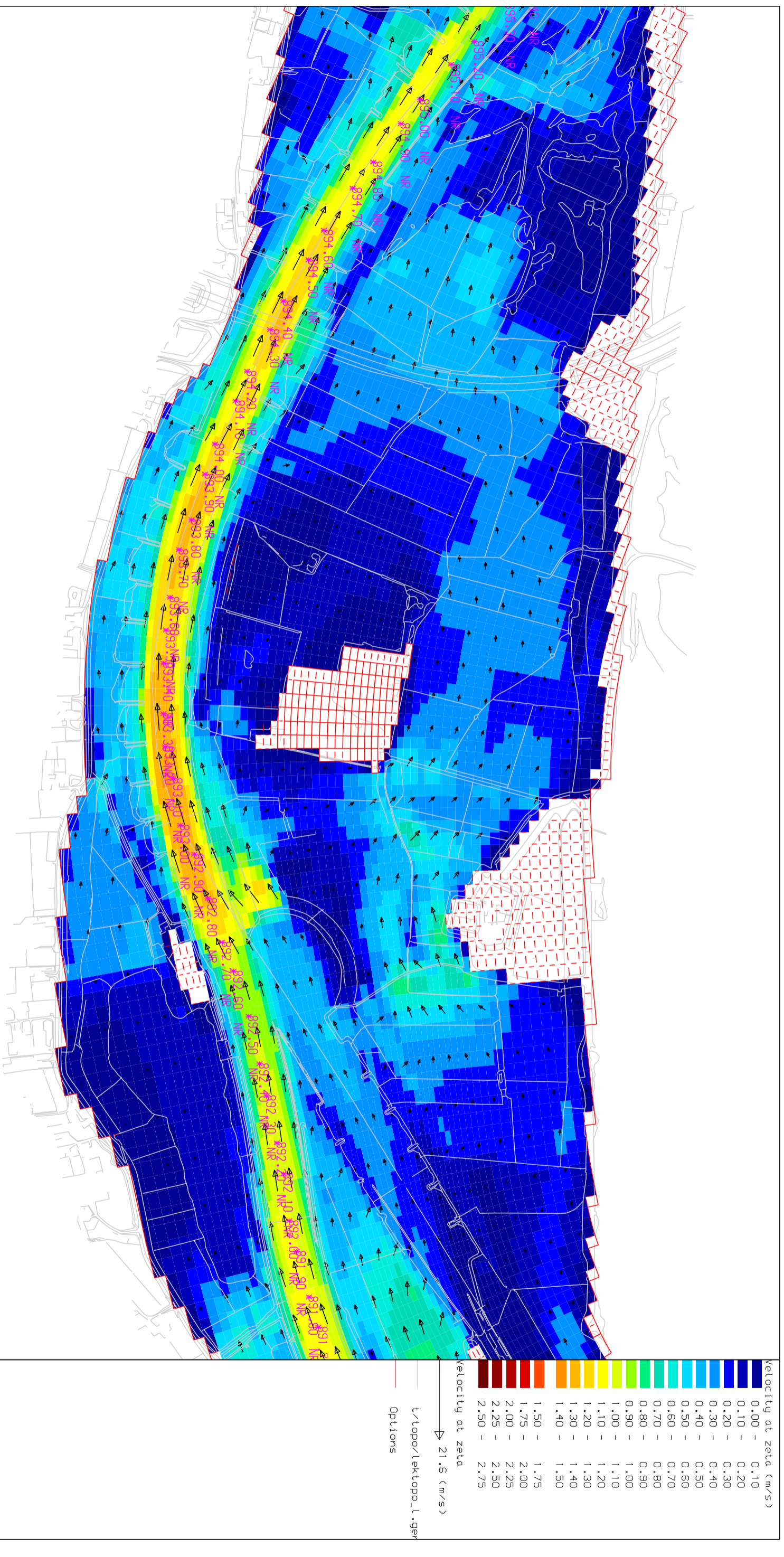
Hoofdkantoor
Locaties: De Bilt
De Holle Bilt 22
3732 HM, De Bilt
T 0302207556
waterbouw@grontmij.nl
www.grontmij.nl

© Grontmij Nederland bv. Alle rechten voorbehouden.



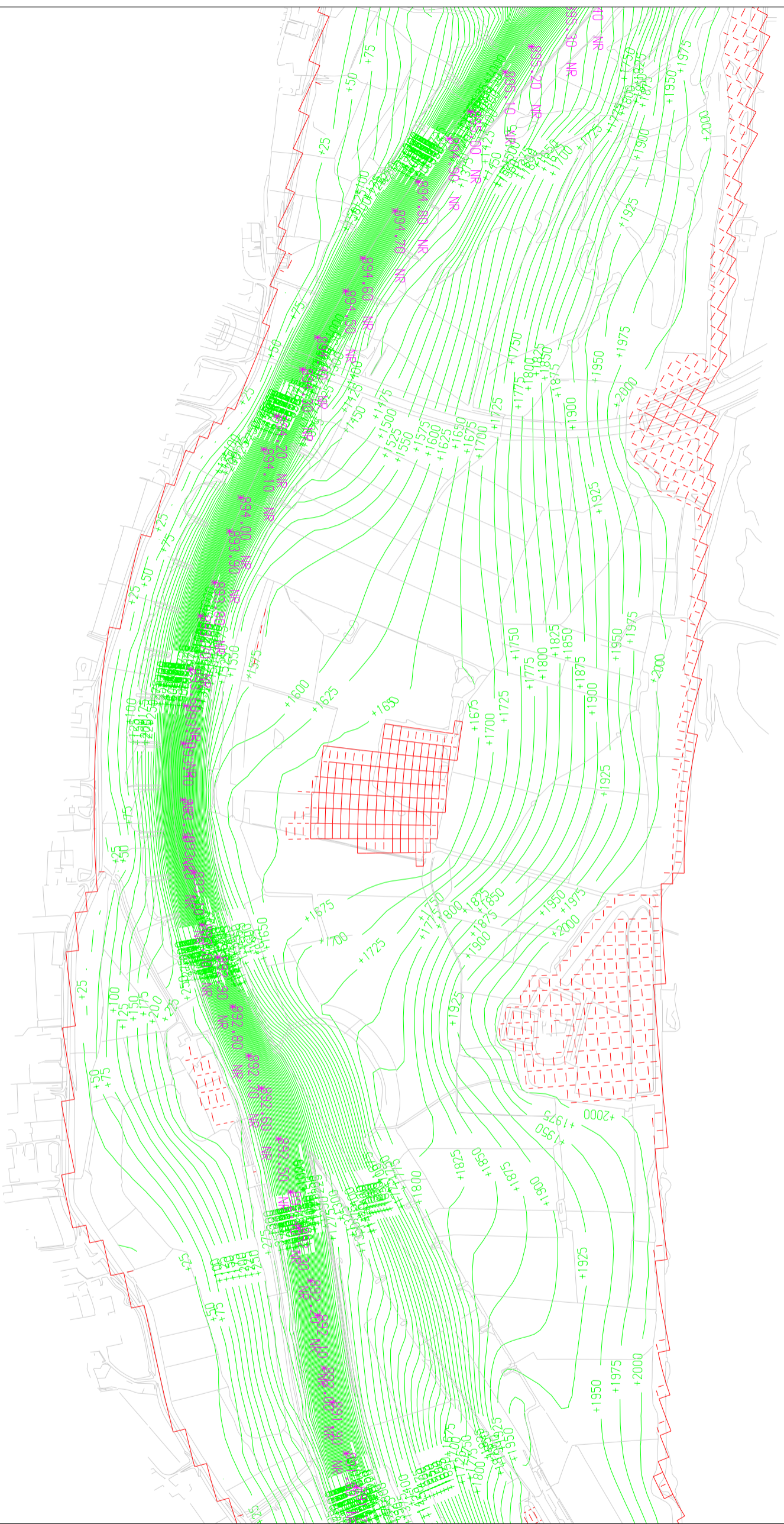
4 werken Nederrijn, locatie Doorwerth, Referentiesituatie, Q = 10.000 m³/s, traject rkm 891 - 895
 Waterstand (m+NAP)

Bijlage 1-1
 schaal 1:10.000
 Datum: 5 januari 2012
 Oudrechtgever: Combinatie Nederrijn
 Geleend: Rivierkundig Advies



4 werken Nederrijn, locatie Doorwerth, Referentiesituatie, Q = 10.000 m³/s, traject rkm 891 - 895
Waterstand (m+NAP)

