

Gemeenteraad van Hengelo
Postbus 18
7550AA Hengelo

Gemeente Hengelo

Postbus 18
7550 AA Hengelo

Onderwerp	Zaaknummer	Uw kenmerk	Datum
HCH onderzoek mogelijke maatregelen	3973422		2 december 2025

Geachte leden van de Raad,

Met deze brief informeren wij u over het onderzoek naar de mogelijke maatregelen voor de verbetering van de waterkwaliteit van het Twentekanaal. Adviesbureau Tauw heeft in opdracht van de gemeente Hengelo en Rijkswaterstaat (RWS) in beeld gebracht welke mogelijke maatregelen genomen kunnen worden om de HCH-waarden in het Twentekanaal te verlagen om zo te voldoen aan de Kader Richtlijn Water (KRW) norm.

Aanleiding

In januari 2024 heeft RWS verhoogde waarden HCH gemeten bij het officiële meetpunt Wiene, gebaseerd op de KRW norm. Het HCH is afkomstig van de verontreiniging op het voormalige Stork-Chemie terrein en komt via het grondwater in het kanaal. De HCH bron in de bodem is gesaneerd binnen de wet Bodembescherming (Wbb) en is in 2015 beschikt. In deze beschikking zijn normen opgenomen over de maximale hoeveelheid HCH die in het kanaal mag komen en is opgesteld in samenwerking met RWS. Gemeente Hengelo is bevoegd gezag op de landbodem (niet de eigenaar van de bron) en RWS is bevoegd gezag van het Twentekanaal.

Omdat het Twentekanaal meerdere beken voedt heeft RWS in de zomer van 2024 besloten om het Twentekanaal vanaf sluis Eefde door te spoelen. Na het doorspoelen van het kanaal zijn de HCH waarden bij meetpunt Wiene weer gedaald tot voor de piek. De oorzaak van de tijdelijke piek zijn de baggerwerkzaamheden in 2023 geweest die RWS en de gemeente Hengelo hebben uitgevoerd. Meetpunt Wiene voldoet weer aan de gestelde KRW norm voor HCH in het oppervlaktewater, het water in pand 2 (tussen sluis Delden en sluis Hengelo) voldoet hier echter niet aan. Dit pand heeft sinds de invoering van de KRW in 2000 niet voldaan aan de gestelde norm. Daarnaast zijn in de genomen beschikking uit 2015 op basis van de Wbb zijn andere normen afgesproken dan die uit de KRW. Omdat uiterlijk in 2027 alle oppervlaktewateren moeten voldoen aan de Europees geldende normen voor chemische stoffen, moet ook het Twentekanaal hieraan voldoen. Gemeente Hengelo en RWS hebben daarom adviesbureau Tauw opdracht gegeven om inzichtelijk te maken welke mogelijke maatregelen er zijn en om met een advies te komen welke maatregelen ook daadwerkelijk toegepast zouden kunnen worden.

Het onderzoek

De afgelopen maanden heeft Tauw onderzoek gedaan naar mogelijke maatregelen die getroffen kunnen worden om de HCH waarden voor een lang termijn (20-30 jaar) te verlagen om te voldoen aan de KRW norm. Na deze periode kunnen maatregelen herzien en eventueel verlengd worden. Het onderzoek bestaat uit twee fasen. Tauw heeft in fase 1 in beeld gebracht welke mogelijke maatregelen getroffen kunnen worden. Deze 11 maatregelen zijn op hoofdlijnen beschreven en op basis van kosten (excl. BTW), haalbaarheid (zowel in uitvoering als tijd) en maatschappelijke bezwaren getoetst. Op basis hiervan vielen zes maatregelen af. Daarmee zijn dus vijf maatregelen overgebleven plus een referentiemaatregel waarbij alle bodemverontreiniging wordt verwijderd.

Vermeld altijd het zaaknummer als u contact opneemt met de gemeente.

Bezoekadres
Burgemeester van der
Dussenplein 1

E-mailadres
gemeente@hengelo.nl
Telefoonnummer
14-074

Deze maatregelen zijn op kosten en haalbaarheid beoordeeld:

- Volledige verwijdering in de bodem (maatregel 1)
Dit scenario betreft een volledige verwijdering van de bron in de landbodem door middel van ontgraving (droog en nat) van de bodem en aanvullende grondwaterreiniging. Dit is de enige maatregel waarbij sprake is van een bronaanpak en waarbij de verontreiniging volledig verwijderd wordt.
Het saneren van de bodem wordt geschat op 80 miljoen euro. Daarnaast zijn er zeer hoge maatschappelijke kosten omdat onder meer het gehele CTT terrein verwijderd dient te worden en daarmee de bedrijfsactiviteiten moeten stoppen. Deze kosten worden geschat op 440 miljoen euro. De totale kosten voor deze variant worden geschat op 520 miljoen euro. Op basis van deze kosteninschatting wordt deze variant als, oplossing voor het halen van de KRW-doelen, niet haalbaar beoordeeld. Daarnaast is de locatie in het verleden gesaneerd op basis van de bodemwetgeving en voldoet het daarmee aan deze wetgeving.
- Hydrologische beheersing/grondwateronttrekking (maatregel 3)
In deze maatregel wordt het grondwater opgepompt, gezuiverd en geloosd op het Twentekanaal. Dit is ook gebeurd in de periode 2007-2010 en is op basis van toenmalige technieken destijds beëindigd omdat niet het beoogde resultaat behaald werd.
Met de stand van de techniek van nu zou het resultaat beter zijn dan toentertijd. Totaal geraamde kosten worden geschat op 24,8 miljoen euro. Dit is inclusief het in stand houden van de techniek voor 30 jaar.
- Ondoorlatende laag op de waterbodem (maatregel 6)
De waterbodem van het Twentekanaal krijgt een ondoorlatende laag van zandbentoniet of beton. Daardoor stroomt het grondwater met HCH niet meer via de waterbodem naar het oppervlaktewater van het Twentekanaal. De toestroom van het grondwater in het kanaal stopt daarmee voor een groot deel waardoor de instroom van HCH verminderd wordt. Totaal geraamde kosten worden geschat op 3,3 miljoen euro. Naar verwachting komt door deze ingreep het grondwater na een aantal jaren omhoog bij onder meer de insteekhaven. Als de insteekhaven ook voorzien moet worden van een ondoorlatende laag, stijgen de kosten met minimaal 10 miljoen euro.
- Reactieve mat op de waterbodem (maatregel 8)
Een reactieve mat bevat actief kool waar HCH zeer goed aan hecht. Met een reactieve mat op de bodem van het kanaal en in de Strootbeek wordt meer HCH uit het grondwater afgevangen dan op dit moment via de sliblaag gebeurt.
Totaal geraamde kosten worden geschat op 16,6 miljoen euro indien gebruik wordt gemaakt van actief kool en 10,7 miljoen euro bij het gebruik van Biochar. Biochar is actief kool die stoffen zoals HCH vasthouden.
- Actief kool scherm in de landbodem (maatregel 9)
Aan de hand van injecties in de landbodem wordt een verticaal 'scherm' van actief kool in de bodem gecreëerd waar het verontreinigde grondwater doorheen stroomt. Deze injecties bevatten actief kool en halen voor een deel het HCH uit het grondwater. Daardoor komt minder HCH in het Twentekanaal terecht. Deze maatregel lijkt op maatregel 8, het verschil is dat actief kool in de landbodem wordt aangebracht in plaats van op de waterbodem. Het zal ongeveer 5 jaar duren voordat het actief kool volledig werkt.
Totaal geraamde kosten worden geschat op 3,47 miljoen euro. Dit is exclusief monitoring na het injecteren en het eventueel aanbrengen van aanvullende injecties. Ook de maatschappelijke kosten omdat gedurende 5 jaar de HCH waarden nog niet omlaag zijn, zijn hierin nog niet meegenomen.
- Zuiveren proceswater Nobian (maatregel 10)
Nobian onttrekt water uit het Twentekanaal om te gebruiken als koelwater en lost dit water daarna weer op het Twentekanaal. Om die reden kan dit proces gebruikt worden om bij het lozen een filter aan te brengen die het HCH deels uit het water filtert. Totaal

Vermeld altijd het zaaknummer als u contact opneemt met de gemeente.

geraamde kosten voor de aanleg van de filters worden geschat op 150.000 euro en het in stand houden gedurende 30 jaar wordt geschat op ongeveer 4 miljoen euro.

Conclusie en vervolg

In het bestuurlijke overleg (tussen Waterschappen Vechtstromen, Drents Overijsselse Delta, Rijn & IJssel en de provincie Overijssel, Vitens, RWS en gemeente Hengelo) is de conclusie getrokken dat een combinatie van de maatregelen 8 en 9 nader uitgewerkt dient te worden. Uit het onderzoek van Tauw kwamen op basis van de People/Planet/Prosperity maatregelen 8 en 9 als de beste opties naar voren. Daarom werkt Tauw in het tweede deel van het onderzoek maatregel 8 (de reactieve mat) aangevuld door maatregel 9 (actief kool) en een combinatie verder uit. Voor het tweede deel van het onderzoek moet nog opdracht gegeven worden. Naar verwachting zal het tweede deel afgerond worden in het tweede kwartaal van 2026.

Daarnaast wordt ook geadviseerd om de optie van een (tijdelijke) waterzuivering in de Nobian-uitlaat in de vervolgfase te laten onderzoeken. Dat wordt op dit moment uitgevoerd door RWS.

De partijen hebben ook besproken dat het volledig verwijderen van de bron nog altijd het beste is voor de zeer lange termijn (100 jaar) omdat dan de volledige verontreiniging weg is. De andere mogelijke maatregelen zijn in beeld gebracht voor een periode van tenminste 30 jaar. Daarna kunnen de maatregelen mogelijk verlengd worden. In het bestuurlijk overleg is afgesproken om verder uit te zoeken welke mogelijkheden er zijn tot het volledig verwijderen van de bron na een periode van 30 jaar.

Met vriendelijke groet,

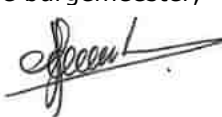
Burgemeester en wethouders van Hengelo,

de secretaris,

de burgemeester,



De heer D. Lacroix



De heer S.W.J.G Schelberg

Bijlage(n): 1

Vermeld altijd het zaaknummer als u contact opneemt met de gemeente.

Bezoekadres

Burgemeester van der
Dussenplein 1

E-mailadres

gemeente@hengelo.nl

Telefoonnummer

14-074



Aanpak HCH Twentekanaal

Afweging varianten

20 oktober 2025

Kenmerk

R001-1299307RCT-V03-mfv-NL

Verantwoording

Titel	Aanpak HCH Twentekanaal
Opdrachtgever	Gemeente Hengelo
Projectleider	Hans Notkamp
Auteur(s)	René Takens, Tobias Praamstra, Marc Steenvoorden, Carla van der Ham
Tweede lezer	René Takens
Kenmerk	R001-1299307RCT-V03-mfv-NL
Aantal pagina's	90 (exclusief bijlagen)
Datum	20 oktober 2025
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.



Colofon

TAUW bv
Handelskade 37
Postbus 133
7400 AC Deventer
T +31 57 06 99 91 1
E info.deventer@tauw.com

Inhoud

Samenvatting.....	5
1 Inleiding	12
2 Voorinformatie en modellering.....	14
2.1 Gebruikte literatuur.....	14
2.2 Geschiedenis locatie	16
2.3 Verontreinigingssituatie.....	19
2.4 Uitgevoerde grondwaterbeheersing	24
2.5 20 jaar waarnemingen in Twentekanaal	26
2.5.1 Periode 2000-2010	26
2.5.2 Periode 2021-2024	27
2.5.3 Ontstane situatie voorjaar en zomer 2024	28
2.5.4 Periode van 2024 en 2025	30
2.6 Damwand	32
2.7 Corrosie oude damwanden	33
2.8 Hydrologische effecten van de verruiming van het Twentekanaal	34
2.9 Nieuw grondwatermodel	37
2.10 Stofgedrag.....	46
3 Beschrijving scenario's/varianten	47
3.1 Variant 1: Volledige verwijdering	47
3.2 Variant 2: Verwijdering van mobiele stoffen	50
3.3 Variant 3: Hydrologische beheersing/grondwateronttrekking.....	53
3.3.1 Beschrijving oude beheersing.....	53
3.3.2 Beschrijving aangepaste beheersing	53
3.4 Variant 4: Bovenstroomse onttrekking (bovenstrooms van de locatie)	57
3.5 Variant 5: Verlengen van de damwanden	57
3.5.1 Verlengen van de damwanden langs Twentekanaal in de diepte.....	57
3.5.2 Verlengen van de damwanden rondom de locatie.....	58
3.6 Variant 6: Aanbrengen ondoorlatende laag op bodem Twentekanaal	61
3.7 Variant 7: Aanbrengen ondoorlatende laag op bodem Twentekanaal met doorlatende vensters.....	65
3.8 Variant 8: Aanbrengen reactieve mat op bodem Twentekanaal en Strootbeek	66

3.9	Variant 9: In situ toepassing actief kool scherm in bodem	73
3.9.1	Ad a. In de waterbodem van het kanaal als horizontaal scherm.....	73
3.9.2	Ad b. In de landbodem op het CTT-terrein als verticaal scherm.....	74
3.10	Variant 10: Het zuiveren van het kanaalwater van het tweede pand	78
3.11	Autonome ontwikkeling met monitoring	79
4	Afweging scenario's.....	80
4.1	Inleiding.....	80
4.2	Scenario 3 Hydrologische beheersing (uitgaande van gestuurde boring)	81
4.3	Scenario 6 Ondoorlatende laag op waterbodem.....	82
4.4	Scenario 8 Reactieve mat op waterbodem (uitgaande van biochar)	84
4.5	Scenario 9 Actief kool scherm in landbodem	85
4.6	Variant 10 Zuiveren proceswater Nobian	86
4.7	Overzicht afweging.....	88
4.8	Resumé afweging en aanbeveling voorkeursvariant(en)	89
4.9	Overige aanbevelingen	90
Bijlage 1	Analyse RWS concentraties Twentekanaal en afvoerhoeveelheden periode januari 2021 – september 2024	
Bijlage 2	Immissietoets lozing 0,36 µg/l HCH	
Bijlage 3	Tekening damwanden en bodembekleding Twentekanaal	
Bijlage 4	Dwarsdoorsnede geohydrologisch model en REGIS II bodemschematisatie	
Bijlage 5	Linktable complete deelmodel	
Bijlage 6	Startpunten stroombaanberekeningen	
Bijlage 7	Maatschappelijke kosten berekend met AI	
Bijlage 8	Kostenramingen	

Samenvatting

Inleiding

Er zijn reeds lange tijd verhoogde HCH-concentraties gemeten in het Twentekanaal, waardoor dit oppervlaktewater niet voldoet aan de KRW-norm van 0,02 µg/l HCH. Bovendien is er bij Wiene (ruim stroomafwaarts) een piekconcentratie van 0,48 µg/l HCH gemeten eind 2023/begin 2024 als gevolg van de destijds uitgevoerde baggerwerkzaamheden.

Gemeente Hengelo en Rijkswaterstaat hebben TAUW gevraagd om een studie uit te voeren naar alle maatregelen die kunnen worden ingezet om de HCH-concentratie in het Twentekanaal te laten voldoen aan de KRW-normen. De maatregelen zullen zich met name richten op de grootste bron van verontreiniging: de voormalige locatie van HCH-producent Stork en Co, nu van Nobian met gebruiker Container Terminal Twente (CTT), zie voor ligging figuur 1. Het doel is het verkennen en afwegen van maatregelen die ervoor zorgen dat de kwaliteit van het oppervlaktewater met betrekking tot de HCH-concentratie gaat voldoen aan de Kader Richtlijn Water (KRW). Een voorkeursvariant zal worden uitgewerkt in een vervolg. De volgende scenario's zijn tegen elkaar afgewogen:

1. Volledige verwijdering
2. Verwijdering van mobiele stoffen
3. Hydrologische beheersing/grondwateronttrekking
4. Bovenstroomse onttrekking (bovenstrooms van de locatie)
5. Verlengen van de damwanden
 - a. Damwanden rondom plaatsen als soort omgekeerde doos
6. Aanbrengen ondoorlatende laag op bodem Twentekanaal
7. Aanbrengen ondoorlatende laag op bodem Twentekanaal met doorlatende vensters
8. Aanbrengen reactieve mat op de bodem van het Twentekanaal en de Strootbeek
9. In situ toepassing van actief kool in de bodem
10. Het zuiveren van het kanaalwater van het tweede pand
11. Autonome ontwikkeling met monitoring



Figuur 0.1. Ligging meetpunt Boekelosebrug en bronlocatie Container Terminal Twente CTT (voormalig Stork Chemie)

Voorinformatie en modellering

Op de locatie ten westen van de Boekelosebrug aan de zuidoever van het Twentekanaal is tussen 1948 en 1952 gamma-hexachloorcyclohexaan (HCH) - merknaam Lindaan - geproduceerd. Als bijproducten bij de productie van lindaan, kwamen de isomeren α -, β - en δ -HCH vrij, en ook chloorbenzenen en benzeen. De bodem (grond en grondwater) is tot op aanzienlijke diepte (30 m -mv) verontreinigd geraakt met deze producten.

In 2007 is na uitgebreid saneringsonderzoek door de terreineigenaar Akzo Nobel een beheersvariant tot uitvoering gebracht. Deze bestond uit het onttrekken van grondwater via negen deepwells (filters op 2,5-7, 9-21 en 22-30 m -mv) met een debiet van 12 m³/uur (beoogd 30 m³/uur) aan de oever van het Twentekanaal. Het grondwater werd gezuiverd tot de lozingsseis van maximaal 20 µg/l HCH (in praktijk 4,4 µg/l) en geloosd op het kanaal.



Figuur 0.2 Conceptueel model van de verontreinigingssituatie voor 2007 (links) en tijdens de beheersmaatregel (rechts) met deepwells. Er is een nieuwe damwand geplaatst

De beheersing is na enkele jaren stopgezet (2010) omdat bleek dat de zuiveringsinstallatie van het onttrokken grondwater slechter werkte dan de natuurlijke afbraak in de bodem en de HCH-concentraties in het oppervlaktewater hierdoor op een hoger niveau kwamen te liggen. Uit de daaropvolgende monitoring werd in 2013 geconcludeerd dat er sprake was van een stabiele situatie in de bodem. Ook bleek dat de concentratie HCH bij meetpunt Wiene meestal lager was dan de KRW-norm. De monitoring is toen met instemming van het bevoegd gezag (gemeente Hengelo) en Rijkswaterstaat definitief gestopt.

De locatie is inmiddels in gebruik als containerterminal. De bodem is aan de bovenzijde afgedicht met een vrijwel waterdichte verharding. Aan de kanaalzijde is een damwand aanwezig, initieel tot 12 m -mv en later in 2009 tot 18 m -mv.

De concentraties in het Twentekanaal zijn al 20 jaar gemeten en bestudeerd. Het kanaal bestaat uit drie panden: het eerste pand van sluis Eefde tot sluis Delden met daarin het meetpunt Wiene, het tweede pand van sluis Delden tot sluis Hengelo met daarin het HCH-brongebied en het derde pand van sluis Hengelo naar Enschede met meetpunt Enschede. De belangrijkste bronnen van HCH zijn in de bodem en het grondwater aan de zuidzijde van het Twentekanaal gelegen. De toestroming van zowel grondwater als oppervlaktewater is van zuidoost naar noordwest. Het Twentekanaal heeft ter hoogte van de containerterminal en het Nobian/Akzo-terrein een drainerend effect op de omgeving en ontvangt zodoende (verontreinigd) grondwater.



Figuur 0.3 Overzicht panden en meetpunten Twentekanaal. Bronlocatie met paars aangegeven als Akzo-terrein

In de winter met de hoogste afvoer zijn de HCH-concentraties in Enschede het laagst en in Wiene/Eefde het hoogst. Er lijkt een verband te zijn tussen seizoenfluctuaties in het aan- en afvoerdebiet van het water in het kanaal en de HCH-pieken gemeten bij Wiene. Een stijgende concentratie in Enschede was duidelijk gerelateerd aan aanvoer van water uit het 2^e pand (compenseren schutverlies). In droge perioden vindt aanvoer plaats van water uit de IJssel naar het 1^e pand. Een half jaar na de baggerwerkzaamheden van 2023/2024 zijn de HCH-gehalten gestabiliseerd tot niveaus voorafgaande aan de werkzaamheden.

Gesteld kan worden dat de verhoogde HCH-concentraties en de piek bij Wiene in 2024 het gevolg zijn geweest van de baggerwerkzaamheden. Er is na de piek weer sprake van een redelijk stabiele situatie: Rond het brongebied (Havenkade/Boekelosebrug) in het 2^e pand liggen de concentraties boven de MAC-waarde (maximaal aanvaardbare concentratie) van 0,04 µg/l. Stroomafwaarts in 2e pand liggen de concentraties boven de JG-norm (jaargemiddelde milieukwaliteitsnorm) van 0,02 µg/l maar onder de MAC-waarde.

Om de effecten van saneringsvarianten te verduidelijken en stroombaanberekeningen te kunnen maken is een nieuw grondwatermodel gebouwd. Het is gebaseerd op het nieuwste regionale MIPWA-model (december 2024). Dit model is vervolgens aangevuld en gedetailleerd met lokale gegevens van boringen en sonderingen. Een belangrijk verschil met het model uit 2005/2007 is dat de bovenste bodemlagen in het huidige model zijn opgedeeld in een freatische laag (modellaag 1) en een tussenzandlaag (modellaag 2). In het oude model was deze onderverdeling niet aangebracht en stroomde het grondwater naar de diepte en onder de damwand door. Nu stroomt het grondwater in de freatische laag en de tussenzandlaag op het westelijk deel van de locatie langs de diepe damwand via de tussenzandlaag binnen 10 tot 20 jaar naar het kanaal. Het grondwater op het oostelijke terreindeel buigt af in oostelijke richting en stroomt via de tussenzandlaag onder de brug door binnen 10 tot 40 jaar naar de Strootbeek, die op dit traject een waterpeil heeft dat ongeveer gelijk is aan het kanaalpeil. Ook het drainerende karakter van de Strootbeek is nieuw ten opzichte van het model uit 2005.

Beschrijving scenario's/varianten

Een selectie van een tiental varianten is in het offertestadium tot stand gekomen door middel van een expertmeeting. Vervolgens hebben aanvullingen plaatsgevonden met subvarianten en een nieuwe variant (variant 9). De scenario's zijn nader beschouwd en uitgewerkt zodat de technische en financiële haalbaarheid beoordeeld kon worden. De scenario's 3, 6, 8, 9 en 10 zijn als technisch haalbaar beoordeeld. Uitgangspunt hierbij is dat alle af te wegen scenario's leiden tot significante kwaliteitsverbetering van het oppervlaktewater en kunnen leiden tot een niveau dat voldoet aan de KRW-normen.

1. Volledige verwijdering; niet haalbaar door hoge kosten
2. Verwijdering van mobiele stoffen; onvoldoende resultaat
3. **Hydrologische beheersing/grondwateronttrekking**
4. Bovenstroomse onttrekking (bovenstrooms van de locatie); niet effectief
5. Verlengen van de damwanden; onvoldoende effectief
 - a. Damwanden rondom plaatsen als soort omgekeerde doos; onvoldoende effectief
6. **Aanbrengen ondoorlatende laag op bodem Twentekanaal**
7. Aanbrengen ondoorlatende laag op bodem Twentekanaal met doorlatende vensters; geen toegevoegde waarde op scenario 6
8. **Aanbrengen reactieve mat op de bodem van het Twentekanaal en de Strootbeek**
9. **In situ toepassing van actief kool in de bodem**
10. **Het zuiveren van het kanaalwater van het tweede pand**
11. Autonome ontwikkeling met monitoring; geen structurele verbetering te verwachten

Scenario 3 betreft een beheersing zoals eerder uitgevoerd van 2007-2010 met enkele aanpassingen in filterdiepte en voorzien van een zuivering die lagere lozingseisen aankan, zodat de KRW-richtlijn bij innamepunten van het Twentekanaal gehaald wordt.

Scenario 6 bestaat uit het aanbrengen van een ondoorlatende laag van beton op de waterbodem van het Twentekanaal waardoor de reistijd wordt verlengd. Het doel is het verbeteren van de afbraakmogelijkheden. De reistijd neemt met maximaal 10 jaar toe. Bij een eerste orde afbraaksnelheid van $2 \cdot 10^{-4}$ tot $5 \cdot 10^{-4} \text{ d}^{-1}$ levert dit uiteindelijk een concentratie-afname van 50 tot 80 % op. Dit is waarschijnlijk onvoldoende om op langere termijn (>10 jaar) de KRW-norm te halen.

Scenario 8 betreft het aanbrengen van een reactieve mat op de bodem van het Twentekanaal en de Strootbeek. HCH adsorbeert sterk aan organisch stof. Toepassing van dit principe zorgt voor immobilisatie van HCH. In 2018 is door TAUW een variant uitgewerkt voor de adsorptie van HCH uit kwelwater op basis van een reactieve mat gevuld met een adsorbent zoals actief kool of biochar op de waterbodem van het Twentekanaal. In de reactieve matconstructies vindt in eerste instantie adsorptie van HCH plaats. In en op de reactieve matconstructies vindt na verloop van tijd tevens biologische afbraak plaats. De matelementen worden op maat gemaakt door een gespecialiseerd bedrijf, ter plekke gevuld met adsorbent en afgezonken. In het Twentekanaal is bovendien een verzwaring met zinkstukken en stortsteen op de matconstructie nodig om scheepvaart erboven mogelijk te maken, en is maatwerk nodig om de matelementen naadloos op elkaar te laten aansluiten. De waterbodem van het Twentekanaal dient daartoe 1,4 m verdiept te worden. In de Strootbeek is het aanbrengen eenvoudiger door de beperktere diepte. Op basis van eerdere adsorptieproeven wordt verwacht voor een mat gevuld met actief kool of biochar met een dikte van 30 cm bij een concentratie van 50 µg/l HCH in het kwelwater dat gedurende minimaal 50 jaar een rendement wordt gehaald van 95-98 %.

Scenario 9 maakt ook gebruik van adsorptie van HCH maar nu door de landbodem zelf te voorzien van actief kool als adsorptiemiddel. Voor landbodems is er ruime ervaring met dit principe, voornamelijk onder de naam PlumeStop™ (Regenesis). Het scenario bestaat uit het injecteren van een actief kool slurry in de landbodem op of langs de CTT-locatie, op zo'n manier dat er een doorlatend verticaal adsorptiescherm ontstaat. Deze wordt aangelegd daar waar de stroombanen met HCH-verontreinigd grondwater uittreden:

- Onder de diepe damwanden tussen CTT-terrein en Twentekanaal door
- Om de diepe damwanden heen onder de ondiepe damwanden door in westelijke richting
- In oostelijke richting naar de drainerende Strootbeek.

Als uit wordt gegaan van een schermdikte in de richting van de grondwaterstroming van circa 3 meter, een grondwaterstromingssnelheid ter plaatse van 15 m/j, een gemiddelde HCH-concentratie van circa 500 µg/l en een standaard verdunning van colloïdaal actief kool van 1:10 (uitgaande van PlumeStop), wordt op basis van indicatieve modelberekeningen verwacht dat gedurende minimaal 50 jaar een rendement wordt gehaald van 95-98 %.

Het intreden van het effect van deze maatregel op de oppervlaktewaterkwaliteit is geleidelijk vanwege de verschillende reistijden van de stroombanen. Zo zal een aanzienlijk deel van de freatische verontreinigingsflux al binnen 5 jaar zijn gestopt vanwege de korte reistijden. Alle nog aanwezige verontreinigingen buiten het reactieve scherm zijn nog onderweg en stromen tijdelijk nog wel naar het oppervlaktewater.

Scenario 10 onderzoekt het zuiveren van het kanaalwater in het tweede pand. Een optie is het indirect zuiveren van kanaalwater dat door Nobian wordt opgepompt en gebruikt wordt als koelwater. Het werkelijke debiet van de kanaalwaterpompen bedraagt 1.700 m³/uur, 15 miljoen m³/jaar (circa 1,5 maal het debiet van het Twentekanaal). Het koelwater kent zowel een inlaat (ter plaatse van de containerterminal) als een uitlaat. Geadviseerd wordt om de optie van waterzuivering in de Nobian uitlaat in een vervolgfase nader te onderzoeken, want in combinatie met scenario 9 zou sneller het gewenste effect op de waterkwaliteit worden bereikt.

Afweging scenario's

Er is afgewogen volgens een bepaalde systematiek. Het afwegingsmodel is gebaseerd op de internationale norm ISO 18504 (Sustainable Remediation) en richt zich specifiek op de weging en beoordeling van meerdere indicatoren binnen de varianten op het gebied van People (maatschappelijke aspecten), Planet (milieuaspecten) en Prosperity (financiële, bedrijfs- en procesmatige aspecten). Het model biedt daarmee een volwaardig, duidelijk en transparant afwegingskader (lasten en baten) en leidt tot een onderbouwde keuze die verder reikt dan alleen op basis van technische haalbaarheid en kosten. De zwaarte van weging (semi-kwantitatief) van de indicatoren varieert en is in onderling overleg tussen Rijkswaterstaat, Gemeente Hengelo en TAUW vastgesteld.

Drie afwegingsaspecten worden als zeer belangrijk beschouwd:

- Het faalrisico: variant 6 (afdichten waterbodem van het Twentekanaal) en 10 (zuiveren kanaalwater via uitlaat van Nobian) scoren laag
- De saneringskosten: variant 9 (actief kool scherm) scoort het best met EUR 3,5 miljoen, daarna komt variant 8 met EUR 11 tot EUR 17 miljoen. Variant 3 scoort het slechts en kost EUR 25 miljoen
- De snelheid van verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit: de maatregel van variant 8 heeft na aanleg vrij spoedig het gewenste resultaat omdat de reactieve mat aangrijpt waar de instroom van HCH in het oppervlaktewater plaatsvindt. Na aanleg van variant 9 zal het nog 5 jaar duren voordat de KRW-norm wordt gehaald. Maar ook geldt dat variant 9 minder voorbereidingstijd vergt en een beperktere uitvoeringsduur kent, waardoor de maatregel naar verwachting een jaar eerder dan variant 8 kan worden opgeleverd. Variant 9 zou tijdelijk gecombineerd kunnen worden met variant 10 waarmee een verdere zuivering gedurende de eerste 5 jaar kan worden bewerkstelligd dan op basis van variant 9 alleen

Op basis van bovenstaande wordt duidelijk dat variant 8 en variant 9 beide belangrijke voordelen hebben ten opzichte van de varianten 3, 6 en 10. Vanwege:

- De van elkaar onderscheidende voordelen van beide varianten
- De mogelijkheden tot combinatie van beide varianten (slurryscherp aan west- en noordzijde CTT-terrein, reactieve mat in Strootbeek) en
- De afhankelijkheid van gespecialiseerde toeleveranciers per variant (voor variant 8 het maatweefsel van geotextiel; voor variant 9 de slurry van colloïdaal actief kool)

wordt geadviseerd **zowel scenario 8 als 9**, evenals een mogelijke combinatie van beide, verder uit te werken. Tevens wordt geadviseerd om de optie van (tijdelijke) waterzuivering in de Nobian-uitlaat (scenario 10) in een vervolgfase nader te onderzoeken.

1 Inleiding

Gemeente Hengelo en Rijkswaterstaat hebben TAUW gevraagd om een studie uit te voeren naar alle maatregelen die kunnen worden ingezet om de HCH-concentratie in het Twentekanaal te laten voldoen aan de KRW-normen. Verschillende bestaande en nieuwe scenario's dienen op hoofdlijnen tegen elkaar te worden afgewogen. De maatregelen zullen zich met name richten op de grootste¹ bron van verontreiniging: de voormalige locatie van HCH-producent Stork en Co, later in eigendom bij AKZO Zoutchemie, nu Nobian en gebruiker Container Terminal Twente (CTT), onderdeel van Inland Terminals Group.

Aanleiding

Er zijn, naast reeds lange tijd aanwezige verhoogde HCH-concentraties² ter plaatse van het meetpunt Boekelosebrug (tweede pand, bronlocatie), ook verhoogde HCH-concentraties ter plaatse van het meetpunt Wiene (eerste pand, formeel meetpunt KRW) in het Twentekanaal (TK) gemeten. Het gaat om de som-HCH met de isomeren α -, β - γ - en δ -HCH samen. Het betreft overschrijdingen van de KRW-normen: er is bij Wiene een piekconcentratie van 0,48 $\mu\text{g/l}$ gemeten eind 2023/begin 2024 als gevolg van de destijds uitgevoerde baggerwerkzaamheden (lit 30, 31, 32). De gemiddelde HCH-concentratie nabij de Boekelosebrug schommelt al jaren tussen de 0,05 en 0,2 $\mu\text{g/l}$ buiten de periode van de baggerwerkzaamheden om. De JG-MKN (jaargemiddelde norm) voor HCH is echter 0,02 $\mu\text{g/l}$ en de MAC-MKN (maximaal aanvaardbare concentratie) is 0,04 $\mu\text{g/l}$. De uitdaging is nu om ervoor te zorgen dat het Twentekanaal gaat voldoen aan de KRW-norm. De genoemde meetpunten en de ligging van de bronlocatie zijn opgenomen in figuren 1.1 en 1.2.

Behalve het niet voldoen aan de KRW-normen voor het betreffende oppervlaktewater van het TK, levert dit tevens problemen op in tijden van neerslagtekort (globaal van april tot oktober) voor de inlaat van water uit het TK in de beken. Uitgangspunt is dat bij de beekinlaten de KRW-norm van 0,02 $\mu\text{g/l}$ HCH als kwaliteitseis gewenst is.

¹ Er zijn diverse locaties in Hengelo en omstreken die verontreinigd zijn met HCH (z.g. Heideweglocaties, naar de naam van het eerste perceel waar deze verontreiniging werd ontdekt). De meeste locaties zijn reeds gesaneerd of geïsoleerd. Mogelijk zijn er nog niet-ontdekte locaties zijn die mogelijk bijdragen aan de HCH-concentraties aan het Twentekanaal. Uit onderzoek (lit. 23) is gebleken dat in ieder geval de Strootbeek in beperkte mate bijdraagt aan de verontreiniging van het Twentekanaal

² Het betreft de som van de isomeren α -HCH, β -HCH, γ -HCH en δ -HCH



Figuur 1.1 Overzicht panden en meetpunten Twentekanaal. Bronlocatie met paars aangegeven als Akzo-terrein



Figuur 1.2 Ligging meetpunt Boekelosebrug en bronlocatie Container Terminal Twente CTT (voormalig Stork Chemie)

Doel

Het doel van het onderzoek is het verkennen en afwegen van maatregelen die ervoor zorgen dat de kwaliteit van het oppervlaktewater van het Twentekanaal met betrekking tot de HCH-concentratie gaat voldoen aan de Kader Richtlijn Water (KRW), waarbij uiteindelijk een voorkeursvariant in detail wordt uitgewerkt in een vervolg rapport. Hierbij kan worden opgemerkt dat verwijderen van verontreinigingsvracht niet specifiek het doel is, maar met name het voldoen aan de KRW. Bijvoorbeeld: Als er verontreiniging gedeeltelijk wordt weggenomen uit het brongebied, maar er is nog steeds onaanvaardbare instroom in het kanaal, dan voldoet dit niet aan het doel.

Uitgangspunten

Een belangrijk uitgangspunt is dat de grootste continue bron van de verhoogde HCH-concentraties in het Twentekanaal de voormalige locatie van C.T. STORK en Co is. Heden is de locatie in gebruik door Container Terminal Twente (CTT) en in eigendom van Nobian.

Lijst met scenario's

De scenario's zijn opgesomd in volgorde van bronaanpak tot end-of-pipe-aanpak:

1. Volledige verwijdering
2. Verwijdering van mobiele stoffen
3. Hydrologische beheersing/grondwateronttrekking
4. Bovenstroomse onttrekking (bovenstrooms van de locatie)
5. Verlengen van de damwanden
 - a. Damwanden rondom plaatsen als soort omgekeerde doos
6. Aanbrengen ondoorlatende laag op bodem Twentekanaal
7. Aanbrengen ondoorlatende laag op bodem Twentekanaal met doorlatende vensters
8. Aanbrengen reactieve mat op de bodem van het Twentekanaal en de Strootbeek
9. In situ toepassing van actief kool in de bodem
10. Het zuiveren van het kanaalwater van het tweede pand
11. Autonome ontwikkeling met monitoring

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt eerst een beschrijving gegeven van de bekende informatie over de geschiedenis van de locatie, de plaatselijke situatie, de verontreinigingssituatie en de reeds uitgevoerde studies naar verlaging van de HCH-concentratie. Tevens wordt het nieuwe grondwatermodel beschreven. In hoofdstuk 3 worden de verschillende scenario's (varianten) op hoofdlijnen uitgewerkt, waarna in hoofdstuk 4 een afweging van deze scenario's plaatsvindt op basis van diverse aspecten. Ten slotte wordt in dit hoofdstuk ook een selectie gemaakt van de voorkeursscenario('s).

2 Voorinformatie en modellering

2.1 Gebruikte literatuur

In dit saneringsonderzoek wordt gebruik gemaakt van bestaande onderzoeken en studies. Hieronder is een opsomming gegeven van de betreffende documenten. Bij verwijzingen wordt de onderstaande nummering gebruikt met [xx].

1. Beoordeling van saneringsvarianten voor de grondwaterverontreiniging op het terrein van de Chemische Bedrijven West van Akzo Nobel locatie Hengelo, O/BDM/2002010-1, AkzoNobel, 16 juli 2002
2. Afsluiting deelsaneringsonderzoek terrein Chemische Bedrijven West (CBW) en overige werkzaamheden, O001-4262753RCT-D01-D, 5 november 2002
3. Bioremediatie van HCH locaties, SV-212, SKB, TAUW, TNO, januari 2004

4. Geohydrologisch onderzoek locatie A, Geofox, 8 maart 2005
5. Saneringsplan op hoofdlijnen Akzo Nobel locatie Hengelo (inclusief saneringsonderzoek), TTE, projectnummer C0413, 16 juni 2005
6. Verontreinigingssituatie terreindeel A, TTE, bijlagenrapport C0413, 16 juni 2005
7. Plan van aanpak grondwater fase-1, TTE, C0535, 24 maart 2006
8. Afweging mogelijkheden aanpak HCH-brongebieden, TAUW, R001-4498577CGP-ris-V02-NL, 6 juli 2007
9. Laboratorium experimenten haalbaarheid ISCO op CBW-terrein, TAUW, R001-4547351SAW-V01, 17 maart 2008
10. Afweging saneringsmogelijkheden brongebieden AkzoNobel CB-West, TAUW, R001-4631287CGP-sbb-V02, 1 september 2009
11. Beheersvarianten grondwater AkzoNobel te Hengelo, TAUW, R002-4631287JBD-los-V02-NL, 1 september 2009
12. Risicobeoordeling HCH-verontreiniging voormalig CB West terrein, TAUW, R001-4648765AOH-los-V03-NL, 2 september 2009
13. Gewijzigd plan van aanpak grondwaterverontreiniging (fase 1), TAUW, R001-4679984RCT-nij-V02-NL, 29 september 2010 (opleverdatum in rapport bevat een fout)
14. Bedrijventerrein Twentekanaal-Zuid, gevolgen actuele ontwikkelingen voor riolering en waterhuishouding', HGL162-1/kolm/008, 10 februari 2010.
15. Natuurlijke lozing versus beheersing grondwateronttrekking HCH-verontreiniging Akzo Nobel Hengelo, TAUW, R002-4679984MLX-los-V01-NL, 27 augustus 2010
16. Onderzoek HCH-verontreiniging Twentekanaal - brede inventarisatie van HCH bronnen en watersysteemanalyse, Royal Haskoning, 9W4598.01, 3 maart 2011
17. Tussenevaluatie grondwateronttrekkingssysteem, TAUW, R002-4498511JBD-los-V06-NL, 23 mei 2011
18. Evaluatie grondsanering (fase 2A / 2B) uitbreiding CTT voormalig CB-West terrein Hengelo, TAUW, R002-4732172JBA-avd-V01-NL, d.d. 17 september 2013
19. Monitoring grondwater en oppervlaktewater 2010-2013, TAUW, R003-44821009CGP-rvb-V03-NL, d.d. 11 december 2014
20. Oorzaken en oplossingen kweloverlast omgeving Twentekanaal, TAUW R001-1220264JLY-wga-V02-NL, 130 maart 2014
21. Aanvullend verkennend waterbodemonderzoek en civieltechnisch onderzoek Delden-Hengelo Deeltraject 2, Arcadis, 078737774 C, 17 maart 2016
22. Emissievermindering HCH in samenloop met verruiming Twentekanaal, TAUW, R001-1233970TFP-los-V01-NL, 27 mei 2016
23. Onderzoek HCH-emissies naar het Twentekanaal, TAUW, R001-1236875CGP-V01, 31 maart 2017
24. Nadere verkenning adsorptiebarrière instroom HCH Twentekanaal, TAUW, R001-1249169TFP-nij-V01, 13 oktober 2017
25. Deltares: Waterbodem- en adsorptieonderzoek Twentekanaal, TAUW, R001-1276014JWV-V01-aqb-NL, 4 februari 2021
26. Deltares: Koolstoffilters in schutsluis: pilot 2022
27. Grondwatermonitoring HCH, Nobian Hengelo, R1297350ABR-V01-mwl-NL, 6 november 2024

- 28. Akzo Nobel, Omzien in Trots, 2006
- 29. Archief Tubantia
- 30. Gezamenlijk persbericht van Rijkswaterstaat en de gemeente Hengelo d.d. 12 juni 2024 over HCH in het Twentekanaal
- 31. 20241028 Totaaloverzicht RWS som-HCH Twentekanaal, 28 oktober 2024
- 32. 20250602 Overzicht HCH Twentekanaal locaties tm 2 juni 2025

2.2 Geschiedenis locatie

Stork Chemie

Op de locatie tussen de Zuidelijke Havenweg en het Twentekanaal in Hengelo heeft C.T. Stork & Co, Chemische Industrie N.V., met de handelsnaam 'Stork-Chemie' tussen 1948 en 1952 onder andere gamma-hexachloorcyclohexaan (HCH) geproduceerd, bekend onder de merknaam Lindaan. Dit is een organochloor-insecticide dat vroeger veelvuldig werd gebruikt. Als bijproducten bij de productie van Lindaan, kwamen de isomeren van HCH vrij, alsmede chloorbenzenen en benzeen. In 1954 vestigde de toenmalige Koninklijke Nederlandse Zoutindustrie (K.N.Z.), momenteel Nobian Chemicals B.V. zich op het terrein, maar produceerde geen Lindaan meer, Monochloorazijnzuur (MCA) tot 2006. Een berg HCH-afval heeft nog tot midden jaren '70 op de locatie gelegen [lit 6, 28], zie figuur 2.1.