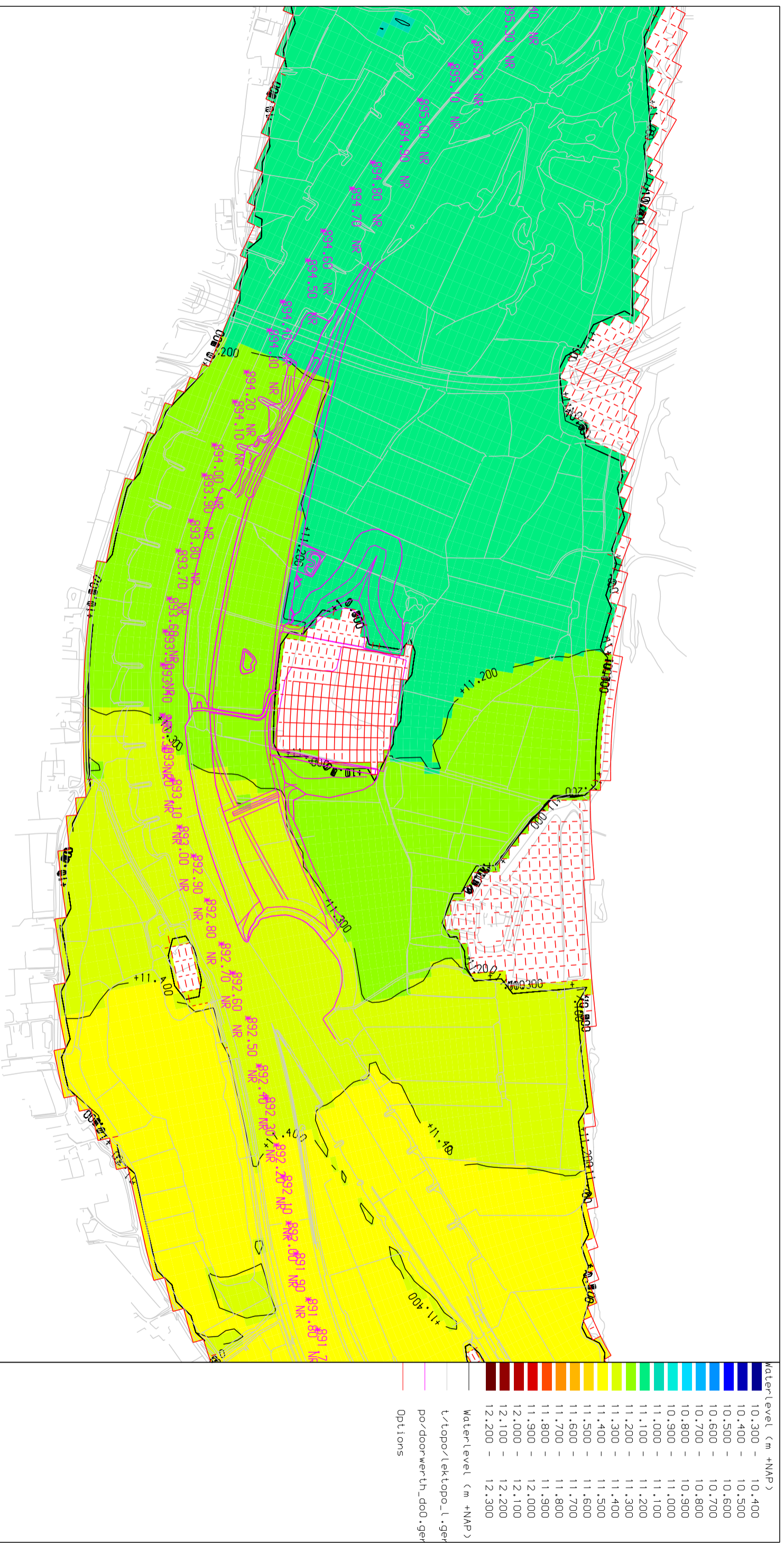
Bijlage 1-2
schaal 1:10.000
Datum: 5 januari 2012
Opdrachtgever: Combinatie Nederrijn
Geleend: Rivierkundig Advies



Discharge Q (m^3/s)
 t/Topo/Le topo_L.ger
 Options

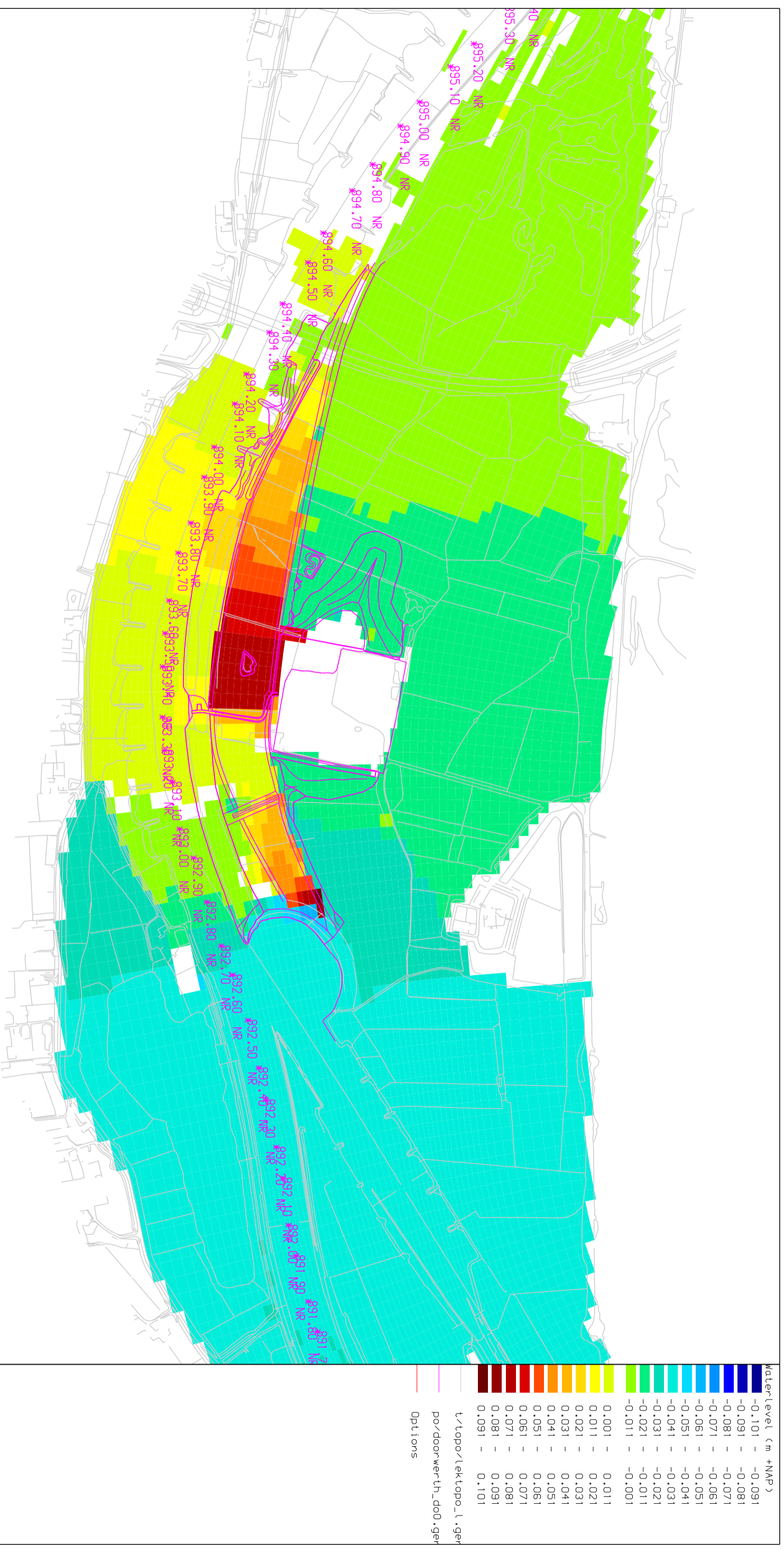
4 werken Nederrijn, locatie Doorwerth, Referentiesituatie, $Q = 10.000 m^3/s$, traject rkm 891 - 895
 Afvoerpotentiaalijnen (per 25 m^3/s)

Bijlage 1-3
 Schaal 1:10.000
 Datum: 5 januari 2012
 Opdrachtgever: Combinatie Nederrijn
 Geleend: Rivierkundig Advies



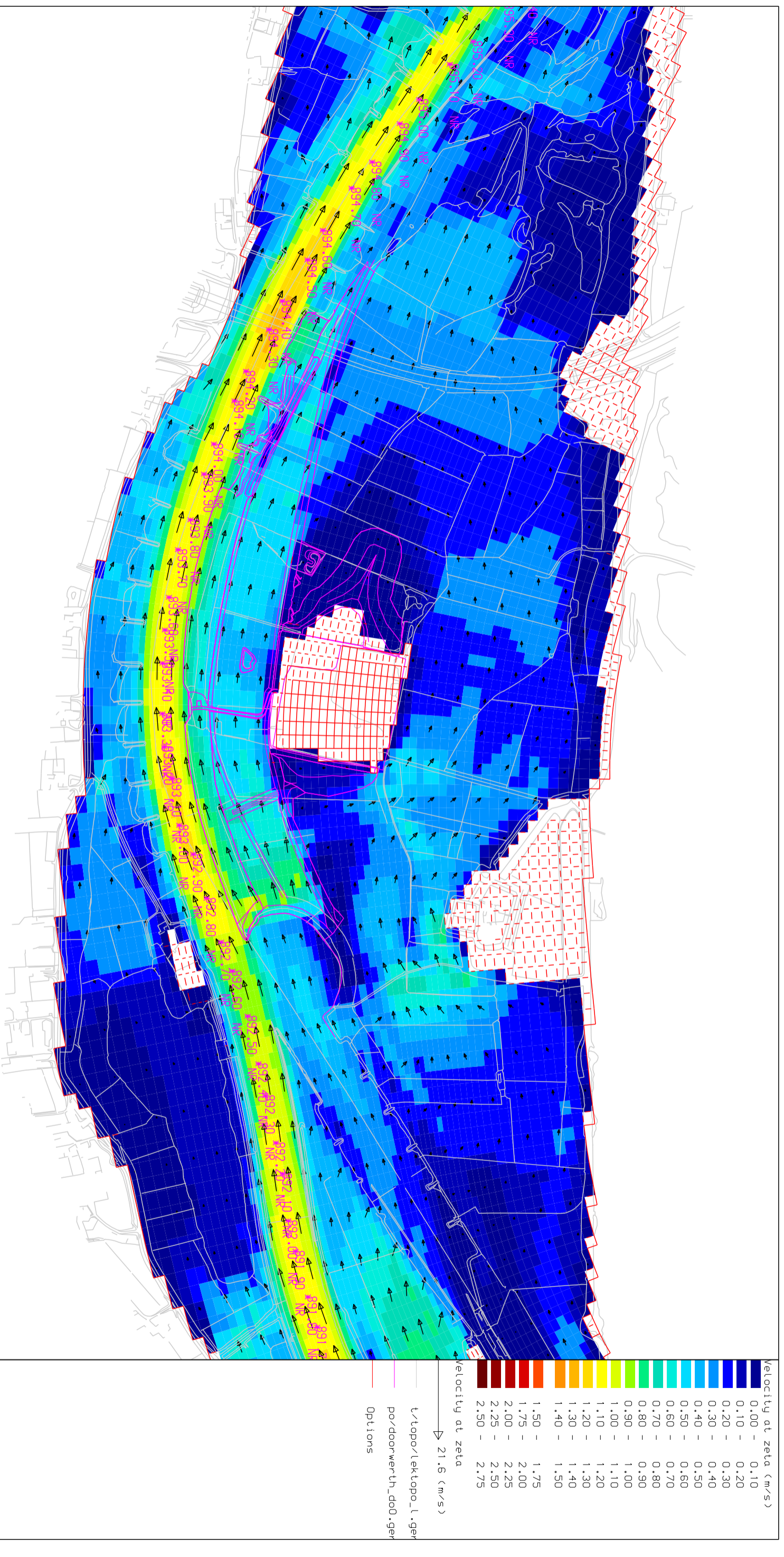
4 werken Nederrijn, locatie Doorwerth, variant **DO5**, Q = 10.000 m³/s, traject rkm 891 - 895
 Waterstand (m+NAP)

Bijlage 2-1
 Schaal 1:10.000
 Datum: 5 januari 2012
 Opdrachtgever: Combinatie Nederrijn
 Geleend: Rivierkundig Advies



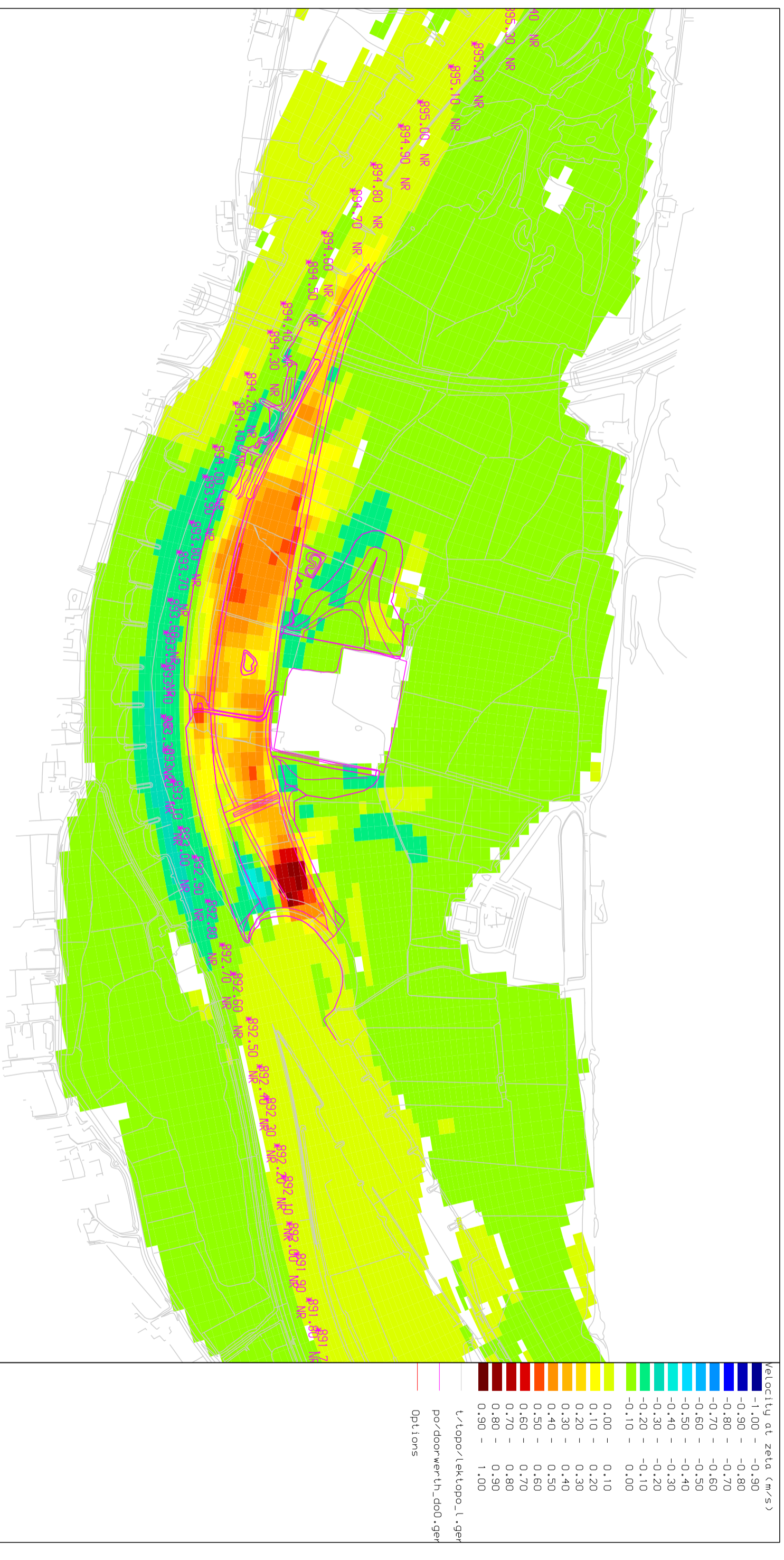
4 werken Nederrijn, locatie Doorwerth, variant **DO5**, Q = 10.000 m³/s, traject rkm 891 - 895
Vergelijking met referentiesituatie, waterstandverschil (m)

Bijlage 2-2
schaal 1:10.000
Datum: 5 januari 2012
Opdrachtgever: Combinatie Nederrijn
Geleidend: Rivierkundig Advies



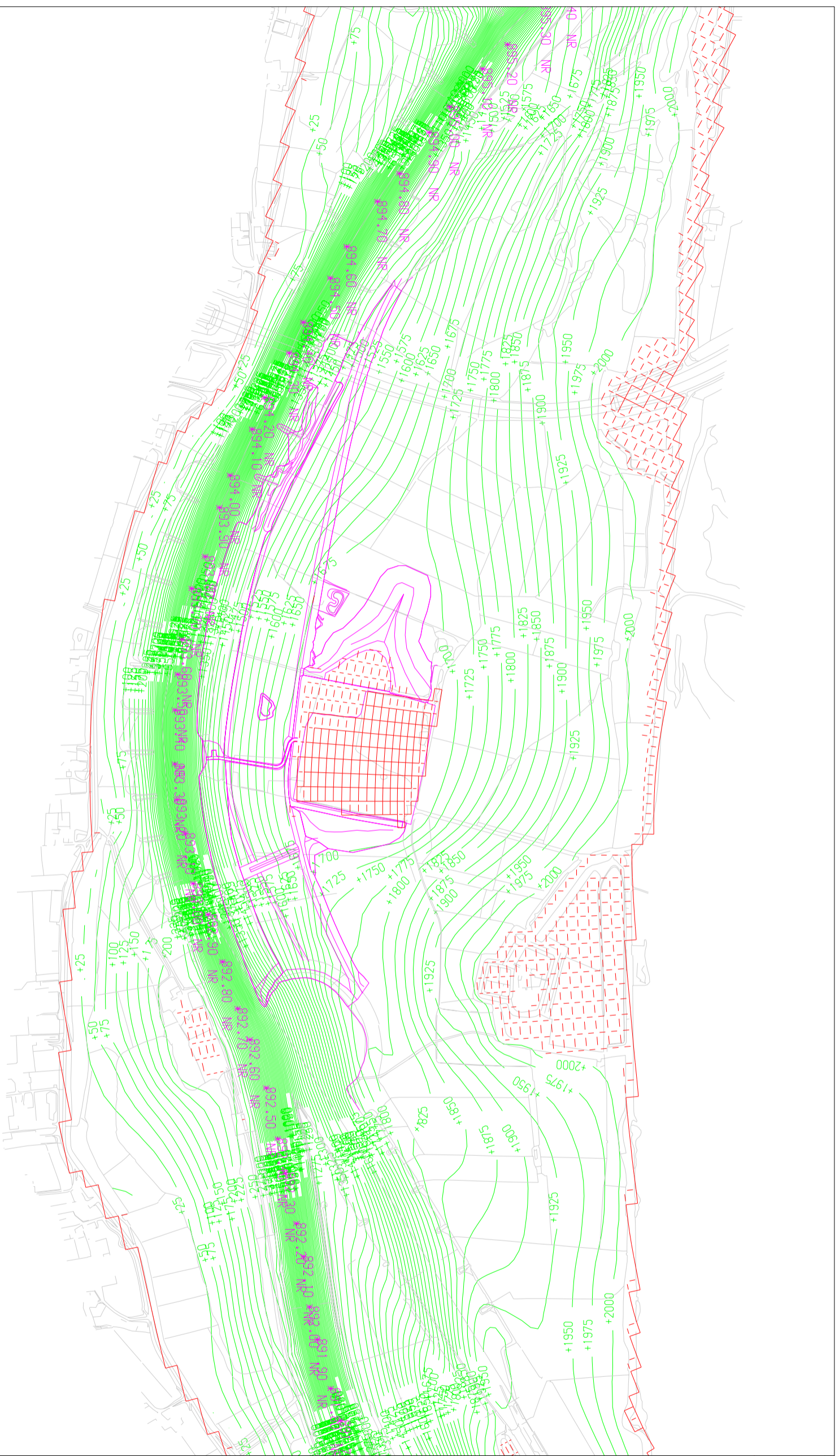
4 werken Nederrijn, locatie Doorwerth, variant **DO5**, $Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$, traject rkm 891 - 895
 Stroomsnelheid-richting en -grootte (m/s)