Figuur 2.1 Stork Chemie met HCH-'berg', Archief Tubantia

Bouw eerste containerterminal (2000)

Eind 2000 werd op het meest westelijke terreindeel een containerterminal (CTrT) gebouwd. De naastgelegen MCA-fabriek van AkzoNobel bleef in werking. Ten behoeve van de containerterminal is een stalen damwand langs de oever van het Twentekanaal aangebracht tot een diepte van circa 12 m -mv.

Een onttrekkingsdrain op +17 m NAP (circa 2 m -mv, het streefpeil Twentekanaal is +16,00 m NAP met een maatgevend hoogwater tot +16,60 m NAP) tussen de damwand en de oorspronkelijke oeverstrook, reduceert de grondwaterdruk op de damwand. Het drainagewater werd oorspronkelijk geloosd op het riool via de zuivering van AkzoNobel. Op de bodem werd een laag gestabiliseerde AVI-slakken³ aangebracht, met daarop asfalt. Later is het asfalt vervangen door betonstraatstenen [lit 3].

Sluiting fabrieken

In 2002 sloten de Nederlandse rijksoverheid en chloorproducent Akzo Nobel een overeenkomst ter beëindiging van grootschalige chloortransporten door Nederland in 2006. Dit had tot gevolg dat de chloorfabriek aan de oostzijde van de Boekeloseweg moest worden gesloten in 2006, maar ook dat de monochloorazijnzuur-productie aan de Zuidelijke havenweg moest worden beëindigd, omdat er dan geen chloor voor de productie meer voorhanden was. In 2007 was de sloop van de fabriek afgerond. Tussen 2009 en 2012 werd de containerterminal (nieuwe naam CTT) gefaseerd uitgebreid over de gehele locatie.

Nieuwe containerterminal (CTT 2009 en 2012)

Bij de bouw van de nieuwe containerterminal werd een nieuwe damwand aangebracht tot een diepte van 18 m -mv op ongeveer 10 meter ten noorden vanaf de oude oever in het kanaal (zie voor ligging tekening 2.10). Tegen deze nieuwe damwand werd ook weer een drainage op +17 m NAP (circa 2 m -mv) aangebracht om opstuwing van grondwater te voorkomen, overeenkomstig de reeds bestaande terminal [lit 18]. In het bestek is aangegeven dat deze drainage, via een pompput, samen met het drainagewater van het oude CTrT terrein zou moeten worden aangesloten op een infiltratiekoffer op circa 75 meter ten zuiden van de nieuwe damwand. Alwaar het drainagewater in periodes dat opstuwing tegen de damwand zou plaatsvinden op de bodem zou moeten worden geloosd. Hiermee wordt voorkomen dat eventueel verontreinigd drainagewater ongezuiverd zal worden geloosd. Het is niet bekend of dit systeem momenteel in werking is, maar door de hoogteligging op +17 m NAP is de verlagende werking beperkt. Het streefpeil van het Twentekanaal ligt hier namelijk op +16,00 m NAP.

Nadat het terrein geëgaliseerd was, is er een laag van circa 0,5 m dikte aangebracht van Mexatrax (cement gebonden licht verontreinigde grond) ter plaatse van de kranen en Forz (cement gebonden secundaire bouwstof) ter plaatse van de containeropslag en wegen. Hierop is een laag straatzand aangebracht en daarop betonstraatstenen. Een beperkt deel van het terrein (noordoosthoek) is verhard met asfalt. De verhardingslaag vormt samen met de funderingslaag een nagenoeg volledig afsluitende laag voor regenwater.

³ Avi-slakken kunnen een verhoogde pH hebben. Er is echter nooit een afwijkende pH gemeten op deze locatie

Opwaarderen Twentekanaal en havens (2020-2024)

Eind 2023, begin 2024 heeft een verruiming van het Twentekanaal plaatsgevonden. Ter hoogte van de containerterminal CTT in Hengelo had het Twentekanaal vóór de verruiming een ontwerpdiepte van circa 3,50 m onder kanaalpeil en een bodembreedte (vaargeul) van ongeveer 18 m. Na de verruiming (oplevering 2024) is de onderhoudsdiepte vergroot tot 3,90 m onder kanaalpeil, terwijl de bodembreedte van de vaargeul is verbreed naar circa 24 m en de waterlijnbreedte naar ongeveer 42–44 m, passend bij het profiel voor klasse Va-schepen. De gemeentelijke havens zijn verbreed van 14,50 meter naar 17,50 meter en verdiept naar 3,90 meter en sluiten aan op de bodem van de vaargeul. De damwand aan de noordwestzijde van de Boekelosebrug zijn vervangen (zie figuur 2.16). Bij de containerterminal lag al een bodembescherming op de juiste diepte en breedte en is in 2016 gerealiseerd, tegelijk met groot onderhoud aan de sluizen Delden en Hengelo.



Figuur 2.2 Situatie na de sloop vanuit het westen (2007, De Jong Luchtfotografie)

Hemelwaterriolering

Eind 2012 is door middel van een gestuurde boring een groot hemelwaterriool aangelegd direct ten westen van de Boekeloseweg. Dit riool loost op het Twentekanaal. Het hemelwater van CTT, maar ook van het Strootbeekpark, Bolk en De Paauw Sustainable Resources wordt geloosd via deze riolering [lit 14]. Het gaat om afvoer van oppervlakkig afstromend hemelwater, dus er is weinig kans op verontreiniging met HCH. De opvang en afvoer van hemelwater beperkt de infiltratie in de bodem en de verspreiding van HCH met het grondwater.

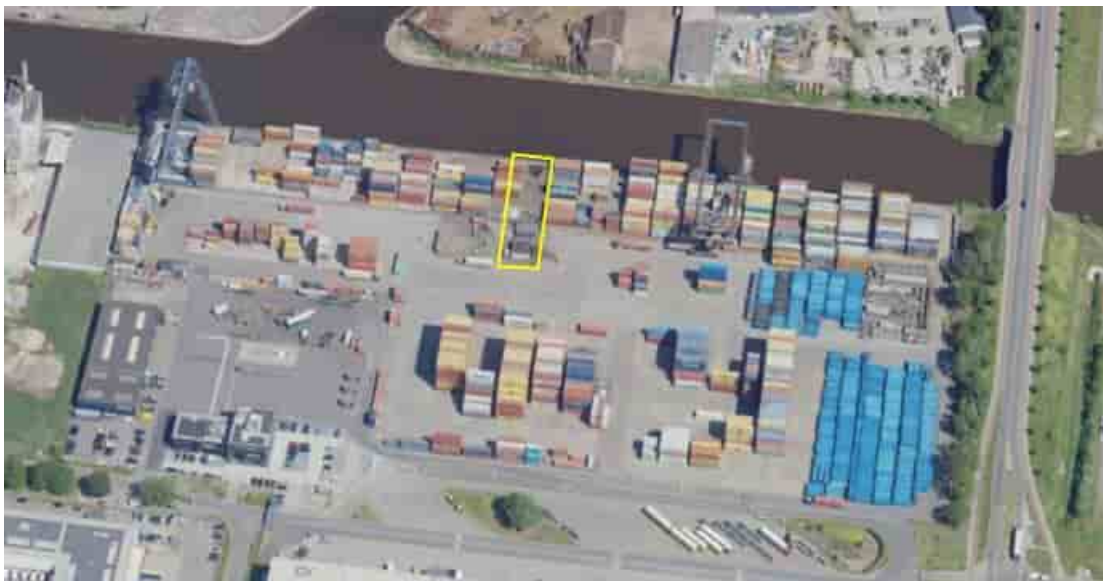
Warmtenet en Boekelosebrug

In 2017 zijn voor Warmtenet Hengelo op 26 meter onder maaiveld twee nieuwe buizen onder het Twentekanaal getrokken. Er zijn 2 stalen geïsoleerde leidingen met een doorsnede van meer dan een halve meter door het boorgat getrokken. Dit heeft gezorgd voor grondroering maar het heeft naar verwachting weinig invloed op de verontreinigingssituatie.

In 2018 werd gestart met de vernieuwing van de Boekelosebrug. Omdat de brug breder werd, is in 2019 de Strootbeek aan de oostzijde van de Boekeloseweg verder naar het oosten verplaatst.

Kanaalwaterinlaat

Nobian neemt via een kanaalwaterinlaat op het terrein van CTT water ($1.700 \text{ m}^3/\text{uur}$) in ten behoeve van de zoutwinning, koeltorens en het Warmtenet Hengelo. Uiteindelijk wordt het water weer geloosd in het kanaal ter hoogte van de zoutfabriek. In 2024 bleek dat de kanaalwaterleiding (Bonna) lek was. Dit is gerepareerd.



Figuur 2.3 Situatie mei 2024 (Streetsmart Cyclomedia. Kanaalwaterinlaat is geel omkaderd)

2.3 Verontreinigingssituatie

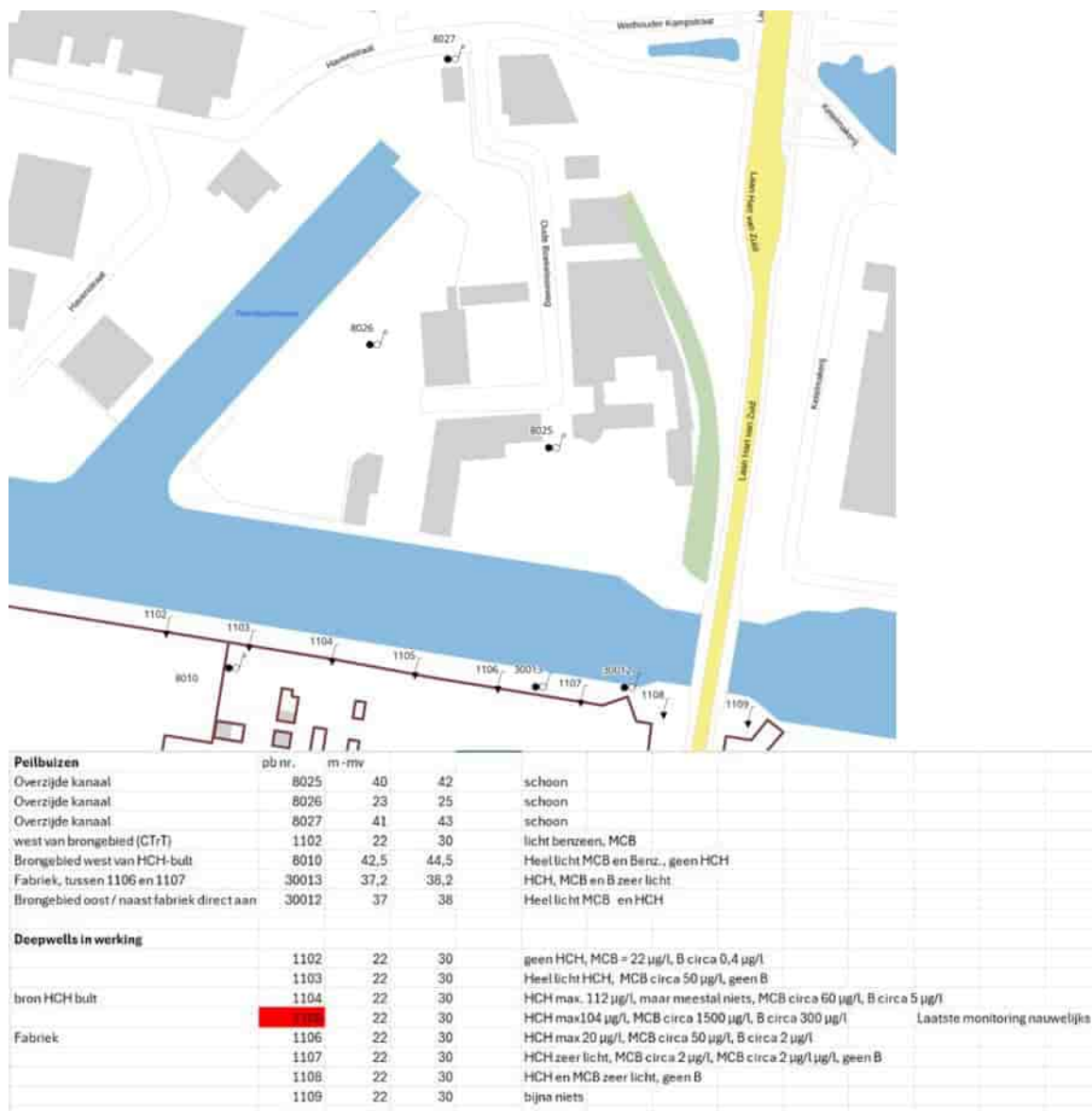
Als gevolg van de productie van HCH en opslag van HCH-afval door Stork-Chemie is destijds de bodem onder het huidige terrein van CTT ernstig verontreinigd geraakt met HCH en de hieraan gerelateerde stoffen, zoals chloorbenzenen en benzeen. Deze verontreinigingen zitten op aanzienlijke diepte in de bodem (tot circa 30 m -mv) zowel in goed als in matig tot slecht doorlatende lagen (lit 6, 7, 8, 10, 17).

Bij de productie werd destijds gebruik gemaakt van benzeen en chloor als grondstof. De reactieproducten, bestaande uit een mengsel van hoofdzakelijk HCH, en verder de nevenproducten chloorbenzenen en de uitgangsstof benzeen zijn ter plaatse van de fabriek op het oostelijke deel van de locatie via defecte riolering, slechte vloeren en incidenten in de bodem gelopen. De vloeibare producten zijn ten gevolge van de hoge dichtheid van de vloeistof diep in de bodem gedrongen (natte HCH). Later werd het productieproces geoptimaliseerd door uit de reactie-producten selectief gamma-HCH te extraheren. Daardoor zijn grote hoeveelheden HCH isomeren als droge afvalstof geproduceerd (droge HCH). Deze zijn opgeslagen op het westelijke terreindeel, zijn met de bovengrond vermengd, via hemelwater in de bodem gespoeld en verspreid via verwaaiing.

Waarschijnlijk hebben beide verontreinigingsbronnen bijgedragen aan het huidige verontreinigingsbeeld en verspreiding naar het Twentekanaal. De oostelijke verontreinigingsbron is wel enigszins dieper in de bodem doorgedrongen dan de westelijke.

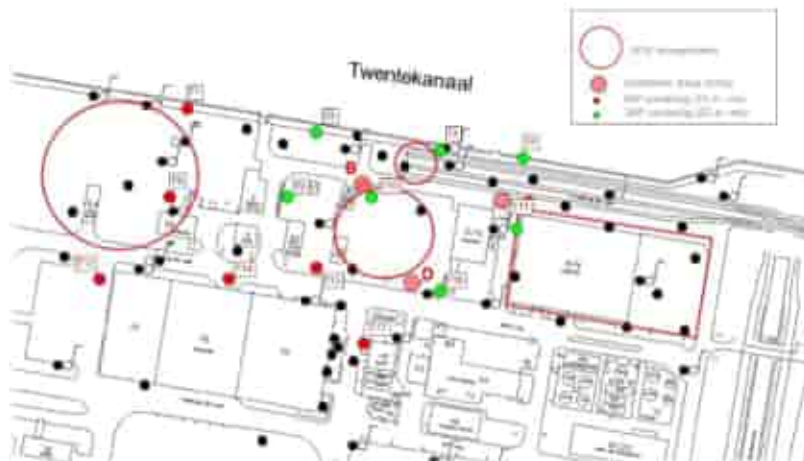
Er zijn diverse onderzoeken uitgevoerd (zie paragraaf 2.1) naar de omvang van de verontreinigingen in de grond en het grondwater. Daarbij zijn in 2001 tot een diepte van 24 m -mv HCH gehalten van 17 mg/kg aangetroffen (lit 6).

In de bodemlaag van 0 tot 10 m -mv bevindt zich het grootste deel van de HCH vracht, met maximale gehalten tot 2.200 mg/kg op 4 m -mv. Het was aanvankelijk niet bekend of er puur product HCH tot op de Tertiaire basis (35 tot 45 m -mv) is doorgedrongen, maar de gegevens van het diepe grondwater zijn gecheckt op aanwijzingen dat er dichtheidsstroming naar de diepte zou hebben plaatsgevonden, zie figuur 2.4. Er werden in de diepste filters (>30 m -mv) in 2007/2008 in het brongebied geen sterk verhoogde concentraties gevonden (lit 17). Aan de overkant van het Twentekanaal in de peilbuizen 8025, 8026 en 8027 zijn geen verontreinigingen aangetroffen. Daarmee kon het bestaan van een diepe en naleverende verontreiniging worden uitgesloten.

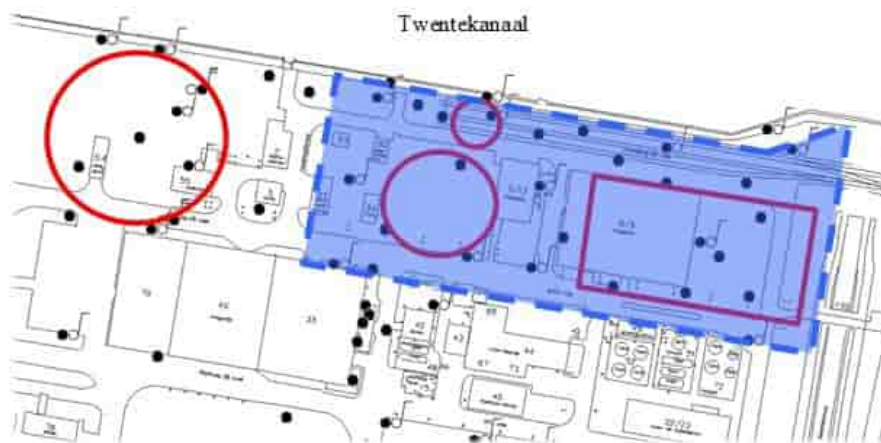


Figuur 2.4 Diep grondwater concentraties ook aan de overkant in 2007/2008. In 2024 in 1105, 1106 en 1107 op 19-20 m -mv beperkte verhoging concentraties; 1105: HCH-delta 68 µg/l, MCB 82 µg/l

Met de in 2007 door Fugro uitgevoerde MIP (Membrane Interface Probe) meettechniek [lit 8] werd de aanwezigheid van vluchtige gechloreerde verbindingen in de bodem bepaald, wat daarmee een indicatie was voor de aanwezigheid van HCH in de ondergrond. Voor vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen zoals tetrachlooretheen en trichlooretheen is het mogelijk om een goede indicatie te krijgen voor de aanwezige gehalten. Monochloorbenzeen (MCB) is echter minder vluchtig en zal dus een lagere respons geven op de DELCD (Dry Electrolytic Conductivity Detector). De locaties waar de MIP-sonderingen werden uitgevoerd is aangegeven in figuur 2.5; een raai langs het kanaal T1 tot en met T4, een raai door het midden T8 t/m T11 en een zuidelijke raai T13 tot en met T16. Er werd afgeperkt met T17 ten zuiden van de verontreiniging.



Figuur 2.5 MIP-sonderingen 2007. Rode bollen: sondering tot 15 m -mv, groene bollen: sondering tot 25 m -mv

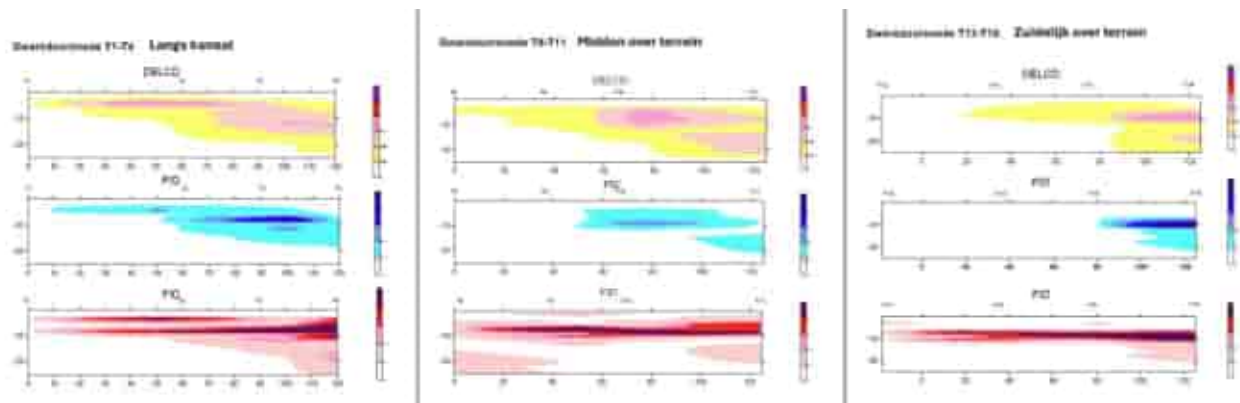


Figuur 2.6 In rood zijn historisch bekende HCH brongebieden aangegeven. In blauw is aangegeven waar 'nat' HCH kan worden verwacht

Op basis van de MIP sonderingen kon worden afgeleid dat in het gebied waar de natte HCH kon worden verwacht de bodem tot circa 6 à 12 m -mv verontreinigd was, zie figuur 2.5 en 2.6. Op het westelijke terreindeel, waar het droge HCH opgeslagen was, werd in de MIP sonderingen slechts een zeer lichte DELCD respons waargenomen. Aangenomen werd dat in de diepere bodem verhoogde chloorbenzeen- en benzeengehalten in het grondwater zouden kunnen voorkomen, maar dat er geen sprake zou zijn van puur product.

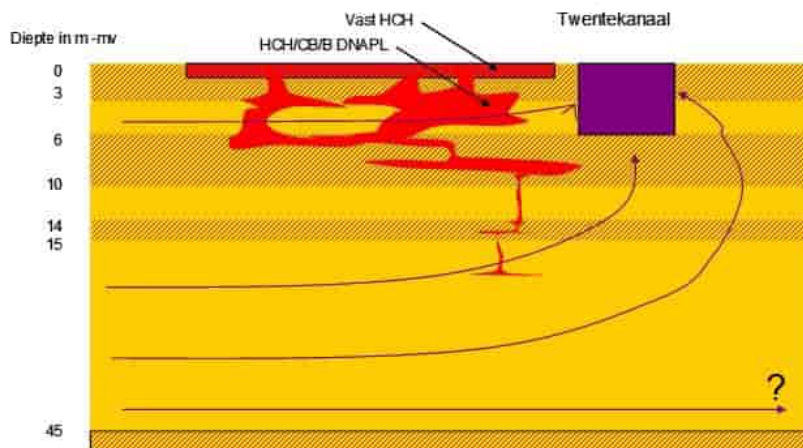
In het meer oostelijk gelegen deel van het terrein werden in MIP T2, T3, T4, T9, T10, T11, T15 en T16 duidelijk verhoogde gehalten chloorkoolwaterstoffen aangetroffen. Aangenomen werd dat in dit gebied wel puur product aanwezig zou moeten zijn. De meest zuidelijke MIP 17 gaf aan dat de verontreinigingen niet verder in zuidelijke richting waren verspreid.

De oostzijde van het terrein was destijds niet met de MIP sonderingen onderzocht. Aangenomen is dat het puur product aanwezig is tot aan de Boekeloseweg [zie ook 2].



Figuur 2.7 Dwarsdoorsneden van MIP-sonderingen parallel aan het kanaal⁴

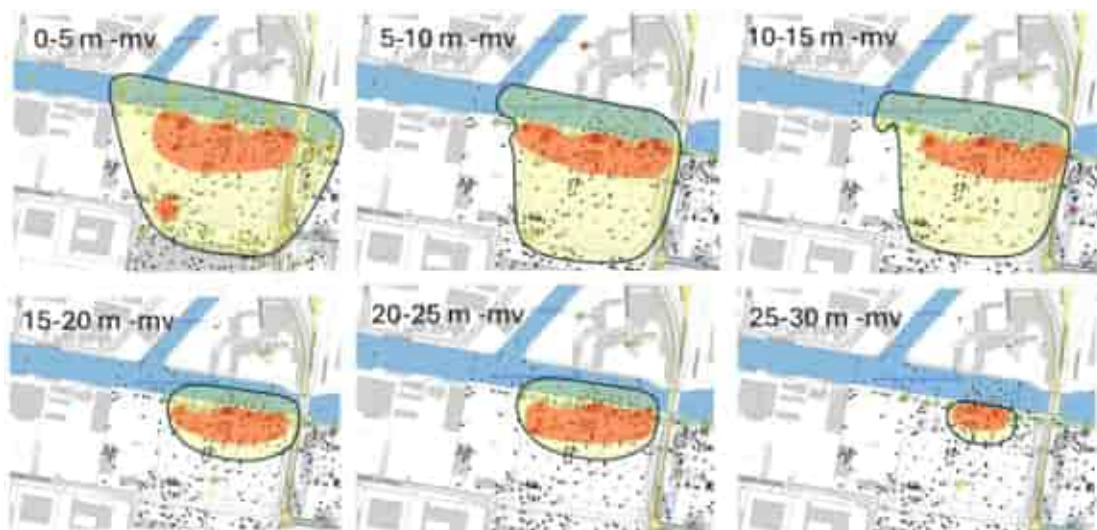
Hoewel er lokaal verschillen voorkomen bestaat de **grondverontreiniging** hoofdzakelijk uit HCH en in mindere mate uit chloorbenzenen en benzeen. De **grondwaterverontreiniging** bestaat daarentegen voor 80 % uit de meer mobiele chloorbenzenen en benzeen en voor 20 % uit het minder goed wateroplosbare HCH. In figuur 2.8 wordt een (indicatief) dwarsprofiel van de locatie in Zuid-Noord richting gegeven, waarbij in rood de hoogste concentraties aan HCH worden verwacht.



Figuur 2.8 Dwarsprofiel HCH-brongebieden (indicatief)

De globale omvang van de HCH-verontreiniging wordt weergegeven in figuur 2.9.

⁴ N.B. PID staat voor Photo Ionisatie Detector, deze detecteert continu de aanwezige concentratie van vluchtige organische componenten (VOCI's)



Figuur 2.9 Grondwaterverontreiniging tot 2009 met HCH naar de diepte toe (elk plaatje is 5 meter dieper)

In rood zijn de concentraties aan HCH groter dan de interventiewaarde (1 µg/l) aangegeven. Hieruit blijkt dat de verontreiniging vooral voorkomt in de bovenste bodemlagen. In het oostelijke terreindeel is de verontreiniging naar de diepte doorgedrongen. In de bodemlaag dieper dan 25 m -mv zijn de concentraties nog zeer beperkt hoger dan de interventiewaarde.

In tabel 2.1 staat een overzicht uit 2007 gegeven van de omvang van de verontreinigingen in het gebied.

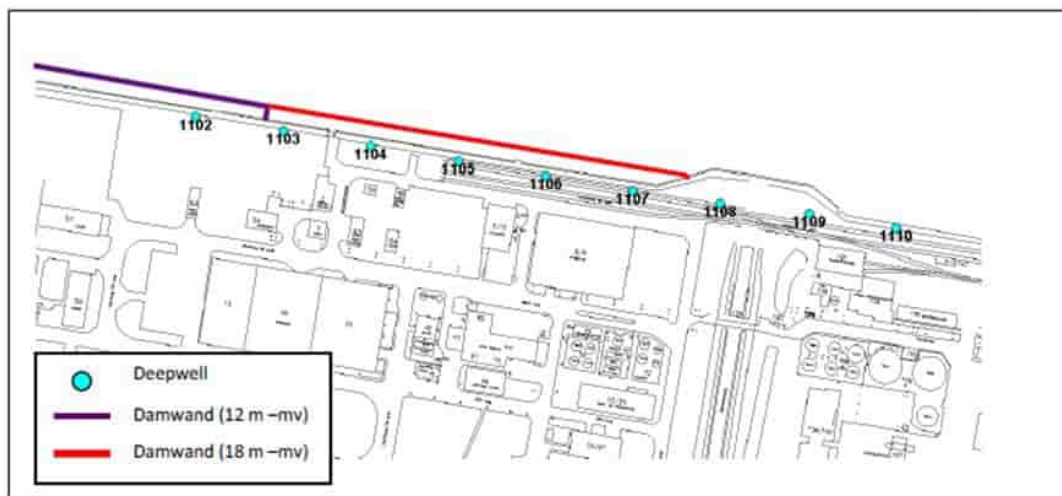
Tabel 2.1 Raming (2007) omvang HCH verontreinigingen in het brongebied

Gebied	Dikte m	Oppervlakte m ²	Volume m ³	Gehalte HCH mg/kg	Vracht HCH kg
Ondiep (1-6 m -mv)	5	10.800	54.000	600	55.000
Middeldiep (6-15 m -mv)	9	10.800	97.200	200	33.000
Diep (15-25 m -mv)	10	5.400	54.000	150	14.000

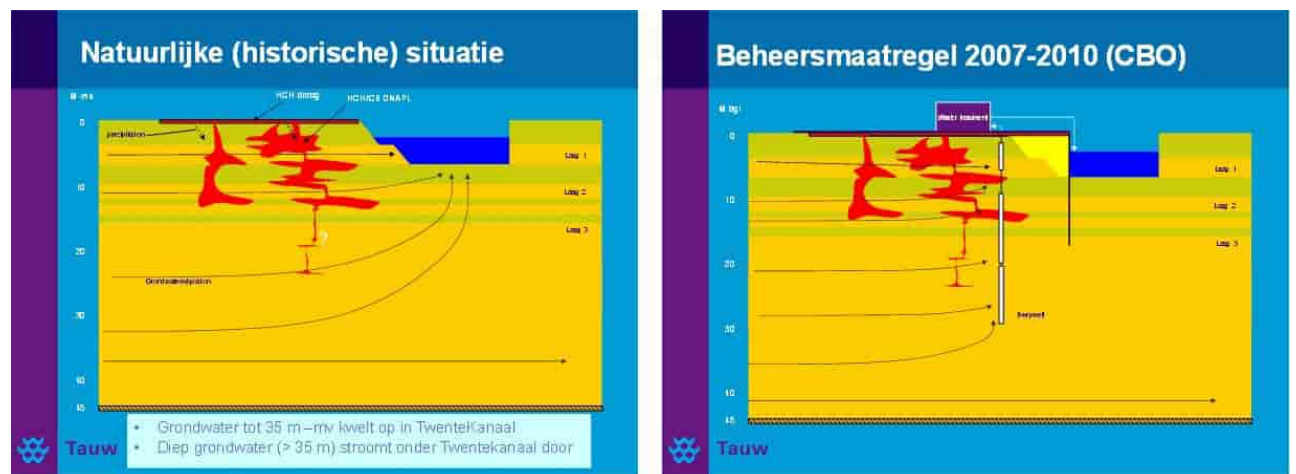
2.4 Uitgevoerde grondwaterbeheersing

In 2000 werd in een beschikking vastgelegd dat er sprake was een geval van ernstige bodemverontreiniging, waarvan de sanering met urgentie zou moeten worden gestart, vanwege verspreidingsrisico's naar het kanaal en mogelijk het diepere grondwater. Er diende binnen 5 jaar gestart te worden met de sanering. Deze urgentietermijn is op verzoek van AkzoNobel door de gemeente Hengelo verlengd, zodat de grondwaterbeheersing kon worden afgestemd met de grondsanering die voor de herinrichting van het terrein noodzakelijk was.

Om te voorkomen dat het verontreinigde grondwater het oppervlaktewater van het Twentekanaal verder zou verontreinigen is in 2007 gestart met een beheersing van de verontreiniging, zie figuur 2.10. Deze bestond uit het onttrekken van grondwater (beoogd circa 30 m³/uur, praktisch 290 m³/dag) via deepwells (filters op 2,5-7, 9-21 en 22-30 m -mv) aan de oever van het Twentekanaal, zie figuur 2.11. Het grondwater werd gezuiverd tot maximaal 20 µg/l HCH (in praktijk 4,4 µg/l) en geloosd op het kanaal [lit 5, 7, 17].



Figuur 2.10 Deepwells monitoringmeetpunten HCH, chloorbenzenen en benzeen



Figuur 2.11 Conceptueel model van de verontreinigingssituatie voor 2007 (links) en tijdens de beheersmaatregel (rechts) met deepwells. Er is een damwand geplaatst

Overigens is tijdens de bouw van de containerterminal – aanvullend op de drain op 17 m +NAP – tevens een drain aangelegd op 15 m +NAP voor het geval dat de behoefte zou ontstaan om de sanering met de ondiepe deepwells te vervangen door een sanering met een drain. Deze drain op 15 m +NAP is toen niet aangesloten.

Nadat de beheersing enkele jaren in werking was, constateerde Rijkswaterstaat dat de concentraties aan HCH in het oppervlaktewater hoger waren dan voordat de onttrekking in werking was. In de loop van de jaren bleek uit diverse onderzoeken en studies door TAUW [12,13,15, 19] dat het grondwater afkomstig van de verontreinigde locaties weliswaar voor het overgrote deel gedraineerd wordt door het Twentekanaal, maar dat er een sterke afbraak van HCH in de bodem plaatsvindt.

Op het terrein van CTrT was al voor de bouw van de eerste containerterminal een pilot uitgevoerd naar gestimuleerde anaerobe afbraak van HCH [lit 3]. Hieruit bleek dat HCH onder de juiste condities goed afbreekbaar is.

In feite werkte de zuiveringsinstallatie van het onttrokken grondwater slechter dan de natuurlijke afbraak in de bodem. In 2010 is daarom de grondwateronttrekking stilgezet en is overgegaan op monitoring van het grondwater en het oppervlaktewater [lit 13]. Deze situatie is weergegeven in figuur 2.12. In 2013 werd geconcludeerd dat er een stabiele situatie aanwezig was met inderdaad een zeer beperkte instroom in het kanaal [lit 12, 15, 19], zonder modelmatig onaanvaardbare risico's te veroorzaken (lit 12). Ook bleek dat de concentratie HCH bij meetpunt Wiene meestal lager was dan de KRW-norm. De monitoring is derhalve met instemming van het bevoegd gezag (gemeente Hengelo) en Rijkswaterstaat definitief gestopt.

In de beschikking⁵ op het evaluatierapport⁶ werd aangegeven de deepwells af te dichten met Bentoniet/Dammer om kortsluitstroming en infiltratie van verontreinigd grondwater via de filters van de deepwells naar diepe bodemlagen te voorkomen. Aanbevolen werd om in de deepwells 1105, 1106 en 1107 tijdens het afstorten, monitoringfilters met een filtergrindomstorting in de deepwell aan te brengen voor een eventuele toekomstige monitoring. Het bovenste filter kreeg een diepte van circa 9-10 m -mv en het onderste filter een diepte van 19-20 m -mv. Mochten waarnemingen van de oppervlaktewaterkwaliteit daartoe aanleiding geven, dan konden deze filters gebruikt worden om de verontreinigingssituatie in het grondwater vast te stellen.

2.5 20 jaar waarnemingen in Twentekanaal

2.5.1 Periode 2000-2010

In de analyse van Royal Haskoning in opdracht van RWS van 2011 [16] zijn concentraties in het Twentekanaal bestudeerd vanaf 2000 tot 2010. Men wilde antwoord op de vragen wat de mogelijke bronnen van HCH zijn, hoe het watersysteem functioneert en waarom HCH-concentraties bij meetpunten Enschede en Wiene stijgen.

⁵ Beschikking Wet bodembescherming grondwater en oppervlaktewater Akzo Nobel 2010-2013 te Hengelo, Gemeente Hengelo, kenmerk BO-2013-0033-002, d.d. 27 maart 2015

⁶ AkzoNobel Hengelo, Monitoring grondwater en oppervlaktewater 2010-2013, TAUW bv, kenmerk R003-4482109CGP-rvb-V03-NL, d.d. 11 december 2014

Met betrekking tot de bronnen van HCH zijn de belangrijkste bronnen in de bodem en het grondwater aan de zuidzijde van het Twentekanaal gelegen. De toestroming van zowel grondwater als oppervlaktewater is van zuidoost naar noordwest. Het Twentekanaal heeft ter hoogte van de containerterminal en het Nobian-terrein een drainerend effect op de omgeving. Rond het 3^e kanaalpand zijn de bronnen beperkt in aantal. De beheersing in de periode 2007-2010 van het Akzo-terrein looste gezuiverd water op het Twentekanaal (HCH 0,36 tot 0,47 kg/jaar). De vracht van HCH vanuit beken die uitkomen op het Twentekanaal was niet bekend, behalve de Strootbeek die is onderzocht [23] in 2017 en waaruit een jaarlijkse vracht is bepaald van 0,13 kg HCH. Indicatief is de totale vracht HCH afgevoerd door het Twentekanaal geschat op 0,7 tot 1,9 kg/jaar.

In de winter zijn de concentraties in Enschede het laagst en in Wiene/Eefde het hoogst. Er lijkt een verband te zijn tussen seizoen fluctuaties in het aan- en afvoerdebiet van het water in het kanaal en de HCH-pieken gemeten bij Wiene [16].

De stijgende concentratie in Enschede was duidelijk gerelateerd aan aanvoer van water uit het 2^e pand [16]. In 2004 is Vitens gestopt met wateronttrekking uit het 3^e pand waardoor er minder water vanuit het 2^e pand wordt aangevoerd. Dat zou positief moeten zijn voor de waterkwaliteit in het 3^e pand, maar omdat de verblijftijd in het 3^e pand langer geworden lijkt dit toch tot een netto-toename van de concentratie HCH in Enschede te hebben geleid. De kwaliteit van de waterbodem heeft geen relatie met de oppervlaktewaterkwaliteit in het 3^e pand.

Men beval onder andere aan om meer gegevens over de kwantiteit te verzamelen van de aanvoerende beken (Nieuwe Oelerbeek, Strootbeek, Zandboersleiding, Schoolbeek, Koppelleiding, Elsbeek, Usselerstroom), de RWZI Enschede en de Vitens-onttrekking. Voor de beken en de RWZI Enschede werden ook de kwaliteitsgegevens van belang geacht.

2.5.2 Periode 2021-2024

Rijkswaterstaat heeft over de periode januari 2021-september 2024 een analyse gemaakt van de concentraties gemeten op een aantal meetpunten (Eefde, Wiene, Boekelosebrug en Havenkade en Enschede) in het Twentekanaal versus de afvoer- of aanvoergegevens bij Markelo (1^e pand) en versus de periodes van baggerwerkzaamheden. De vergelijking van de datasets moet met enige voorzichtigheid worden beoordeeld omdat de afvoergegevens continue zijn gemeten en de concentraties eenmaal per 4 weken. De analyse van RWS met grafieken is geheel opgenomen in bijlage 1.

De meetpunten Eefde en Wiene liggen in het 1^e pand, Boekelosebrug en Havenkade in het 2^e pand en Enschede in het 3^e pand. In droge perioden vindt aanvoer plaats van water uit de IJssel naar het 1^e pand, wat wordt doorgevoerd via sluis Aadorp naar kanaal Almelo de Haandrik ten behoeve van peilbeheer bij de waterschappen Vechtstromen en Drents Overijsselse Delta. Nabij Almelo ligt ook een meetpunt van de waterkwaliteit.