Bijlage 2-3
 schaal 1:10.000
 Datum: 5 januari 2012
 Opdrachtgever: Combinatie Nederrijn
 Geleend: Rivierkundig Advies



4 werken Nederrijn, locatie Doorwerth, variant **DO5**, $Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$, traject rkm 891 - 895
Vergelijking met referentiesituatie, stroomsnelheidsverschil (m/s)

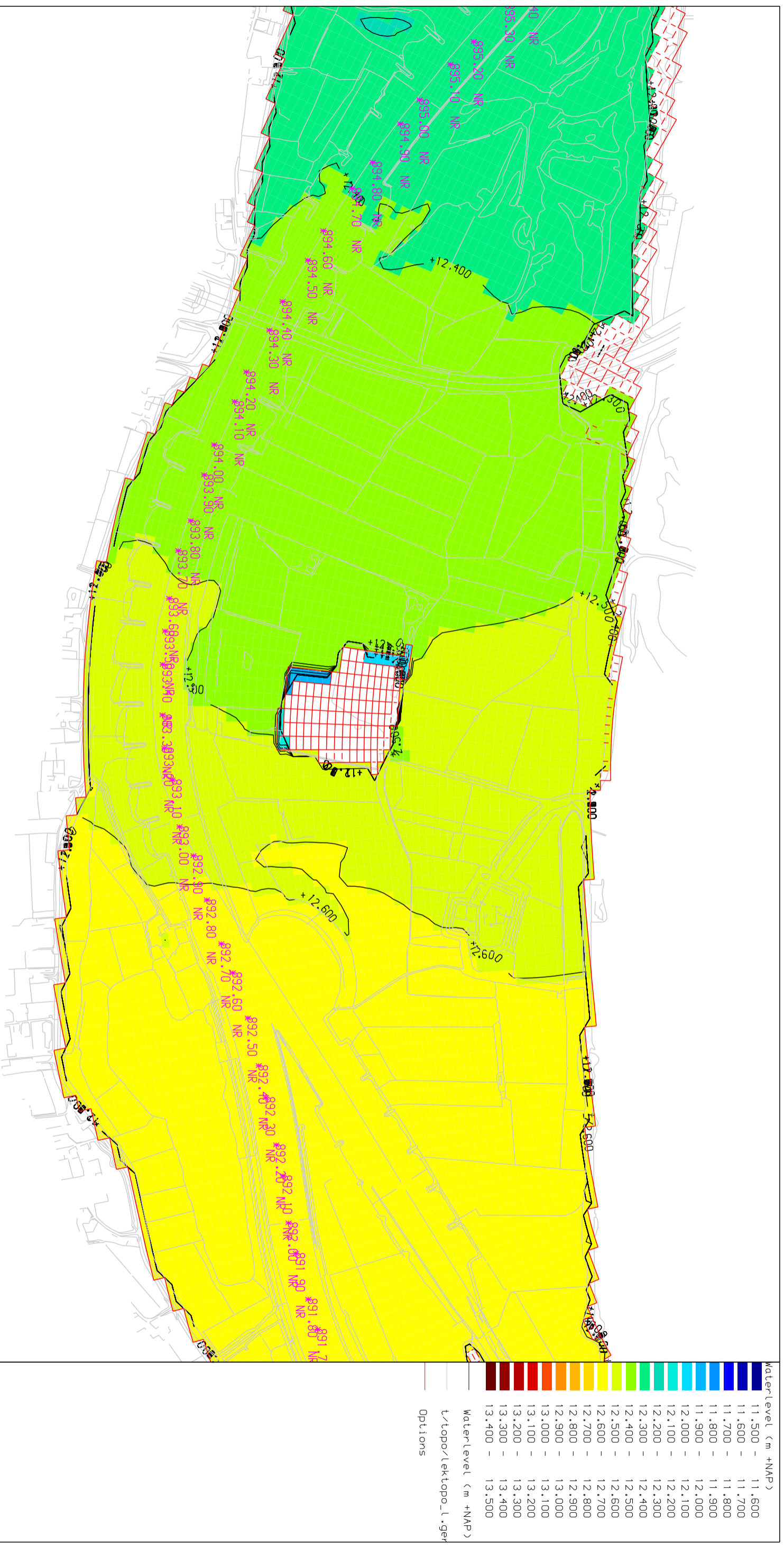
Bijlage 2-4
schaal 1:10.000
Datum: 5 Januari 2012
Opdrachtgever: Combinatie Nederrijn
Geleend: Rivierkundig Advies



Discharge Q (m³/s)
 t:/topo/lektopo_1.ger
 po/doorwerth_d00.ger
 Options

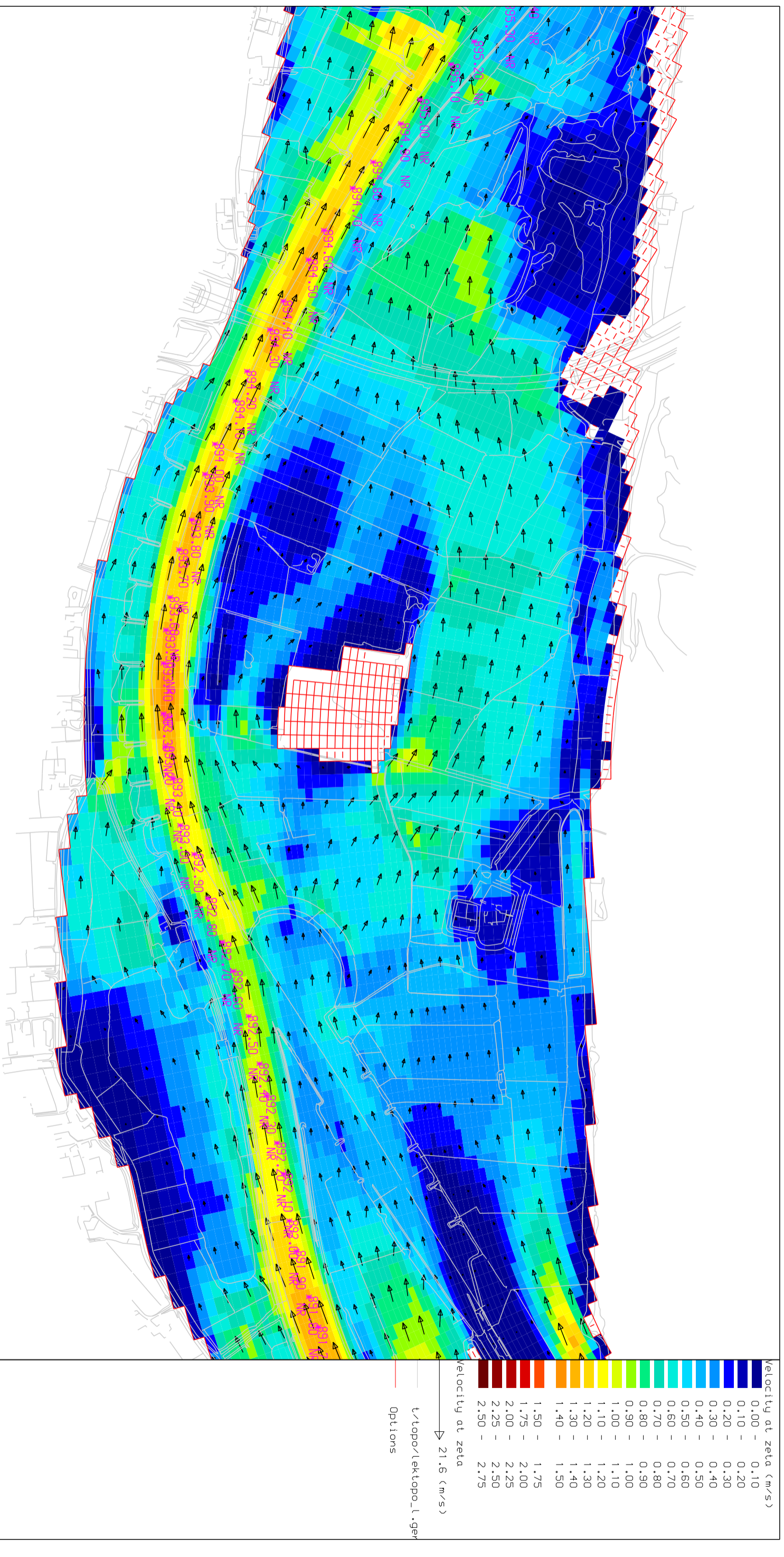
4 werken Nederrijn, locatie Doorwerth, variant **DO5**, Q = 10.000 m³/s, traject rkm 891 - 895
 Afvoerpotentiaalijnen (per 25 m³/s)

Bijlage 2-5
 schaal 1:10.000
 Datum: 5 januari 2012
 Opdrachtgever: Combinatie Nederrijn
 Geleend: Rivierkundig Advies



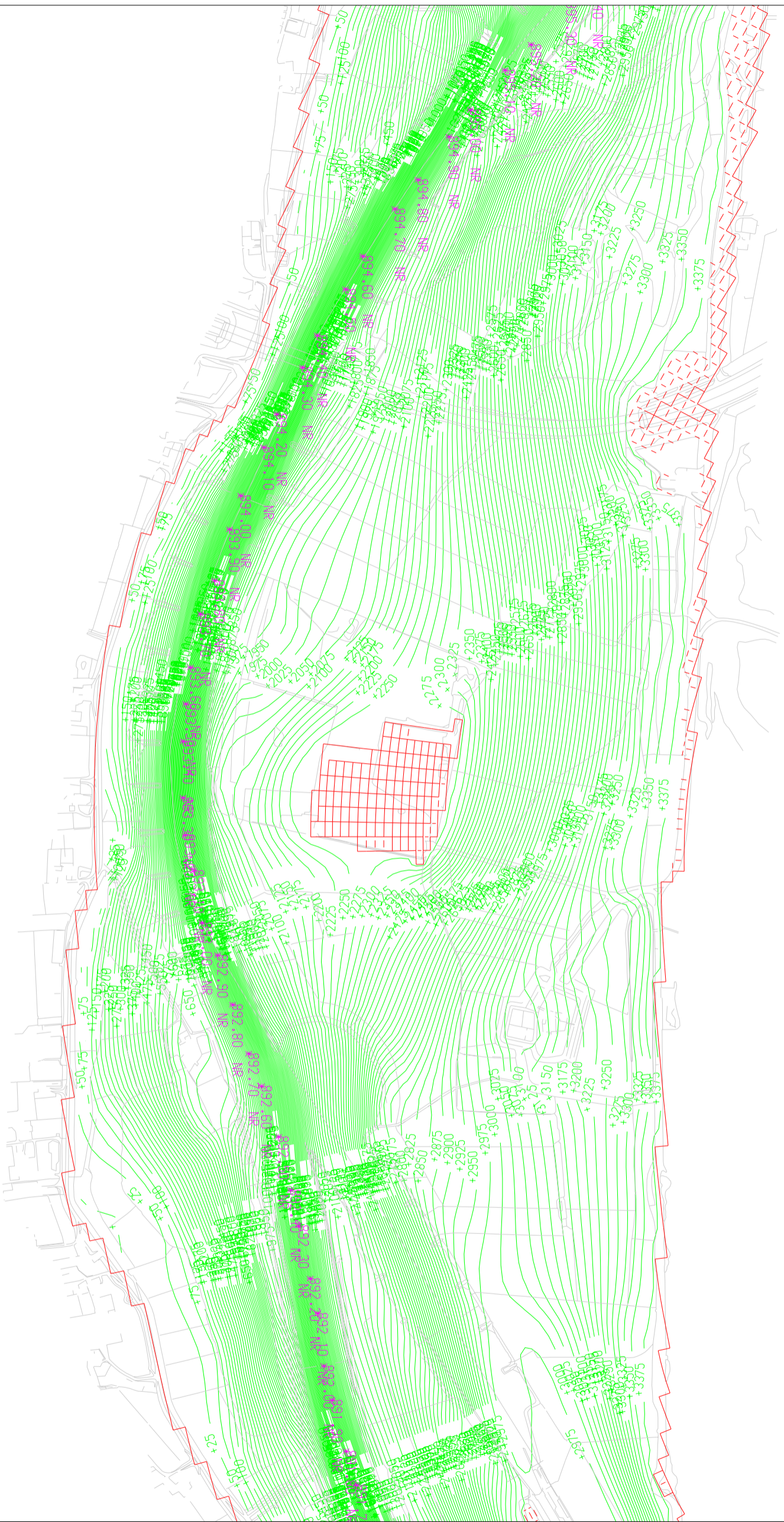
4 werken Nederrijn, locatie Doorwerth, Referentiesituatie, Q = 16.000 m³/s, traject rkm 891 - 895
 Waterstand (m+NAP)

Bijlage 3-1
 schaal 1:10.000
 Datum: 5 januari 2012
 Opdrachtgever: Combinatie Nederrijn
 Geleend: Rivierkundig Advies



4 werken Nederrijn, locatie Doorwerth, Referentiesituatie, Q = 16.000 m³/s, traject rkm 891 - 895
 Stroomsnelheid-richting en -grootte (m/s)

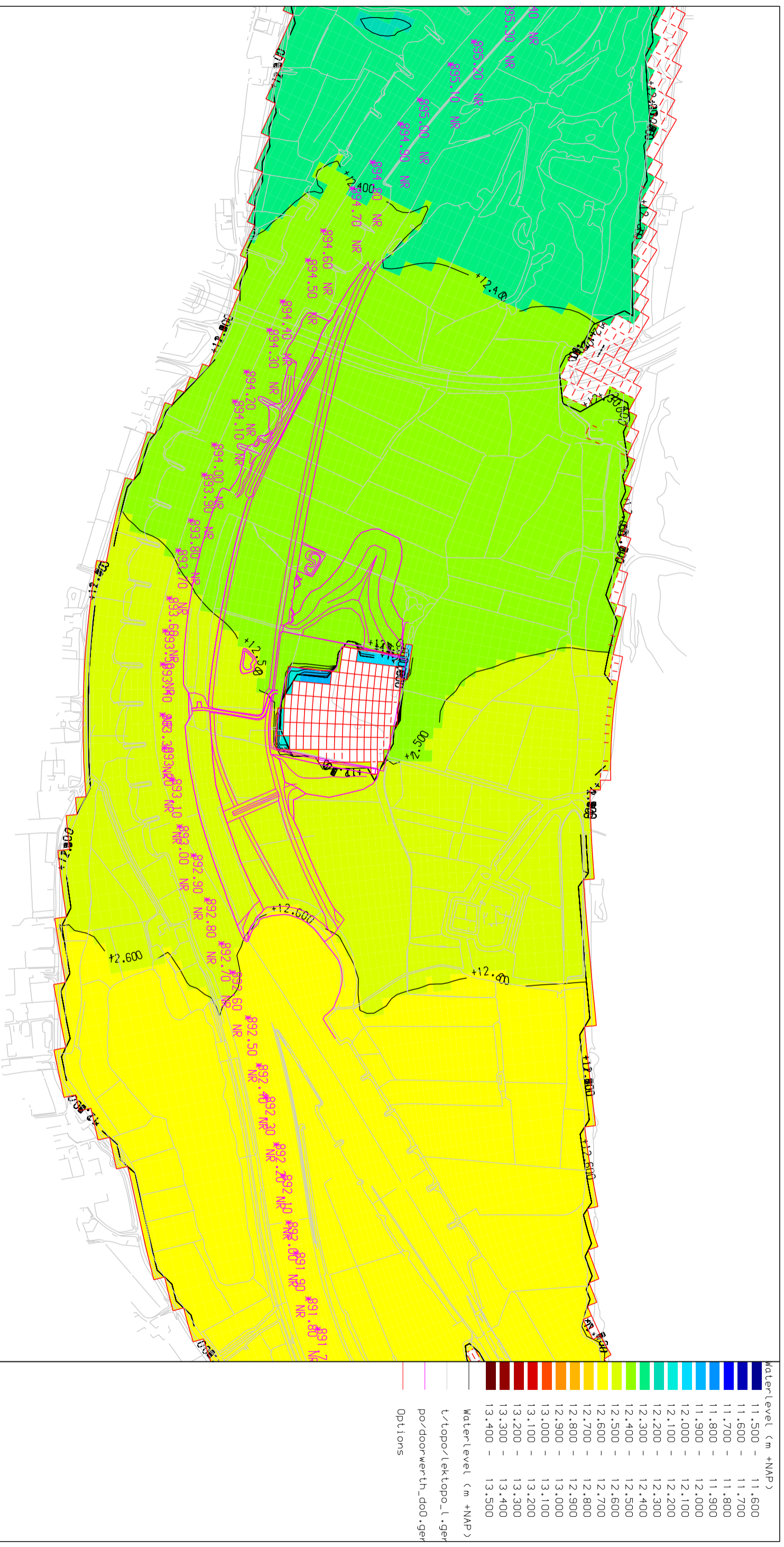
Bijlage 3-2
 schaal 1:10.000
 Datum: 5 januari 2012
 Opdrachtgever: Combinatie Nederrijn
 Geleend: Rivierkundig Advies