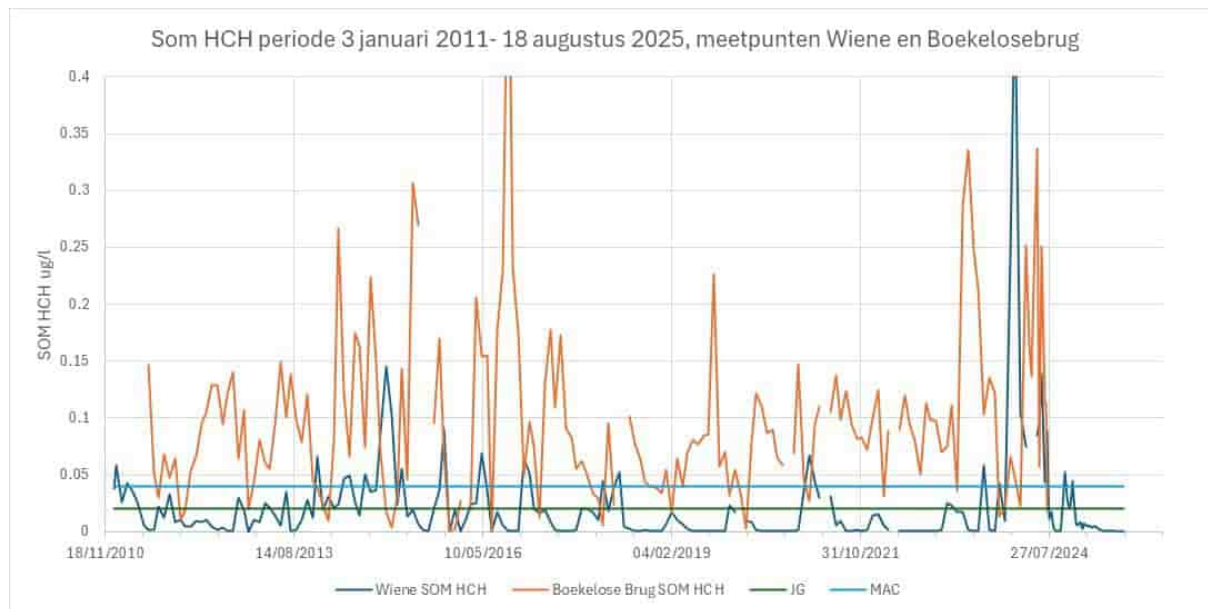
De conclusies luiden:

- Er lijkt verband tussen de uitgevoerde baggerwerkzaamheden (RWS en Hengelo) en de gemeten HCH-gehalten
- De verschillen in HCH- pieken in Wiene en Boekelosebrug lijken verklaard te kunnen worden door de wisseling in afvoer. Dit is seizoensgebonden. Bij grote afvoer nemen concentraties bij Boekelosebrug sterk af. Bij aanvoer lopen concentraties in Enschede op. De eerste periode van baggerwerkzaamheden is uitgevoerd met lage afvoer en met aanvoer waardoor de concentraties bij Boekelosebrug en bij Enschede opliepen. Daarna volgde een periode met grote afvoer waardoor de concentratie bij Boekelosebrug sterk afnam en bij Wiene de piek te zien was
- Een half jaar na de baggerwerkzaamheden zijn de HCH-gehalten gestabiliseerd tot niveaus voorafgaande aan de werkzaamheden. Gesteld kan worden dat de verhoogde HCH-concentraties in 2024 het gevolg zijn geweest van de baggerwerkzaamheden

2.5.3 Ontstane situatie voorjaar en zomer 2024

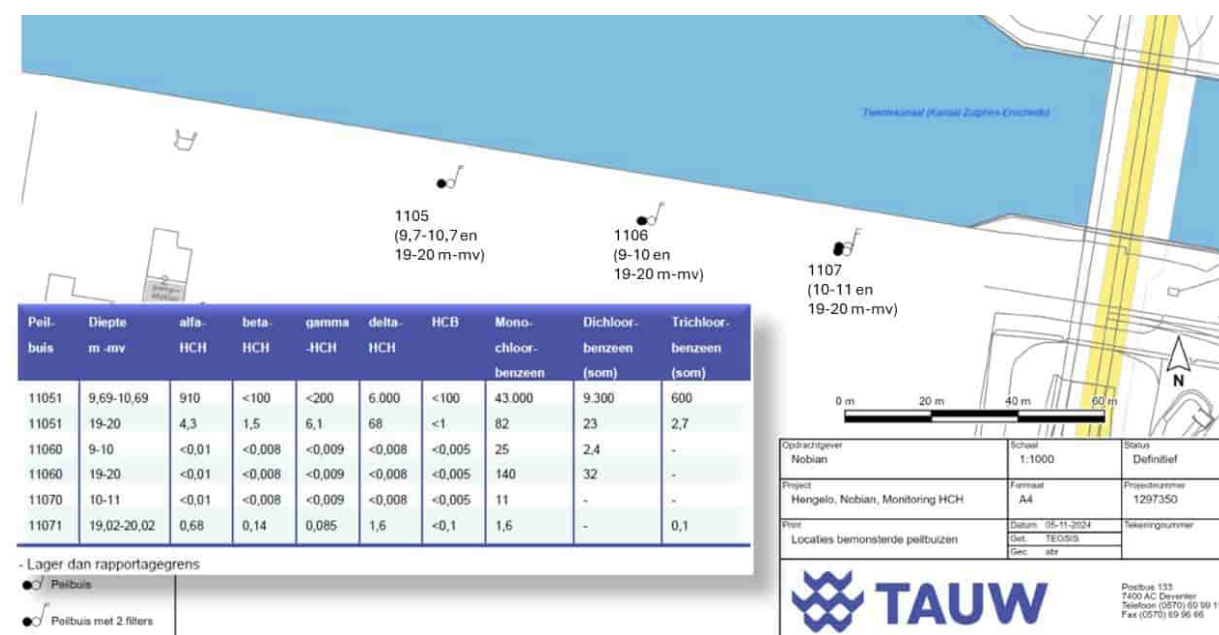
Eind 2023 en in het voorjaar van 2024 werden plots sterk verhoogde HCH-concentraties in het Twentekanaal gemeten door Rijkswaterstaat. Consumptie van vis werd afgeraden en de inlaten van water richting de beken werden gesloten.

De concentraties zijn al langere tijd bijgehouden, zie figuur 2.12.



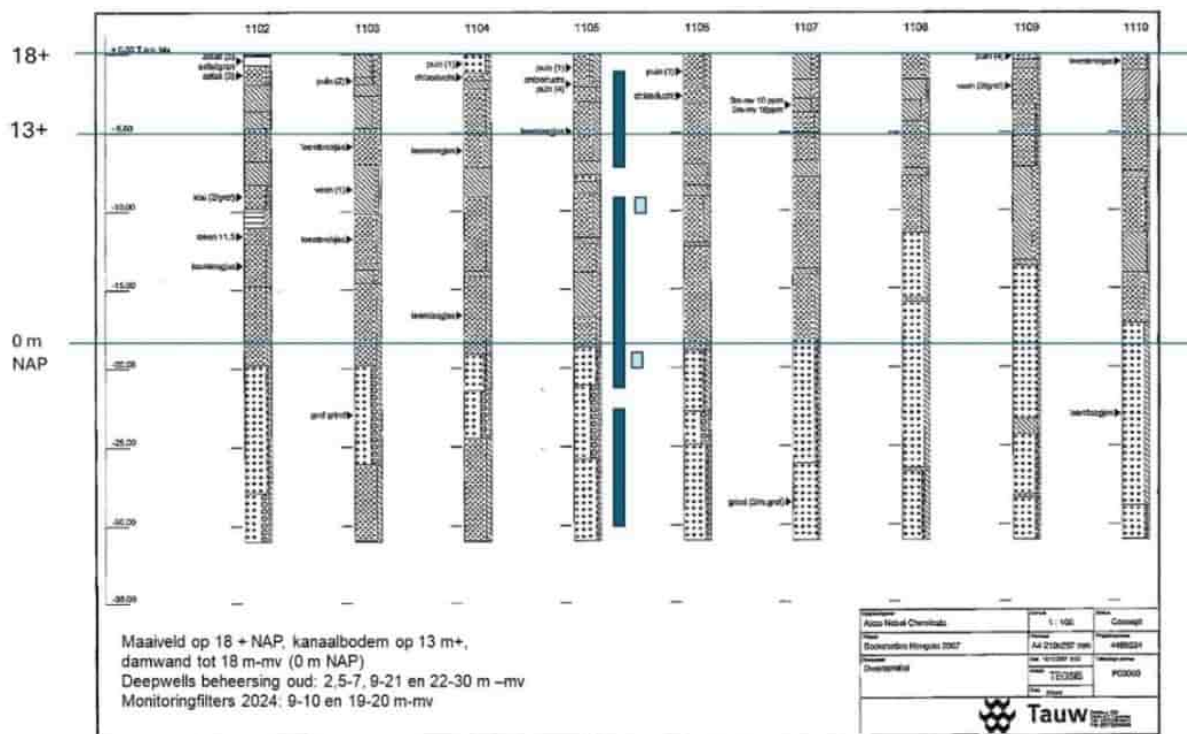
Figuur 2.12 Concentraties in het Twentekanaal bij het meetpunt Boekelosebrug en verder stroomafwaarts bij meetpunt Wiene sinds 2011 tot 2025

Door de gemeente Hengelo (als bevoegd gezag Wbb) is in 2024 aan Nobian gevraagd om het grondwater via de peilbuizen 1105, 1106 en 1107 te laten bemonsteren en te analyseren. Het doel was om meer informatie te verkrijgen over de oorzaak van de verhoogde concentraties in het Twentekanaal. Er zijn bij dit onderzoek [27] van het grondwater in 2024 geen significante afwijkingen gevonden ten opzichte van de concentraties in de periode 2007-2013, zie figuur 2.13. Vooral in het filter van 9,7 tot 10,7 m -mv in peilbuis 1105 (11051) zijn hoge concentraties aangetroffen aan delta-HCH met 6.000 µg/l en monochloorbenzeen met 43.000 µg/l net als tijdens de sanering (in 2013 in filter 9-21 m -mv 5.700 µg/l delta-HCH en 16.000 µg/l monochloorbenzeen).



Figuur 2.13 Ligging peilbuizen en concentraties van onderzoek in 2024 (geplaatst met pulsborings of sonic drill)

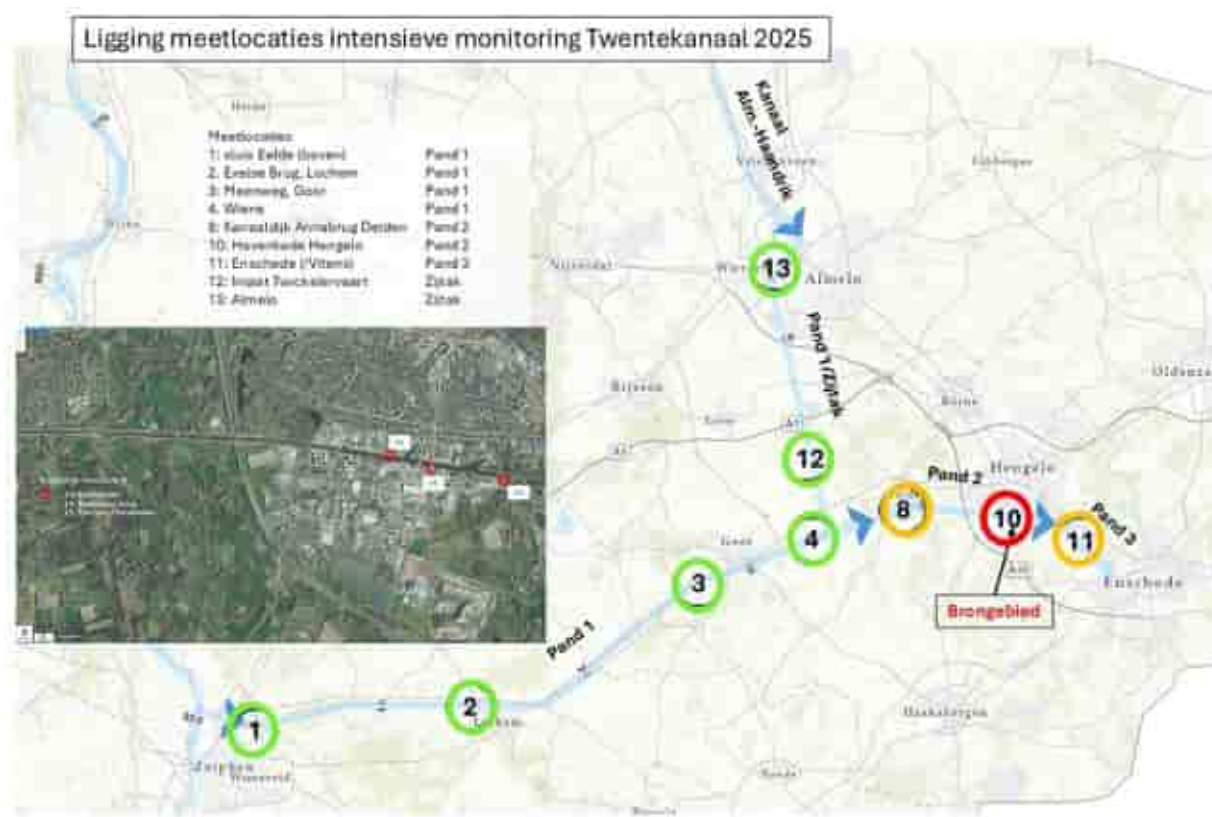
De concentraties van de diepe filters op 19-20 m -mv laten zien wat de kwaliteit is van het grondwater dat van de locatie richting Twentekanaal stroomt, aangezien de damwand tot 18 m -mv reikt. Voor peilbuis 11051 met de maximale concentraties is dat 80 µg/l aan HCH som en 82 µg/l MCB. Voor een indruk van de kwaliteit van dieper aanstromend grondwater zijn de gegevens van de monitoring van 2010 tot 2013 interessant. Na 3 jaar monitoring in 2013 had het deepwell-filter 1105 van 22 tot 30 m -mv een concentratie van 8 µg/l HCH som en 110 µg/l MCB. Dit zijn wederom maximale concentraties.



Figuur 2.14 Illustratie van diepteligging monitoringfilters (2024) en deepwell-filters (2007-2013)

2.5.4 Periode van 2024 en 2025

Er zijn regelmatig metingen uitgevoerd in het kanaal door Rijkswaterstaat. Het gaat om metingen in het 1^e, 2^e en 3^e pand van de som-HCH en de uitsplitsing naar a-, b-, g-, d-HCH. In figuur 2.15 zijn de meetpunten aangegeven.



Figuur 2.15 Meetresultaten som-HCH in Twentekanalen, juni 2025

De resultaten geven het volgende beeld (bron RWS):

- Er is na de piek als gevolg van het baggeren, weer sprake van een redelijk stabiele situatie
- In 1e pand wordt vanuit de waterkwantiteitsbehoefte regionale wateren al enige tijd water ingepompt vanuit de IJssel bij Eefde. Hierdoor wordt 1e pand dus voornamelijk gevoed vanuit de IJssel en is de HCH-kwaliteit in orde. De eventuele uitstroom van HCH uit het 2e pand wordt verdund ter hoogte van het splitsingspunt als gevolg van water doorvoer ten behoeve van regulier peilbeheer
- Rond het brongebied (meetpunt 10 en 14 Havenkade/Boekelosebrug) in 2e pand liggen de concentraties boven de MAC-waarde van 0,04 µg/l
- Stroomafwaarts in 2e pand (meetpunt 8 Kanaaldijk/Annabrug) liggen de concentraties boven de JG-norm van 0,02 µg/l maar onder de MAC-waarde
- In 3e pand bij meetpunt 11 ligt de concentratie sinds enkele weken boven de JG-norm, want de concentratie loopt langzaam op als gevolg van oppompen van water uit het 2e pand om schutverlies te compenseren
- Dit beeld past in het beeld van de afgelopen jaren
- Bij het brongebied zijn de meetwaarden in meetpunt Havenkade structureel hoger dan in het meetpunt Boekelosebrug. Dit zegt mogelijk ook iets over de grondwaterstroming en de plek waar het meest verontreinigde grondwater in het kanaal stroomt

2.6 Damwand

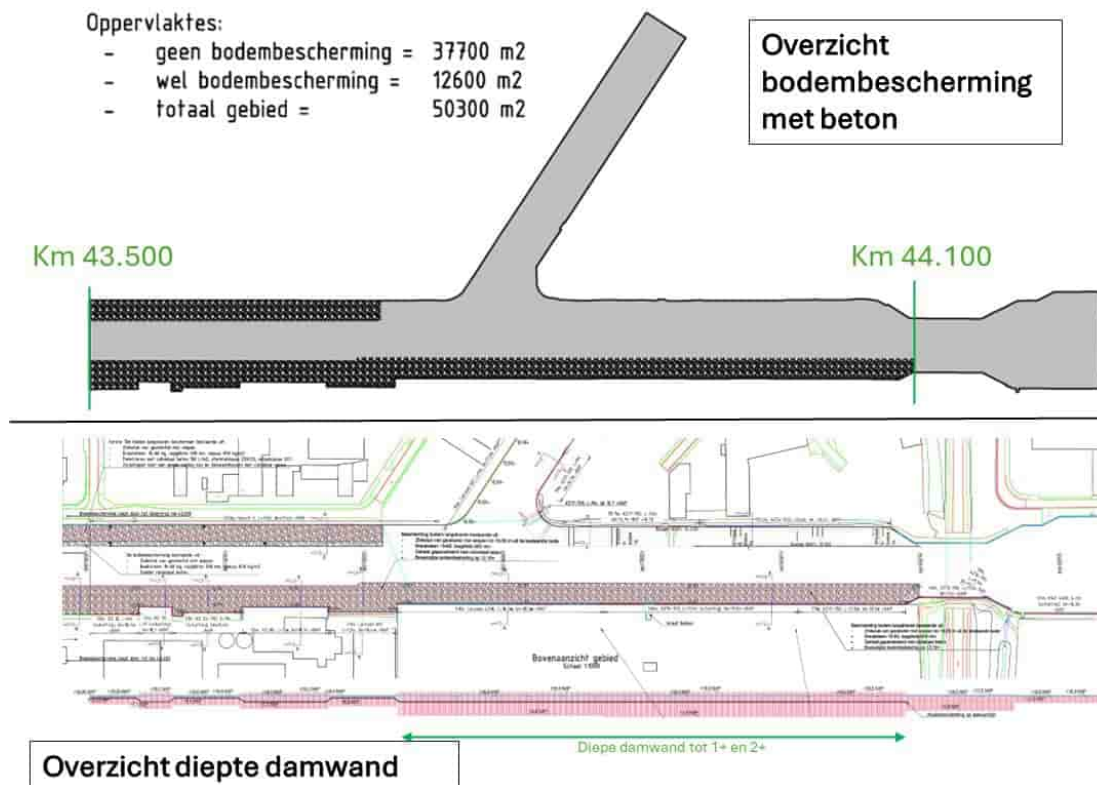
In bijlage 3 is een recente tekening opgenomen van de oeverconstructies aan weerszijden van het Twentekanaal ter hoogte van de voormalige Akzo-locatie. Een uitsnede van bijlage 3 is opgenomen in figuur 2.16.

Aan de zuidkant van het kanaal loopt de bodembekleding van breuksteen met colloïdaal beton van km 43.450 tot aan de Boekelosebrug km 44.100. De bovenkant van de bodembekleding ligt op NAP 12,10+ m. Aan de noordkant van het kanaal is de bodembekleding aangebracht van km 42.650 tot ongeveer km 43.725. De breedte van de bekleding is aan zuidkant 15 m, aangebracht in 2016 en bestaand uit colloïdaal beton. De bodembescherming aan de noordzijde is 15 meter breed waarvan 12 meter is gepenetreerd met colloïdaal beton en de laatste 3 meter niet, waardoor deze kan meebewegen bij bodemerosie naar beneden als gevolg van te hoge schroefstraal belasting van bodem door scheepsschroeven (falling-apron is de vakterm).

De damwanden aan de zuidkant variëren in lengte en diepte:

- Oostelijk van de Boekelosebrug over een lengte van 65 m, L= ongeveer 5 m, bovenkant m NAP 16,3+ en onderkant 11,0+
- Bij de Boekelosebrug L=11,5 m, bovenkant m NAP 17+ en onderkant 5,5+
- Over 217 m van km 44.100 tot km 43.883, L=17,5 m, bovenkant m NAP 18,5+ en onderkant 1,0+
- Over 148 m van km 43.883 tot km 43.735, L=16,5 m, bovenkant m NAP 18,5+ en onderkant 2,0+
- Vervolgens verder naar het westen is de damwand minder diep en variëren de damwandplanken L tussen 6 en 11 m, de bovenkant ligt tussen m NAP 16,3+ en 18,1+, de onderkant ligt tussen m NAP 7,1+ en 10,3+

Aan de noordkant van het kanaal aansluitend aan de Boekelosebrug is de damwand L 10,0 tot 10,6 m lang met de bovenkant op m NAP 16,6+ à 16,7+. De onderkant ligt op m NAP 6,0 tot 6,7+. Westelijk van de insteekhaven is de damwand L 7,8 m met de bovenkant op m NAP 17,6+. De onderkant ligt hier op m NAP 9,8+.



Figuur 2.16 Oeverconstructies aan weerszijden van het Twentekanaal, zie ook bijlage 3. Bron: 2025 voor RWS

In 1980 is gebaggerd tot een diepte van 12,5+ en vervolgens is gebaggerd in de periode april 2023 tot januari 2024 waarbij een bodemhoogte van 11,5+ tot 12,0+ is aangehouden. Er is gebaggerd tot de zandige ondergrond. Volgens het onderzoek naar de sliblaag van RWS in 2014 en 2015 uitgevoerd door Arcadis/Envita, is 0,1 m slib aangetroffen in 2014 in het traject bij het voormalige Akzo-terrein, en 0,3 tot 0,4 m in 2015.

2.7 Corrosie oude damwanden

Tijdens de bouw van de containerterminal is de oude damwand getrokken. Op de foto's uit 2009 is te zien dat het staal sterk is aangetast. Microbially Induced Corrosion (MIC) is het proces achter de corrosie van stalen objecten zoals stalen damwanden in de ondergrond of onder water. Bij het verwijderen van de 30 jaar oude damwanden werd duidelijk wat de ernst was van de corrosie. Bij het trekken brak de helft los, zie figuur 2.17. Er bleek duidelijk sprake van corrosie door sulfaatreducerende anaerobe bacteriën. De bacteriën reduceren sulfaat tot sulfide als onderdeel van hun metabolisme. Ze produceren hierbij H₂S en FeS. Normaal gaan deze processen langzaam, maar bij voldoende elektronendonoren zoals de verontreinigingen op deze locatie, kan het snel gaan (bij verwarming zoals bij Olasfa in Olst was er al na 1,5 jaar ernstige corrosieschade in de roestvrijstalen stoom-injectiebronnen bij een verontreiniging met teer).



Severely corroded sheet pile

Black groundwater with smell of rotten eggs

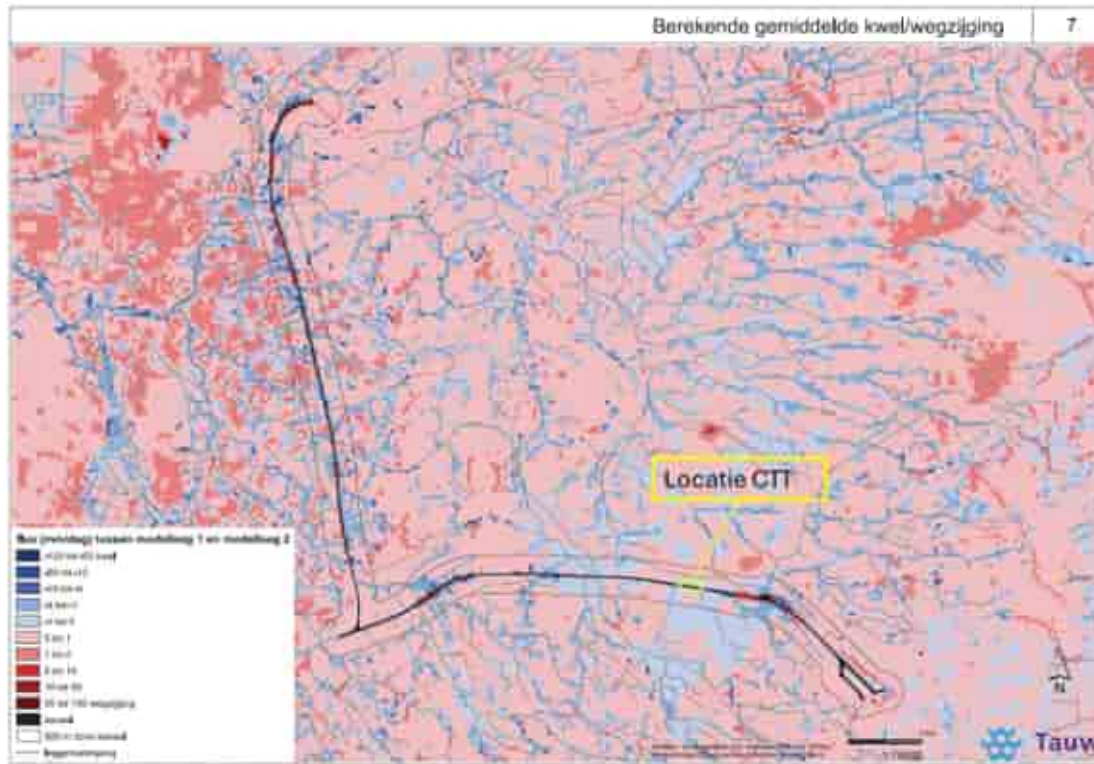
Figuur 2.17 Foto's uit 2009 bij het verwijderen van de oude damwanden

Een stalen damwand op deze locatie aan het Twentekanaal heeft duidelijk niet het eeuwige leven en verdient regelmatige controle met bijvoorbeeld ultrasonic sensing en bescherming door een coating en het installeren van kathodische bescherming.

2.8 Hydrologische effecten van de verruiming van het Twentekanaal

Bij verschillende lokale baggerwerkzaamheden in 1987 en in 2002 zijn tijdelijk significante effecten gemeten op de grondwaterstand in de directe omgeving. Deze effecten namen echter binnen enkele weken weer sterk af door natuurlijke sedimentatie van fijn (lutumrijk) materiaal op de kanaalbodem (RWS, WAU.TKB-3-03018, jul. 2003).

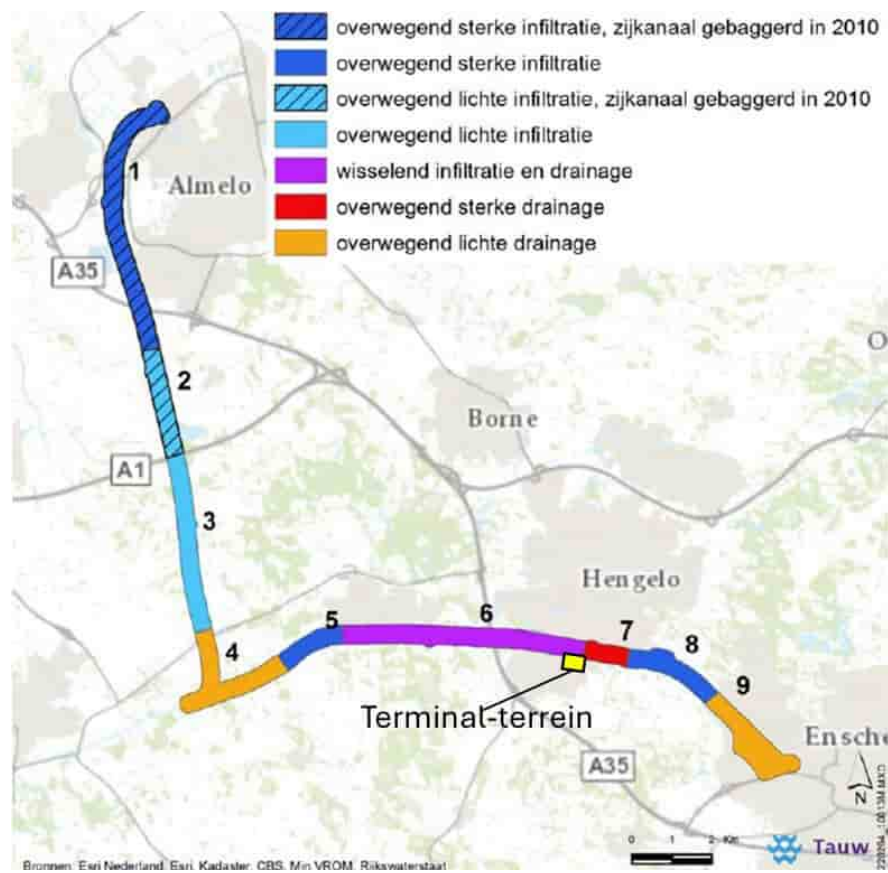
In 2014 is een studie [20] opgeleverd van de hydrologische effecten van de verruiming van het Twentekanaal. Het gaat hierbij om overlast in de nabije omgeving van het kanaal door kwel vanuit het kanaal en hogere grondwaterstanden. Het lokale watersysteem is nader geanalyseerd met historische meetgegevens met als doel om per kanaaltraject inzicht te krijgen in de interactie tussen het kanaal en de omgeving (infiltratie/drainage) en de rol daarbij van de kanaalbodem weerstand. Het Twentekanaal is opgedeeld in drie kanaalpanden met een verschillend kanaalpeil. Ten westen van de sluis bij Delden wordt zowel in het hoofdkanaal als in het zijkanaal naar Almelo een kanaalpeil van +10 m NAP gehandhaafd. Tussen de sluizen van Delden en Hengelo ligt het kanaalpeil op +16 m NAP en oostelijk van de sluis Hengelo op +25 m NAP. Uit figuur 2.18 blijkt een berekende hoeveelheid kwel in de kanaalbodem bij de CTT-terminal van 0 tot 1 mm/dag.



Figuur 2.18 Berekening kwel of wegzijing tussen modellaag 1 en 2 van de bodem, model gebaseerd op het niet-stationaire Modflow-model WRD2012ns van waterschap Regge en Dinkel. Dit model is gebaseerd op REGIS II en gekalibreerd op basis van DINO-peilbuizen voor de periode 1989-2001. Het regionale oppervlaktewatersysteem is gemodelleerd op basis van leggerinformatie tot 2001

Er zijn 9 karakteristieke deeltrajecten onderscheiden, zie figuur 2.19. Deze indeling is primair gebaseerd op de interactie tussen het kanaal en het aangrenzende regionale watersysteem. De interactie met het grondwater is afhankelijk van het niveauverschil tussen het kanaalpeil en de stijghoogte in het watervoerende pakket en de stromingsweerstand van de kanaalbodem en onderliggende kleilagen. Voor de weerstand van de kanaalbodem is alleen onderscheid gemaakt tussen het wel en niet gebaggerde traject in 2010. Over vrijwel het gehele traject Almelo-Enschede is aan beide zijden van het kanaal een kwelsloot aanwezig en daarmee niet onderscheidend voor de regionale trajectindeling. Traject 7 betreft deels de CTT-locatie tot aan de Sluis Hengelo - van km 44 tot km 45,1 – en draineert sterk. Benedenstrooms van km 44 tot km 38 in traject 6 is sprake van afwisselend infiltratie en drainage. Hier ligt het grootste deel van onze locatie, want de Boekelosebrug ligt op km 44,1 tot de westzijde van het CTT-terrein op km 43,5.

De hydrologische modelberekening berekent voor de verschillende trajecten de hoeveelheid infiltratie of drainage in m³/dag voor en na kanaalverruiming. Voor het terminal-terrein is geen mitigerende maatregel zoals kwelsloten nodig. De conclusie van deze studie luidt dat bij het terminal-terrein, dat het pal naast een traject ligt met sterke drainage, ook overwegend drainage optreedt.



Figuur 2.19 Karakteristieke deeltrajecten Twentekanaal. Uit: [20]

2.9 Nieuw grondwatermodel

Bodemopbouw

De bodem bestaat uit fijne zanden met lokaal klei- en siltlagen [8]. Op basis van de sonderingen is de volgende bodemopbouw afgeleid:

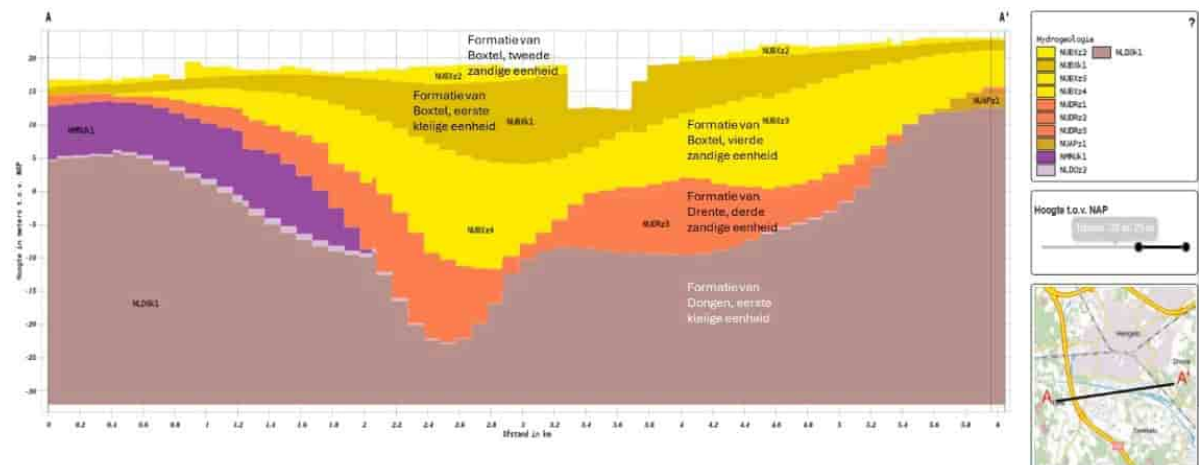
Tabel 2.2 Bodemopbouw

Samenstelling bodemlaag	Diepte m -mv	m + NAP	Geohydrologie, benaming REGIS II DINIloket
Zand, klei- en/of silt	0-2	18-16	Toplaag, Boxtel tweede zandige eenheid, BXz2
Siltig tot matig grof zand	2-6	12-16	Tussenzandlaag, Boxtel eerste kleiige eenheid, BXk1
Klei en zandige klei	6-10	8-12	Scheidende laag, Boxtel eerste kleiige eenheid
Afwisseling zand en klei	10-15	3-8	Scheidende laag, Boxtel eerste kleiige eenheid
Matig grof tot zeer grof zand	>15	<3	Watervoerend pakket, Boxtel derde en vierde zandige eenheid, BXz3 en BXz4, Drente derde zandige eenheid, DRz3

Op een diepte van 6 tot 10 m -mv zijn plaatselijk matig tot slecht doorlatende leemhoudende zanden aanwezig. Aan de westzijde van het terminal-terrein wordt in enkele boringen veen aangetroffen op een diepte van 10 m -mv. De dikte van de veenlaag varieert van 0,5 tot bijna twee meter. Aan de oostzijde van het terrein wordt eveneens een veenlaag aangetroffen, echter hier op een diepte van 6 m -mv en een dikte van 0,5 m -mv. Het is onduidelijk in hoeverre de veenlaag onder het gehele terrein voorkomt. In de boorbeschrijvingen van de boringen A-D uit 2001 ter plaatse van de brongebieden zijn geen veenlagen aangetroffen.

Daaronder is een pakket van matig fijne en grove zanden aanwezig tot een diepte van ten minste 25 m -mv, dat wordt beschouwd als het 1^e watervoerend pakket. De afdichtende laag (tertiaire klei van het Bekken van Hengelo) bevindt zich op een diepte variërend van 25 tot 45 m -mv. Op de locatie loopt de diepte van de afdichtende laag van 45 m -mv in het westelijke deel van het terminal-terrein naar 36 m -mv ter hoogte van de Boekeloseweg.

Een dwarsprofiel uit REGIS v2.2, figuur 2.20, laat een overeenkomstige bodemopbouw zien. De scheidende laag (Dongenklei DOK1, bruin in de figuur) heeft een sterk variabele diepte en samenstelling. REGIS II is een driedimensionaal hydrogeologisch model van de laagopbouw en hydraulische eigenschappen van de matig diepe ondergrond van Nederland.



Figuur 2.20 Dwarsdoorsnede Regis v2.2, DINOloket

Grondwaterstroming

Uit de modellering kan worden afgeleid dat het grondwater in NNW richting afstroomt naar het Twentekanaal. Het diepere grondwater van het 1^e watervoerende pakket stroomt in eerste instantie onder het Twentekanaal door, maar wordt uiteindelijk toch opgevangen door het drainerende Twentekanaal. Het kan echter niet uitgesloten worden dat het grondwater op grotere diepte in het watervoerende pakket deels afstroomt in noord tot noordwestelijke richting.

Op basis van de geplaatste sonderingen op het terrein blijkt dat er op vier diepten zandige lagen voorkomen:

- Circa 0 - 1 m -mv
- Circa 3 – 6 m -mv
- Circa 10 – 14 m -mv
- Circa 16 – 25 m -mv

Uit het onderzoek met de MIP-sonderingen blijkt (zie figuur 2.7), dat in vrijwel alle sonderingen verontreiniging voorkomt in de laag van circa 6 - 12 m -mv (NAP +13 - +7 m). Daarnaast komen belangrijke verontreinigingen voor in de laag van circa 10- 25 m -mv (NAP +9 m tot NAP -6 m, namelijk in de sonderingen T11 en T16). Daarnaast is in sondering T2 een verontreiniging vastgesteld van circa 3,5 – 5 m -mv (NAP +15,5 – +14 m).

De zandige laag van 10 – 14 m -mv is zeer heterogeen van samenstelling. Dicht bij het kanaal bevat de laag voornamelijk zand, elders op de locatie betreft het veelal een afwisseling van zand en kleilagen. Omdat de zandlagen niet aaneengesloten voorkomen, zal de horizontale stroming in deze laag beperkt zijn en vooral verticale stroming optreden. Daarom is besloten om deze laag niet als watervoerende laag, maar als scheidende laag in het model op te nemen.

De zandlaag van 16 - 25 m -mv maakt onderdeel uit van het watervoerend pakket. Bij de locatie is de stijghoogte in dit pakket onder het Twentekanaal bijna een meter hoger dan het kanaalpeil (circa NAP +16 m). Hierdoor heeft het Twentekanaal een matig drainerende werking op het watervoerend pakket.

Langs het Twentekanaal bevinden zich damwanden. Afhankelijk van de diepte vormen deze een barrière voor de ondiepe grondwaterstroming richting het kanaal. Er is uitgegaan van een grondwaterstand van +17 m NAP. Daarnaast wordt het ondiepe grondwater gedraineerd door beken, zoals de Strootbeek direct ten oosten van de brug.

In de laatste 10 tot 15 jaar zijn veranderingen opgetreden in de omgeving. Deze zijn niet gekwantificeerd ten opzichte van het oude MIPWA-model zoals gebruikt in 2007. De huidige situatie is zo goed mogelijk ingebracht als referentie voor de saneringsmaatregelen. Het gaat om de volgende veranderingen:

- Baggeren. Bij de locatie was de hoeveelheid bagger beperkt maar aan de zuidzijde van het kanaal is betonnen bodemversteving aangebracht over een breedte van 15 m, deze versteving is aangebracht vòòr de baggeractie van 2023. De versmalling van de open kanaalbodem breedte zorgt voor afname van de toestroom vanuit het watervoerend pakket en daarmee voor verlenging van de reistijd
- Verbreding en verdieping. Door de drainerende werking van het kanaal was de bodemweerstand ter plekke niet groot en heeft het baggeren weinig verandering gebracht. De aangebrachte verdieping in 2023 is ongeveer 0,5 m
- Aanleg Kristalbad in 2013. Buffering en berging; het Kristalbad zorgt dat afvoerpieken vanuit het achterland worden opgevangen en het Twentekanaal minder belasten. Het is tevens een na-zuivering van RWZI Enschede. Een model gaat uit van een gemiddelde toestand, dus de aanleg van het Kristalbad heeft geen invloed op de gemodelleerde grondwaterstroming
- Verlegde beekjes. De Strootbeek is verlegd naar de oostzijde van de Boekeloseweg. Beken hebben in Oost-Nederland over het algemeen een grote invloed op de grondwaterstroming. In het huidige MIPWA-model is de invloed van de Strootbeek zeer duidelijk. Dit is een opvallend verschil met het oude MIPWA-model
- Brughoofd weggehaald. Bij de Boekelosebrug is het brughoofd verwijderd, maar een damwand geplaatst tot 12 m -mv. Daardoor is het weghalen van het brughoofd van beperkte invloed op de grondwaterstroming
- NX-filtration, deze onttrekking bevindt zich op 1 kilometer afstand ten westen van de locatie, aan de zuidkant van het kanaal en heeft geen invloed

Uitgangspunten grondwatermodel op basis van MIPWA v4.2 bèta

Op basis van het regionale grondwatermodel MIPWA is een deelmodel afgeleid voor de regio Hengelo. Lokaal is de scheidende laag die tot circa 15 m -mv voorkomt (Boxtel klei 1, BXk1, REGIS II), gedetailleerd aan de hand van sonderingen en boorprofielen. Figuur 2.21 geeft het totale modelgebied en de locatie van de deklaagdetaillering weer.

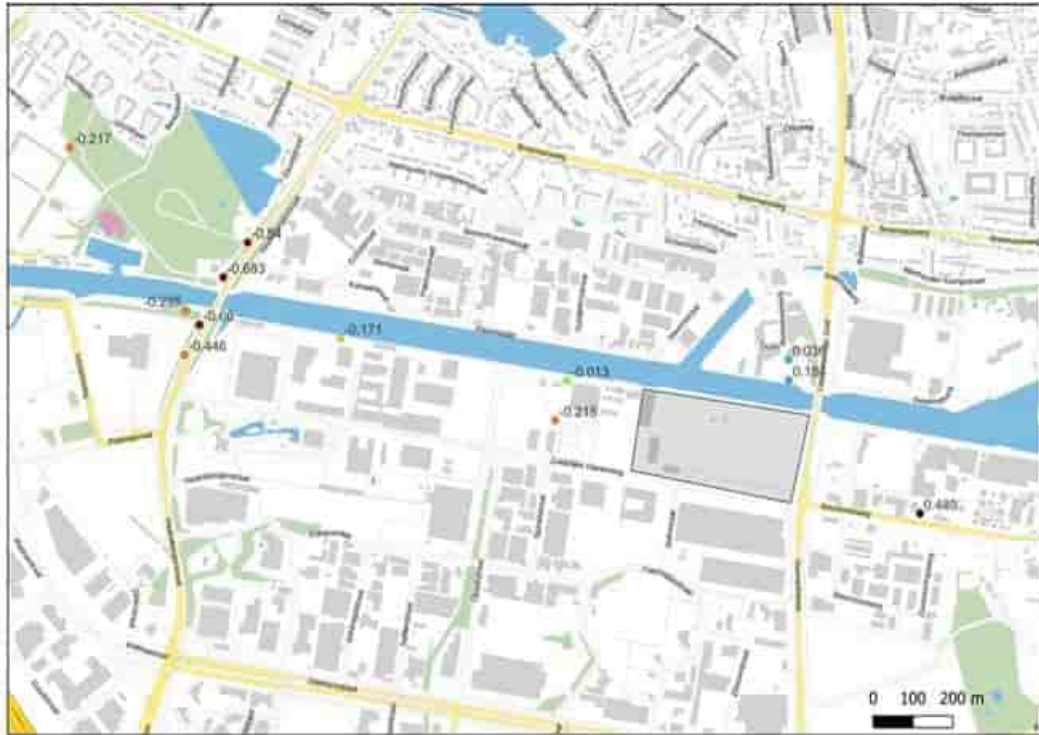
De belangrijkste lokale detaillering betreft het toevoegen van de tussenzandlaag in de Boxtel klei 1, welke niet in het regionale MIPWA model aanwezig is. De weerstand van de Boxtel klei 1 zoals opgenomen in het MIPWA-model is wel gehandhaafd.

In bijlagen 4 en 5 zijn de 20 verschillende bodemlagen weergegeven zoals deze in de schematisatie van REGIS II zijn opgenomen. Deze 20 lagen zijn gereduceerd tot 8 modellenlagen door het samenvoegen van eenheden die opeenvolgend watervoerend of juist scheidend zijn, zie tabel in bijlage 5. In deze tabel zijn ook de eigenschappen opgenomen (dikte, doorlatendheid kD) die voor het modelgebied van belang zijn.



Figuur 2.21 Modeextent en locatie deklaagdetaillering geohydrologisch deelmodel

Het afgeleide deelmodel berekent de langjarig gemiddelde situatie. De validatieresultaten zijn overeenkomstig met de validatieresultaten van het regionale MIPWA grondwatermodel. Lokaal zijn geen langjarige tijdstijghoogtereeksen beschikbaar, maar is gebruik gemaakt van korte meetreeksen. Een vergelijking geeft geen grote afwijkingen weer (zie figuur 2.22).