Discharge Q (m^3/s)
 t/Topo/Le topo_L.ger
 Options

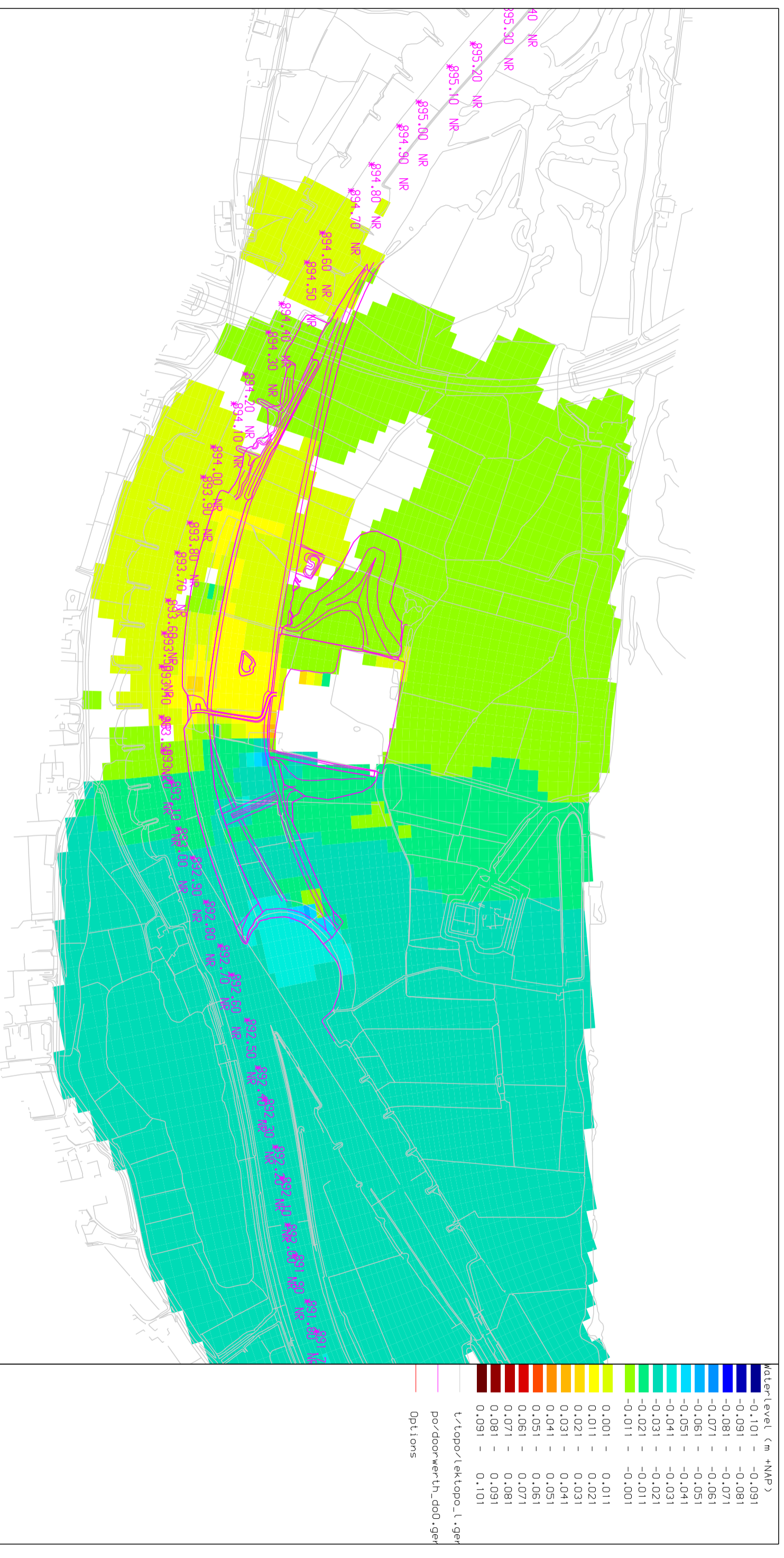
4 werken Nederrijn, locatie Doorwerth, Referentiesituatie, $Q = 16.000 m^3/s$, traject rkm 891 - 895
 Afvoerpotentiaalijnen (per $25 m^3/s$)

Bijlage 3-3
 schaal 1:10.000
 Datum: 5 januari 2012
 Oudarchitect: Combinatie Nederrijn
 Geleend: Rivierkundig Advies



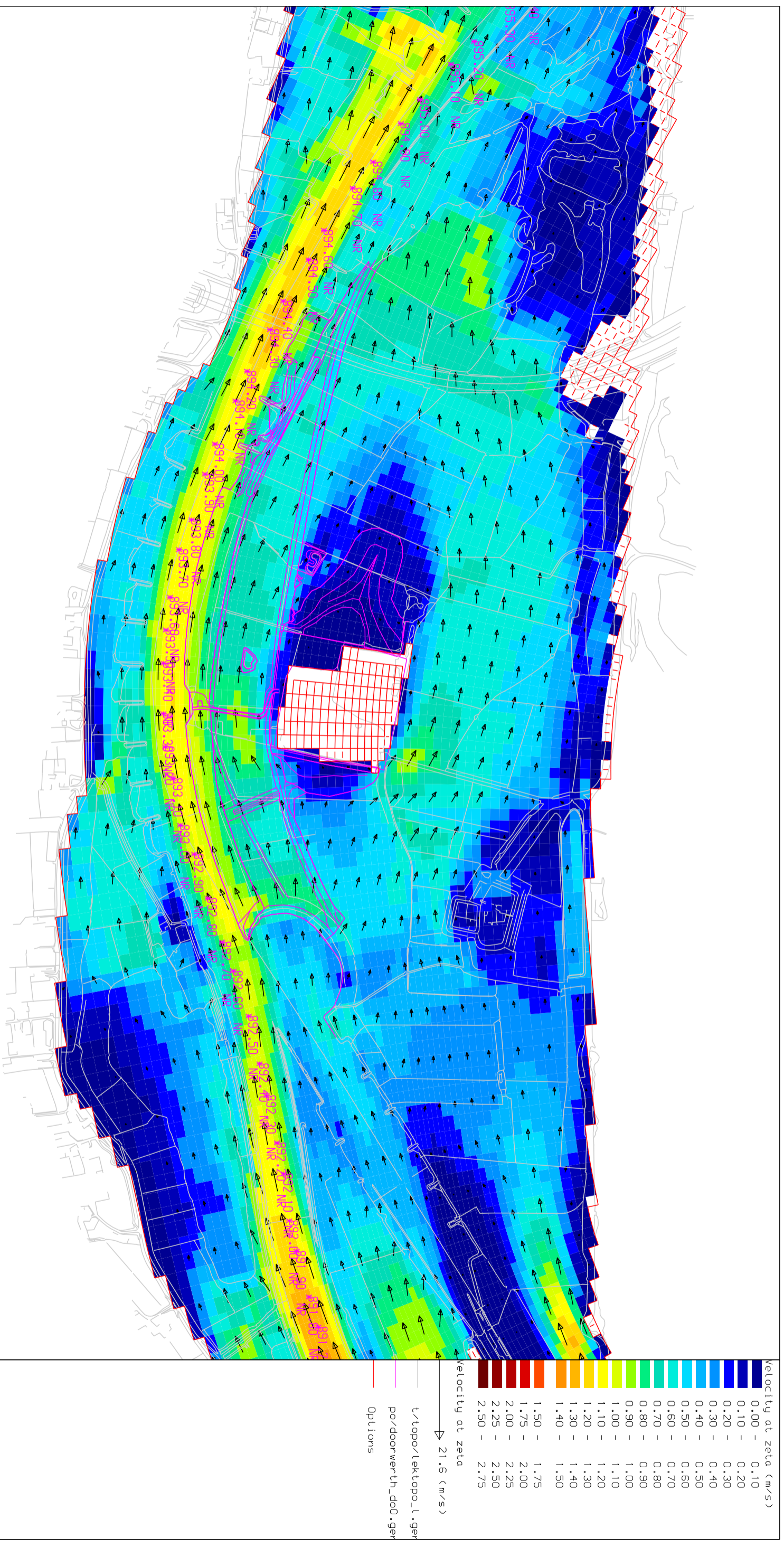
4 werken Nederrijn, locatie Doorwerth, variant **DO5**, Q = 16.000 m³/s, traject rkm 891 - 895
 Waterstand (m+NAP)

Bijlage 4-1
 schaal 1:10.000
 Datum: 5 januari 2012
 Opdrachtgever: Combinatie Nederrijn
 Geleend: Rivierkundig Advies