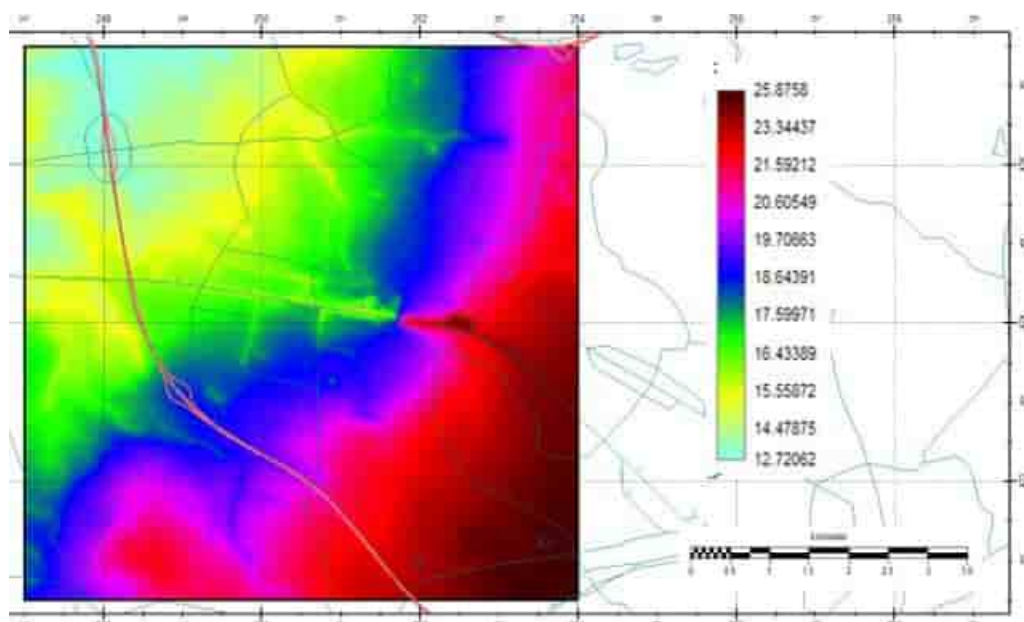


Figuur 2.22 Vergelijking berekende stijghoogtes modellaag 3 en RVG op basis van peilbuisgegevens in 2020

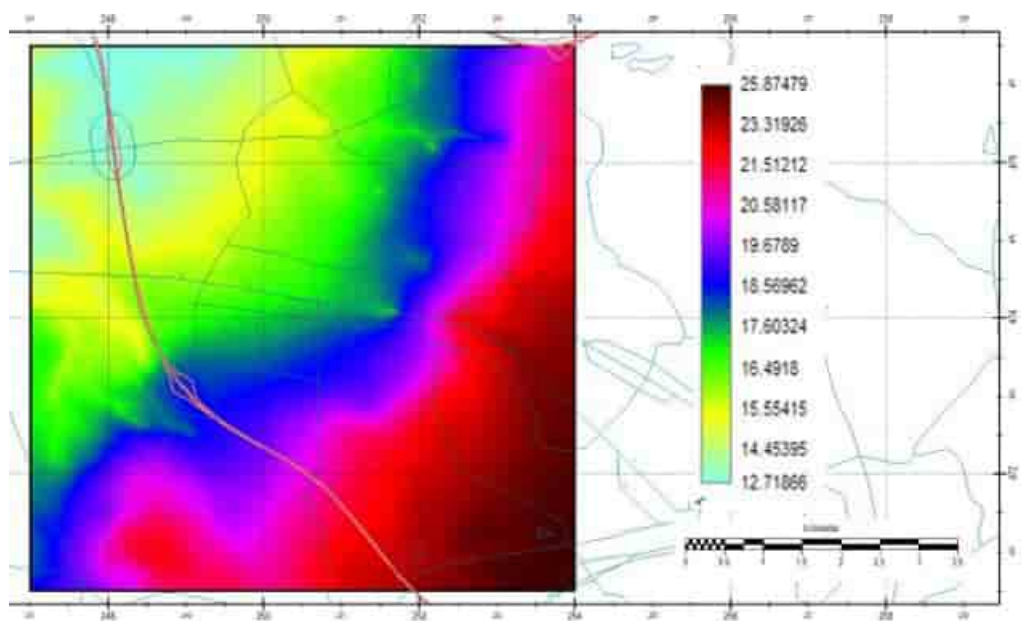
De gemiddelde kwelflux die vanuit het watervoerend pakket (modellaag 3) via modellaag 2 het Twentekanaal in stroomt, komt in het stationaire deelmodel uit op 3 mm/dag. Dit is overeenkomstig met de bevindingen uit de eerdere rapportage over de oplossing van de kweloverlast bij het Twentekanaal [20]. De weerstand van de kleilaag (modellaag 2) is daarom niet verder aangepast.

In het model is de doorlatendheid van de bodem van het Twentekanaal ter plekke van de bodembekleding, zie paragraaf 2.6, teruggebracht tot 0. De aanwezige damwand tussen de verontreinigingslocatie en het Twentekanaal is aangebracht als ondoorlatend voor twee verschillende tracés. Hiervan bevindt het eerste tracé zich in modellaag 1 en 2, representatief voor een damwand van 12 m diep. Het tweede tracé zit in modellaag 1, 2 en 3, representatief voor een damwand van 18 m diep.

Er is gekozen om de normale grondwateraanvulling van 300 mm/jaar op de projectlocatie te verminderen naar 50 mm/jaar vanwege de aanwezige verharding. Het afgeleide deelmodel in combinatie met de beschreven uitgangspunten dient als referentiemodel.



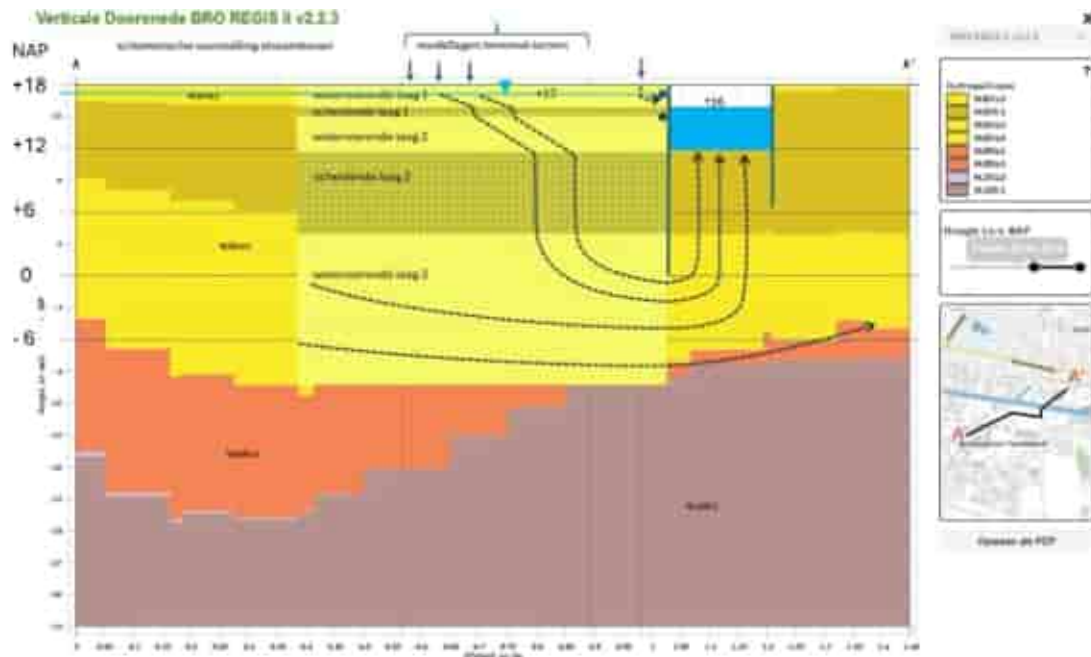
Figuur 2.23 Stationair resultaat, freatische grondwaterstand (modellaag 1), referentiemodel (m+NAP)



Figuur 2.24 Stationair resultaat stijghoogtes watervoerend pakket, modellaag 3 referentiemodel (m+NAP)

De stroombaanberekening bevestigt de uitgangssituatie van een stromingsrichting naar het Twentekanaal toe. De startpunten voor de stroombaanberekeningen in het freatisch pakket (modellaag 1) en watervoerend pakket (modellaag 3) zijn weergegeven in bijlage 6.

De stroombanen in het freatisch pakket (figuur 2.26) laten zien dat het grondwater alleen op het centrale terreindeel infiltreert naar het watervoerend pakket, vervolgens onder de damwand doorstroomt en na maximaal 90 jaar opkwelt in het Twentekanaal. Dit proces is ook weergegeven in het schematische dwarsprofiel in figuur 2.25.



Figuur 2.25 Schematisch dwarsprofiel met stroombanen op het centrale terreindeel. Niet op deze tekening weergegeven, zijn de stroombanen die via de tussenzandlaag/watervoerende laag 2 naar oost en west stromen

Grondwater (freatisch en de tussenzandlaag) op het westelijke deel van de locatie stroomt langs de damwand via de tussenzandlaag binnen 10 tot 20 jaar naar het kanaal. Het grondwater op het oostelijke terreindeel buigt af in oostelijke richting en stroomt via de tussenzandlaag onder de brug door binnen 10 tot 40 jaar naar de Strootbeek, die op dit traject een waterpeil heeft dat ongeveer gelijk is aan het kanaalpeil.

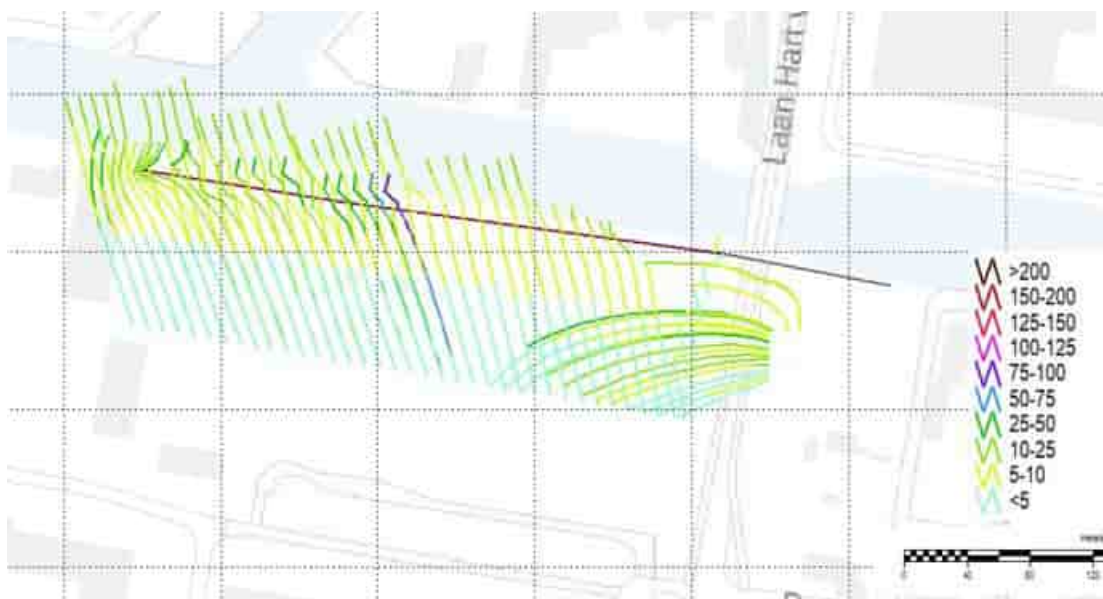


Figuur 2.26 Bovenaanzicht stroombanen referentiemodel vanuit freatisch pakket (start telkens met lichtblauw <5 jaar reistijd). Inzet startposities stroombanen, zie ook bijlage 6

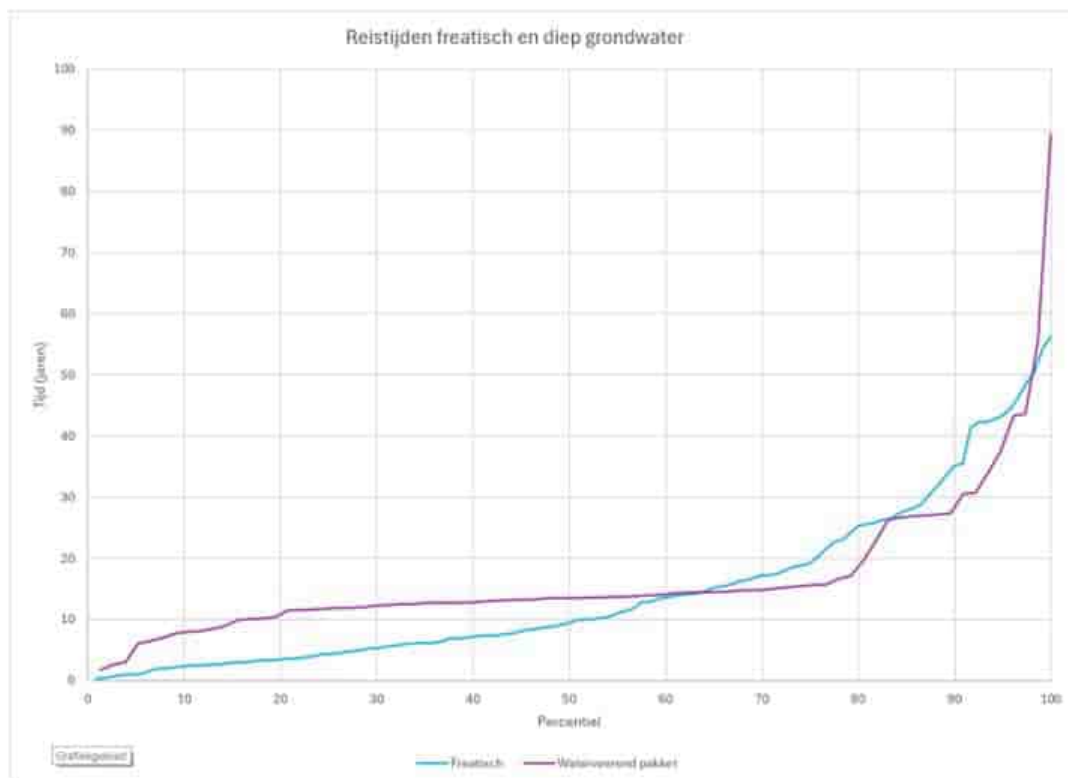
In het verleden zal het stroombaanpatroon er overigens anders hebben uitgezien vanwege de toenmalige slechte toestand van de damwanden. Dit zal op trajecten waar de damwand sterk aangetast was, hebben geleid tot een veel kortere en snellere verplaatsing via de tussenzandlaag naar het kanaal.

De stroombanen die gestart worden in het watervoerend pakket, figuur 2.27, stromen grotendeels onder de damwand door en kwellen vervolgens binnen 15 tot 25 jaar op in het kanaal. Op het oostelijke terreindeel is sprake van een kwelstroom die veroorzaakt wordt door het drainerende karakter van de Strootbeek. De stroombanen in dit gebied verplaatsen zich daardoor vanuit het watervoerend pakket omhoog naar de tussenzandlaag, om vervolgens binnen 10 tot 25 jaar in de Strootbeek op te kwellen.

De reistijdverdeling van het grondwater van startpunt naar oppervlaktewater (Twentekanaal en Strootbeek) is weergegeven in figuur 2.28. Uit deze grafiek blijkt dat 80 % van de stroombanen in het freatisch pakket een reistijd van 25 jaar of minder heeft, en dit percentage in het watervoerend pakket iets hoger ligt (circa 83 %).



Figuur 2.27 Bovenaanzicht stroombanen referentiemodel, watervoerend pakket modellaag 3 (start telkens met lichtblauw <5 jaar reistijd). Startposities stroombanen, zie ook bijlage 6. De stroombanen starten vanaf 2 dieptes: top en onderkant modellaag 3



Figuur 2.28 Reistijdverdeling van alle stroombanen vanuit freatisch en diep grondwater

Vershil met oud grondwatermodel

De oude stroombanenplaatjes gebaseerd op de modellering uit 2005 [5] met stroombanen die recht op de damwand afgaan en er onder door duiken naar het kanaal, laten zien dat er significante verschillen zijn met het huidige model, waar stroombanen via de tussenzandlaag langs de damwand naar oost en west stromen richting het kanaal en de Strootbeek (figuur 2.26). De Strootbeek heeft in het huidige model een belangrijke rol, want alle stroombanen vanuit het freatisch grondwater aan de oostkant van de locatie komen in de beek. De volgende verschillen zijn hierbij bepalend:

- De Strootbeek is nu in het model opgenomen, in 2005 ontbraken deze gegevens
- De bovenste bodemlagen zijn in het huidige model opgedeeld in een freatisch laag (modellaag 1) en een tussenzandlaag (modellaag 2). In het oude model was deze onderverdeling niet aangebracht. Beide lagen hoorden toen tot modellaag 1, waardoor de scheidende werking van de tussenliggende kleilaag niet tot uiting kwam in het model. De stroombanen kwamen daardoor veel sneller op diepte in de modellagen van het watervoerend pakket. Van daaruit ligt stroming onder de damwand door voor de hand, net als in het huidige model vanuit modellaag 3

2.10 Stofgedrag

Benzeen en (B) en vluchtige chloorbenzenen (VCB, waaronder monochloorbenzeen en dichloorbenzenen) zijn aeroob biologisch goed afbreekbaar. Naarmate de chloreringsgraad van de chloorbenzenen toeneemt, neemt de aerobe afbreekbaarheid af. HCH-isomeren zijn weliswaar aeroob afbreekbaar (zuurstof als elektronacceptor), maar die afbraakroute verloopt langzamer dan de anaerobe afbraakroute (HCH als elektronacceptor). Bovendien is de snelheid afhankelijk van de specifieke HCH-isomeer, in de volgorde: gamma-HCH (lindane) > alpha-HCH > delta-HCH > beta-HCH waarbij beta-HCH nauwelijks nog aeroob afbreekt).

De producten van de snellere anaerobe omzetting van HCH-isomeren zijn MCB en benzeen, die anaeroob niet of nauwelijks meer verder afbreken. MCB en benzeen zullen vervolgens in een aerobe stap verder omgezet moeten worden.

De wateroplosbaarheid van gamma-HCH ligt in de ordegrootte van 7.000 – 8.500 µg/l en van alfa-, bèta- en delta-HCH in de ordegrootte van 300 – 2.000 µg/l.

3 Beschrijving scenario's/varianten

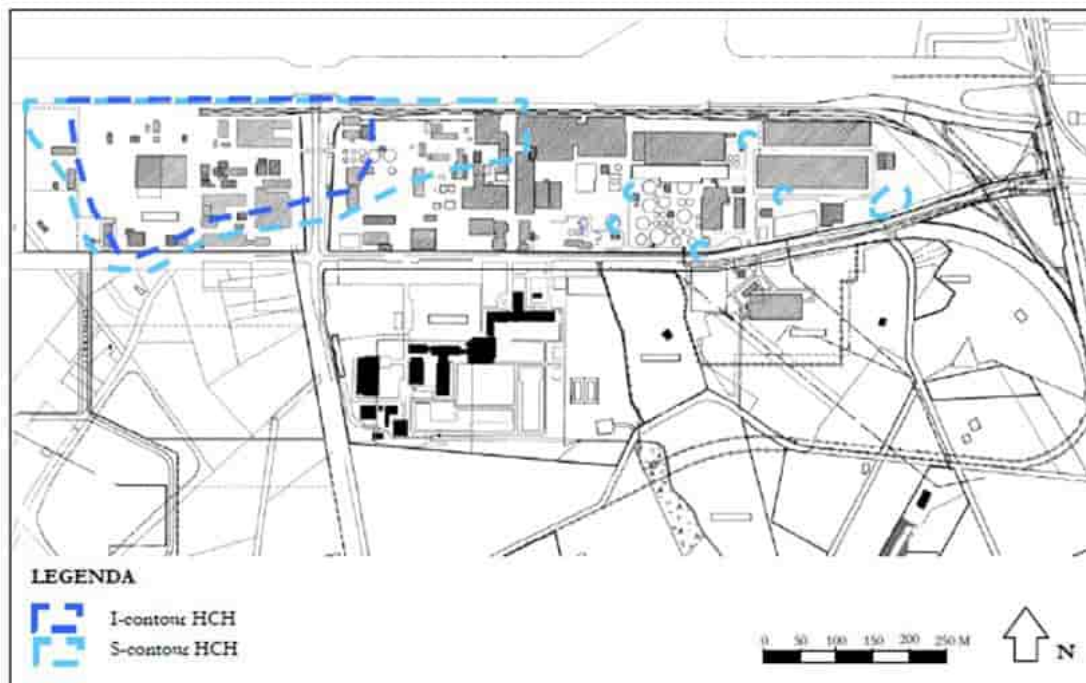
Een selectie van een tiental varianten is in het offertestadium tot stand gekomen door middel van een expert meeting. De volgende varianten waren, mede op basis van voorgaande studies [8, 9 10], op voorhand afgevalen:

- Stimuleren van anaerobe biologische afbraak van HCH door middel van substraatinjectie in de bodem
 - De substraatinjecties zullen vaak herhaald moeten worden, het werkt langzaam en de bodem is te heterogeen. Slecht doorlatende lagen worden nauwelijks behandeld
- Chemische oxidatie van HCH
 - Er is veel oxidatiemiddel nodig vanwege de hoge kalkgehalten in de bodem. Er is kans op zettingen door oxidatie van veenlagen. Slecht doorlatende lagen worden nauwelijks behandeld
- Thermische sanering
 - Hoge kosten, laag milieurendement, weinig ervaring met HCH en risico op lekken van stoom langs de damwandankers
- Surfactants (oppervlakte-actieve stoffen zoals bijvoorbeeld zeep)
 - Hoge kosten zuivering onttrokken water. Risico op onbeheersbare verspreiding. Risico op verontreiniging Twentekanaal met surfactants
- Nulwaardig ijzer
 - Hoge kosten en moet vaak worden vervangen. Risico op dichtslibben en verkalking

Vervolgens hebben aanvullingen plaatsgevonden met subvarianten en een nieuwe variant. In de paragrafen 3.1 tot en met 3.11 zijn de scenario's nader beschouwd en uitgewerkt zodat de technische en financiële haalbaarheid beoordeeld kan worden. Alle genoemde kosten zijn exclusief BTW.

3.1 Variant 1: Volledige verwijdering

Dit scenario betreft een volledige verwijdering van de bron in de landbodem. Deze variant is in 2005 [5] al eens uitgewerkt en destijds de Multi Functionele sanering genoemd. De beschrijving is voor een groot deel overgenomen en waar nodig geüpdatet. De grondverontreiniging wordt door ontgraving verwijderd tot gehalten beneden de streefwaarden of achtergrondgehalten van de gemeente Hengelo (oktober 1997). De resterende grondwaterverontreiniging wordt verwijderd door een onttrekkingssysteem en een grondwaterzuivering. Ten aanzien van de sanering geldt als een belangrijke voorwaarde dat alle verontreiniging wordt verwijderd. Indien er een restverontreiniging achterblijft, zullen mogelijk maatregelen getroffen moeten worden om risico's en (met name) verspreiding ten gevolge van die restverontreiniging weg te nemen. De verontreiniging in deze variant bestaat niet alleen uit HCH, chloorbenzenen en benzeen, maar ook uit kwik, zware metalen en ferrocyanide. Voor de onderhavige afweging richten we ons op HCH, chloorbenzenen en benzeen.

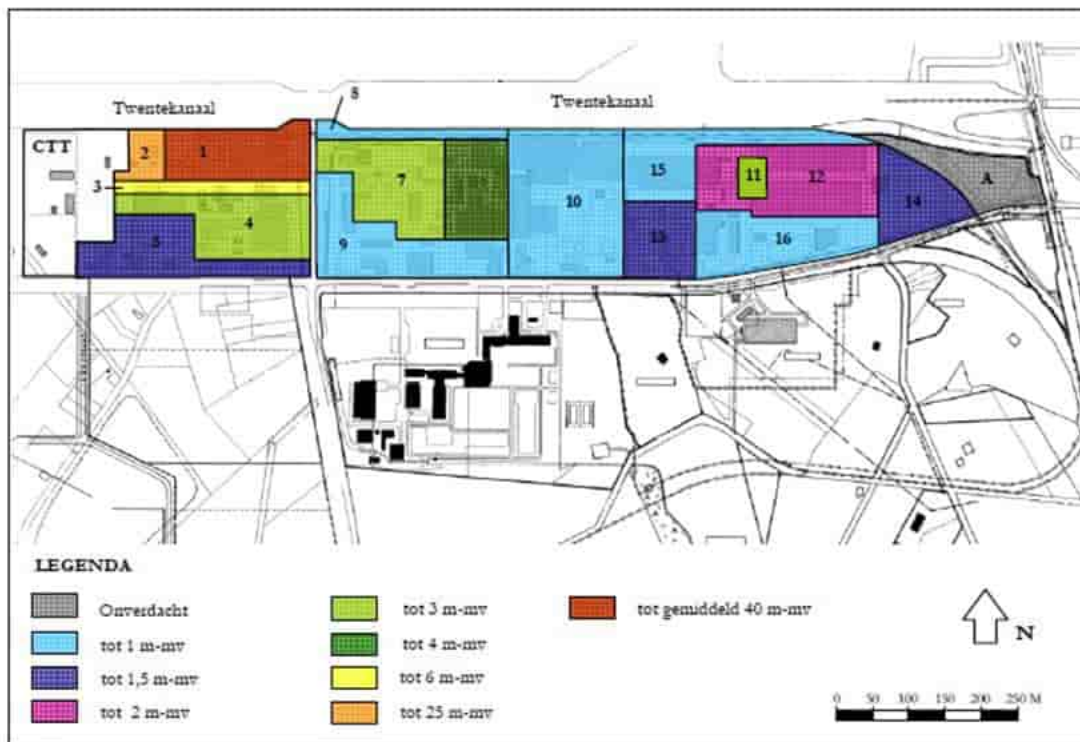


Figuur 3.1 Overzicht HCH in grondwater in 2005 (bron [5])

Een klein deel van de HCH-verontreiniging bevindt zich aan de oostkant van de Boekeloseweg zoals is geïllustreerd in figuur 3.1. Een check van de gegevens in onze database geeft een maximaal gehalte van 20 µg/l HCH-som en 16 µg/l delta-HCH in 2003 in een filter van 3 tot 4 m -mv (peilbuis 3001). In 2016 is hier vlakbij in peilbuis 91201 op 3 tot 4 m -mv een lagere concentratie aangetroffen van 5,7 µg/l HCH-som en 0,083 µg/l delta-HCH. We nemen daarom als uitgangspunt dat we ons kunnen richten op de verontreiniging aan de westkant van de Boekeloseweg en dat de restverontreiniging daarmee beperkt is.

Een belangrijke aanname bij dit scenario is dat alle bedrijfsactiviteiten ter plaatse (tijdelijk) worden beëindigd en alle aanwezige bebouwing wordt gesloopt en eventueel herbouwd. Dit betekent dat de activiteiten van de Container Terminal Twente tijdelijk worden beëindigd. De kosten voor sloop en herbouw en overige maatschappelijke kosten zijn opgenomen in de kostenraming.

De globale ontgravingsdiepten zijn bepaald aan de hand van (historisch) gebruik en analyses uit eerder uitgevoerde bodemonderzoeken. Ten behoeve van een zo goed mogelijke inschatting van de hoeveelheden vrijkomende grond is voor vak 1 (figuur 3.2) uitgegaan van een gemiddelde ontgravingsdiepte van circa 40 m -mv.



Figuur 3.2 Overzicht deelgebieden ontgraving bij MF-sanering. We richten ons in 2025 op het deel aan de westzijde van de Boekeloseweg; dit betreft vakken 1, 2, 3, 4 en 5

In totaal is voor de gehele locatie ingeschat dat er 1.000.000 m³ moet worden ontgraven. Het grootste deel is afkomstig van de voormalige HCH-fabriek ten westen van de Boekeloseweg (vakken 1, 2, 3, 4 en 5 van figuur 3.2), namelijk 740.000 m³. Deze ontgraven grond is voor een deel schoon en/of kan worden hergebruikt (484.747 m³ en 145.148 m³). Een partij van 113.655 m³ moet worden afgevoerd naar een erkend verwerker. Deze hoeveelheid moet worden aangevuld.

De ontgraving vindt voor een deel plaats beneden de grondwaterstand, zodat er bemaling nodig is. Vak 5 kan zonder bemaling worden ontgraven. De vakken 3 en 4 tot maximaal 6 m -mv worden ontgraven met bemaling en met een tijdelijke damwand. Gerekend is met een ontgravingsduur van 8 maanden en een totaal afgerond debiet van 220.000 m³. Een bemaling toepassen bij de diepere vakken tot 25 en 40 m -mv is niet haalbaar. Deze vakken 1 en 2 worden in den natte ontgraven en er wordt gebruik gemaakt van diepwanden. De ontgravingsduur voor de vakken 1 en 2 bedraagt ongeveer 1 jaar.

Na de ontgraving wordt een grondwatersanering uitgevoerd, uitgaande van een debiet van 375.000 m³/jaar (43 m³/uur) en een duur van 15 jaar waarbij de verontreinigingscontour 5 à 6 maal wordt doorspoeld. Er wordt gebruik gemaakt van diepwells (6 in plaats van 9 stuks zoals in het oorspronkelijke plan) Het onttrokken water wordt gezuiverd en geloosd op het oppervlaktewater. De zuivering bestaat uit een ontijzering en een actief koolfilter.

Voor de gehele locatie is in 2005 een bedrag geschat van EUR 55 miljoen. In 2025 zijn de kosten geraamd op EUR 80,5 miljoen. Deze kosten zijn als volgt onder te verdelen (afgerond en inclusief AKW&R, zie bijlage 8):

- Bouwkosten (grondsanering en aanleg grondwatersanering) mEUR 68,0
- Engineeringskosten en begeleiding mEUR 2,4
- Instandhoudingskosten grondwatersanering voor 15 jaar mEUR 10,2

Veel kosten zijn in 2005 niet meegenomen, zoals de ontmanteling en herbouw van bestaande bedrijven, de sloopkosten, het afsluiten en verleggen van kabels en leidingen en het nemen van bouwkundige maatregelen voor omliggende bebouwing. De kosten voor sloop en herbouw zijn geschat op EUR 30 miljoen en voor 2 jaar uit bedrijf zijn is een omzetsderving geschat van EUR 12 miljoen. Maatschappelijke kosten voor duurdere wegtransporten, extra emissies en verkeersrisico's bedragen ongeveer EUR 40 tot EUR 45 miljoen. Bij Nobian zal gedurende 2 jaar slechts de helft van de kanaalwaterinlaat mogelijk zijn, wat gevolgen heeft voor de zoutproductie en de levering van warmte aan het warmtenet. Deze kosten zijn geschat op EUR 343 miljoen. De totale additionele kosten van het project (terminalsloop, productie- en warmtenet-effecten) lopen daardoor op tot circa EUR 440 miljoen (zie bijlage 7). De totale kosten voor deze variant liggen daarmee op EUR 520 miljoen.

De haalbaarheid van dit scenario is op dit moment zeer beperkt door de hoge kosten en omdat het op korte termijn ontmantelen van bestaande bedrijven niet realistisch is.

3.2 Variant 2: Verwijdering van mobiele stoffen

De maatregel richt zich enkel op het wegnemen van de mobiele stoffen benzeen en chloorbenzenen uit de bron. Deze stoffen zorgen weliswaar niet voor problemen in het oppervlaktewater van het Twentekanaal met betrekking tot de KRW-normen en hoeven als zodanig niet verwijderd te worden. Ze komen echter wel in hoge concentraties voor in het grondwater ter plaatse van het voormalige Stork Chemie-terrein in het brongebied. Om een indruk te krijgen van het concentratieniveau in het grondwater zijn in onderstaande tabel 3.1 enkele in het verleden (2003-2009) gemeten concentraties benzeen, chloorbenzenen en HCH opgenomen.

Tabel 3.1. In het verleden (2003-2008) gemeten grondwaterconcentraties in µg/l benzeen, chloorbenzenen en HCH (in µg/l)

Peilbuis	Diepte (m -mv)	HCH-som	Benzeen	MCB	DCB
1105	9 - 20	830	4.600	5.300	1.600
3013	10 - 11	83	26	200	17
1107	2,6 - 6,8	180	1.000	7.400	350
30010	8 - 9	2.000	88	1.200	600
1108	3 - 7	28	14.000	16.000	320

Doel van de verwijdering van deze stoffen zou zijn om de mobiliteit van HCH te verlagen. Benzeen en chloorbenzenen kunnen zich immers gedragen als oplosmiddel (co-solvent), waardoor de oplosbaarheid van HCH wordt verhoogd en daarmee de concentratie in grondwater hoger is dan zonder deze co-solvents. De gedachte is dan om de flux van HCH richting Twentekanaal, en daarmee de concentratie in het oppervlaktewater van het kanaal, te verlagen door de co-solvents weg te nemen. Benzeen en mono- en dichloorbenzenen zijn biologisch goed en relatief snel afbreekbaar onder aerobe omstandigheden (tegelijkertijd zal ook een klein deel van het HCH aeroob worden afgebroken). Door middel van persluchtinjectie / biosparging kan het zuurstofgehalte in het grondwater worden verhoogd om aerobe afbraak van de co-solvents mogelijk te maken.

Er zijn echter enkele bezwaren met betrekking tot het toepassen van deze relatief eenvoudige techniek.

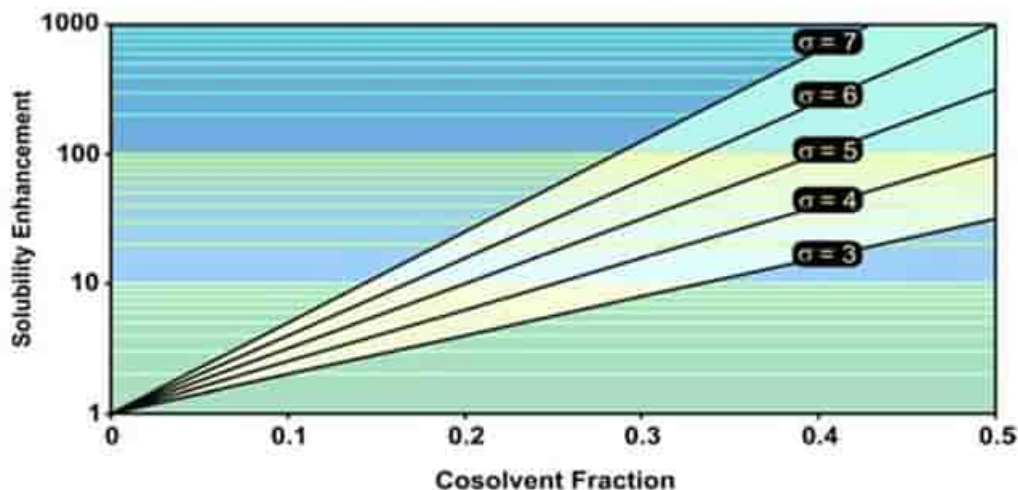
Omvang systeem, aanwezigheid CTT en bereik verontreiniging

Vooraf in een gelaagde bodem zoals in Hengelo kan de grootte van de invloedstraal van persluchtinjectie(PLI)filters zeer variabel zijn. Het is daarom allereerst noodzakelijk om injecties op meerdere dieptes toe te passen, wat leidt tot een groter aantal noodzakelijke PLI-filters op 3 à 4 diepten. Er worden dan ongeveer 300 PLI-filters voorzien (nog even afgezien van de installatie van drains voor een al dan niet benodigd bodemluchtextractiesysteem (BLE)). De aanleg en bedrijfsvoering hiervan ter plaatse van de huidige containerterminal (CTT) wordt als gevolg van het benodigde ruimtegebruik en de verwachte saneringsduur van 3 tot 5 jaar niet eenvoudig. Bovendien zullen met persluchtinjectie de slechter doorlatende klei- en leemlagen (1 tot 3 m -mv, 6 tot 10 m -mv en 14 tot 15 m -mv) niet direct bereikt worden door zuurstof. De hoeveelheid nalevering van co-solvents na 3 tot 5 jaar uit deze lagen is onbekend.

Invloed van co-solvents op oplosbaarheid HCH

In een artikel van Ford et al uit 2014⁷ volgt dat er een verband zit tussen de hoeveelheid opgeloste co-solvent en het oplosbaarheidsverhogend effect op slecht in water oplosbare stoffen (zie figuur 3.3).

⁷ Evaluating potential exposures to ecological receptors due to transport of hydrophobic organic contaminants in subsurface systems, US EPA, EPA/600/R-10/015 ERASC-009 F



Figuur 3.3 Grafiek uit Ford et al (2014) met effect van co-solvents op oplosbaarheid van slecht in water oplosbare stoffen

Als we rekenen met de maximale concentratie uit tabel 3.1 van in totaal 30.000 µg/l aan co-solvents (opgeteld benzeen en MCB in peilbuis 1108), wordt een volumefractie (co-solvent fraction) van 0,00003 (30,1 µl/L) verkregen (rekenend met een gemiddelde dichtheid 0,997 kg/l). Zelfs als we rekenen met een 10 maal hogere concentratie van in totaal 300.000 µg/l met alleen benzeen wordt slechts een volumefractie van 0,00034 (341 µl/L) verkregen. Volgens de grafiek hoort daar een oplosbaarheidsverhogingsfactor van ongeveer 1 bij, oftewel de aanwezigheid van co-solvents in opgeloste vorm in te verwachten maximale concentraties leiden niet tot een significante oplosbaarheidsverhoging van HCH. Dit betekent dat het verwijderen van benzeen, MCB en DCB naar verwachting niet leidt tot een significante daling van de oplosbaarheid van HCH en daarmee niet bijdraagt aan een daling van de HCH-concentraties in het Twentekanaal. Voor de volledigheid nog de volgende opmerking. De wateroplosbaarheid van gamma-HCH ligt in de ordegrootte van 7.000 – 8.500 µg/l en van alfa-, bèta- en delta-HCH in de ordegrootte van 300 – 2.000 µg/l. De genoemde concentraties in tabel 3.1 (HCH-som) overschrijden de wateroplosbaarheid niet. Met andere woorden: de huidige concentraties geven ook geen aanleiding om te veronderstellen dat de co-solvents een meetbare invloed hebben op de HCH-concentratie in het grondwater.

De enige bijdrage bij toepassing van PLI/BLE op de daling van HCH-concentraties in het oppervlaktewater van het Twentekanaal is dan de aerobe biologische afbraak van HCH zelf. Een isomeer als β-HCH breekt biologisch echter erg langzaam af onder aerobe condities. Dit in aanvulling op het niet bereiken van slecht doorlatende lagen door en de benodigde omvang van het PLI/BLE-systeem in combinatie met de huidige bedrijfsactiviteiten van CTT, leidt tot de conclusie dat deze variant niet zal leiden tot het gewenste resultaat en daarmee niet haalbaar is.

Vanwege het feit dat er geen toegevoegde waarde is van deze variant ten opzichte van de huidige situatie is dit scenario niet verder uitgewerkt noch op kosten gezet.

3.3 Variant 3: Hydrologische beheersing/grondwateronttrekking

3.3.1 Beschrijving oude beheersing

De grondwaterverontreiniging met HCH, chloorbenzenen en benzeen ter plaatse van het (voormalige) CBW-terrein is eerder beheerst door middel van het onttrekken en zuiveren van het verontreinigde grondwater, voordat dit grondwater het Twentekanaal instroomde. De voormalige grondwateronttrekking en zuivering is opgestart in juli 2007 en is drie jaar in bedrijf geweest. De beheersing van de verontreiniging bestond uit het onttrekken van grondwater via deepwells (filters op 2,5-7, 9-21 en 22-30 m -mv) aan de oever van het Twentekanaal (zie figuur 3.4).

Er is tijdens de beheersing gemiddeld circa 16 kg/jr HCH onttrokken via de deepwells met een totaal debiet van 290 m³/dag. De in de bodem aanwezige vracht is geraamd op 100.000 kg HCH [4]. De lozing van het effluent met 4,4 µg/l HCH zorgt voor een concentratie van 0,14 µg/l HCH in het Twentekanaal uitgaande van een jaargemiddeld afvoerdebiet over de periode van 2005-2009 van 11.400 m³/dag bij sluis Hengelo [5]. Er is voor de instandhouding van de beheersing EUR 130.000 per jaar uitgegeven (exploitatie en afschrijving). De zuiveringsinstallatie is aangeschaft voor EUR 497.704.

Bij het ontwerp van de zuivering in 2005 is als uitgangspunt gebruikt dat de gemiddelde concentraties voor HCH som, chloorbenzenen, benzeen 350, 500 en 200 µg/l bedragen. De maximale concentraties bedragen respectievelijk 22.500, 5.800 en 200.000 µg/l. Destijds bedroeg de lozingseis voor HCH som 10 µg/l.

3.3.2 Beschrijving aangepaste beheersing

De variant die nu globaal wordt uitgewerkt is vergelijkbaar met de eerdere beheersing, maar richt zich ook op het voorkomen van infiltratie van de grootste vracht in de bodem in het ondiepe grondwater en een verdergaande zuivering. De lozing van het effluent op het Twentekanaal mag geen verslechtering van de oppervlaktewaterkwaliteit tot gevolg hebben, waardoor nu als lozingseis 0,1 - 0,3 µg/l wordt aangehouden op basis van de immissietoets.

Lozingseis

Om de lozingseis voor HCH in het Twentekanaal te bepalen is gebruik gemaakt van de Immissietoets applicatie van Rijkswaterstaat⁸. Hiermee kan het effect van een restlozing op het milieu worden bepaald en of de lozing vanuit waterkwaliteitsoogpunt acceptabel is. De restlozing is de lozing na het toepassen van de beste beschikbare techniek (BBT) voor zuivering. De applicatie is opgezet conform het Handboek Immissietoets⁹. Toepassing van de immissietoets geeft onder meer invulling aan de doelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW).

⁸ Immissietoets v1.14.4m, [immissietoets](#), Rijkswaterstaat, laatst bezocht 17 februari 2025

⁹ Handboek Immissietoets, Rijkswaterstaat, 4 oktober 2019

De immissietoets bepaalt de concentratie als gevolg van een lozing in de directe nabijheid van een lozing en toetst of de concentratie op de rand van de mengzone, een in omvang gelimiteerd gebied, voldoet aan de geldende waterkwaliteitsdoelstelling en de concentratietoename niet leidt tot significante verslechtering van de waterkwaliteit. De toetsing wordt uitgevoerd in een aantal stappen en is opgezet om lozingen via een pijp (puntlozing) te beoordelen, zie bijlage 2.

De immissietoets is uitgevoerd op basis van onder andere de onderstaande applicatie parameters:

- JG-MKN: 0,02 µg/l
- MAC-waarde: 0,04 µg/l
- Debiet van lozing: 200 m³/dag (0,0023148 m³/s)
- Maatgevende lage afvoer: 0,04 m³/s
- Mengzone: 639,7 m (default afstand o.b.v. dimensies TK)

Om de lozingseis te bepalen zijn iteratief voor verschillende lozingsconcentraties berekeningen uitgevoerd. De maximaal aanvaardbare lozingsconcentratie is bepaald op 0,36 µg/l. De resultaten zijn opgenomen in bijlage 2. Deze lozingsconcentratie resulteert in een jaargemiddelde concentratie lager dan de geldende JG-MKN van 0,02 µg/l op de toetsafstand aan de rand van de mengzone, dus op 640 m afstand van het lozingspunt. Ook voldoet de lozing aan de MAC-waarde, zie bijlage 2.

Innamepunten gemeente Hengelo

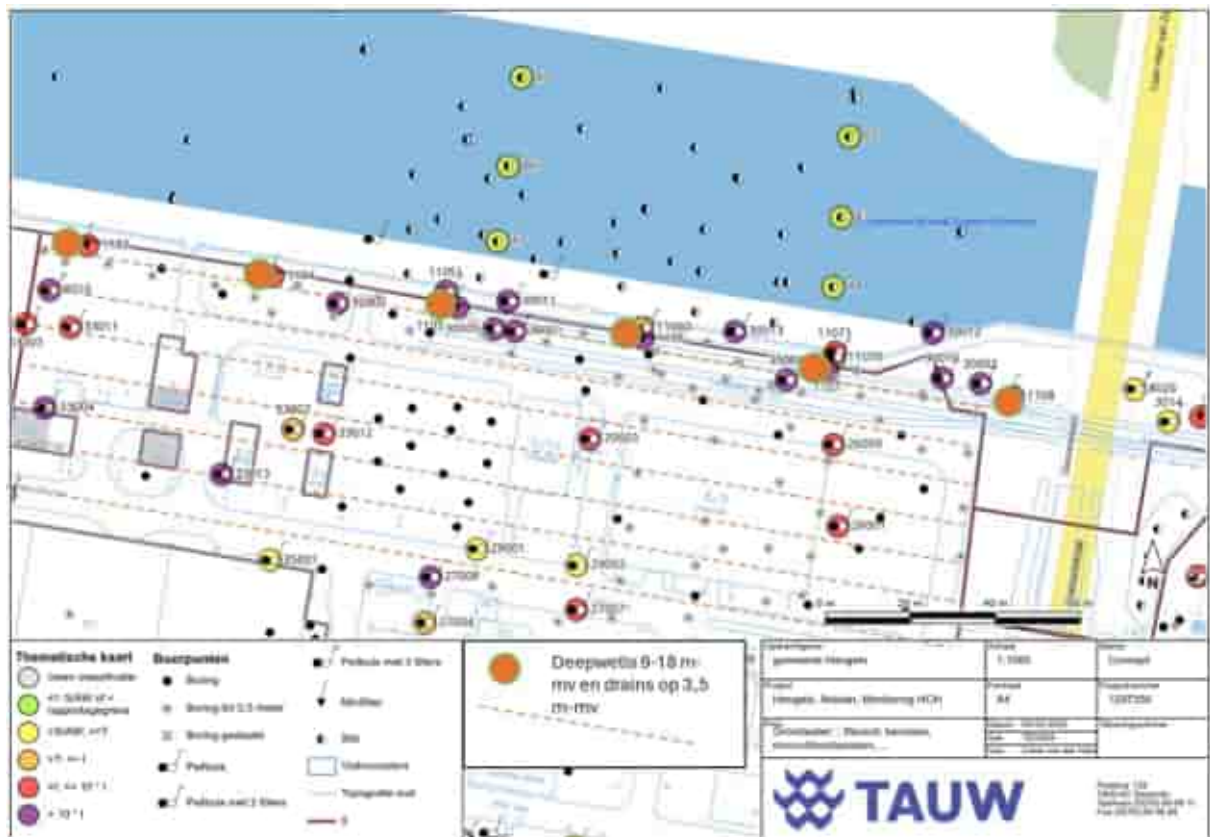
Als grens van het lozingspunt is de westelijke rand van de diepe damwand tot 18 m -mv genomen op km 43.735. De toetsafstand 640 m bevindt zich dan op km 43.095. In overleg met gemeente Hengelo zijn de innamepunten vanuit het Twentekanaal geïnterpreteerd. Als eerste is de Twickelervaart genoemd op circa km 41.000 en dit is verder stroomafwaarts dan de toetsafstand van 640 m. Dit geldt ook voor het innamepunt bij de jachthaven voor het sportpark Vikkerhoek op circa km 42.500. Bovenstrooms van het lozingspunt, ten oosten van de sluis van Hengelo werd water ingenomen bestemd voor het FBK-stadion. Deze inname is tijdelijk stopgezet, omdat de kwaliteit van het kanaalwater op dit punt sterk kan variëren. Een lozing van HCH-houdend water maakt waarschijnlijk geen einde aan deze situatie, omdat dit punt dicht bij het lozingspunt ligt. Andere scenario's dan beheersing zouden de situatie wel kunnen verbeteren.

Ontwerp

Het onttrekkingssysteem voor het ondiepe grondwater (freatisch en tussenzandlaag) bestaat uit drains (aangelegd via horizontaal gestuurde boringen) die over de gehele bronlocatie worden aangebracht met een onderlinge afstand van 10 m. Het ontwateringsniveau van de drains wordt ingesteld op NAP +16.8 m, en de drains dienen in de tussenzandlaag (op een diepte van 3,5 à 4 m -mv) te worden aangebracht om de gewenste lichte kwelsituatie te kunnen bereiken (kwel vanuit dieper grondwater in het watervoerend pakket naar de drains). Het gemiddelde debiet van het drainagesysteem bedraagt circa 120 m³/dag.

Voor het diepe grondwater in het watervoerend pakket wordt gefocust op de sterk verontreinigde lagen tot 20 m -mv met deepwells van 9 tot 18 m -mv, zie figuur 3.4. Uit de monitoring blijkt dat de diepere lagen dan 20 m -mv meer grofzandig zijn en beperkte concentraties laten zien. In deze laag worden anders dan in het oorspronkelijke plan, geen deepwellfilters voorzien. Voordeel is dat er op debiet bespaard kan worden en dat alleen de grotere vrachten worden beheerst.

Het nieuwe totale debiet van drains en deepwells is geschat op 200 m³/dag.



Figuur 3.4 Beheerssysteem bestaande uit drains en deepwells

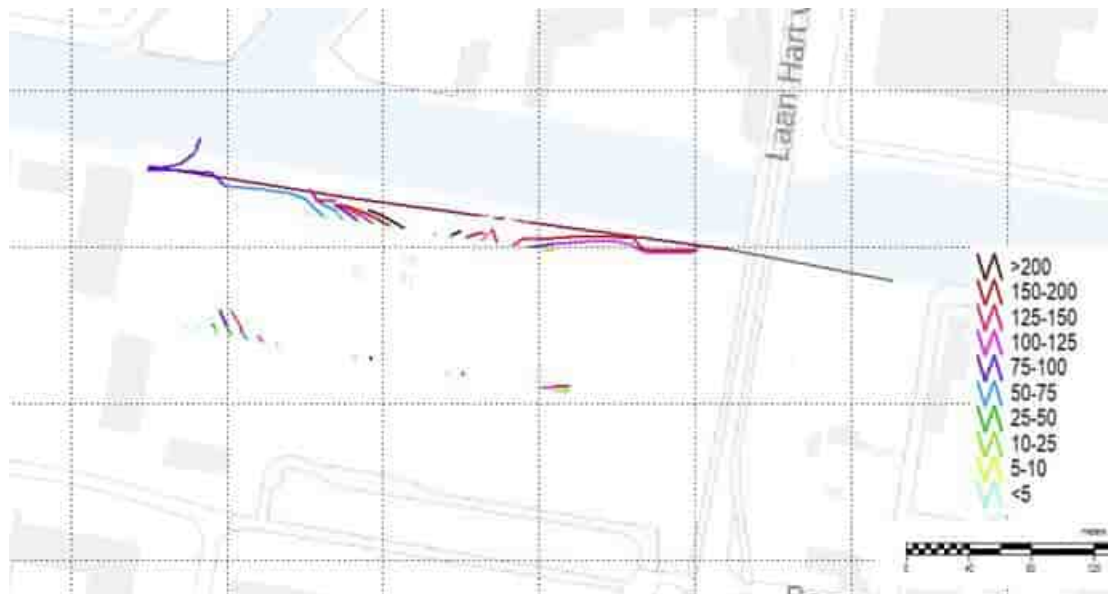
De investeringskosten voor een zuivering (10 m³/h, standaard voorkomend debiet) om het opgepompte water tot de lozingsis van HCH = 0,36 µg / l te zuiveren worden grof geraamd op ca. € 400.000,=. De instandhoudingskosten worden geraamd op € 400.000,= per jaar. De grootste post is het verbruik van actieve kool. Een mogelijk vermindering in de exploitatiekosten kan het gebruik van waterstofperoxide en UV-licht zijn. Geadviseerd wordt om dit in een vervolgfase nader te onderzoeken.

De totale kosten voor aanleg en instandhouding worden geraamd op EUR 24,5 miljoen. Deze kosten zijn als volgt onder te verdelen (afgerond en incl. AKW&R, zie bijlage 8):

- Bouwkosten (aanleg grondwatersanering) mEUR 2,8
- Engineeringskosten en begeleiding mEUR 0,3
- Instandhoudingskosten grondwatersanering voor 30 jaar mEUR 21,3

Doordat de invloed op de bedrijfsvoering van CTT in deze variant beperkt zijn worden de maatschappelijk kosten voor omzetverlies geraamd op EUR 340 duizend de totale kosten komen hiermee op EUR 24,8 miljoen (zie ook bijlage 7).

De effectiviteit van de beheersmaatregelen in het grondwater is gecontroleerd op basis van stroombaanberekeningen. Vrijwel alle stroombanen die in het ondiepe grondwater worden gestart (modellaag 1, figuur 3.5), worden direct afgevangen door het drainagesysteem. Door de gelijktijdige onttrekking met deepwells, kunnen de drains die vlak bij de damwand liggen plaatselijk droogvallen. Op deze plekken zal het ondiepe grondwater vrijwel overal door de deepwells worden beheerst.



Figuur 3.5 Stroombanen scenario 3, startpunten in freatisch grondwater in modellaag 1, reistijden in jaren en met kleur onderscheiden

De stroombaanberekening voor het watervoerend pakket (modellaag 3, figuur 3.6) laat zien dat de beheersing met de deepwells grotendeels voorkomt dat het grondwater in het bovenste deel van het watervoerend pakket (tot circa 18 m -mv) afstroomt richting het oppervlaktewater. Plaatselijke kwelstromen kunnen ertoe leiden dat een klein deel oostelijk naar de Strootbeek afstroomt of westelijk langs de damwand naar het kanaal stroomt. Bij eventuele uitwerking moet hier aandacht aan besteed worden en dan gaat het om het effect van de drainerende Strootbeek en de tussenzandlaag.



Figuur 3.6 Stroombanen scenario 3, startpunten in het watervoerend pakket, boven- en onderzijde van modellaag 3, reistijden in jaren en met kleur onderscheiden

3.4 Variant 4: Bovenstroomse onttrekking (bovenstrooms van de locatie)

Dit scenario heeft als doel de toestroming van HCH richting het kanaal te verminderen door het onttrekken van schoon grondwater bovenstrooms van de locatie. De onttrekking zal groot moeten zijn – totaal ongeveer 400 m³/dag met 5 deepwells – en werkt alleen voor dieper grondwater. De stroming helemaal stilzetten lukt nooit, er zal ergens een waterscheiding ontstaan tussen wat langzaam naar het kanaal en naar de onttrekking stroomt. Op termijn wordt ook verontreinigd grondwater onttrokken. De onttrekking werkt alleen voor het diepere grondwater, want de weerstandbiedende lagen in de bodem zorgen ervoor dat het ondiepe grondwater alleen op lokale onttrekkingsmiddelen reageert. De verspreiding van HCH naar het Twentekanaal kan hierdoor niet worden voorkomen. Vanwege het feit dat er te weinig toegevoegde waarde is van deze variant ten opzichte van de huidige situatie is dit scenario niet verder uitgewerkt noch op kosten gezet.

3.5 Variant 5: Verlengen van de damwanden

3.5.1 Verlengen van de damwanden langs Twentekanaal in de diepte

Bij deze variant gaat het om het verlengen van de huidige damwanden in de diepte. Het scenario is niet modelmatig doorgerekend, omdat het scenario met een uitbreiding van de damwanden rondom en een verbeterde bovenafdichting van paragraaf 3.5.2 voldoende inzicht biedt voor de beoordeling. De verlenging van bestaande damwanden levert niet die toename van reistijd in de tussenzandlaag, die nodig is om biologische afbraak meer kans te geven. Vanwege het feit dat er geen toegevoegde waarde is van deze variant ten opzichte van de huidige situatie is dit scenario niet verder uitgewerkt noch op kosten gezet.

Het eventueel verlengen van de damwanden in horizontale richting is mogelijk wel effectief om stroming ten westen van de containerterminal en ten oosten van de Boekeloseweg te reduceren.

3.5.2 Verlengen van de damwanden rondom de locatie

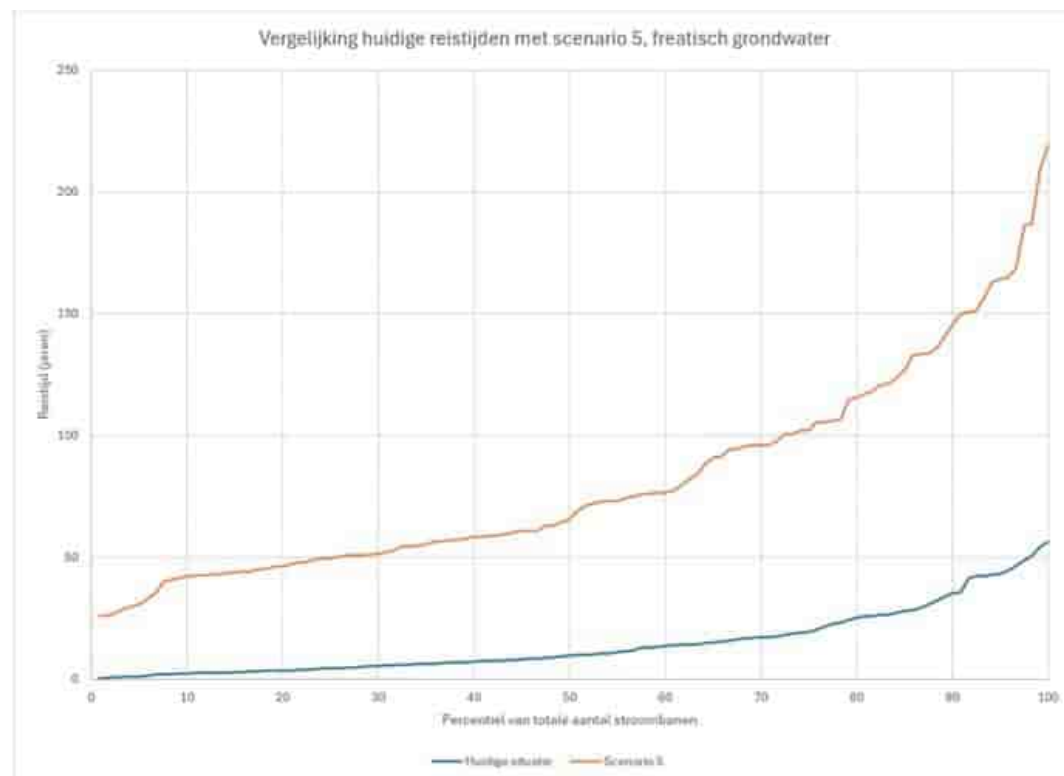
De drijvende kracht achter stroming naar het Twentekanaal is de hogere grondwaterstand op de locatie waardoor infiltratie optreedt naar de diepere lagen. Deze drijvende kracht wordt weggenomen door de bovenkant en de zijkanten af te dichten. Er wordt als het ware een omgekeerde doos gevormd.

Bij deze variant wordt een damwand aangelegd rondom de locatie. De damwanden reiken tot aan de top van het watervoerend pakket. Er is geen actieve grondwateronttrekking. Voor deze situatie is het MODFLOW-model op de volgende punten aangepast:

- Aanbrengen van omringende damwand
- Verbeteren van bovenafdichting (voeding uit neerslag verder gereduceerd van 50 naar 25 mm/jr)

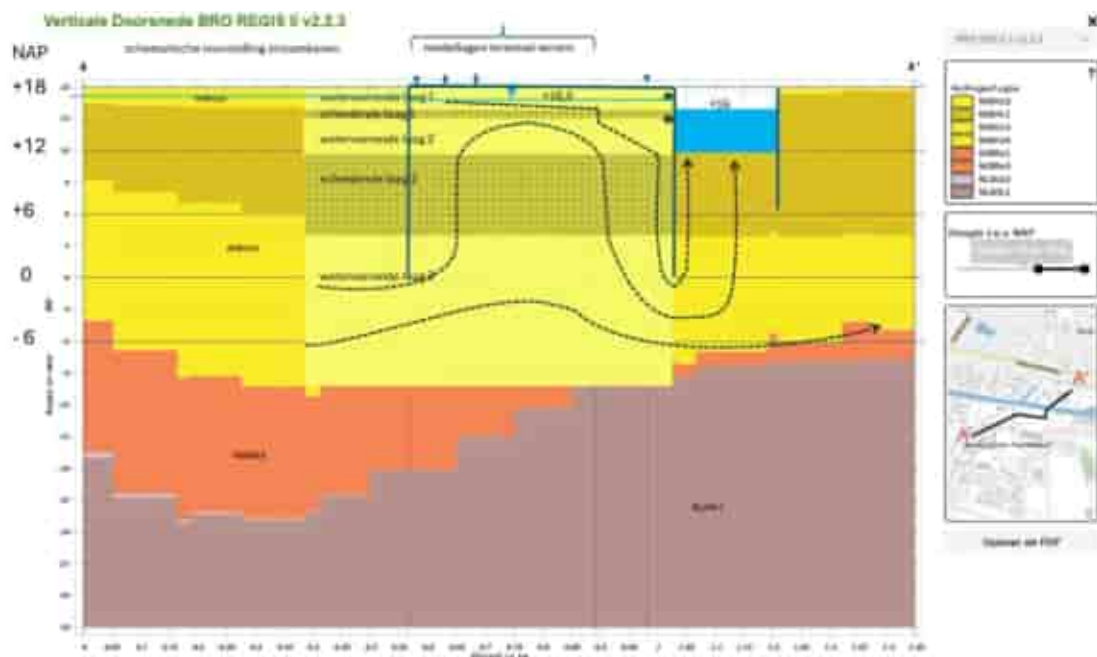
Resultaten

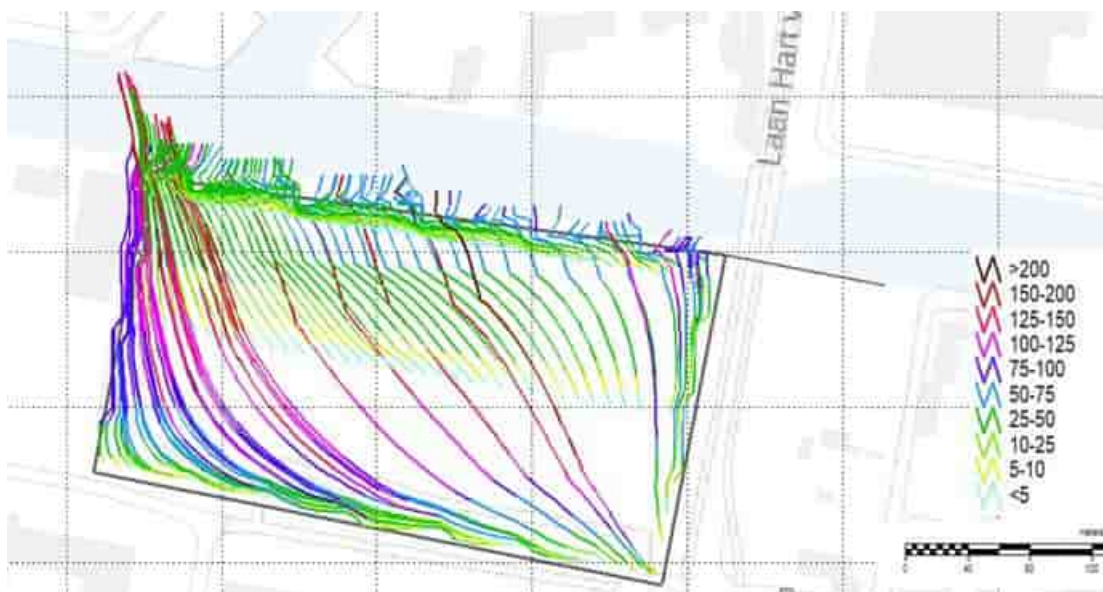
Met het grondwatermodel zijn stroombanen en reistijden berekend. Hieruit blijkt dat de waterstroming in het gebied binnen de damwanden niet volledig stagneert. In laag 1 (ondiepe pakket) treden daarbij wel langere reistijden op (vele tientallen tot enkele honderden jaren), terwijl in de diepere lagen slechts reistijden tot enkele tientallen jaren optreden.



Figuur 3.7 Reistijdverdeling van huidige situatie en bij scenario 5

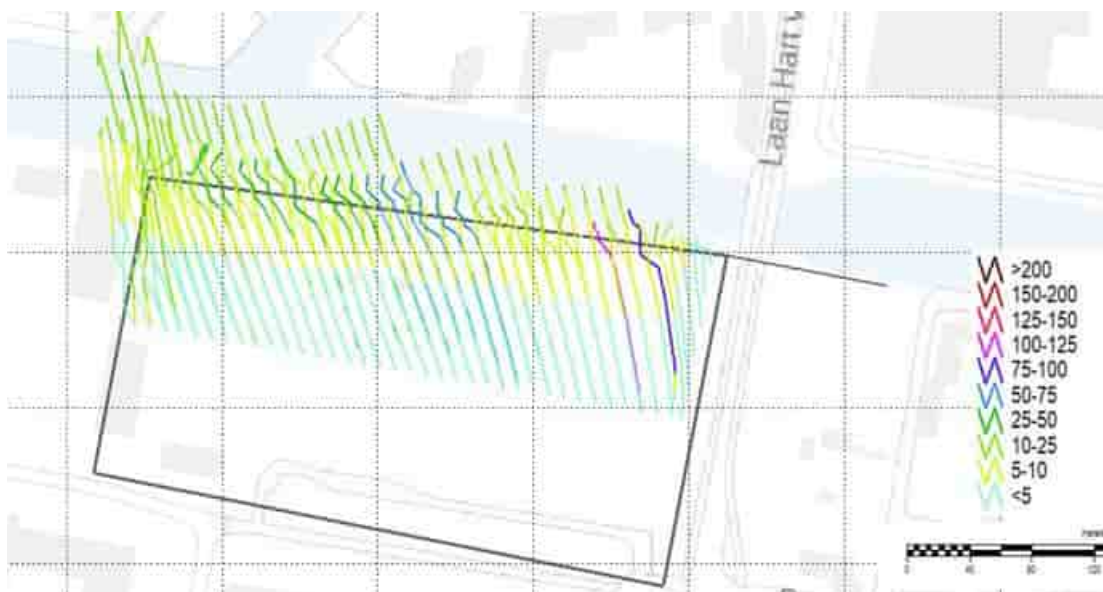
De beperkte effectiviteit in de tussenzandlaag hangt samen met het optreden van versterkte kwel vanuit het watervoerend pakket. Deze kwelstroom verplaatst zich via de tussenzandlaag in de richting van de noordelijke damwand, waar opnieuw infiltratie optreedt naar het watervoerend pakket, zie figuur 3.8. Het ondiepe, middeldiepe en het overgrote deel van het diepe grondwater mondt nog altijd uit in het Twentekanaal





Figuur 3.9 Stroombanen scenario 5, modellaag 1, freatisch pakket (start telkens met lichtblauw <5 jaar reistijd).

Startposities stroombanen, zie ook bijlage 6

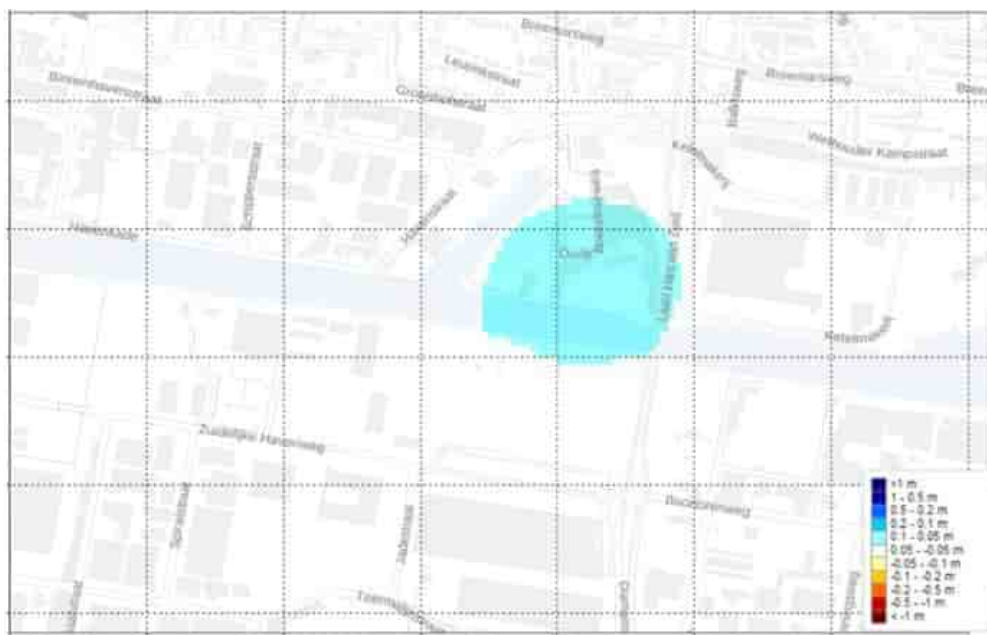


Figuur 3.10 Stroombanen scenario 5, modellaag 3, watervoerend pakket (start telkens met lichtblauw <5 jaar reistijd).

Startposities stroombanen, zie ook bijlage 6. De stroombanen starten vanaf 2 dieptes: top en onderkant modellaag 3

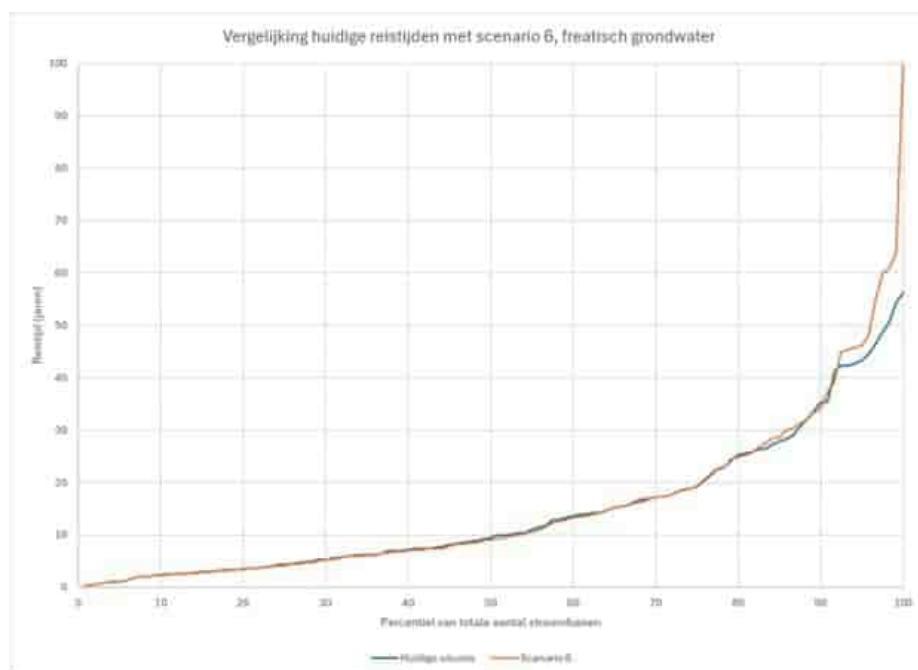
Dit scenario bestaat uit het aanbrengen van een ondoorlatende laag van beton op de waterbodem van het Twentekanaal waardoor de reistijd wordt verlengd. Het doel is het verbeteren van de afbraakmogelijkheden. In figuur 3.11 is de situering van de bodemafdichting weergegeven. Het idee is om aan te sluiten bij de afdichting aan weerszijden van het kanaal met een zinkstuk (wiepen), breuksteen en colloïdaal beton met een dikte van 0,5 m. De afmeting is 9.200 m² (40 m bij 230 m).

Door het aanbrengen van een ondoorlatende laag op de bodem wordt de drainerende werking van het kanaal plaatselijk weggenomen. Het gevolg hiervan is dat de stijghoogte van het grondwater onder het afgedekte traject iets zal stijgen, en het stroombanenpatroon zal wijzigen. Met het grondwatermodel is deze situatie doorgerekend. De berekende stijghoogteverhoging in het watervoerend pakket bedraagt maximaal 10 cm onder het kanaal. De zone met 5-10 cm verhoging bevindt zich vooral ten noorden van het kanaal. Omdat zowel langs de noordzijde als zuidzijde damwanden langs het kanaal staan, zal de stijging van de freatische grondwaterstand naar verwachting minder dan 5 cm bedragen, zie figuur 3.12.

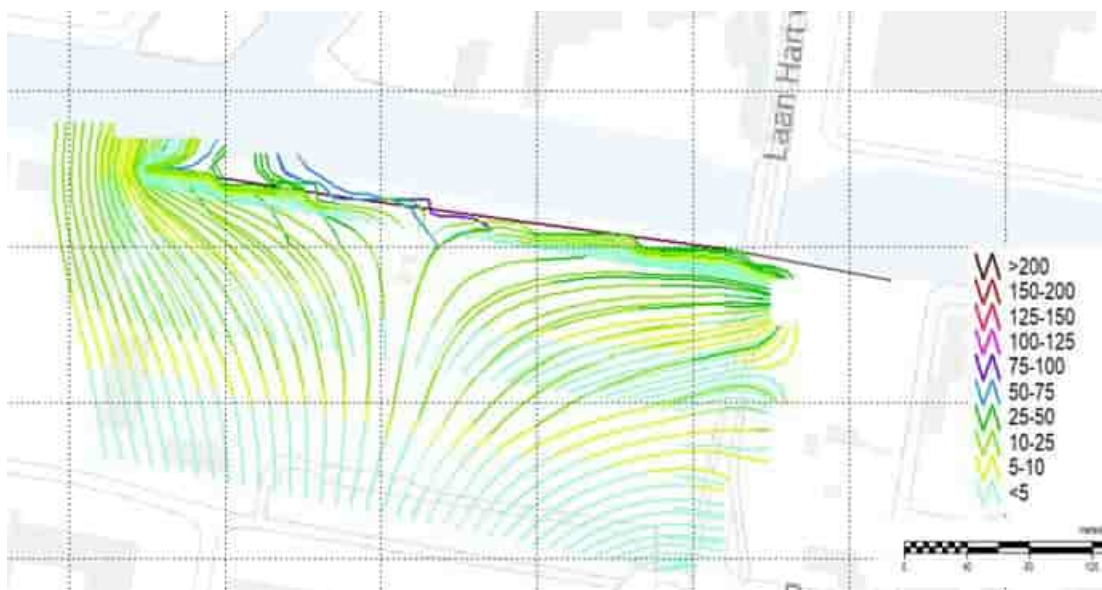


Figuur 3.12 Stijghoogteverhoging in het watervoerend pakket als gevolg van de bodemafdichting

De stroombaanberekening voor het freatisch grondwater laat zien dat stroombanen die onder de damwand door lopen, met reistijden van meer dan 40 jaar, zich nu verder in westelijke richting verplaatsen tot het punt waar de bodemafdichting eindigt, zie figuur 3.14. Dit gaat gepaard met een toename van de reistijd van gemiddeld circa 10 jaar.

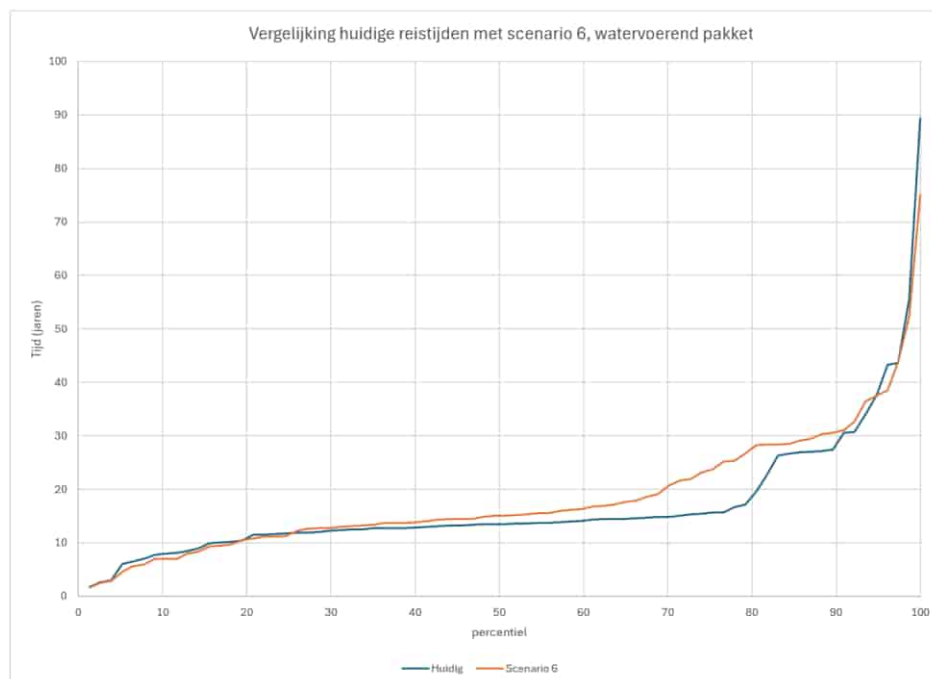


Figuur 3.13 Toename reistijd ten opzichte van de huidige situatie, modellaag 1, freatisch grondwater

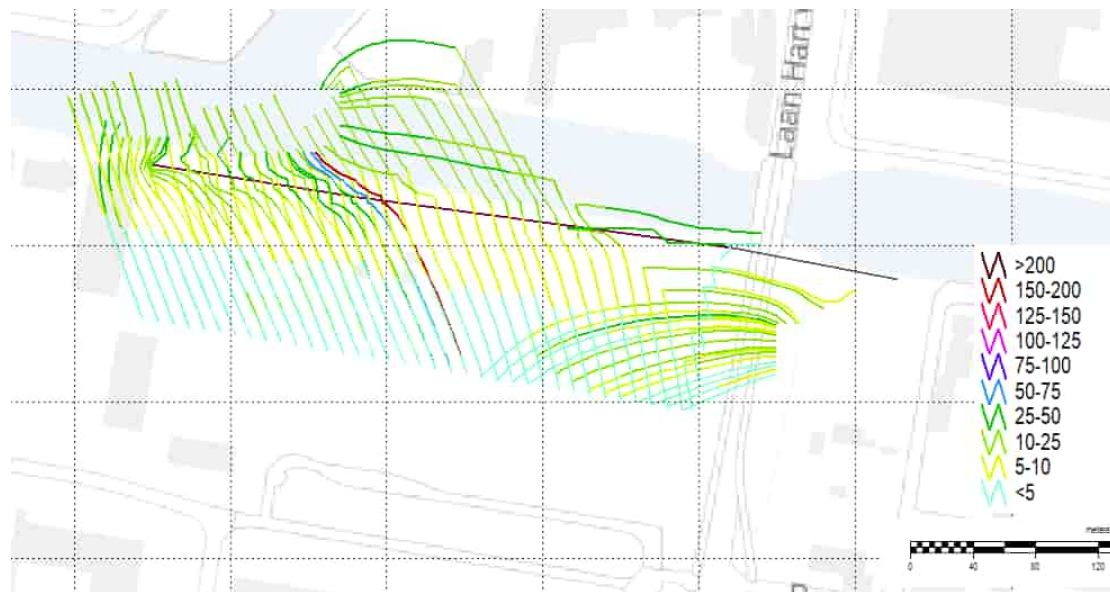


Figuur 3.14 Stroombanen scenario 6, modellaag 1, freatisch grondwater (start telkens met lichtblauw <5 jaar reistijd). Startposities stroombanen, zie ook bijlage 6

Uit de stroombaanberekening voor het watervoerend pakket blijkt dat stroombanen vanuit het centrale deel van de locatie zich eerst verder onder en langs het kanaal verplaatsen voordat ze westelijk of oostelijk van de bodemafdichting opkwellen in het kanaal. Dit gaat gepaard met een reistijd die met maximaal 10 jaar toeneemt.



Figuur 3.15 Toename reistijd ten opzichte van de huidige situatie, modellaag 3, watervoerend pakket



Figuur 3.16 Stroombanen scenario 6, modellaag 3, watervoerend pakket (start telkens met lichtblauw <5 jaar reistijd)

Door de wegverlenging (met maximaal 10 jaar) vindt aanvullende afbraak plaats. Bij een eerste orde afbraaksnelheid van $2 \cdot 10^{-4}$ tot $5 \cdot 10^{-4} \text{ d}^{-1}$ levert dit uiteindelijk een concentratie-afname van 50 tot 80 % op. Dit is waarschijnlijk onvoldoende om op langere termijn (>10 jaar) de KRW-norm te halen (op de korte termijn stopt een deel van de instroom tijdelijk door de wegverlenging). In het geval van het niet behalen van de KRW-norm dient er op een later moment een aanvullende maatregel getroffen te worden met de bijbehorende kosten.

De kosten, zonder aanvullende maatregelen, voor het aanbrengen van een ondoorlatende laag op de waterbodem zijn geraamd op EUR 3,1 miljoen. Hierbij is uitgegaan van een aanvullend oppervlak van circa 9.200 m², waarbij gecorrigeerd is voor de reeds aanwezige bodembescherming (stortsteen/beton) langs de kade van de Container Terminal van 15 meter breed. De verwachte maatschappelijke kosten als gevolg van de aanlegwerkzaamheden zijn ingeschat op EUR 253 duizend en bestaan hoofdzakelijk uit de omzet en winstderving voor CTT als gevolg van verminderde capaciteit tijdens de aanleg en nadeel voor de binnenvaartsector. De totale kosten voor deze variant komen daarmee op circa EUR 3,3 miljoen (zie bijlage 7).

Enkele aanvullingen op deze variant:

- Een verdere uitbreiding van de ondoorlatende laag aan de westzijde in het Twentekanaal om de westelijke flux af te vangen (zie figuur 2.26 en 2.27) zal de wegverlenging niet verder vergroten, omdat er dan kwel optreedt in de insteekehaven
- Het aanvullend voorzien van de insteekehaven van beton betekent, tesamen met uitbreiding aan de westzijde, een forse toename van zowel kosten (> EUR 10 miljoen), uitvoeringsduur als carbon footprint, waarbij
- De verontreiniging bovendien verder verspreidt naar het bodemlichaam aan de overkant van het Twentekanaal dat tot nu toe niet verontreinigd was, en

- De verontreiniging die opkwelt in de Strootbeek en vervolgens uitstroomt in het Twentekanaal wordt daarbij nog niet aangepakt. Voor een volwaardige maatregel dient ook de bodem van de Strootbeek voorzien te worden van een ondoorlatende laag

3.7 Variant 7: Aanbrengen ondoorlatende laag op bodem Twentekanaal met doorlatende vensters

Dit scenario is feitelijk een variant op scenario 6 waarin het voor HCH relevante deel van de waterbodem van het Twentekanaal wordt voorzien van een ondoorlatende laag van beton. Deze ondoorlatende laag van beton wordt in scenario 7 echter voorzien van een aantal doorlatende 'vensters', als een soort 'Funnel & Gate' systeem. Het idee hierachter is dat de vensters lokaal grondwater doorlaten waardoor ten opzichte van scenario 6 in mindere mate sprake zal zijn van een pluimtoename (verbreding/verlenging) in de bodem en de kweldruk op de ondoorlatende laag verlaagd wordt.

De doorlatende vensters zijn voorzien van een adsorptiemateriaal waarin HCH achterblijft en het grondwater zonder HCH vervolgens kan instromen in het oppervlaktewater van het Twentekanaal. Het principe van adsorptie is vergelijkbaar met de reactieve matconstructie zoals nader toegelicht in scenario 8 (paragraaf 3.8). De matconstructies in de vensters zijn gevuld met actief kool of biochar waaraan in eerste instantie adsorptie van HCH plaatsvindt en waarin en waarop na verloop van tijd tevens biologische afbraak plaatsvindt; actief kool / biochar fungeert daarbij tevens als dragemateriaal voor HCH-afbrekende micro-organismen (evenals van micro-organismen die verantwoordelijk zijn voor de afbraak van andere koolwaterstoffen zoals benzeen en chloorbenzenen).

Scenario 7 is hiermee ook een variant op scenario 8 waarin het voor HCH relevante deel van de waterbodem van het Twentekanaal volledig wordt voorzien van een waterdoorlatende reactieve mat. Het voorziene voordeel van scenario 7 ten opzichte van scenario 8 is dat het totale oppervlak van de reactieve matconstructie kan worden beperkt en de losse matelementen eenvoudiger vervangbaar/verwijderbaar zijn.