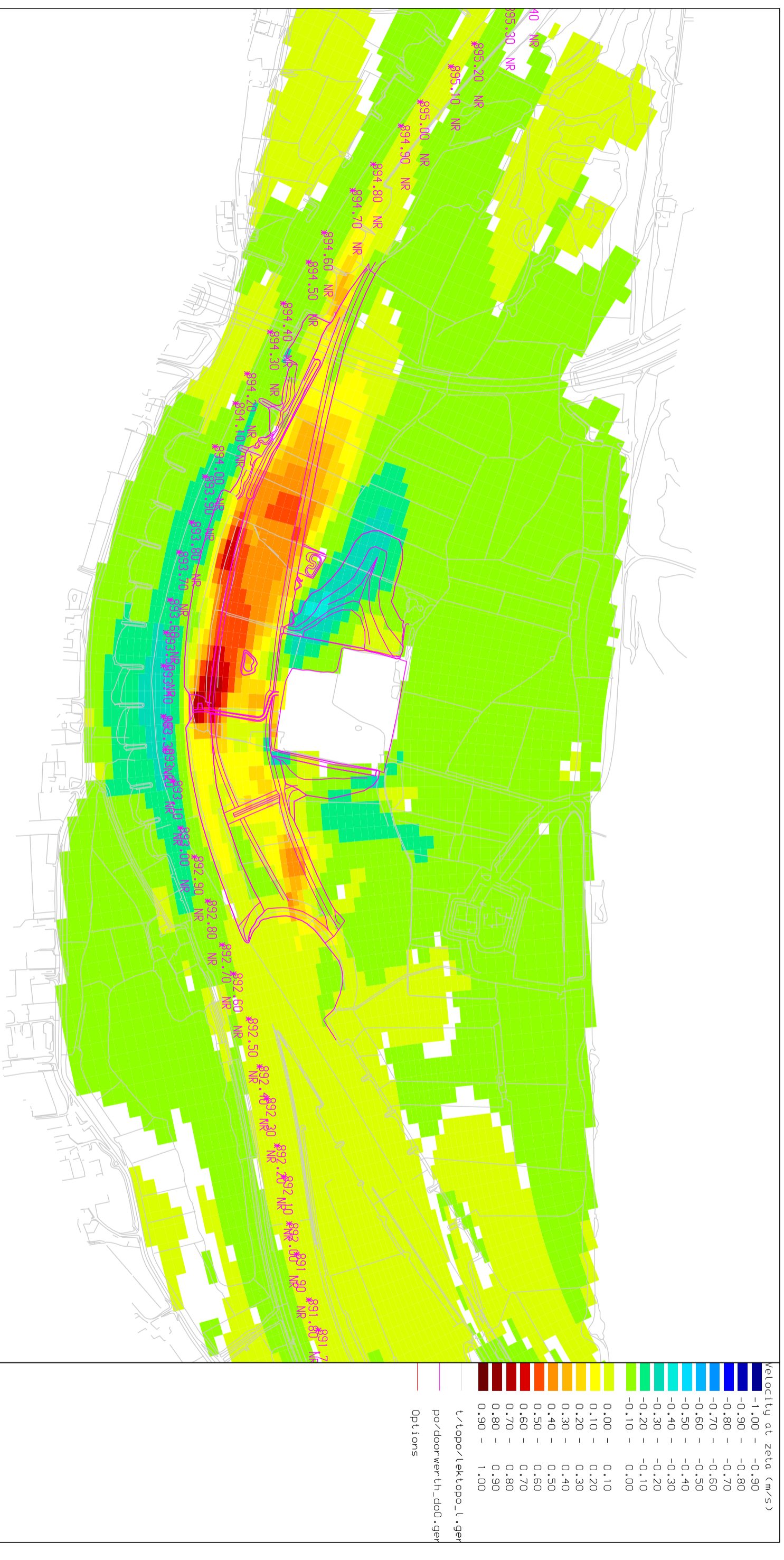
4 werken Nederrijn, locatie Doorwerth, variant **DO5**, Q = 16.000 m³/s, traject rkm 891 - 895
 Vergelijking met referentiesituatie, waterstandverschil (m))

Bijlage 4-2
Schaal 1:10.000
 Datum: 5 januari 2012
 Opdrachtgever: Combinatie Nederrijn
 Geleend: Rivierkundig Advies



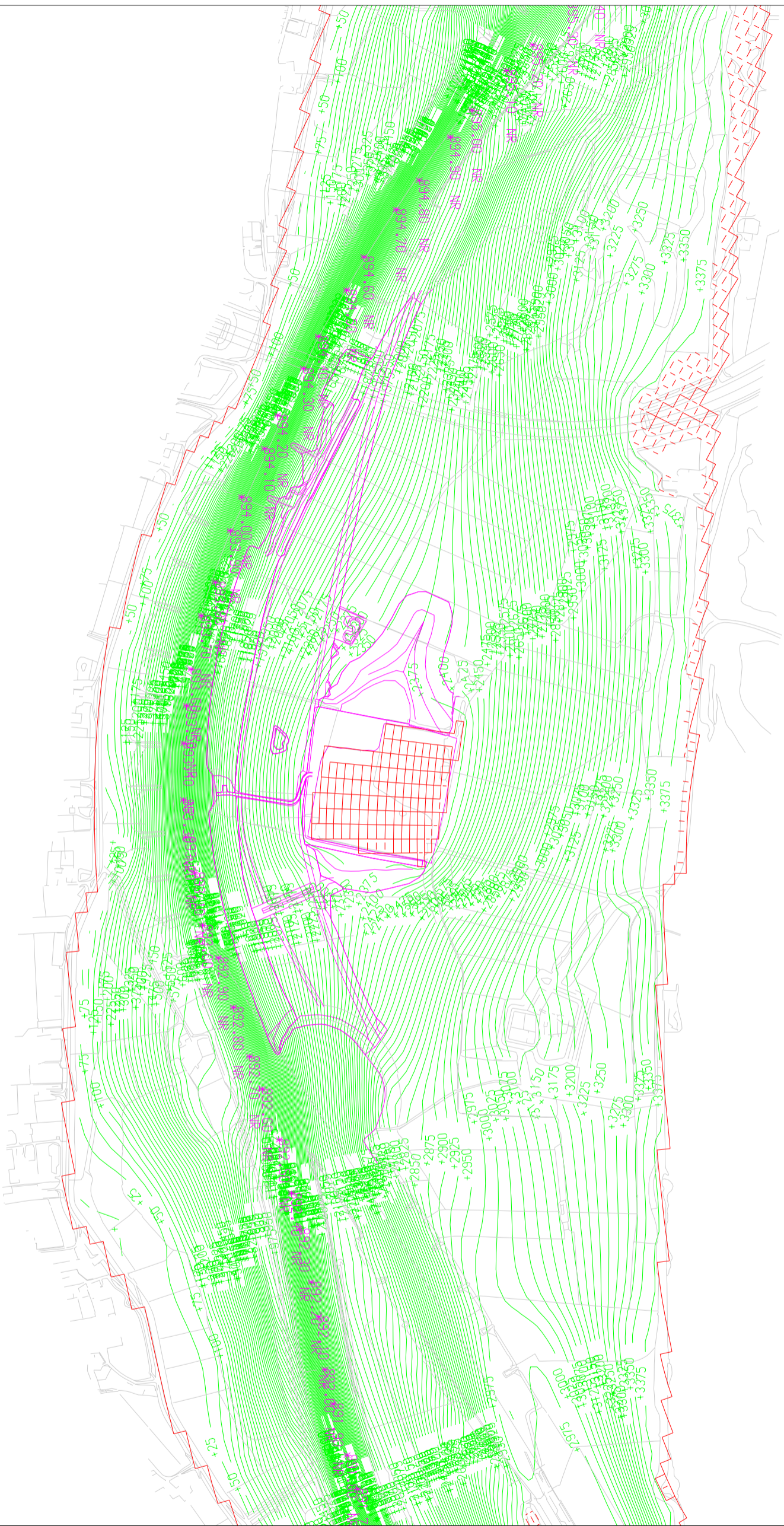
4 werken Nederrijn, locatie Doorwerth, variant **DO5**, Q = 16.000 m³/s, traject rkm 891 - 895
 Stroomsnelheidsrichting en -grootte (m/s)

Bijlage 4-3
 schaal 1:10.000
 Datum: 5 januari 2012
 Opdrachtgever: Combinatie Nederrijn
 Geleend: Rivierkundig Advies



4 werken Nederrijn, locatie Doorwerth, variant **DO5**, $Q = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$, traject rkm 891 - 895
 Vergelijking met referentiesituatie, stroomsnelheidsverschil (m/s)

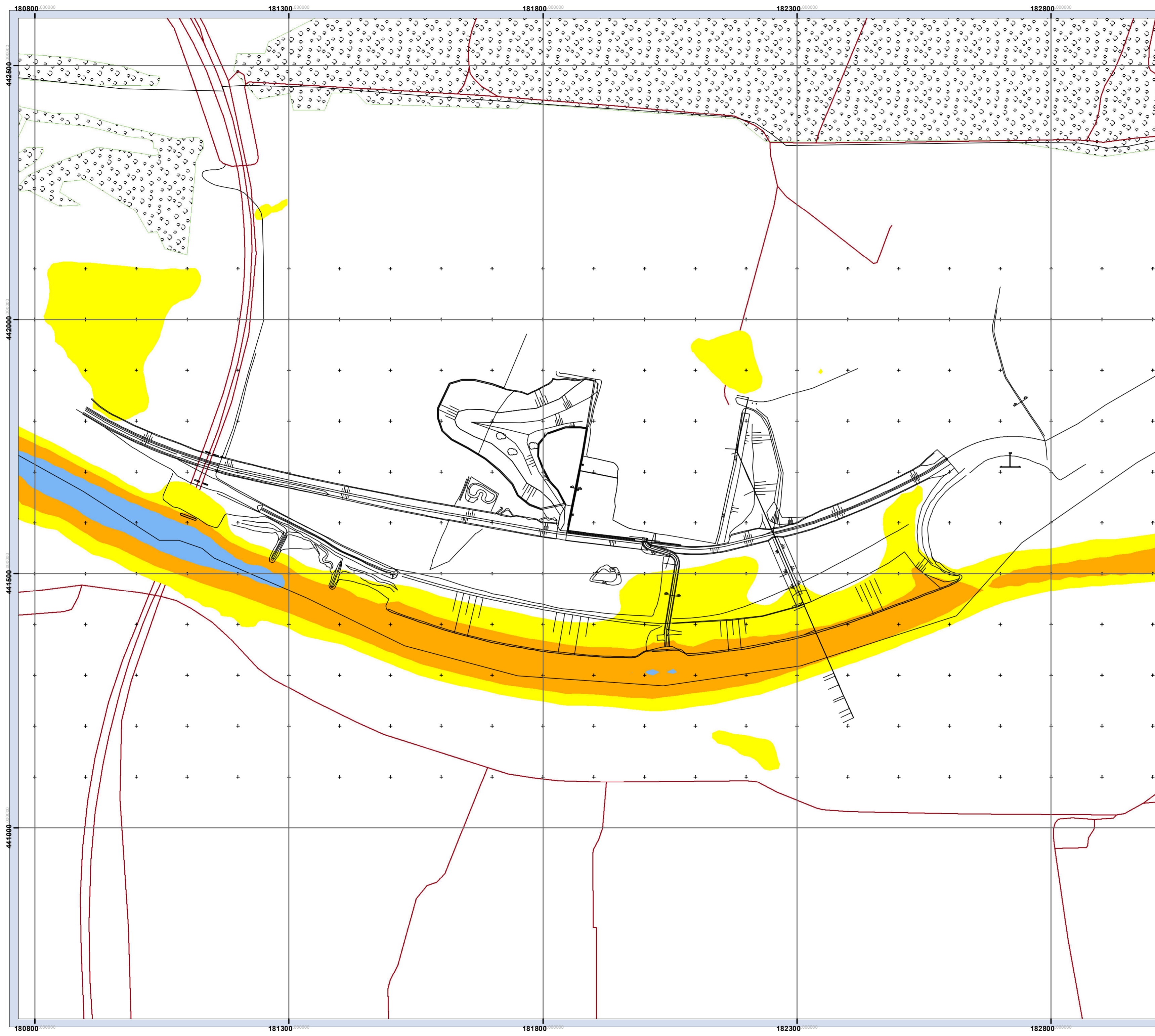
Bijlage 4-4
 schaal 1:10.000
 Datum: 5 januari 2012
 Opdrachtgever: Combinatie Nederrijn
 Geleend: Rivierkundig Advies