We gaan uit van de aanwezigheid van waterdoorlatende vensters over een oppervlak van 10 % ($\approx 1.250 \text{ m}^2$) van de totale ondoorlatende laag uit scenario 6 ($= 55 \text{ m} \times 230 \text{ m} \approx 12.500 \text{ m}^2$, dit is inclusief de reeds aanwezige verharding), bijvoorbeeld in de configuratie zoals geschetst in figuur 3.17. Volgens hydrologische beginselen wordt dan (slechts) een stuwing van 10 % (10 cm in plaats van 1 m zonder afdekking) van de oorspronkelijke kwel verwacht door de vensters.

Met andere woorden: ongeacht de effectiviteit van adsorptie (en biologische afbraak) in de vensters zelf, betekent dit dus dat 90 % van het verontreinigde grondwater nog steeds onder de verharding door migreert en vervolgens zijwaarts in oostelijke en westelijke richting alsnog in het Twentekanaal terechtkomt, ofwel verder verspreidt naar het bodemlichaam aan de overkant van het Twentekanaal dat tot nu toe niet verontreinigd was). Slechts een deelstroom van 10 % wordt dan behandeld in de vensters.

Deze optie heeft daardoor een marginale meerwaarde ten opzichte van scenario 6. Hoewel er meer vensters gemaakt kunnen worden in de ondoorlatende laag, zal dit ruim meer moeten zijn dan 10 % wat leidt tot een verschuiving naar scenario 8.

Een andere mogelijkheid om de kwel door de vensters met een totaaloppervlak van 10 % aanzienlijk te verhogen is door direct onder de ondoorlatende laag een hyperdoorlatende laag aan te brengen van grind die nauwelijks weerstand biedt tegen de kwelstroom en daarmee een voorkeurskanaal vormt. Hiervoor dient echter een extra laag van minimaal één meter over het vermelde oppervlak van 12.500 m² te worden ontgraven/gebaggerd en aangevuld te worden met eenzelfde volume aan grind. Vervolgens dient bovenop de grindlaag de ondoorlatende laag (met daarin de vensters) aangebracht te worden. In geval van beton bestaat daarbij de kans op inspoeling in en dus het risico van verstopping van de aangelegde grindbaan, nog even los van de onzekerheid van een effectieve werking.



Figuur 3.17 Schets vensters in ondoorlatende laag

Vanwege de verwaarloosbare toegevoegde waarde ten opzichte van scenario 6 en scenario 8 is dit scenario niet verder uitgewerkt noch op kosten gezet.

3.8 Variant 8: Aanbrengen reactieve mat op bodem Twentekanaal en Strootbeek

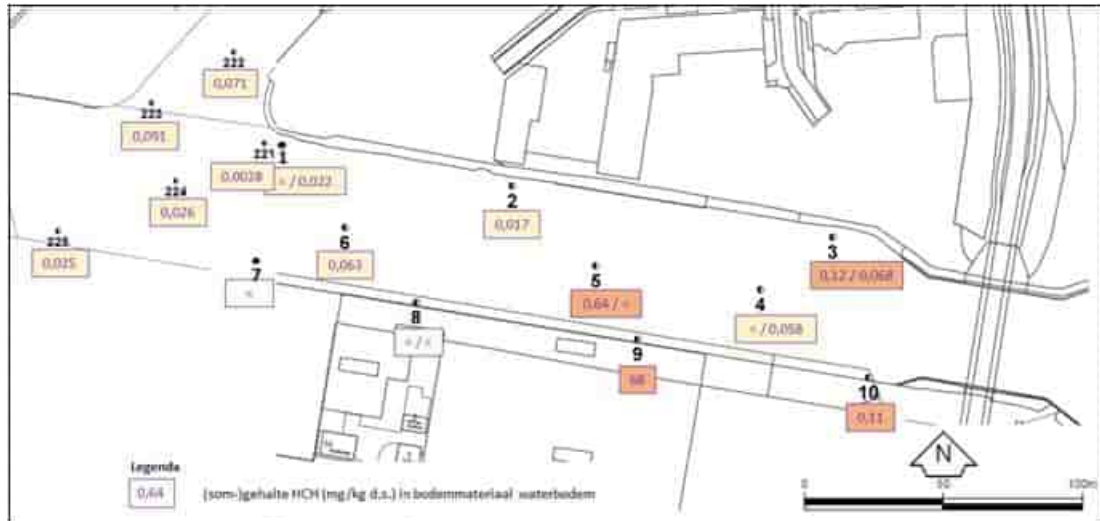
De HCH-piek die eind 2023/begin 2024 bij Wiene is waargenomen heeft zeer waarschijnlijk te maken met het vrijkomen van colloïdale deeltjes als gevolg van baggerwerk. HCH in oplossing zorgt echter voor een continu verhoogd niveau van HCH in het Twentekanaal. Door nu juist het opgeloste deel weg te vangen, kan deze continue verhoging worden weggenomen.

HCH adsorbeert sterk aan organisch stof. Toepassing van dit principe zorgt voor immobilisatie en vertraging van HCH. In 2018 is door TAUW een variant uitgewerkt voor de adsorptie van HCH uit kwelwater op basis van een reactieve mat gevuld met een adsorbent zoals actief kool of biochar op de waterbodem van het Twentekanaal. In de reactieve matconstructies vindt in eerste instantie adsorptie van HCH plaats. In en op de reactieve matconstructies vindt na verloop van tijd tevens biologische afbraak plaats; actief kool / biochar fungeert daarbij tevens als dragermateriaal voor micro-organismen en bevindt zich op het grensvlak van anaerobe en aerobe zone. (**N.B.** Biologische afbraak van HCH vindt voornamelijk plaats in de waterfase; de stof moet eerst in oplossing komen (desorberen) alvorens het substantieel kan worden afgebroken via opname in de bacteriecel of afbraak door exo-enzymen van bacteriën. Afbraak van de geadsorbeerde fractie kan alleen daar waar contact is met water waarin zich exo-enzymen bevinden; dit is beperkter dan afbraak vanuit oplossing). Deze constructie is door TAUW op grote schaal (110 meter x 5 meter) toegepast in de beek Lieve in Gent in het kader van EU-project RESANAT. Voor de projectreferentie wordt verwezen naar [Natural Catch - EU RESANAT](#).

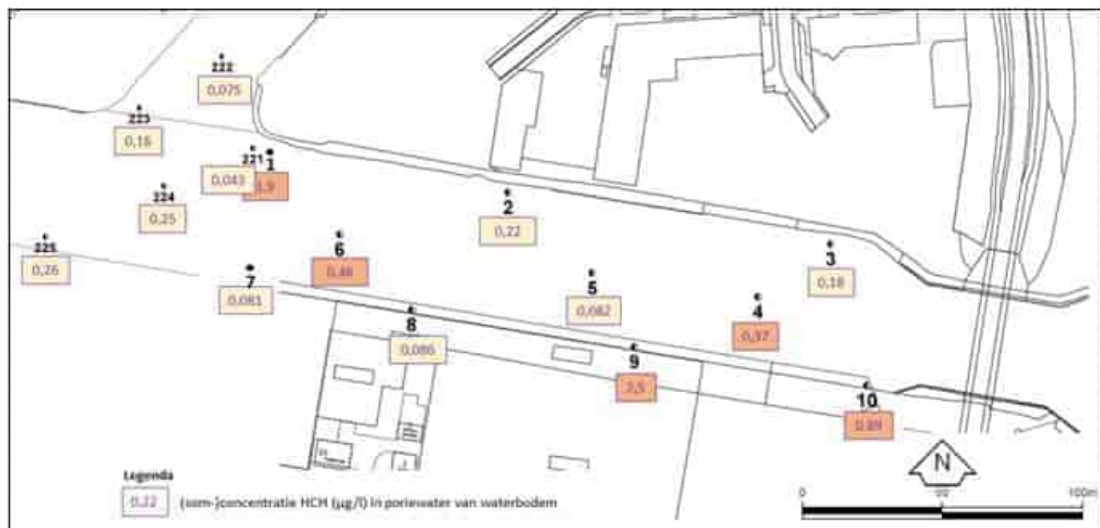


Figuur 3.18 Artist impression reactieve mat op waterbodem (bron: EU RESANAT)

Voorafgaand aan de uitwerking van een reactieve matconstructie is eerst een onderzoek uitgevoerd naar HCH-concentraties [24] in het poriewater en HCH-gehalten in het slib van de waterbodem op meerdere deellocaties. De resultaten hiervan zijn opgenomen in figuur 3.19 en 3.20. Op basis van de verdeling van HCH over dit deel van het kanaal kan de situering van een reactieve mat worden vastgesteld.



Figuur 3.19 Ruimtelijke verdeling HCH-gehalte in waterbodem (lit 24 en database TAUW 2017)



Figuur 3.20 Ruimtelijke verdeling HCH-concentratie in poriewater waterbodem (lit 24 en database TAUW 2017)

Vervolgens zijn meerdere adsorberende media getest in het laboratorium op stabiliteit en adsorptiecapaciteit, waaronder (gezeefd) witveen en actief kool. Iets dergelijks is herhaald in een onderzoek in 2021 [25]. Hoewel biochar in geen van beide onderzoeken is meegenomen, blijkt de meerwaarde hiervan wel in het EU-project RESANAT (2019-2022), waar TAUW het succesvol heeft getest en toegepast in een reactieve matconstructie in de beek de Lieve in Gent voor de aanpak van PAK, eveneens een stof met een sterke neiging tot adsorptie.

Een reactieve matconstructie bestaat uit:

- Aan de buitenzijde een dubbeldoek van geotextiel bestaande uit geweven fijnmazig materiaal aan de buitenkant voor de sterkte en non-woven materiaal aan de binnenkant om het adsorbent op zijn plek te houden

- Aan de binnenzijde een indeling in compartimenten met non-woven materiaal door ingenaaide tussenschotten. Hiermee wordt gegarandeerd dat het adsorptiemateriaal homogeen verdeeld over de constructie aanwezig blijft en er geen kortsluitstroming van kwelwater kan ontstaan tussen grondwater en oppervlaktewater
- In de compartimenten bevindt zich een adsorptiemateriaal, zoals actief kool, witveen of biochar
- De matelementen zijn van hijslussen voorzien
- Voor aansluiting op elkaar kunnen de matelementen worden voorzien van waterdichte overlappende folies.

De matten hebben een grotere waterdoorlatendheid dan de waterbodem. Voor een impressie van de matelementen wordt verwezen naar figuur 3.21, waarin foto's zijn opgenomen van de aanleg in het kader van het EU RESANAT-project in Gent (Natural Catch ^{TAUW}).



Figuur 3.21 Aanleg Natural Catch ^{TAUW} in Gent (bron: EU RESANAT)

De matten worden op maat gemaakt (afhankelijk van de situatie), waarbij een randvoorwaarde is dat ze hanteerbaar moeten zijn met het oog op hijsen (droog- en natgewicht, oppervlak), het vullen met adsorbent on site en een homogene verdeling van adsorptiemateriaal. Voor de toepassing in het Twentekanaal wordt vooralsnog uitgegaan van matelementen van 5 meter breed en 8 meter lang (40 m²). Voor een oppervlak van 9.200 m² zouden dan 230 matelementen nodig zijn. **NB** 'Er dient bij de afmetingen met het volgende rekening te worden gehouden: 1. De matten moeten on site worden gevuld met biochar/actief kool; in Gent is dit uitgevoerd door gebruik te maken van een 'ramp' (middels zwaartekracht). 2. De matelementen moeten kunnen worden gehesen, zowel tijdens plaatsing (droog) als verwijdering (nat). 3. De producent moet in staat zijn om dit te maken op bestaande machines: het is geen dagelijkse productie. Vandaar deze voorlopige afmetingen. De mogelijkheden van verdere vergroting zouden met zowel producent als aannemer besproken moeten worden.

In figuur 3.22 is schetsmatig weergegeven waar de reactieve matconstructie op basis van de resultaten in figuur 3.19 en 3.20 gesitueerd zou moeten worden om de grootste vracht aan HCH af te vangen. Ervan uitgaande dat er een bodembescherming (stortsteen/beton) aanwezig is langs de kade van de Container Terminal van 15 meter breed, en er dan nog 40 meter overbruggd dient te worden naar de overkant over een lengte van 230 meter, betekent een totaal oppervlak van circa 9.200 m² aan reactieve mat.

Hierbij zijn de geohydrologische inzichten, oftewel de stroombanen aan de westzijde (om diepe damwanden heen) en de oostzijde (via Strootbeek) zoals weergegeven in figuur 2.26 en 2.27, niet meegenomen. Om dat te dekken is er in het Twentekanaal een matconstructie met een lengte van in totaal 335 meter nodig (oppervlak 13.400 m²). In de Strootbeek is nog eens een lengte van 145 meter nodig met een beperkte breedte van 3,5 meter (incl. talud) (oppervlak 510 m²). Vooralsnog is het resultaat van het geohydrologisch model het uitgangspunt (oftewel figuur 3.23).

NB: Uit de geplande aanvullende bemonsteringen en analyses van het grondwater stroomopwaarts van de Strootbeek en van het oppervlaktewater uit de Strootbeek moet duidelijk worden in hoeverre de Strootbeek bijdraagt aan de HCH-flux naar het Twentekanaal.



Figuur 3.22 Schets ligging reactieve mat uitgaande van resultaten in figuren 3.19 en 3.20



Figuur 3.23 Schets ligging reactieve mat uitgaande van stroombanen in figuren 2.26 en 2.27

Voor de toepassing in het Twentekanaal wordt voornamelijk uitgegaan van matelementen van 5 meter breed en 8 meter lang (40 m^2). Voor een oppervlak van 13.400 m^2 zouden dan 335 matelementen nodig zijn.

Om opdrijven van een grote matconstructie te voorkomen in een groot oppervlaktewater zoals het Twentekanaal wordt een bovenliggend zinkstuk gebruikt, bestaande uit rijshouten wiepen (zie figuur 3.24). In en op het zinkstuk wordt een laag stortstenen aangebracht, waardoor de totale dikte van zinkstuk plus stortsteen op de mat 90 cm bedraagt. Daarmee is een extra baggerdiepte van circa 1,4 meter (rekening houdend met 0,2 m tolerantie) nodig om de constructie aan te kunnen leggen.



Figuur 3.24 Voorbeeld van een (klassiek) zinkstuk met wiepen (ook toegepast in Twentekanaal onder de bodemversterking bestaand uit breuksteen en colloïdaal beton)

Voor de toepassing in de Strootbeek wordt vooralsnog uitgegaan van matelementen van 3,5 meter breed en 5 meter lang ($17,5 \text{ m}^2$). Voor een oppervlak van 510 m^2 zouden dan 29 matelementen nodig zijn. Hiervoor is geen extra zinkstuk noodzakelijk, noch stortstenen. Wel dient rekening gehouden te worden met een verdieping van de waterbodem met minimaal 0,5 meter om de constructie onder water aan te kunnen brengen. Bovendien dient bij maaionderhoud langs de oever rekening te worden gehouden met de aanwezigheid van de mat: maaaien dient bij voorkeur handmatig te gebeuren om beschadiging aan de constructie te voorkomen. De eventuele vorming van slib op de bodem kan geminimaliseerd worden door een bovenstroomse slibvang. Slib op de reactieve mat kan indien nodig verwijderd worden door gebruik te maken van een slibzuiger.

Op basis van eerdere adsorptieproeven (TAUW, [24] 2018 en [25] 2021) wordt verwacht voor een mat gevuld met actief kool met een dikte van 30 cm bij een concentratie van $50 \mu\text{g/l}$ HCH in het kwelwater dat gedurende minimaal 50 jaar een rendement wordt gehaald van 95-98 %. Hierbij is uitgegaan van de in 2018 en 2021 vastgestelde adsorptiecapaciteit van respectievelijk $118 \text{ mg HCH / kg actief kool}$ en $23 \text{ mg HCH / kg actief kool}$ en een jaarlijkse kwel van $1,095 \text{ m/j}$ (3 mm/d). De adsorptiecapaciteit van biochar voor HCH zal wat lager liggen dan voor actief kool, met als gevolg een wat lagere levensduur indien biochar wordt ingezet¹⁰. Eén van de voordelen van deze variant is dat op korte termijn de oppervlaktekwaliteit verbetert doordat de aanvoer van verontreiniging direct ter plaatse van instroom in het oppervlaktewater wordt aangepakt.

De kosten van reactieve matconstructies in het Twentekanaal (13.400 m^2) en de Strootbeek (510 m^2) worden geraamd op circa EUR 15,1 miljoen uitgaande van actief kool en circa EUR 9,2 miljoen uitgaande van biochar. De maatschappelijke kosten als gevolg van de aanleg (omzet en winstderving CTT en nadeel voor de binnenvaart & kanaalbeheer) zijn geraamd op EUR 1,5 miljoen. De totale kosten voor deze variant op basis van actief kool komen daarmee op EUR 16,6 miljoen en EUR 10,7 miljoen indien gebruik gemaakt wordt van biochar.

Enkele aandachtspunten:

- Deze variant is niet een kwestie van 'plug-and-play': De matelementen moeten op maat worden gemaakt en er is een beperkt aantal producenten die dit kunnen/willen
- Tijdens de aanleg in het Twentekanaal zijn er beperkingen voor de scheepvaart. Er kan wel scheepvaart plaatsvinden (geen volledige stremming), maar er dient om de werkdam van schotten heen gevaren te worden. Bovendien zijn delen van de CTT tijdelijk niet bereikbaar
- Voorafgaand aan implementatie verdient het aanbeveling om de waterbodem in het Twentekanaal nog eens te controleren op HCH in poriewater en aan bodem-/slibdeeltjes. Wellicht ontstaat hierdoor voortschrijdend inzicht in het zwaartepunt van uittrede van verontreinigd kwelwater, waardoor de constructie kleiner kan worden uitgevoerd. De situatie zoals eerder vastgelegd kan immers in 2023 zijn verstoord door de baggerwerkzaamheden ter plaatse

¹⁰ Zoals eerder genoemd is de indicatieve vracht HCH die in het Twentekanaal komt en wordt afgevoerd $0,7$ tot $1,9 \text{ kg/jaar}$. Uitgaande van gemiddeld adsorptie $70 \text{ mg HCH / kg actief kool}$ kan de totale mat met een dikte van 30 cm over een oppervlak van 13.400 m^2 circa 110 kg HCH adsorberen. Levensduur: minimaal $110 / 1,9 = 58$ jaar; maximaal $110 / 0,7 = 160$ jaar. Voor biochar is de totale binding ongeveer 70 kg HCH . Levensduur: minimaal $70 / 1,9 = 37$ jaar; maximaal $70/0,7 = 100$ jaar

- Een eventuele verkleining van de omvang van de reactieve mat in het Twentekanaal zou nog bewerkstelligd kunnen worden door aan de overzijde van het kanaal eveneens een betonstrip van 15 meter aan te leggen. Daarmee zou de mat dan 8.380 m² worden in plaats van 13.400 m². Tegelijkertijd is de consequentie hiervan dat de kweldruk toeneemt en het adsorbent sneller opgeladen zal zijn met HCH, waardoor mogelijk een kortere duur van het 95-98 % zuiveringsrendement (van >50 jaar naar >30 jaar)

Tot slot: de reactieve mat zou ook onderdeel kunnen uitmaken van variant 9 als een soort plusvariant (zie ook paragraaf 3.9). Daarbij zou alleen de Strootbeek voorzien worden van een reactieve matconstructie, waarbij aan deze zijde geen in situ actief koolscherm nodig is.

3.9 Variant 9: In situ toepassing actief kool scherm in bodem

In scenario 8 wordt gebruik gemaakt van adsorptie van HCH in een constructie óp de waterbodem. Bij in situ toepassing van actief kool (scenario 9) gaat het om adsorptie in de bodem, door de bodem zelf te voorzien van actief kool als adsorptiemiddel. Voor landbodems is er ruime ervaring met dit principe, voornamelijk onder de naam PlumeStopTM (Regenesis). Voor waterbodems is er geen praktijkervaring mee.

Voor in situ toepassing van actief kool wordt een slurry bestaande uit colloïdale deeltjes actief kool geïnjecteerd in de bodem. Er is bovendien een polymeer toegevoegd aan de slurry om de actief kooldeeltjes langer in colloïdale toestand te houden en daarmee verder van het injectiepunt te krijgen voor een voldoende groot invloedsgebied.

Met het oog op de locatiespecifieke omstandigheden kan gedacht worden aan twee subscenario's:

- a. Injectie van colloïdaal actief kool in de waterbodem onder het kanaal als horizontaal scherm voor het afvangen van de verticale kwelflux van verontreiniging
- b. Injectie van colloïdaal actief kool in de landbodem direct tegen en onder de damwanden op het CTT-terrein als verticaal scherm voor het afvangen van de horizontale stromingsflux van verontreiniging

3.9.1 Ad a. In de waterbodem van het kanaal als horizontaal scherm

De waterbodem zou in dit geval over een oppervlak van circa 13.400 m² moeten worden voorzien van een actief kool slurry. Dit wordt gedaan door directe injecties in de waterbodem. Er dient op beperkte diepte in de waterbodem te worden geïnjecteerd (bijvoorbeeld in het traject van 1 tot 3 m onder de bovenkant van de waterbodem), omdat anders de kans bestaat dat het contact van de HCH-verontreiniging met het actief kool wordt gemist doordat HCH-verontreinigd grondwater via een ondiepere laag instroomt. De horizontale straal van invloed van de injecties wordt ingeschat op maximaal 1,5 meter (het betreft een inschatting omdat er geen ervaring is met injecties in een waterbodem direct onder het oppervlaktewater).

Met het oog op de technische haalbaarheid van deze subvariant dienen de volgende uitdagingen in overweging genomen te worden:

- De noodzakelijke precisie van injecties voor een volledige vlakdekking in combinatie met het werken vanaf een ponton en onder water zonder direct zicht. Rekening houdend met de bewegingen van het water / de ponton evenals met de locatiebepaling op het water ten opzichte van de waterbodem, maakt de uitvoering van injecties met een onderlinge afstand van 2,5 à 3 meter lastig
- Er is een zeer grote hoeveelheid injecties nodig van ruim 2.700 stuks, uitgaande van een straal van invloed van 1,5 meter en enige overlap bij een te bestrijken oppervlak van 13.400 m², evenals een zeer grote hoeveelheid actief kool slurry (ca. 6.000 m³)
- Door injectie van de slurry zal een grote hoeveelheid met HCH-verontreinigd poriewater worden verdrongen en uittreden in het oppervlaktewater waardoor een piekbelasting HCH optreedt in het oppervlaktewater tijdens de injectieperiode (zowel opgelost als colloïdaal HCH)
- Afhankelijk van de pakking van de waterbodem kan daarbij ook een deel van de slurry zelf uittreden in het oppervlaktewater met als gevolg een tijdelijk gitzwart oppervlaktewater
- De kans dat er permanente voorkeurskanalen voor en kortsluitstromingen van HCH-verontreinigd grondwater worden gecreëerd als gevolg van de injectiegangen door te hoge injectiedruk
- Bovendien dekt de injectie van een actief kool slurry in het Twentekanaal nog niet de uittrede van HCH in de Strootbeek. Ook de waterbodem van de Strootbeek zou dan nog moeten worden voorzien van de injectie van actief kool
- Tot slot ontbreekt het aan praktijkervaring met injectie van actief kool in een waterbodem direct onder het oppervlaktewater (dit is geverifieerde bij Regenesys)

Op basis van de genoemde uitdagingen wordt dit subscenario als technisch niet-haalbaar beoordeeld. Vandaar dat dit subscenario niet verder is uitgewerkt noch op kosten is gezet.

3.9.2 Ad b. In de landbodem op het CTT-terrein als verticaal scherm

Dit subscenario bestaat uit het injecteren van een actief kool slurry in de landbodem op of langs de CTT-locatie, op zo'n manier dat er een doorlatend verticaal adsorptiescherm ontstaat. Deze wordt aangelegd daar waar de stroombanen met HCH-verontreinigd grondwater uittreden (zie figuur 3.25 en 3.26):

- Onder de diepe damwanden tussen CTT-terrein en Twentekanaal door
- Om de diepe damwanden heen onder de ondiepe damwanden door in westelijke richting
- In oostelijke richting naar de drainerende Strootbeek.

Op basis van de huidige geohydrologische inzichten wordt er vooralsnog van uitgegaan dat er in al deze richtingen een verticaal adsorptiescherm met actief kool moet worden aangebracht (zie figuur 3.27).

Onder de diepe damwand

Er wordt een actief kool slurry geïnjecteerd in het verticale verlengde deel van de diepe damwand langs het Twentekanaal vanaf 1 meter boven de onderkant van de damwand tot 4 meter (eventueel op een enkele plek iets dieper) onder de onderkant van de damwand over een lengte van 230 meter. Op dit dieptetraject duikt het verontreinigde grondwater immers onder de damwand door om vervolgens weer naar boven te kwellen richting de waterbodem en uiteindelijk het oppervlaktewater van het kanaal.

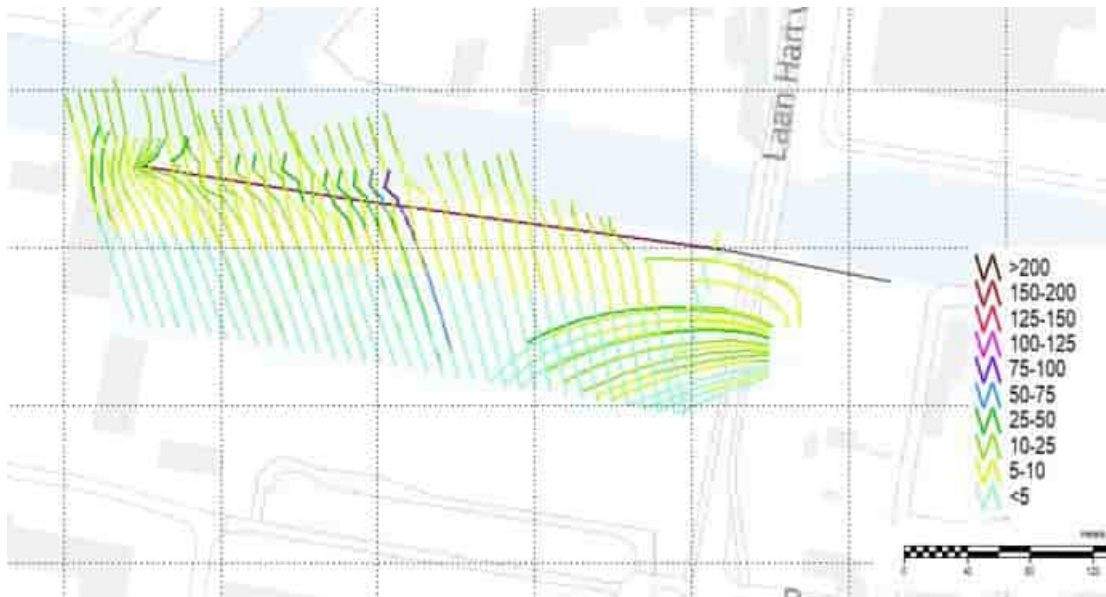
De actief kool slurry wordt geïnjecteerd van 16,5 m –mv tot 21,5 m –mv, waar matig fijne tot grove zanden met een redelijke doorlatendheid voorkomen. Over een lengte van 335 meter wordt elke 2,8 meter een directe injectie uitgevoerd; hierbij is in aanvulling op de invloedsstraal van injectie ook rekening gehouden met de aanwezigheid van ankers aan de damwanden die een onderlinge afstand van 2,8 meter hebben, waartussen zodoende geïnjecteerd kan worden. Op basis hiervan zijn in totaal 120 injectiepunten voorzien waarin elk 6 m³ product dient te worden geïnjecteerd (totaal circa 720 m³).

Langs de zijkanten van het terrein

Er treedt ook verontreinigd grondwater uit om de diepe damwand heen via de westelijke zijde van de locatie en aan de oostelijke zijde onder de Boekeloseweg door richting de Strootbeek, beide over een lengte van circa 100 meter en op een diepte van 2 tot 6 m -mv (de tussenzandlaag). Hier dient tevens een actief kool slurry te worden aangebracht. Uitgaande van een hart op hart afstand van 2,8 meter zijn in totaal 72 injectiepunten voorzien waarop elk 4,8 m³ product moet worden geïnjecteerd (totaal circa 350 m³).



Figuur 3.25 Kopie figuur 2.25 bovenaanzicht stroombanen referentiemodel vanuit freatisch pakket, modellaag 1 (start telkens met lichtblauw < 5 jaar reistijd)



Figuur 3.26 Kopie figuur 2.26 bovenaanzicht stroombanen referentiemodel, modellaag 3, watervoerend pakket (start telkens met lichtblauw < 5 jaar reistijd)



Figuur 3.27 Schets ligging reactief scherm met actief kool slurry

Als uit wordt gegaan van een schermdikte in de richting van de grondwaterstroming van circa 3 meter, een grondwaterstromingssnelheid ter plaatse van 15 m/j, een gemiddelde HCH-concentratie van circa 500 µg/l (op basis van peilbuis 1105 (9-20 m –mv) en 3013 (10-11 m –mv)) en een standaard verdunning van colloïdaal actief kool van 1:10 (uitgaande van PlumeStop), wordt op basis van indicatieve modelberekeningen verwacht dat gedurende >50 jaar een rendement wordt gehaald van 95-98 %.

Het intreden van het effect van deze maatregel op de oppervlaktewaterkwaliteit is geleidelijk vanwege de verschillende reistijden van de stroombanen. Zo zal een aanzienlijk deel van de freatische verontreinigingsflux al binnen 5 jaar zijn gestopt vanwege de korte reistijden (zie de lichtblauwe en gele uittredelijnen in figuur 3.25 die vanaf de maatregel tot in het oppervlaktewater dezelfde kleur behouden in oostelijke en westelijke richting in freatisch pakket). Alle verontreinigingen buiten het reactieve scherm stromen nog wel naar het oppervlaktewater.

De totale kosten van de twee verticale adsorptieschermen in de tussenzandlaag aan weerszijden van de locatie van elk 100 meter lang en het adsorptiescherm onder de diepe damwand van 335 meter lang, worden geraamd op circa EUR 3,4 miljoen (excl. BTW), inclusief AKW&R en begeleiding tijdens de aanleg. Er is in dit scenario geen extra monitoring voorzien.

De maatschappelijk kosten als gevolg van hinder voor de bedrijfsvoering van CTT zijn geschat op EUR 70 duizend.

Enkele aandachtspunten

- De diepte van injectie langs de damwand is vrij groot: er dient eerst 16,5 meter overbrugd te worden waarin ook klei- en veenlaagjes voor kunnen komen. Aanbevolen wordt voorafgaand aan full scale toepassing een drietal proefboringen/-injecties (pilot) op locatie uit te voeren tot de gewenste diepte. In de geraamde kosten is hier een bedrag voor opgenomen
- De verharde toplaag (breuksteen met beton) op het CTT-terrein dient bij elke injectiepunt eerst doorboord te worden en nadien hersteld. In de geraamde kosten is hier een bedrag voor opgenomen
- De containers aan de kade kant van CTT en op het noordelijke deel van de westzijde dienen tijdelijk verwijderd te worden. Dit heeft mogelijk ook consequenties voor de bedrijfsvoering; in de geraamde kosten is hier een bedrag voor opgenomen (maatschappelijke kosten)
- Het effect van slurryinjectie op de stabiliteit van de damwand. De injectie wordt uitgevoerd op enige afstand van de damwand en de damwanden zijn voorzien van ankers, waardoor geen negatieve invloed wordt verwacht. Ook Regenis verwacht op basis van ervaring geen effect. Aangezien er voorafgaand aan full scale toepassing eerst een pilot uitgevoerd dient te worden, kan dit aandachtspunt daarin meegenomen worden

Tot slot is er nog de optie om het actief kool scherm alleen langs de west- en noordzijde aan te leggen, en een reactieve mat in de Strootbeek aan te brengen (een combinatie tussen variant 8 en 9). Het aanbrengen van de reactieve mat alleen in de Strootbeek (onderdeel van variant 8) is een stuk eenvoudiger dan deze ook te moeten aanleggen in het Twentekanaal (de volledige variant 8). Voordeel is het directe effect op het HCH-deel dat via de Strootbeek in het Twentekanaal terechtkomt. Nadeel is dat waarschijnlijk met twee (onder)aannemers gewerkt moet worden.

3.10 Variant 10: Het zuiveren van het kanaalwater van het tweede pand

Het zuiveren van het oppervlaktewater in het tweede pand is als scenario onderzocht door Deltares in 2022 [26]. De informatie is aangeleverd zonder full scale doorvertaling. Het gaat om grote hoeveelheden water die met actieve kool gezuiverd moeten worden. Als locatie is gedacht aan het plaatsen van cassettes met actieve kool in de sluizen bij Hengelo en Wiene. De verblijftijden in de pilot lijken op dit moment te kort om voldoende afname van de HCH-concentratie te bereiken.

Een andere optie is het indirect zuiveren van kanaalwater dat door Nobian wordt opgepompt en gebruikt wordt als koelwater. Het werkelijke debiet van de kanaalwaterpompen bedraagt 1.700 m³/uur, 15 miljoen m³/jaar. Het koelwater kent zowel een inlaat (ter plaatse van de containerterminal) als een uitlaat. Het kanaalwater wordt ingenomen en vervolgens grotendeels gebruikt in de koeltorens, waarna via een warmtewisselaar de warmte wordt overgedragen aan het Warmtenet Hengelo. Vervolgens wordt het water weer geloosd in het kanaal. Het water is dan nog warm (30-40 °C).

Zuivering van het (koude) water aan de voorkant levert te veel risico op voor het productieproces van Nobian bij storingen in de zuivering. In de uitstroom van het koelwater van Nobian zouden echter cassettes met actief kool geplaatst kunnen worden. Het koelwater stroomt langs en gedeeltelijk door de filters. Hoewel het rendement per spoeling laag is, wordt verwacht dat door het vele spoelen (het onttrekkingsdebiet van Nobian is veel hoger dan het jaarlijks debiet van het Twentekanaal) de concentraties in het oppervlaktewater gedrukt kunnen worden. Het resultaat is echter niet gegarandeerd en mogelijk onvoldoende voor de norm. Door Deltares is in opdracht van Rijkswaterstaat een eerste schets en een indicatieve raming gemaakt voor de kosten van constructie en installatie: EUR 100-150 duizend. Stel nu dat de cassettes jaarlijks moeten worden vervangen als gevolg van fysieke en (in beperktere mate) chemische belasting (het adsorptierendement is al wat lager door de hogere temperaturen), dan zou voor een periode van 30 jaar gerekend moeten worden met circa EUR 4 miljoen (excl. BTW).

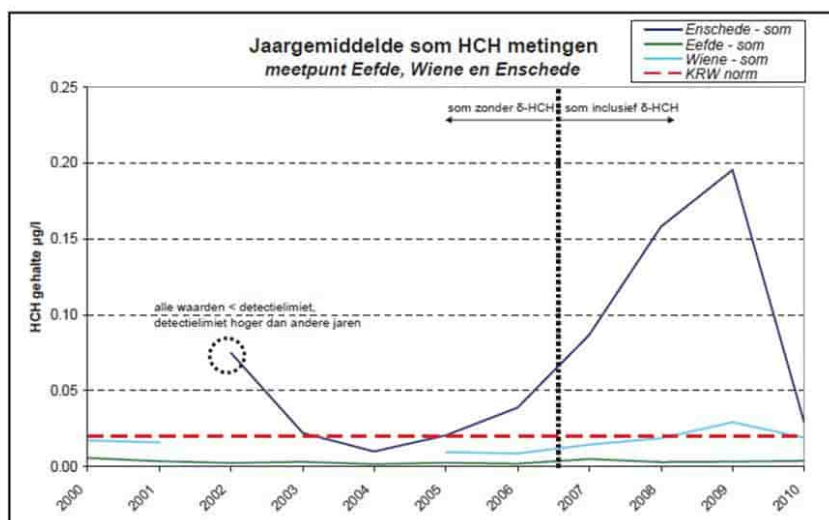
Een alternatief is om te werken met een tijdelijke constructie voor het zuiveren van het kanaalwater via de Nobian uitlaat, in combinatie met variant 9 (actief kool slurry). Hiermee kan de periode worden overbrugd waarin de norm in het Twentekanaal na het aanbrengen van het actief kool scherm nog niet is bereikt. Op deze manier kan mogelijk sneller het gewenste effect op de waterkwaliteit van het Twentekanaal worden bereikt.

Geadviseerd wordt om de optie van waterzuivering in de Nobian uitlaat in een vervolgfase nader te onderzoeken.

3.11 Autonome ontwikkeling met monitoring

De autonome ontwikkeling betreft onder andere de gewonnen reistijd door het vervangen van de oude damwanden in 2009 aan de oostzijde van het terminal-terrein. Op trajecten waar de damwand sterk aangetast was, zal het verontreinigde grondwater veel sneller verplaatsen via de tussenzandlaag naar het kanaal. In paragraaf 2.10 is beschreven dat in de huidige situatie ongeveer 80 % van de stroombanen in het freatisch pakket een reistijd van 25 jaar of minder heeft en ook kan gesteld worden dat 50 % van de stroombanen een reistijd van 10 jaar of minder heeft. In de situatie van 2009 zal dit percentage waarschijnlijk nog hoger hebben gelegen door de kortere damwand en de aantasting.

Een wegverlenging (met maximaal 10 jaar) zorgt voor aanvullende afbraak. Bij een eerste orde afbraaksnelheid van $2 \cdot 10^{-4}$ tot $5 \cdot 10^{-4}$ d-1 levert dit een concentratie-afname van 50 tot 80 % op. Er zijn geen duidelijke verschillen gemeten tussen de concentraties in het Twentekanaal voor en na het vervangen van de damwand – met uitzondering van de periode dat de beheersing plaatsvond van 2007-2009, zie figuur 3.28. De beheersing had namelijk een negatief effect door de lozing van het effluent. De gemiddelde HCH-concentratie nabij de Boekelosebrug (gemeten sinds 2011) schommelt al jaren tussen de 0,05 en 0,2 $\mu\text{g/l}$.



Figuur 3.28 Jaargemiddelde HCH-concentraties (som van 4 isomeren) voor de KRW-meetpunten Eefde, Wiene en Enschede ten opzichte van de KRW-norm [bron: 16]

Toekomstige baggerwerkzaamheden horen bij de autonome ontwikkeling, daarom is het van belang om te begrijpen wat er in 2023/2024 gebeurd is, toen een piek zich voordeed. Waarschijnlijk was het niet een kwestie van het verwijderen van een bufferende sliblaag waarin de meeste biologische activiteit plaatsvond. Er lag namelijk nauwelijks slib omdat het kanaal hier draineert in plaats van infiltreert.

Ook de scheepvaart heeft met aanleggen, keren en bewegingen bij de insteekhaven gezorgd voor opwoelen van de bodem, waardoor ook weinig slib kan blijven liggen. De gemeten piek betreft waarschijnlijk colloïdale deeltjes met daaraan geadsorbeerde HCH, die zijn losgekomen uit de bodem. De analyse op HCH heeft namelijk zonder filtratie plaatsgevonden. Dit zou dan ook betekenen dat er niet een extra vracht uit de bodem is gekomen door het baggeren en dat de situatie met de emissie vanuit de bodem niet is verstoord. En dat betekent weer dat we een piek alleen kunnen verwachten tijdens baggerwerkzaamheden en niet (structureler) door het wegvallen van adsorptie/afbraakvermogen van de bodem door de sliblaag weg te nemen.

Dit scenario levert geen structurele verbetering van de kwaliteit.

4 Afweging scenario's

4.1 Inleiding

In hoofdstuk 3 zijn de scenario's op hoofdlijnen beschreven en is aangegeven of ze technisch en financieel haalbaar zijn. De scenario's 3, 6, 8, 9 en 10 zijn als technisch haalbaar beoordeeld. Uitgangspunt hierbij is dat alle af te wegen scenario's leiden tot significante kwaliteitsverbetering van het oppervlaktewater en kunnen leiden tot een niveau dat voldoet aan de KRW-normen.

In dit hoofdstuk worden ze tegen elkaar afgewogen volgens een bepaalde systematiek. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het afwegingsmodel van TAUW. Het model is gebaseerd op de internationale norm ISO 18504 (Sustainable Remediation) en richt zich specifiek op de weging en beoordeling van meerdere indicatoren binnen de varianten op het gebied van People (maatschappelijke aspecten), Planet (milieuaspecten) en Prosperity (financiële, bedrijfs- en procesmatige aspecten). Het model biedt daarmee een volwaardig, duidelijk en transparant afwegingskader (lasten en baten) en leidt tot een onderbouwde keuze die verder reikt dan alleen op basis van technische haalbaarheid en kosten.

In het onderhavige geval van het Twentekanaal zijn de scenario's beoordeeld op de volgende indicatoren/criteria:

- Overlast voor omgeving (People)
- Eigenaarskwestie: medewerking/goedkeuring nodig van locatie-eigenaar (People)
- V&G-risico's tijdens aanleg en operationele periode (People)
- Snelheid van verbetering van oppervlaktewater kwaliteit (Planet)
- Invloed op grondwaterkwaliteit (Planet)
- Aanspreken van grondwatervoorraad (Planet)
- CO₂-footprint (Planet)
- Vorming van afval (Planet)
- Saneringskosten (Prosperity)
- Faalrisico (Prosperity)
- Verstoring bedrijfsactiviteiten (Prosperity)
- Actieve saneringsduur (Prosperity)

Opmerking: de complexiteit / technische uitvoerbaarheid van de scenario's is niet separaat meegenomen maar zit impliciet verwerkt in de V&G-risico's en/of het faalrisico.

De weging van de indicatoren is verschillend en is in onderling overleg tussen Rijkswaterstaat, Gemeente Hengelo en TAUW vastgesteld op een waarde variërend van 1 tot 4, waarbij indicatoren met een gewicht van 4 belangrijker zijn dan indicatoren met een gewicht van 1. Aan de indicatoren 'Snelheid verbetering oppervlaktewaterkwaliteit' en 'Faalrisico' en 'Saneringskosten' is een maximaal gewicht van 4 gehangen. De beoordeling van een scenario op de indicatoren heeft een score tussen 1 en 5, waarbij 1 een minimale of negatieve score is, en 5 een maximale of positieve score betekent.