Discharge Q (m³/s)
 t/Topo/Le topo_L.ger
 po/doorwerth_doo.ger
 Options

4 werken Nederrijn, locatie Doorwerth, variant **DO5**, Q = 16.000 m³/s, traject rkm 891 - 895
 Afvoerpotentiaallijnen (per 25 m³/s)

Bijlage 4-5
 schaal 1:10.000
 Datum: 5 januari 2012
 Opdrachtgever: Combinatie Nederrijn
 Geleend: Rivierkundig Advies



Legenda
stromsnelheid (klassen)

- 0 - 0,8
- 0,81 - 1
- 1,11 - 1,2
- > 1,2

— Wegen_straten

ACAD-NR-TEK-188-0C

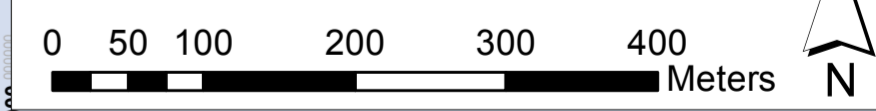
— alle lijnen

Vlakken

type

- ▨ forest
- ▨ park

Scenario voor waterdiepte en stroomsnelheid bij q=16000 m3/s



**Uiterwaardvergraving Doorwerth
 Waqua run voor DO5**

Projectnummer: 299493
 Status: concept
 Datum: 05-01-2012
 Schaal: 1:5.000
 Formaat: A2
 Tekeningnummer: 1000





Boskalis bv
4 Maatregelen Nederrijn

Bezoekadres
Veerweg 1, 6668 LJ Randwijk

Postadres
Postbus 164
6700 AD Wageningen

Contactpersoon
Projectsecretariaat
Tel: 0488-491999
[Info-nederrijn@boskalis.nl](mailto:info-nederrijn@boskalis.nl)
www.nederrijn.net

Datum
16 december 2012

Referentienummer
NR-U-M-316/SvR-MB-np

Bijlagen

Memo

Aan: Gasunie

Van: Sander van Rooij en Maarten Balke

CC : Onno Spanjer, Dirk-Jan Zwemmer, Robert Jan Jonker

Onderwerp: Toetsing gasleiding op erosie

1. Vraagstelling

De Gasunie wil weten of de maatregelen die worden genomen bij Doorwerth in het kader van het programma Ruimte voor de Rivier, gevolgen hebben voor de bodemdekking op de aanwezige gasleiding en het risico op blootlegging door erosie.

In de notitie wordt specifiek beschreven hoe de erosiegevoeligheid is van de gekozen oplossing. De notitie dient als onderlegger tbv de aanvraag richting Gasunie. De dwars- en lengteprofielen worden beoordeeld op diepte en optredende stromingscondities. Hierbij wordt gekeken naar de frequentie van overstromen en de verwachte (dieptegemiddelde) stroomsnelheden die hierbij optreden. De stroomsnelheden worden vergeleken met grenswaarden voor het optreden van bodemerosie.

2. Uitgangspunten en eisen

- De bodemdekking moet op de gasleiding ten minste 1 meter bedragen
- De kans op erosie wordt ingeschat op basis van expert judgement met behulp van de aangeleverde gegevens.
- De berekende stroomsnelheden met het hydraulische 2D model Waqua voor het voorontwerp (VO) van oktober 2011 worden als representatief verondersteld.
- De berekende jaarlijkse sedimentatie en erosie is berekend met Waqmorf (een uitbreiding op het eerder genoemde Waqua) voor de voorkeursvariant (VKV). Vanwege de zeer geringe verschillen in stromingspatroon en stroomsnelheid tussen de VKV en het VO worden deze Waqmorf resultaten als representatief beschouwd.

3. Brongegevens

- Tekening plattegrond grondwerk voorlopig ontwerp 4 maatregelen Nederrijn locatie Doorwerth, VO fase tek nr. NR-TEK-DWP-096-0C
- Tekening dwarsdoorsneden voorlopig ontwerp 4 maatregelen Nederrijn locatie Doorwerth, VO fase tek nr. NR-TEK-DWP-100-0C
- Rekenresultaten Waqua definitief ontwerp (DO) bij:
 - $q = 6.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (jaarlijks voorkomend)
 - $q = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (1:10 jr voorkomen)
 - $q = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (maatgevend hoogwater 1:1250 jr)
- Rekenresultaten Waqmorf, jaarlijkse sedimentatie en erosie voor de voorkeursvariant (VKV).
- Erosiegrenzen volgens CUR-rapport 201, *natuurvriendelijke oevers – belasting en sterkte*, zoals gegeven in de tabel hieronder:

Erosiegrenzen van verschillende bodemtypen bij stroming

Grondsoort	toelaatbare (m/s)
Zand	0,30
Veen	0,50
Zandige klei	0,40
Slappe klei	0,60
Redelijk vaste klei	0,80 (1,0 bij kortdurende belastingen)
Vaste klei	1,00 (1,2 -1,5 bij kortdurende belastingen)

4. Resultaten:

Analyse van de gegevens laten zien dat:

- Ter hoogte van profiel 1 wordt de dekking vergroot waardoor geen risico van erosie aanwezig is.
- Ter hoogte van profielen 2 t/m 4 wordt de bodemhoogte iets hoger of deze blijft gelijk. De stroomsnelheden zijn bij $q=10.000 \text{ m}^3/\text{s}$ en $q=16.000 \text{ m}^3/\text{s}$ minder dan 0,2 m/s. Hierbij is geen gevaar voor erosie aanwezig.
- Ter hoogte van profiel 5 ligt de leiding onder de kade. Hierdoor is er geen risico van erosie.
- Ter hoogte van profiel 6 wordt de dekking iets vergroot tot ongeveer anderhalve meter. Dit gebied staat onder water bij afvoeren vanaf $q_{\text{lobith}}=6.000 \text{ m}^3/\text{s}$. De stroomsnelheden zijn dan zeer laag. Bij maatgevend hoog water en bij een eens per tien jaar waterhoogte ($q_{\text{lobith}} =16.000 \text{ m}^3/\text{s}$ en $10.000 \text{ m}^3/\text{s}$) zijn er stroomsnelheden over het talud en de leiding aanwezig tot 1 m/s. De taluds zijn flauw, zodat zo min mogelijk turbulentie ontstaat en de stroming vloeiend over de verhoging kan.
- Bij dwarsprofiel 7 is een bodemdekking van 1 meter aanwezig. Ter hoogte van dit profiel treden bij maatgevend hoogwater stroomsnelheden op tot 1 m/s. Het talud van 1:10 aan weerszijde van de gasleiding zorgen voor een vloeiende overgang van de verhoogde afdeklaag naar het omliggende terrein. De kans op erosie is daardoor klein, maar door de locatie kan hier niet worden uitgesloten dat op de kop hogere stroomsnelheden ontstaan boven de 1 m/s. Op de kop is aanvullende bescherming nodig in de vorm van grastegels of steenstort.
- Ter hoogte van profiel 8 is de dekking ongeveer 4 meter en is geen kans op erosie door stroming.

5. Erosie en sedimentatie in de geul

Uit de Waqmorf resultaten blijkt dat er een erosieve trend aanwezig is bij de oever. De verwachte erosie is ongeveer een halve meter. De dekking aan de oever is met 4 meter (profiel 8) ruim voldoende.

6. Conclusie

Ter hoogte van dwarsprofiel de kleinste bodemdekking aanwezig op de gasleiding. Deze bedraagt een meter. De stroomsnelheden kunnen voor erosie zorgen van de onbeschermd bodem. De leiding dient afgedekt te worden met klei en voorzien te zijn van een dekkende grasmatt. Deze maatregel is voldoende om erosie te voorkomen op de aanwezige rug. Rondom de kop en op de laatste 20 meters van de rug, aan stroomopwaartse zijde, is aanvullende bescherming nodig in de vorm van grastegels.