In de paragrafen 4.2 tot en met 4.6 is een toelichting gegeven op de beoordeling per scenario van de verschillende indicatoren. In paragraaf 4.7 is een cijfermatig overzicht opgenomen van de scores en is/zijn de voorkeursvariant(en) benoemd op basis van totaalscores op de dimensies People (maatschappelijke aspecten), Planet (milieuaspecten) en Prosperity (financiële, bedrijfs- en procesmatige aspecten).

4.2 Scenario 3 Hydrologische beheersing (uitgaande van gestuurde boring)

Overlast omgeving

Beperkt. Er wordt vanuit gegaan dat vanaf de groenstrook /fietspad aan de oostzijde geboord zal worden. **Score 4**

Eigenaarskwestie

De maatregelen worden op of onder het CTT-terrein aangebracht. Er is zodoende toestemming nodig van de eigenaar. Aangezien de invloed op de bedrijfsactiviteiten beperkt is en zolang aangetoond kan worden dat de horizontaal gestuurde boring (drains) niet leiden tot zettingen, wordt verwacht dat de eigenaar medewerking zal verlenen. **Score 3**

V&G risico's

Alleen tijdens aanleg dient er rekening gehouden te worden met de relatief ondiepe en lange boringen onder het terrein door in relatie tot de smalle werkruimte groenstrook en aanwezigheid van fietspad en het talud van de Boekelose brug. **Score 3**

Snelheid verbetering opp. waterkwaliteit

Direct resultaat omdat kwel(druk) wordt stopgezet en dus geen nalevering aan oppervlaktewater meer plaatsvindt. **Score 5**

Invloed op grondwaterkwaliteit

Positieve invloed aangezien (langzaam) verontreiniging wordt verwijderd. **Score 5**

Aanspreken grondwatervoorraad

Negatieve invloed aangezien per jaar 43.800 m³ grondwater wordt onttrokken (over 30 jaar 12,4 miljoen m³ grondwater) en versneld afgevoerd via het Twentekanaal. **Score 1**

CO2 footprint

Drainmateriaal; energie voor pomp en zuivering; verbruik van actief kool en verbranding van actief kool (regeneratie (opnieuw) van HCH-beladen kool is onwaarschijnlijk). **Score 3**

Vorming van afval

Afval bestaat in dit geval voornamelijk uit slib dat periodiek vrijkomt bij regeneratie van de drains, slib uit de zuiveringsinstallatie en aan het eind van de levensduur het drainmateriaal zelf. NB: het geladen actief kool wordt verbrand en is reeds meegenomen in de CO2 footprint. **Score 4**

Saneringskosten

Investering en instandhouding gedurende 30 jaar mEUR 24,4 en maatschappelijke kosten mEUR 0,34. **Score 1**

Faalisico

Bestaat uit twee onderdelen: 1. Tijdens de aanleg de hinder door aanwezigheid puin / ondergrondse structuren met als gevolg dat niet elke drain (geheel) kan worden aangelegd 2. Zuivering tot gewenste waarde (en op aanvullende stoffen) is lastig, ook omdat één van de innamepunten (FBK-stadion) heel dichtbij ligt. Overigens kan overwogen worden om het FBK-innamepunt te verleggen om dit risico te elimineren. **Score 4**

Verstoring bedrijfsactiviteiten

Indien de drains aangelegd worden met horizontaal gestuurde boringen is de invloed op de bedrijfsactiviteiten van CTT nihil tot zeer beperkt. De aanleg van de deepwells zal enige overlast veroorzaken. **Score 4**

Actieve saneringsduur

Totdat de bron uitgeleverd raakt; in dit geval wordt er actief verontreiniging verwijderd en zal de bron sneller uitgeput raken dan onder natuurlijke condities. Maar nog steeds dient rekening gehouden te worden met enkele decennia. **Score 2**

4.3 Scenario 6 Ondoorlatende laag op waterbodem

Overlast omgeving

Groot. Voor de scheepvaart zal er hinder ontstaan tijdens de aanleg van beton of zandbentoniet op de bodem van het Twentekanaal. **Score 1**

Eigenaarskwestie

Er worden geen maatregelen getroffen op locaties van derden. **Score 5**

V&G risico's

Deze zijn er nauwelijks, ervan uitgaande dat een ervaren aannemer in de waterbouwtechniek de klus aanneemt. **Score 4**

Snelheid verbetering opp. waterkwaliteit

Direct resultaat omdat kwel van verontreinigd grondwater ter plaatse wordt stopgezet en er vervolgens vertraging optreedt voorafgaand aan uittreding van verontreinigd grondwater ten oosten en westen van de afdichtende laag. Door het baggeren kan een piek in de waterkwaliteit ontstaan. **Score 5**

Invloed op grondwaterkwaliteit

Een negatieve invloed aangezien de grondwaterverontreiniging zich verder verspreidt naar het bodemlichaam aan de overkant van het Twentekanaal dat tot nu toe niet verontreinigd was, en er daarmee een groter grondwatervolume verontreinigd raakt als gevolg van verspreiding **Score 1**

Aanspreken grondwatervoorraad

Er wordt geen grondwater onttrokken **Score 5**

CO₂ footprint

Er dient over een groot oppervlak (minimaal 9.200 m²) verharding te worden aangebracht. Ervan uitgaande dat er 150 l/m² (colloïdaal) beton wordt gebruikt (tussen de breuksteen op het zinkstuk), is in totaal minimaal 1.380 m³ beton nodig. Nog los van het transport van breuksteen, beton en vlechtwerk en de uitvoering van het werk zelf (brandstofverbruik) drukt dit zwaar op de CO₂ footprint (NB: voor de productie van deze hoeveelheid beton is al 2.400 kg/m³ * 1.380 m³ * 0,75 kg CO₂/kg = 2.483 ton CO₂ (≈ 271 Nederlandse huishoudequivalenten) nodig). **Score 1**

Vorming van afval

Er zal eerst 0,5 m gebaggerd moeten worden. Deze bagger kan waarschijnlijk niet worden hergebruikt (4.600 m³). **Score 2**

Saneringskosten

Investering van mEUR 3,1 en maatschappelijke kosten mEUR 0,253. **Score 4**

Faalisico

Zoals eerder vermeld wordt verwacht dat na 10 jaar instroom van verontreinigd grondwater elders in het kanaal plaatsvindt. Door de wegverlenging (met maximaal 10 jaar) vindt aanvullende afbraak plaats. Bij een eerste orde afbraaksnelheid van $2 \cdot 10^{-4}$ tot $5 \cdot 10^{-4}$ d⁻¹ levert dit uiteindelijk een concentratie-afname van 50 tot 80 % op. Dit is mogelijk onvoldoende om op langere termijn (>10 jaar) de KRW-norm te halen. In dat geval dient er op een later moment een aanvullende maatregel getroffen te worden met de bijbehorende kosten. Bovendien **Score 1**

Verstoring bedrijfsactiviteiten

Aangezien de scheepvaart hinder zal ondervinden tijdens de afdichting van de waterbodem van het Twentekanaal ondervindt ook de CTT hier hinder van. Escape is echter de 15 meter brede betonstrook langs de CTT. **Score 3**

Actieve saneringsduur

Enkele maanden. **Score 5**

4.4 Scenario 8 Reactieve mat op waterbodem (uitgaande van biochar)

Overlast omgeving

Groot. Voor de scheepvaart zal er hinder ontstaan tijdens de aanleg van de matconstructie op de bodem van het Twentekanaal. **Score 1**

Eigenaarskwestie

Er worden geen maatregelen getroffen op locaties van derden. **Score 5**

V&G risico's

Deze variant bestaat uit veel verschillende onderdelen, waaronder het vullen van de matelementen on site, hijsen en afzinken van matelementen en zinkstukken, het aanbrengen van stortsteen, vaarbewegingen en eventuele inzet van duikers voor het goed op elkaar laten aansluiten van de matten onder water. Het is zodoende een complex werk met meerdere onderdelen die elk een eigen risico inhouden. Bij de score wordt er rekening mee gehouden dat een ervaren aannemer in de waterbouw de klus uitvoert. **Score 3**

Snelheid verbetering opp. waterkwaliteit

Direct resultaat omdat de instroom van verontreiniging direct wordt aangepakt en dus geen nalevering aan oppervlaktewater meer plaatsvindt. Door het baggeren kan overigens een tijdelijke piek in de HCH-concentratie van het oppervlaktewater ontstaan. **Score 5**

Invloed op grondwaterkwaliteit

Neutraal. De grondwaterkwaliteit wordt niet positief of negatief beïnvloed. **Score 3**

Aanspreken grondwatervoorraad

Er wordt geen grondwater onttrokken. **Score 5**

CO2 footprint

Deze wordt bepaald door aanlegwerkzaamheden, transport van materieel (incl. stortsteen), productie biochar en geotextiel en extra baggerwerkzaamheden. Er wordt echter geen beton gebruikt (zoals in scenario 6) en er is in de opvolgende decennia geen energie nodig (zoals in scenario 3). **Score 4**

Vorming van afval

Er zal eerst 1,4 m gebaggerd moeten worden ter plaatse van het Twentekanaal. Deze bagger kan waarschijnlijk niet worden hergebruikt (18.760 m³). **Score 1**

Saneringskosten

De kosten bedragen circa mEUR 9,2 en de maatschappelijke kosten van mEUR 1,5. **Score 3**

Faalisico

Het faalisico is zeer beperkt. Hoewel er een kans bestaat dat enkele matelementen niet naadloos op elkaar aansluiten en dat de verdeling van het adsorbent in de matten niet homogeen is, zal de consequentie daarvan zeer beperkt zijn omdat veruit het grootste deel van het bodemoppervlak wel een goede dekking heeft, waardoor de totaalflux voldoende wordt gereduceerd om de norm te behalen. **Score 5**

Verstoring bedrijfsactiviteiten

Aangezien de scheepvaart hinder zal ondervinden tijdens de aanleg van de matconstructie op de waterbodem van het Twentekanaal ondervindt ook de CTT hier hinder van. Escape is echter de 15 meter brede betonstrook langs de CTT. **Score 2**

Actieve saneringsduur

Waarschijnlijk 4 tot 6 maanden. **Score 5**

4.5 Scenario 9 Actief kool scherm in landbodem

Overlast omgeving

Nihil. Activiteiten vinden plaats op het CTT-terrein (zie onderdeel 'Verstoring bedrijfsactiviteiten')

Score 5

Eigenaarskwestie

De maatregelen worden grotendeels op het CTT-terrein uitgevoerd. Er is zodoende toestemming nodig van de eigenaar. Aangezien de invloed op de bedrijfsactiviteiten beperkt is, wordt verwacht dat de eigenaar medewerking zal verlenen. **Score 4**

V&G risico's

Als vooraf duidelijk is waar de grondankers van de damwand zich bevinden en er voldoende werkruimte is, zijn er nauwelijks risico's. **Score 4**

Snelheid verbetering opp. waterkwaliteit

Er zal sprake zijn van een geleidelijk verbeterende oppervlaktewaterkwaliteit. Dit wordt veroorzaakt door de verschillende reistijden van stroombanen vanaf de maatregel tot in het oppervlaktewater van het Twentekanaal (deels rechtstreeks via de Strootbeek). Een aanzienlijk deel van de verontreinigingsflux zal binnen 5 jaar zijn gestopt, voorafgegaan door dalende concentraties in het Twentekanaal (en de Strootbeek).

Vooralsnog wordt verwacht, op basis van stroombanen en verontreinigingssituatie, dat na circa 5 jaar aan de KRW-norm zal worden voldaan op basis van de huidige hydrologische inzichten.

Score 3

Invloed op grondwaterkwaliteit

Licht positief, aangezien de grondwaterkwaliteit in het bodemvolume tussen locatiegrens en waterbodem (Twentekanaal en Strootbeek) verbetert. **Score 4**

Aanspreken grondwatervoorraad

Er wordt geen grondwater onttrokken **Score 5**

CO₂ footprint

Voor transport en aanleg is een beperkte hoeveelheid brandstof nodig. Het grootste deel van de CO₂ footprint ligt bij de productie van colloïdaal actief kool. Ten opzichte van de overige varianten is de totale footprint echter beperkt. **Score 5**

Vorming van afval

Er is geen sprake van afval. **Score 5**

Saneringskosten

Investeringskosten mEUR 3,4 en maatschappelijke kosten mEUR 0,07. **Score 4**

Faalisico

Het faalisico is zeer beperkt. Er is ruime ervaring met injecties tot circa 20 m -mv en er wordt vooraf een pilot uitgevoerd. Bovendien kan er relatief eenvoudig aanvullend worden geïnjecteerd (meer of dieper). **Score 5**

Verstoring bedrijfsactiviteiten

Bij de CTT zullen langs de kade batchgewijs groepen containers verplaatst moeten worden om ruimte te maken voor de injectiewerkzaamheden. **Score 4**

Actieve saneringsduur

Enkele maanden. **Score 5**

4.6 Variant 10 Zuiveren proceswater Nobian

Overlast omgeving

Nihil. De actief kool cassettes worden op/nabij het Nobian terrein ingehangen **Score 5**

Eigenaarskwestie

De maatregelen dienen afgestemd te worden met Nobian. Uitgelegd moet kunnen worden dat de maatregel niet voor een belemmering kan zorgen van het af te voeren debiet om het bedrijfsproces niet te verstoren. Dit kan kritisch zijn. **Score 2**

V&G risico's

Er zijn nauwelijks V&G risico's. **Score 4**

Snelheid verbetering oppervlaktewaterkwaliteit

Er wordt binnen een jaar verbetering verwacht van de oppervlaktewaterkwaliteit, gezien het hoge debiet van zuivering. NB: het behalen van de KRW-norm is onzeker (zie 'Faalrisico') **Score 4**

Invloed op grondwaterkwaliteit

Neutraal. De grondwaterkwaliteit wordt niet positief of negatief beïnvloed. **Score 3**

Aanspreken grondwatervoorraad

Er wordt geen grondwater onttrokken **Score 5**

CO2 footprint

Deze wordt bepaald door het jaarlijkse verbruik van actief kool. De productie van actief kool en de verbranding ervan zorgen voor een relatief hoge carbon footprint in een periode van 30 jaar. **Score 1**

Vorming van afval

De enige vorm van afval zouden de cassettes zelf kunnen zijn, mochten deze niet herbruikbaar zijn. NB: het geladen actief kool wordt verbrand en is reeds meegenomen in de CO2 footprint. **Score 4**

Saneringskosten

De saneringskosten worden globaal geraamd op EUR 4 miljoen voor 30 jaar. NB: dit dient in een later stadium nog nader door Deltares uitgewerkt te worden **Score 4**

Faalrisico

Er is geen ervaring met dit werkingsprincipe en dit hoge debiet, waarbij steeds een deel van de stroom (kort) in contact komt met het actief kool in de cassettes. Er zal een concentratiedaling teweeg worden gebracht, maar het is onbekend of hiermee uiteindelijk de KRW-norm behaald kan worden in het Twentekanaal. **Score 2**

Verstoring bedrijfsactiviteiten

Waarschijnlijk dient ten tijde van het inhangen/vervangen van actief kool cassettes de onttrekking even gestopt te worden. **Score 4**

Actieve saneringsduur

Totdat de bron uitgeleverd raakt; in dit geval wordt er niet actief verontreiniging verwijderd uit de bron en dient rekening gehouden te worden met >30 jaar. **Score 1**

4.7 Overzicht afweging

Assessment tool TAUW on sustainability indicators remediation and other soil works													
Dimensie		Afwegingsaspecten	Assessment score 3. Beheersing	Assessment score 6. Dichte laag	Assessment score 8. Reactieve mat	Assessment score 9. Slurry scherm	Assessment score 10. Proceswater	Gewicht	Eind score 3. Beheersing	Eind score 6. Dichte laag	Eind score 8. Reactieve mat	Eind score 9. Slurry scherm	Eind score 10. Proceswater
People	Overlast voor omgeving (geluid, stof, geur, verkeersbewegingen, trillingen, (water)wegafzetting)		4	1	1	4	5	2	8	2	2	8	10
	Eigenaarskwestie (medewerking eigenaar vereist)		3	5	5	4	2	2	6	10	10	8	4
	V&G risico's (tijdens aanleg en operationele periode)		3	4	3	4	4	3	9	12	9	12	12
	Subscore dimensie People									23	24	21	28
Planet	Snelheid verbetering oppervlaktewaterkwaliteit		5	5	5	3	4	4	20	20	20	12	16
	Invloed op grondwaterkwaliteit		5	1	3	4	3	1	5	1	3	4	3
	Aanspreken van grondwatervoorraad (afvoer van (schoon) grondwater)		1	5	5	5	5	1	1	5	5	5	5
	CO2 footprint (energie, materialen, chemicalien, redoxreacties)		3	1	4	5	1	1	3	1	4	5	1
	Vorming van afval (leiding- en filterwerk, slib, stortgrond, textiel)		4	2	1	5	4	1	4	2	1	5	4
	Subscore dimensie Planet									33	29	33	31
Prosperity	Saneringskosten		1	4	3	4	4	4	4	16	12	16	16
	Faalrisico (kans * financiële consequentie bij niet behalen saneringsresultaat)		4	1	5	5	2	4	16	4	20	20	8
	Verstoring bedrijfsactiviteiten		4	3	2	4	4	2	8	6	4	8	8
	Actieve saneringsduur		2	5	5	5	1	1	2	5	5	5	1
	Subscore dimensie Prosperity									30	31	41	49

Toelichting

- Assessment score

Beoordeling met een waarde tussen 0 en 5. De minimale (slechtste) score is 0, de maximale (beste) score is 5
- Gewicht

Dit zijn default (vaste) waarden tussen 1 en 4 die het relatieve belang van de indicator uitdrukken
- Kosten

Bestaat uit investering, operationele kosten en maatschappelijke kosten

4.8 Resumé afweging en aanbeveling voorkeursvariant(en)

Uit de afweging volgt dat er niet één variant is die op alle drie dimensies het beste scoort:

- Op de dimensie 'People' heeft het actief kool scherm (variant 9) de hoogste score, gevolgd door de zuivering van proceswater (variant 10)
- Op de dimensie 'Planet' heeft de reactieve mat (variant 8) samen met de geohydrologische beheersing (variant 3) de hoogste score
- Op de dimensie 'Prosperity' heeft het actief kool scherm (variant 9) de hoogste score, gevolgd door de reactieve mat (variant 8). Het verschil met de overige varianten is groot voor deze dimensie. Dat hangt voornamelijk samen met de hoge scores op faalrisico en saneringskosten

Drie afwegingsaspecten worden als zeer belangrijk beschouwd:

- Het faalrisico
- De saneringskosten
- De snelheid van verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit

Het faalrisico

De zekerheid dat een in te zetten variant leidt tot het gewenste resultaat is van het grootste belang. Oftewel het faalrisico van een variant mag niet groot zijn. Er zijn immers grote belangen gemoeid met het behalen van de KRW-norm in het oppervlaktewater van het Twentekanaal op het gebied van ecologie en het gebruik van het oppervlaktewater in droge tijden (beekinlaten, irrigatiewater landbouw). De variant 6 (afdichten van de waterbodem van het Twentekanaal) en 10 scoren dermate laag op het faalrisico, dat beide varianten op basis hiervan al afvallen als volwaardige hoofdvariant.

De saneringskosten

De saneringskosten van de geohydrologische beheersvariant (variant 3) liggen rond de EUR 25 miljoen. Dit is substantieel hoger dan van de varianten 8 en 9. De kosten van variant 8 liggen vervolgens weer substantieel hoger dan van variant 9, met circa EUR 11 tot 17 miljoen versus EUR 3,5 miljoen.

De snelheid van verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit

Variant 8 en 9 verschillen van elkaar in de snelheid van verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit. Omdat de reactieve mat (variant 8) aangrijpt daar waar de instroom van HCH in het oppervlaktewater plaatsvindt (zowel Twentekanaal als Strootbeek), zal na aanleg van de maatregel en doorspoeling van het laatste restant HCH in het oppervlaktewater de concentratie dalen tot onder de KRW-norm, oftewel de maatregel heeft na aanleg vrij spoedig het gewenste resultaat. Na aanleg van variant 9 zal het nog circa 5 jaar duren voordat de KRW-norm wordt behaald, waarbij in de tussenliggende jaren de HCH-concentratie in het oppervlaktewater gestaag afneemt.

Daarbij dient wel opgemerkt te worden dat:

- Variant 9 (het actief kool scherm) minder voorbereidingstijd vergt en een beperktere uitvoeringsduur kent, waardoor de maatregel naar verwachting een jaar eerder dan variant 8 kan worden opgeleverd
- Variant 9 tijdelijk gecombineerd zou kunnen worden met variant 10 waarmee een verdere zuivering gedurende de eerste 5 jaar kan worden bewerkstelligd dan op basis van variant 9 alleen (zie laatste alinea paragraaf 3.9)

Op basis van bovenstaande wordt duidelijk dat variant 8 en variant 9 beide belangrijke voordelen hebben ten opzichte van de varianten 3, 6 en 10.

Vanwege:

- De van elkaar onderscheidende voordelen van beide varianten
- De mogelijkheden tot combinatie van beide varianten (slurryscherm aan west- en noordzijde CTT-terrein, reactieve mat in Strootbeek) en
- De afhankelijkheid van gespecialiseerde toeleveranciers per variant (voor variant 8 het maatweefsel van geotextiel; voor variant 9 de slurry van colloïdaal actief kool)

wordt geadviseerd zowel scenario 8 als 9 verder uit te werken.

4.9 Overige aanbevelingen

De stalen damwand langs de CTT-locatie en Boekelosebrug dient regelmatig gecontroleerd te worden met bijvoorbeeld ultrasonic sensing en heeft bescherming nodig door een coating en door het installeren van kathodische bescherming.

Geadviseerd wordt om de optie van (tijdelijke) waterzuivering in de Nobian-uitlaat in een vervolgfase nader te onderzoeken.

Bijlage 1**Analyse RWS concentraties
Twentekanaal en afvoerhoeveelheden
periode januari 2021 – september 2024**

Vergelijking HCH-metingen, Afvoeren en baggerwerkzaamheden

versie 1, 11 oktober 2024

Gebruikte info:

- Reguliere HCH metingen (1x/4 weken een meting)
- Afvoergegevens bij Markelo (1^e pand)
- Info van PPO over uitvoering werkzaamheden
- Afvoergegevens van sluis Delden en Hengelo nog toevoegen
- Periode jan 2021 – sept 2024

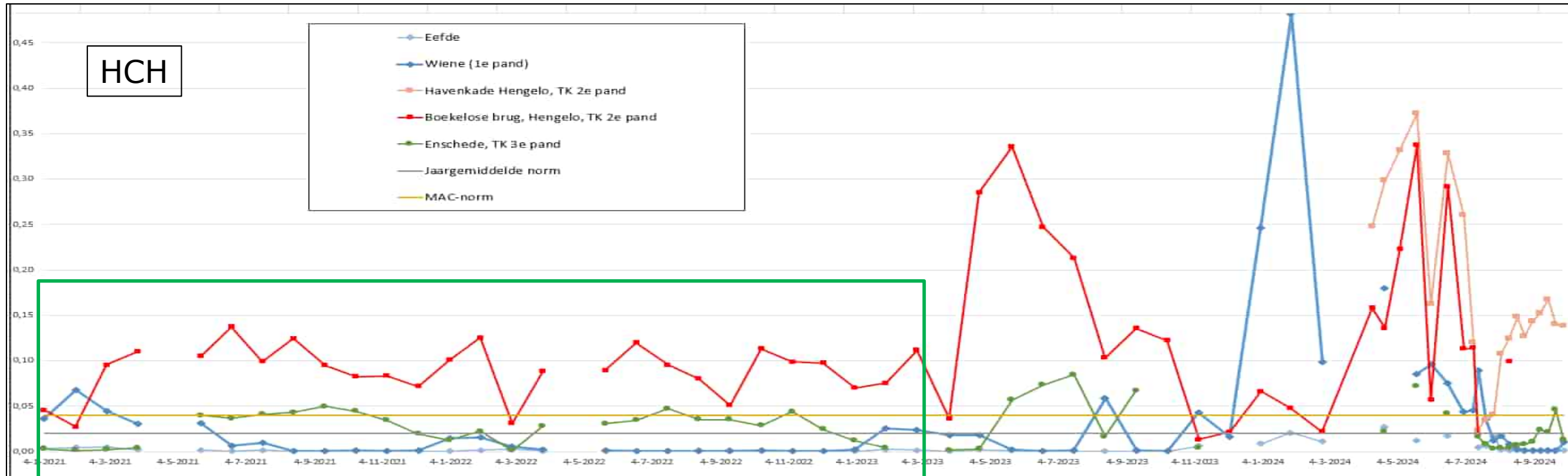
Voorlopige conclusies:

- Er lijkt verband tussen de uitgevoerde werkzaamheden (RWS en Hengelo) en de gemeten HCH-gehalten
- De verschillen in HCH pieken in Wiene en Boekelose brug lijken verklaard te kunnen worden door de wisseling in afvoer
- Onzekerheid door de veel lagere meetfrequentie HCH (1x/4w) vs afvoer (continu)

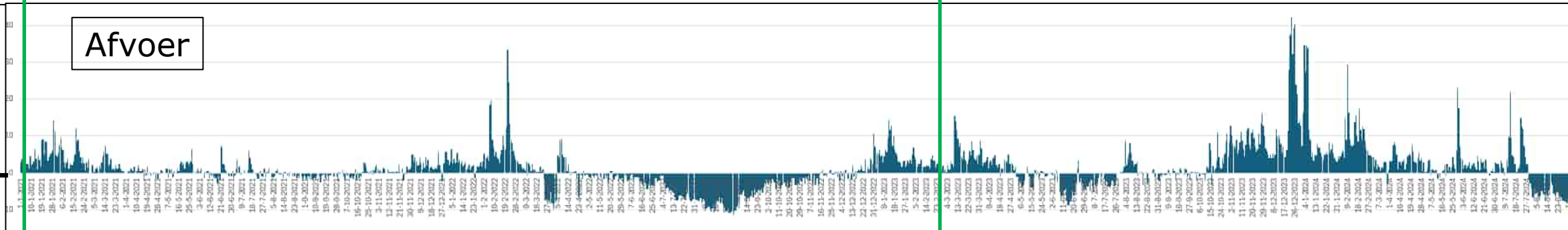
Leeswijzer:

In volgende pagina's zijn HCH-meetwaarden en afvoergegevens weergegeven 2021-2024
Per pagina wordt bepaalde tijdsperiode (**groene kader**) behandeld

HCH



Afvoer



1. Reguliere situatie: jan. 2021 – maart 2023:

Algemeen

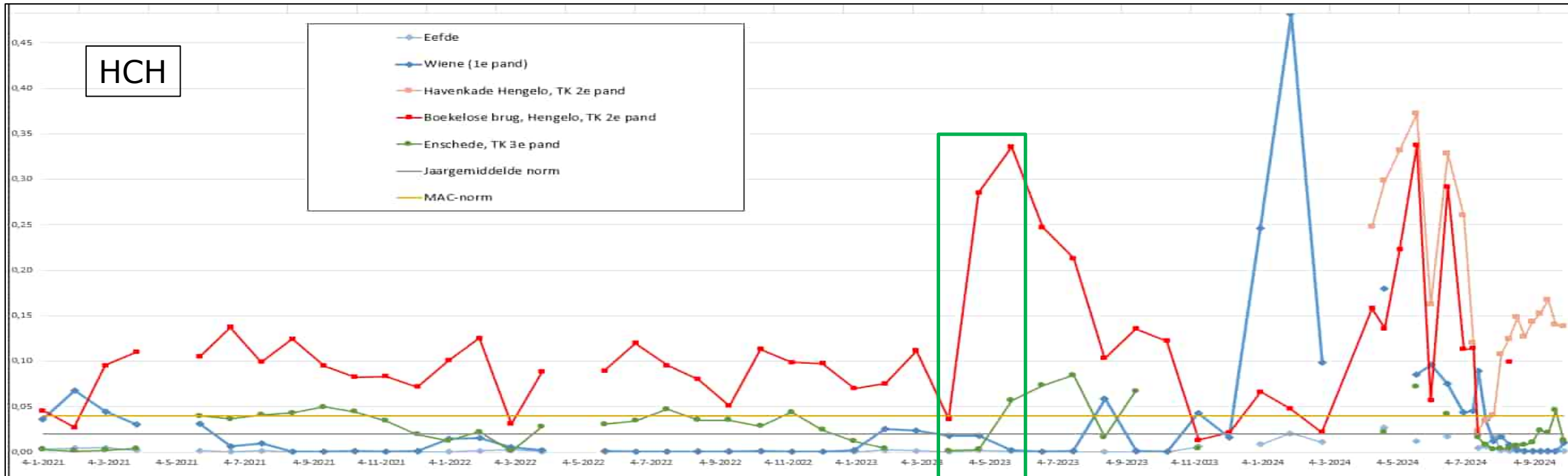
- Boekelose Brug: vrijwel altijd norm-overschrijding, 0,08-0,13 ug/l
- Wiene: voldoet meestal aan norm (uitz febr 2021)
- Het is redelijk stabiel, maar er is wel relatie met afvoer

Voorbeelden:

Mei-dec2022: weinig afvoer dus hogere HCH B.brug

feb2022: grote afvoer leidt tot afname HCH in B.brug (schoonspoelen)

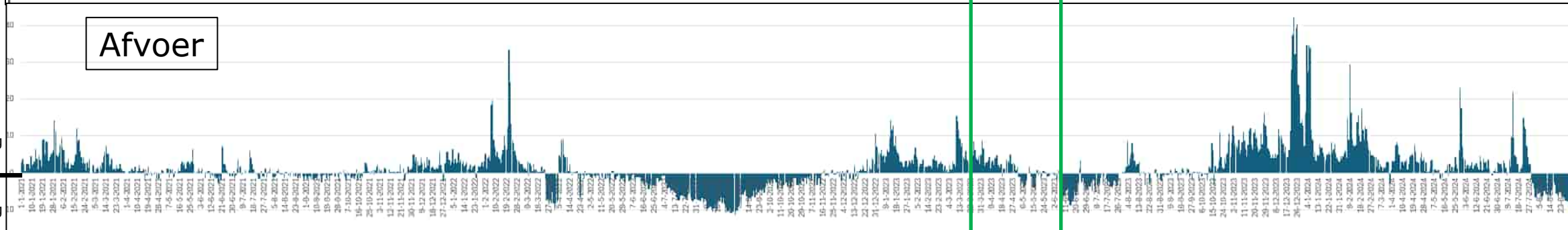
HCH



Afvoer

Afvoer
Richting
Ijssel

Afvoer
Richting
Twente



2. Baggerwerkzaamheden RWS april-mei/juni 2023

- Boekelose Brug: sterke piek boven norm tot 0,33 ug/l
- Wiene: geen verhoging
- Enschede loopt ook op agv oppompen HCH water uit 2^e pand

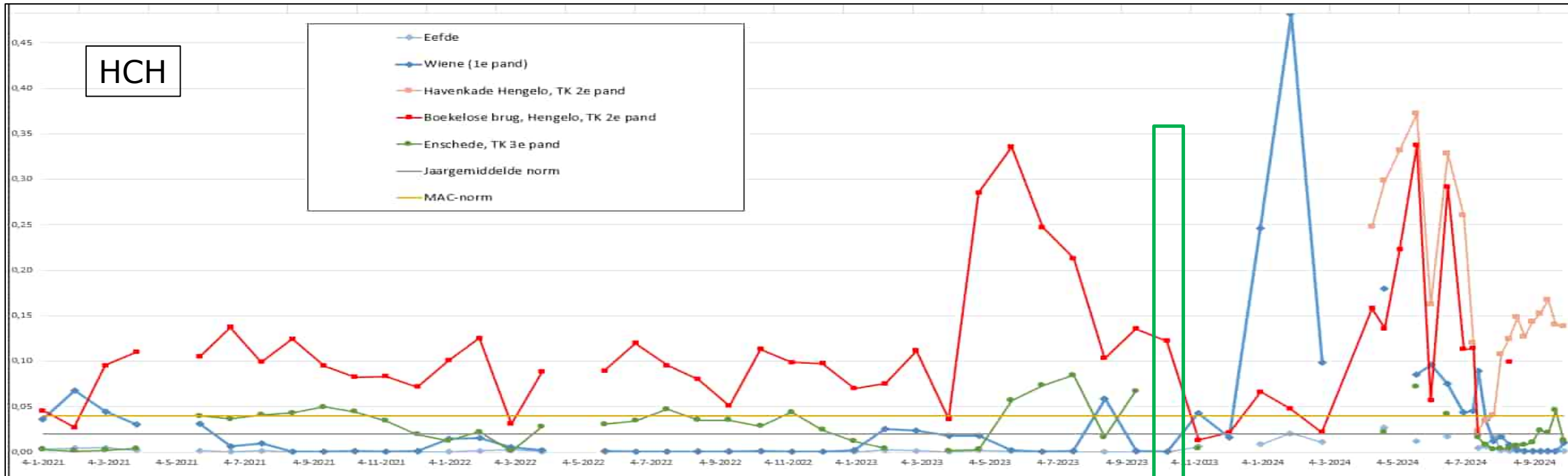
Afvoer:

weinig afvoer (droog seizoen) dus geen/nauwelijks afluat van 2^e naar 1^e pand

HCH B. brug blijven hoog (geen afvoer)

HCH Wiene (1^e pand) blijven laag (geen aanvoer van HCH-water uit 2^e pand)

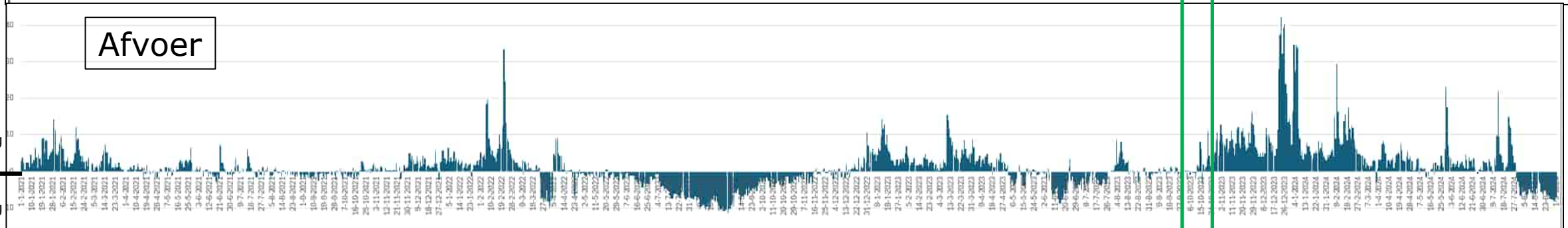
HCH



Afvoer

Afvoer
Richting
Ijssel

Afvoer
Richting
Twente



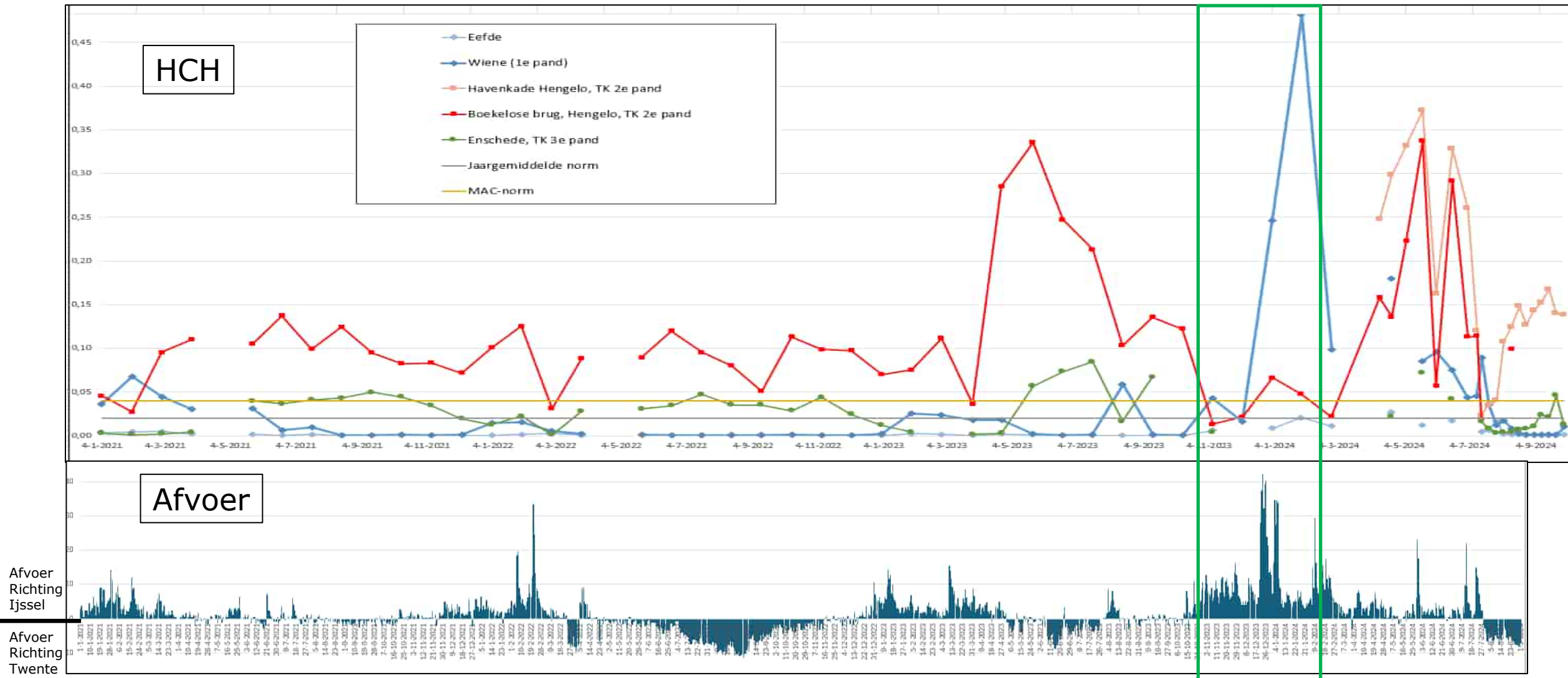
3. Verwijderen restanten Boekelose Brug 9-20 okt 2023

- Boekelose Brug: wel hoog maar geen duidelijke piek
- Wiene: laag, begint pas op te lopen in november

Afvoer:

Tijdens de werkzaamheden is er wel wat afvoer.

De uitvoerperiode is echter vrij kort vergeleken met monitoringsfrequentie dus effect is niet direct uit metingen af te lezen



4. (bagger)werkzaamheden Hengelo november 2023- januari 2024 (check!)

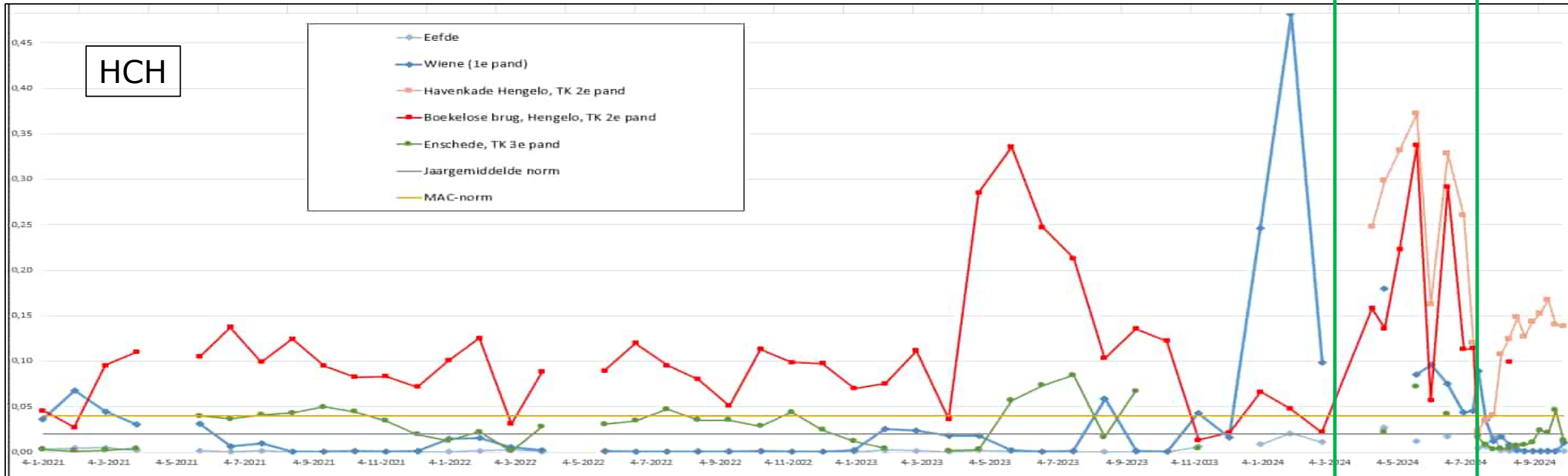
- Boekelose Brug: wel normoverschrijding , maar geen duidelijke piek
- Wiene: hoge piek dec + jan (max 0,45 ug/l)

Afvoer:

Er is in deze periode veel afvoer, dus veel aflat van water van 2^e naar 1^e pand. Hierdoor snelle afvoer van HCH uit de baggerzone naar 1^e pand. Dat wordt gemeten in Wiene

Afvoer sluis Delden en Hengelo toevoegen!

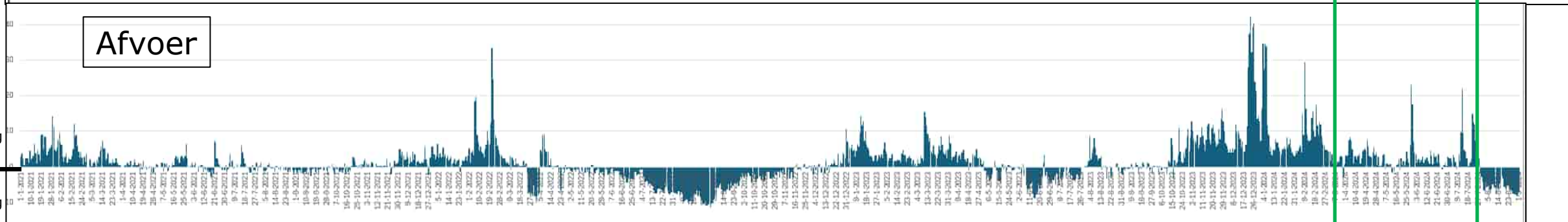
HCH



Afvoer

Afvoer
Richting
IJssel

Afvoer
Richting
Twente



5. Geen werkzaamheden meer (februari- juli 2024)

- Boekelose Brug/Havenkade: normoverschrijdingen, onregelmatig patroon, maar hoger dan in periode voor baggerwerkzaamheden
- Wiene: blijft boven norm maar minder dan piek in jan

Afvoer:

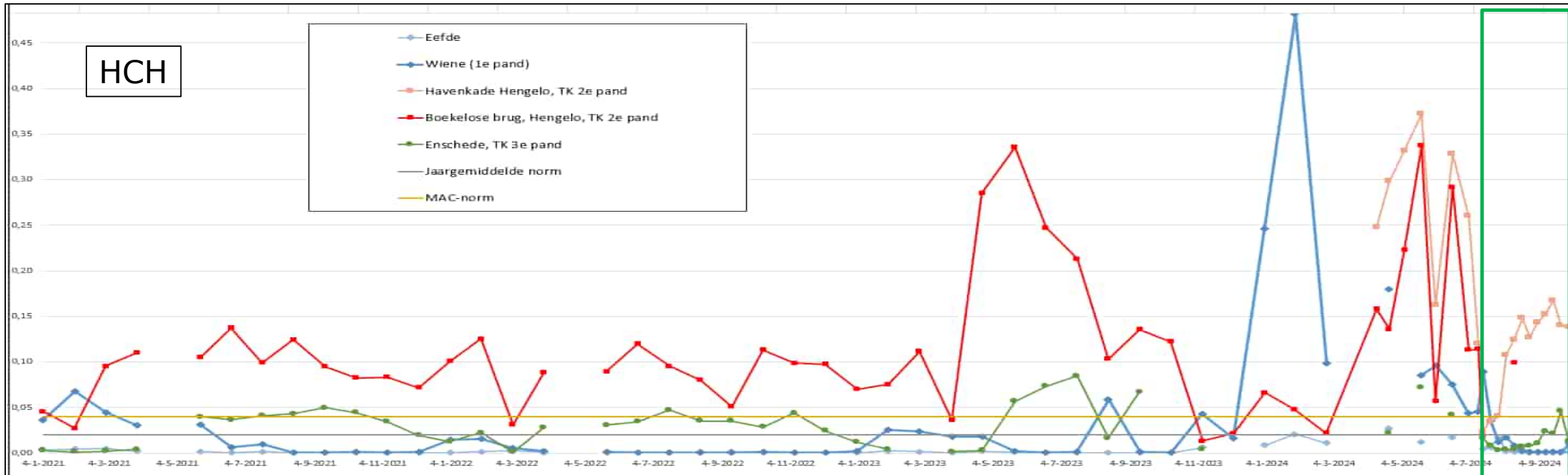
Er is in deze periode wel wat afvoer maar duidelijk minder dan de periode ervoor.

Enkele afvoerpieken begin juni, half juli en eind juli leiden tot:

- tijdelijke verlaging in 2^e pand (B. brug en Havenkade). Pand wordt schoongespoeld
- Tijdelijke verhoging bij Wiene: HCH-water uit 2^e pand stroomt naar 1^e pand

Afvoer sluis Delden en Hengelo toevoegen!

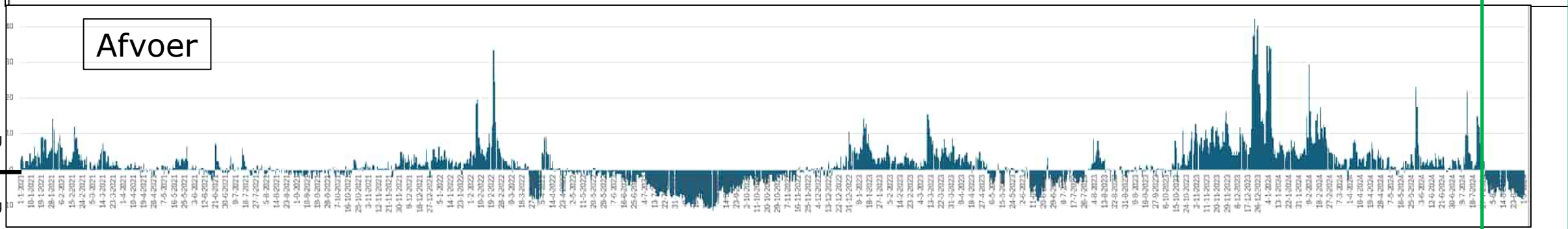
HCH



Afvoer

Afvoer
Richting
Ijssel

Afvoer
Richting
Twente



6. Start doorspoelen vanuit Eefde (29 juli 2024)

- Boekelose Brug/Havenkade: normoverschrijdingen (0,10-0,15 ug/l, stabiel en vergelijkbaar met 2021-2023)
- Wiene: dalen snel tot ver onder norm agv doorspoeling
- Enschede loopt op agv oppompen HCH-water uit 2^e pand

Afvoer:

Is constant negatief (dus richting Twente). Het gehele Twentekanaal wordt doorgespoeld met Ijsselwater, waardoor 1^e pand geheel voldoet aan norm

Bijlage 2 Immissietoets lozing 0,36 µg/l HCH

Lozingseis

Om de lozingseis voor HCH in het Twentekanaal te bepalen is gebruik gemaakt van de Immissietoets applicatie van Rijkswaterstaat¹¹. Hiermee kan het effect van een restlozing op het milieu worden bepaald en of de lozing vanuit waterkwaliteitsoogpunt acceptabel is. De restlozing is de lozing na het toepassen van de beste beschikbare techniek (BBT) voor zuivering. De applicatie is opgezet conform het Handboek Immissietoets¹². Toepassing van de immissietoets geeft onder meer invulling aan de doelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW).

De immissietoets bepaalt de concentratie als gevolg van een lozing in de directe nabijheid van een lozing en toetst of de concentratie op de rand van de mengzone, een in omvang gelimiteerd gebied, voldoet aan de geldende waterkwaliteitsdoelstelling en de concentratietoename niet leidt tot significante verslechtering van de waterkwaliteit. De toetsing wordt uitgevoerd in een aantal stappen en is opgezet om lozingen via een pijp (puntlozing) te beoordelen.

Stap 1 - Effluenttoets

In de eerste stap van de immissietoets wordt bepaald of de effluentconcentratie van de lozing groter is dan de MKN voor oppervlaktewater.

Stap 2 - Triviaaltoets

In de triviaaltoets wordt beoordeeld of lozingen triviaal zijn en zonder nadere beschouwing als aanvaardbaar kunnen worden bestempeld. Dit is afhankelijk van de grootte van het watersysteem. De toetsing bestaat uit het bekijken van de concentratieverhoging na volledige menging (die wordt berekend) en toetsing daarvan aan een generieke maximaal toelaatbare verhoging. De hoogte van dit maximum is afhankelijk van de grootte en aard van het watersysteem. De maximaal toelaatbare verhoging voor de stoffen bedraagt 0,75 % van de milieukwaliteitsnorm.

Stap 3 - Significantietoets

Hier wordt de concentratieverhoging berekend op de rand van de mengzone. Voor de Rijkswateren wordt hier standaard 10 % van de getalswaarde van de gewenste waterkwaliteit genomen.

Stap 4 – Normtoets JG

In deze stap wordt nagegaan of de concentratieverhoging opgeteld bij het achtergrondgehalte, niet leidt tot overschrijding van de gewenste (jaargemiddelde) waterkwaliteit. Een lozing die door deze toetsstap komt, kan zonder nadere eisen worden toegestaan.

¹¹ Immissietoets v1.14.4m, Immissietoets, Rijkswaterstaat, laatst bezocht 17 februari 2025

¹² Handboek Immissietoets, Rijkswaterstaat, 4 oktober 2019

Stap 5 – Normtoets MAC

In deze stap wordt nagegaan of de concentratieverhoging opgeteld bij het achtergrondgehalte, niet leidt tot overschrijding van de maximaal aanvaardbare concentratie op de toetsafstand.

De immissietoets is uitgevoerd op basis van de onderstaande applicatieparameters:

- Locatie: 4985 – TW_10_12
- KRW waterlichaam: Twentekanaal
- Stof: hexachloorcyclohexaan (ZZS) (HCH)
- JG-MKN: 0,02 µg/l
- Debiet van lozing: 200 m³/dag (0,0023148 m³/s)
- Achtergrondconcentratie: 0,0 µg/l
- Diepte kanaal: 2,33 m
- Breedte kanaal: 63,97 m
- Temperatuur: 17,6 °C
- Maatgevende lage afvoer: 0,04 m³/s
- Diameter lozingspijp: 0,2 m
- Locatie lozing: Oever – midden
- MAC-MKN: 0,04 µg/l
- Mengzone: 639,7 m (default afstand o.b.v. dimensies TK)

In de immissietoets is de Jaargemiddelde Milieukwaliteitsnorm (of JG-MKN) gehanteerd. Voor prioritaire stoffen gelden Europese normen voor jaargemiddelde concentratielimieten (JG-MKN volgens de richtlijn 2008/105/EG van 16 december 2008). Voor HCH geldt een JG-MKN waarde van 0,02 µg/l.

In de berekening wordt uitgegaan van een HCH achtergrondconcentratie van 0,0 µg/l. De verwachting is dat de beheersmaatregel ertoe leidt dat het met HCH verontreinigde grondwater niet meer via kwel terecht komt in het Twentekanaal. Daarnaast wordt aangenomen dat het bovenstroomse oppervlaktewater in het Twentekanaal geen HCH bevat.

Met de maatgevende lage afvoer wordt de verdunning van de lozing berekend volgens het Handboek Immissietoets¹³. Dit gebeurt door het 10de percentiel lage afvoer te bepalen op basis van 10 jaar recente metingen. De maatgevende afvoer is het debiet door het kanaal dat 10 % van de tijd lager en 90 % van de tijd hoger is. De immissietoets applicatie hanteert voor het 2e pand in het Twentekanaal een maatgevende lage afvoer van 0,04 m³/s (3.456 m³/dag), dit is de standaardwaarde voor dit deel van het kanaal. Ter vergelijking: Rijkswaterstaat heeft in het Twentekanaal een jaargemiddeld afvoerdebiet van 11.400 m³/dag bij sluis Hengelo vastgesteld over de periode van 2005-2009 [5]. Daarnaast is de afstand tot innamepunten in het Twentekanaal onbekend. Dit bepaalt lengte van de mengzone en is van invloed op de maximaal aanvaardbare lozingsconcentratie.

¹³ Handboek Immissietoets, Rijkswaterstaat, 4 oktober 2019

Om de lozingseis te bepalen zijn iteratief voor verschillende lozingsconcentraties berekeningen uitgevoerd. De maximaal aanvaardbare lozingsconcentratie is bepaald op 0,36 µg/l. De resultaten zijn hierna opgenomen in deze bijlage. Deze lozingsconcentratie resulteert in een jaargemiddelde concentratie lager dan de geldende JG-MKN van 0,02 µg/l op de toetsafstand aan de rand van de mengzone, dus op 640 m afstand van het lozingspunt.

2/10

Start immissietoets

Let op: binnenkort wordt een deel van de hydrologische gegevens geactualiseerd in het stroomgebied van de Rijn, Waal en Maas. Dit kan gevolgen hebben voor de resultaten na 1 juni 2024. Wanneer deze actualisatie toegepast is, is dat herkenbaar aan het versienummer 2.0.x.



Lat/Rode:

52.2481

Long/Rode:

6.7865



Locatie:

4985

TW_10_12



Dichtstbijzijnde lijn segment:

204490

Type ontvangend water
Zoet water - rivier/beek

Stof en bijbehorende normen

Kies een stof (zoek op CAS-nummer of naam):

hexachloorcyclohexaan (ZZS)

JG-MKN

0.02

µg/l

Landoppervlaktewateren wettelijk JG-MKN (totaal) (zoet water) (0.02)

Debiet van lozing

0.0023148

m³/s

Lozing concentratie

0.36

µg/l

Meetpunt met achtergrondconcentraties

Meetpunt:

Achtergrond concentratie

0

µg/l

Waterlichaam om in te lozen

KRW waterlichaam:

Twentekanalen

Drinkwaterdeel north

1

µg/l

RESULTATEN



 De berekening wordt uitgevoerd met de ingevulde velden.

Geavanceerde berekening - immissietoets

Water

Dimensies

Diepte

2.33 m ⓘ

Hydrologie

Temperatuur aan het oppervlak

17.6 °C ⓘ

Temperatuur bij de bodem

17.6 °C ⓘ

Maatgevende lage afvoer

0.04 m³/s ⓘ

Breedte

63.97 m ⓘ

Water Kwaliteit

KRW debiet



Effluent

Debiet

Dichtheid

999 kg/m³ ⓘ

Diameter (inzegepijp)

0.2 m ⓘ

Locatie

Horizontale locatie inzeging

Oever - ▼

Verticale locatie inzeging

Midden - ▼ ⓘ

Substantie

MAC MKN

0.04 µg/l Landoppervlaktewateren wettelijk MAC-MKN (totaal) (zoet water) (0,04) ▼

Mengzone

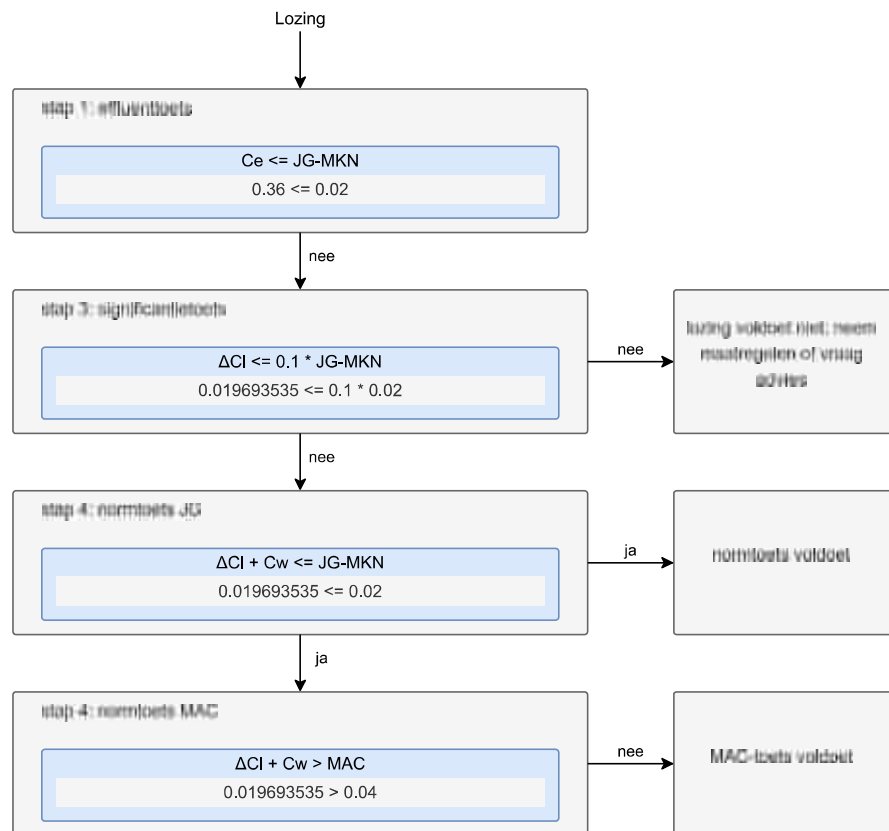
Mengzone

Gebruiker gedefinieerde afstand

**GEAVANCEERDE BEREKENING**

De geavanceerde berekening wordt uitgevoerd met de ingevulde velden.

Resultaten



Legenda

C_e = concentratie van de te lozen stof in de lozing (effluent)

JG-MKN = Jaargemiddelde Milieukwaliteitsnorm of -waarde (JG-MKE)

ΔCI = de concentratie van de te lozen stof na volledige menging triviaal = de triviale concentratieverhoging in procenten

ΔCL = de concentratie van de te lozen stof na (al dan niet gedeeltelijke) menging op afstand L

ΔCmp = de concentratie van de te lozen stof na menging op het monitoringpunt in het waterlichaam (beschouwd als volledige menging)

C_w = de concentratie bronstroom van de lozing

C_{vb} = de concentratie ter plaatse van het beschermde gebied

MN = maximumwaarde

Toetsafstand: 639.7 m

Concentratie op MKN toetsafstand: 0.019693535 µg/l

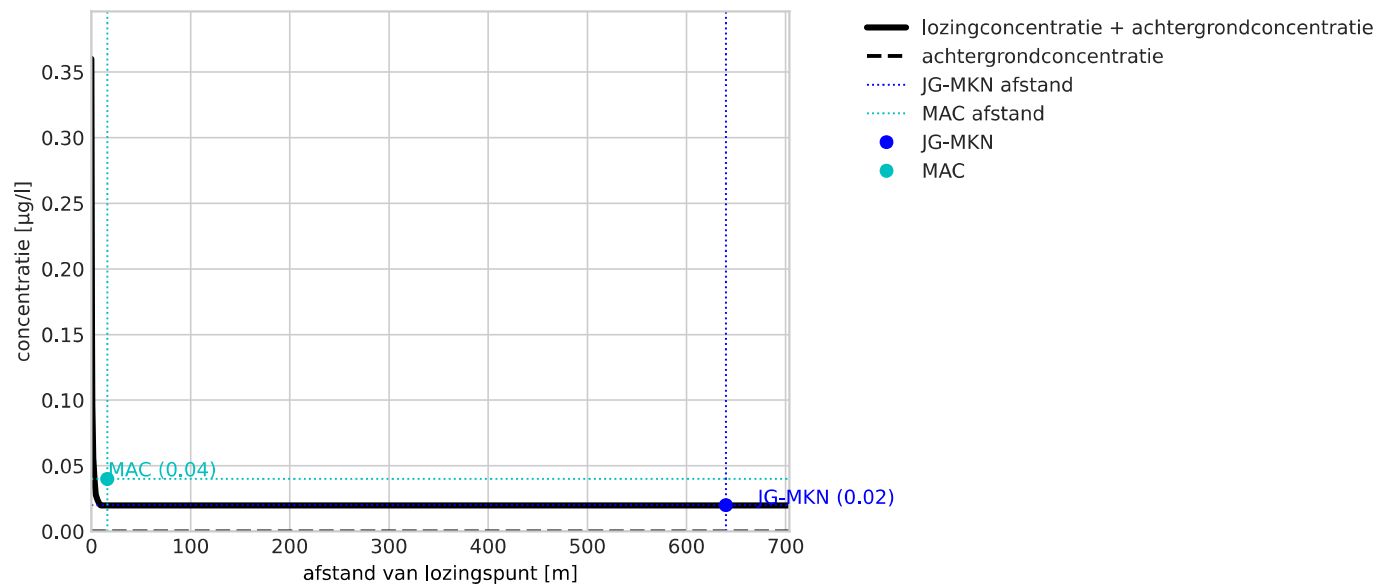
Concentratie op MAC toetsafstand: 0.019693535 µg/l

De concentratie op KRW waterlichaamniveau is 0.36 µg/l, gegeven een KRW debiet van 0 m³/s.

Drinkwater concentraties bij innamepunten

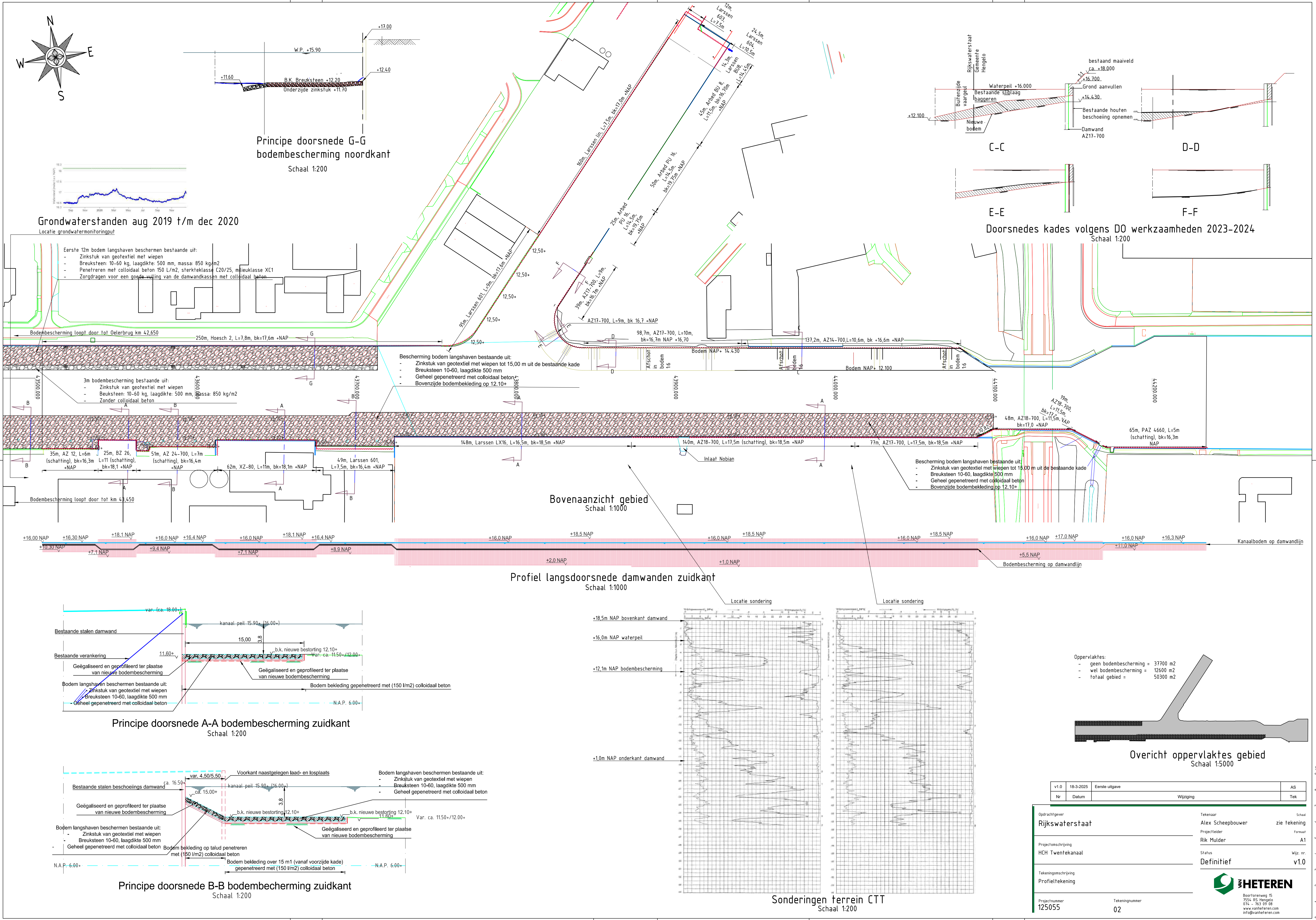
Locatie	Concentratie verhoging [µg/l]	Achtergrondconcentratie [µg/l]	Totale concentratie [µg/l]	Voldoet aan norm
Noodinlaat Kralingen	0	0	0	Ja
Ridderkerk, Reijerwaard, Nwe Maas	0	0	0	Ja
Noodinlaat Berenplaat	0	0	0	Ja
Middelharnis	0	0	0	Ja
Biesbosch	0	0	0	Ja
Hendrik-Ido-Ambacht, Noord	0	0	0	Ja
Noodinlaat Baanhoek	0	0	0	Ja
Scheelhoek	0	0	0	Ja
Heel	0	0	0	Ja
Nieuwegein	0	0	0	Ja
Brakel	0	0	0	Ja
Zwolle, Engelse Werk, IJssel	0	0	0	Ja
Andijk	0	0	0	Ja
Roosteren, Maas	0	0	0	Ja
Langerak, De Steeg, Lek	0	0	0	Ja
Bergambacht, C.Rodenhuis, Lek	0	0	0	Ja
Noodinnamepunt Bergambacht	0	0	0	Ja
Nieuw-Lekkerland, De Put, Lek	0	0	0	Ja
Lekkerkerk, Schuwacht & Tiendweg, Lek	0	0	0	Ja
Nieuwersluis	0	0	0	Ja

Grafische weergave pluim



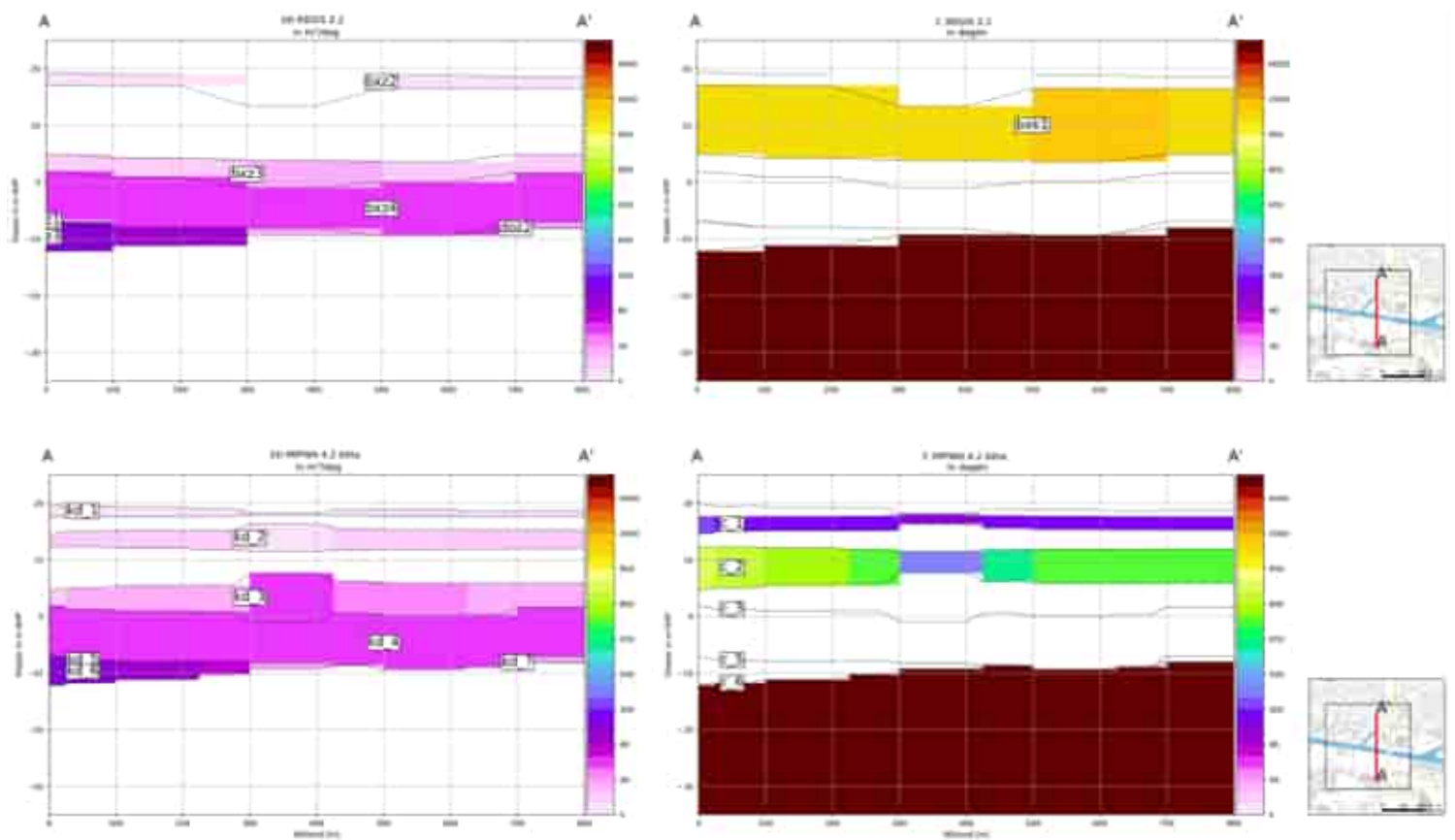
Laatste correcte berekening om: 14:50:10 17-02-2025

Bijlage 3**Tekening damwanden en
bodembekleding Twentekanaal**



Bijlage 4

Dwarsdoorsnede geohydrologisch model en REGIS II bodemschematisatie



Bijlage 5 Linktable complete deelmodel

Vertaling van de 20 eenheden naar de uiteindelijke modellagen en de gemiddelde k-waarde voor het gehele deelmodel. Zie MIPWA-documentatie voor een toelichting op het gebruik van de linktable.

Number	Name	Type	Percentage	Schema1	Schema2	AverageK
1	MV_eenheid	Aquifer	100	1	1	6,58854
2	bxz2	Aquifer	88,61	2	1	5,18699
3	bxk1a	Aquitard	84,74	-2	-1	0,00818
4	bxk1_zand	Aquifer	85,24	3	2	5,14718
5	bxk1b	Aquitard	85,33	-3	-2	0,00818
6	bxz3	Aquifer	76,69	4	3	5,60749
7	bxk2	Aquitard	7,2	-4	-3	0,00779
8	bxz4	Aquifer	94,64	5	4	5,34
9	drz1	Aquifer	50,34	6	4	20,1449
10	druik1	Aquitard	17,65	-6	-4	0,0016
11	drz2	Aquifer	21,29	7	5	20,308
12	DRG1k1_TNO2013	Aquitard	17,31	-7	-5	0,01599
13	drz3	Aquifer	76,76	8	6	27,1411
14	apz1	Aquifer	13,73	9	6	36,3877
15	ruk1	Aquitard	34,84	-9	-6	0,00023
16	ruz3	Aquifer	1,02	10	7	2,5402
17	ruz4	Aquifer	1,02	11	7	3,3308
18	doz2	Aquifer	46,47	12	7	1,46
19	dok1	Aquitard	100	-12	-7	0
20	doz4	Aquifer	41,96	13	8	0,05

Zie Bijlage 4 voor dwarsdoorsneden van de lagenschematisatie op basis van REGIS II en het uiteindelijke deelmodel. De 20 voorkomende REGIS-eenheden in het modelgebied zijn gereduceerd tot 8 modellagen door het samenvoegen van eenheden die opeenvolgend watervoerend of juist scheidend zijn. De wijze waarop dit is gedaan is opgenomen in deze bijlage 5. Rondom de locatie bevat het deelmodel de gemiddelde doorlatendheden en laagdiktes zoals weergegeven in tabel 2.

Tabel B5.1 Gemiddelde modellaagdikte en doorlatendheid op verontreinigingslocatie

Modellaag	Dikte modellaag [m]		Gemiddelde doorlatendheid kD [m ² /d]
	Watervoerend deel	Slecht doorlatend deel	
1	1.6	2.6	4.8
2	2.8	6.3	9.3
3	6.4	0.0	37.5
4	9.1	0.0	52.5
5	0.0	0.0	0.0
6	4.1	0.0	110.9
7	0.004	105.1	0.007
8	0.0	2.6	0.0

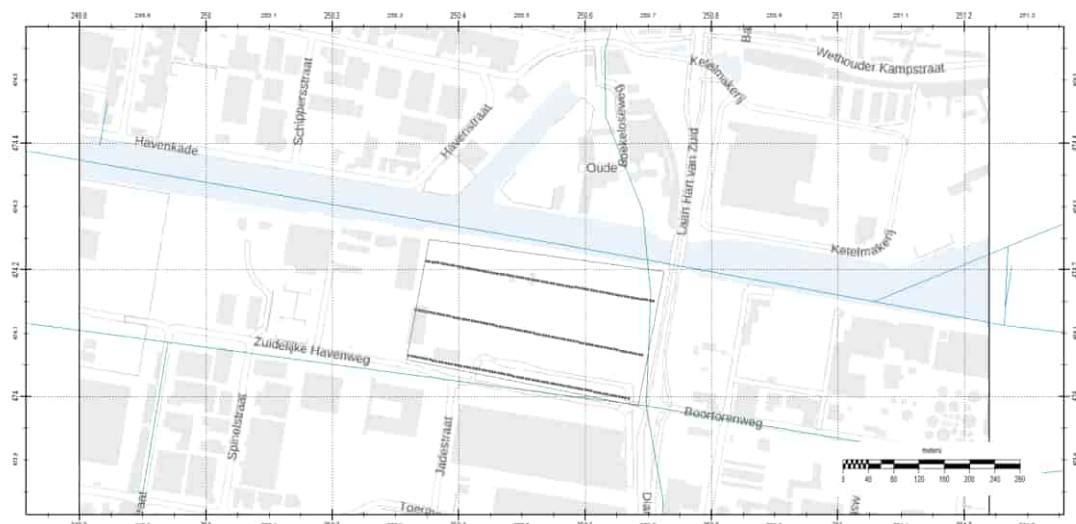
Het afgeleide deelmodel berekent de langjarig gemiddelde situatie. De validatieresultaten zijn overeenkomstig met de validatieresultaten van het regionale MIPWA grondwatermodel, maar langjarige tijdstijghoogtereeksen zijn schaars binnen het modelgebied en niet aanwezig in de directe omgeving van de projectlocatie. Het deelmodel is daarom aanvullend ook beoordeeld aan de hand van RxG's van korte meetreeksen (eind 2019 tot begin 2020) van peilbuizen in de nabijheid van het Twentekanaal en de projectlocatie. Een vergelijking van de stijghoogtes in modellaag 3 (bovenzijde watervoerend pakket) met de gemiddeld gemeten stijghoogten geeft rondom de projectlocatie geen grote afwijkingen weer (zie hoofdstuk 2.21), met de kanttekening dat het model ten westen van de verontreinigingslocatie een overwegend lichtelijk droger modelresultaat geeft.

Het referentiemodel is stationair gedraaid met de volgende stijghoogtes als resultaat op de verontreinigingslocatie, zie tabel 3.

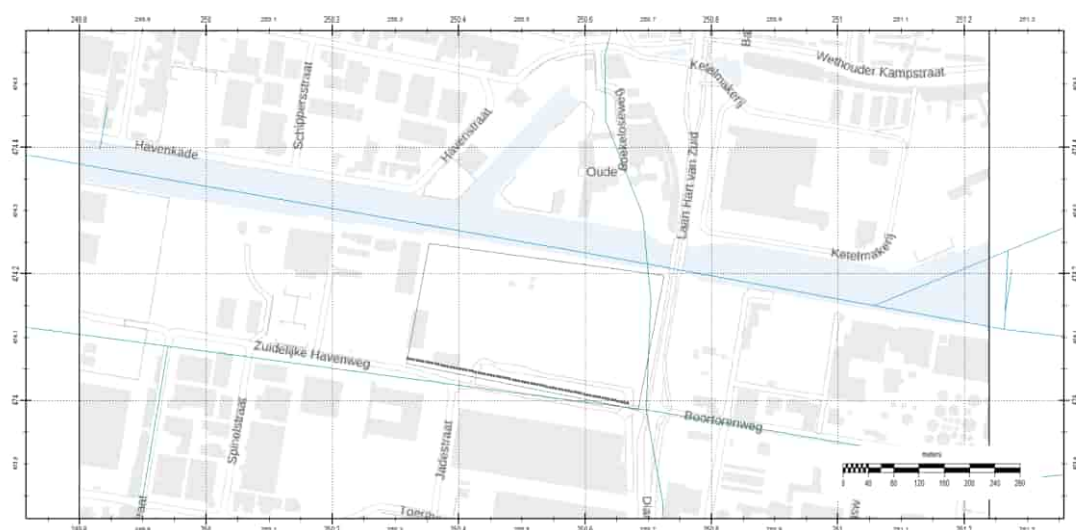
Tabel B5.2 Gemiddelde stijghoogte verontreinigingslocatie

Modellaag referentiemodel	stijghoogte [m+NAP]
1	17.474
2	17.436
3	17.384
4	17.383
5	17.383
6	17.383
7	17.204
8	17.178

Bijlage 6 Startpunten stroombaanberekeningen



Figuur B6.1 Startpunten stroombaanberekeningen vanuit modellaag 1



Figuur B6.2 Startpunten stroombaanberekeningen vanuit modellaag 3

Bijlage 7**Maatschappelijke kosten berekend met
AI**

Voorbehoud & aansprakelijkheidsdisclaimer

De in dit rapport opgenomen gegevens, ramingen en berekeningen zijn opgesteld door bij TAUW beschikbare informatie en door TAUW AI Assistant: TAUWee – versie 1.2 (juli 2025), Advanced Reasoning. Gebouwd op het GPT-4o-model van OpenAI en specifiek afgestemd voor de toepassingen van TAUW. Hierbij is gebruik gemaakt van openbaar beschikbare bronnen, algemene kengetallen en aannames die – naar beste inzicht van de opstellers – op het moment van schrijven (prijspeil 2025) als actueel en plausibel worden beschouwd. Ondanks de zorgvuldigheid waarmee deze informatie is samengesteld, kunnen onnauwkeurigheden of onvolledigheden niet volledig worden uitgesloten.

- Alle cijfers dienen te worden opgevat als indicatieve orde-grootte-schattingen; ze vormen geen gedetailleerde kosten- of investeringsbegroting, noch een vervanging voor een project-specifieke engineering-, markt- of milieustudie.
- De gehanteerde aannames (bijvoorbeeld productievolumes, marktprijzen, emissiefactoren, discontovoeten en sociale kosten) kunnen in de praktijk afwijken door veranderende marktomstandigheden, beleidswijzigingen of project-specifieke omstandigheden.
- Aan de inhoud van dit document kunnen geen rechten worden ontleend. TAUW B.V., de opsteller(s) en de gebruikte (openbare) bronnen aanvaarden geen enkele aansprakelijkheid voor directe, indirecte, gevolg- of andersoortige schade die voortvloeit uit het gebruik van, het vertrouwen op of handelingen verricht naar aanleiding van de in dit rapport opgenomen informatie.
- Ontvangers van dit rapport wordt dringend geadviseerd om – vóór zij besluiten nemen of verplichtingen aangaan die (mede) zijn gebaseerd op de hier gepresenteerde gegevens – zelfstandig of met behulp van deskundigen aanvullende verificaties en projectspecifieke analyses uit te voeren.
- Door dit rapport te raadplegen of te gebruiken, verklaart de lezer zich uitdrukkelijk akkoord met bovenstaande voorwaarden.

Variant 1 Sloop, Nieuwbouw en maatschappelijke kosten

Aan de Zuidelijke Havenweg in Hengelo is een containerterminal aan het Twentekanaal gevestigd. Wat zullen ongeveer de kosten zijn voor sloop en herbouw van deze containerterminal, maar ook de Omzet- en winstderving? Graag ook de maatschappelijke kosten, zoals het feit dat tijdens de sloop en herbouw containers niet meer per schip maar per vrachtwagen dienen te worden vervoerd, schade lokale economie, meer emissie van stikstof, CO2 en fijn stof, meer verkeersongevallen.

1. Investeringskosten – sloop & nieuwbouw terminal			
Kostenpost	Kengetal / aannames	Bedrag (mln €)	Subtotaal (mln €)
Sloop/verwijderen verharding 7 ha	€130/m ² zwaar beton-yard incl. fundatie & drainage	9,1	
Sloop kantoor 800 m ² (5 600 m ³ × €25)		0,1	
Sloop garage 1 500 m ² (9 000 m ³ × €25)		0,2	
Verwijderen oude kade 150 m	€7 000/m	1	
Subtotaal Sloop			10,4
Nieuwe kade 150 m, damwand 18 m	€35 000/m	5,3	
Nieuwe yardverharding 7 ha	€60/m ²	4,2	
Kraaninstallaties	2 RMG-kranen à €3 mln	6	
Herbouw kantoor	800 m ² × €1 750	1,4	
Herbouw garage/werkplaats	1 500 m ² × €1 000	1,5	
Nuts, IT, terrein-inrichting, security	15 % van posten B-F	2,7	
Engineering & projectmanagement	10 % van B-G	2,1	
Onvoorzien	10 % van nieuwbouw B-H	1,7	
Subtotaal Nieuwbouw			24,9
Totale investeringskosten (A+Nieuwbouw)			35
2. Bijkomende (bedrijfs- en maatschappelijke) schade door 24 mnd stilstand			
Post	Schade 2 Jaar (mln €)		
Omzetderving terminal	12		
Winstderving exploitant	1,4		
Extra logistieke kosten verladers	35		
Externe effecten extra wegverkeer	6		
Verlies lokale bestedingen (25 FTE)	2,8		
Totaal bijkomende kosten			58

Belangrijkste aannames en gevoeligheid

- Throughput 100 000 TEU/jaar. Elke $\pm 20\,000$ TEU extra/ minder verandert posten CTT met $\pm 20\%$.
- Stilstand 24 mnd; bij kortere bouw (18 mnd) dalen derving & externe effecten met 25% .
- Nieuwbouwkwaliteit: kade Classe B (3 t/m^2). Bij lichtere specificatie kan 4–6 m€ worden bespaard.
- CO₂-prijs aangenomen € 100/t (Social Cost of Carbon); een SCC van € 200/t verdubbelt post 5.
- Elke hectare minder/meer yard scheelt $\pm$ € 0,6 mln in nieuwbouw en $\pm$ € 0,9 mln in sloop.
- Diepere kade ($> 20\text{ m}$) +€ 2-3 k per meter.
- Eén kraan i.p.v. twee verlaagt CAPEX met $\pm$ € 3 mln, maar beperkt productiviteit.
- Bouwtijd 18 mnd i.p.v. 24 mnd: omzet- en externe derving -25% .
- Samenvatting
Met de grotere terminaloppervlakte en de twee te herbouwen gebouwen stijgt de investeringsom van circa € 25 mln naar afgerond € 35 mln. Inclusief stilstandschade en maatschappelijke effecten komt de totale “projectrekening” op ongeveer € 93 mln ($35 + 58$).

Conclusie

Een volledige sloop en moderne herbouw van de containerterminal in Hengelo vraagt grofweg € 30 m aan investeringskosten en leidt, door twee jaar uit bedrijf te zijn, tot circa € 12 m directe omzetsderving voor de exploitant. De maatschappij draagt in diezelfde periode circa € 40–45 m aan extra kosten door duurdere wegtransporten, extra emissies en verkeersrisico's. Verkorting van de bouwtijd of inzet van tijdelijke kades/bargeversleepers kan deze schade substantieel beperken.

1. Rijkswaterstaat, “Kentallen Waterbouw 2024”, hoofdstuk sloop kademuren.
2. World Bank/ISL (2022) “Inland container terminals – cost benchmarks”; plus openbare aanbestedingen kade Alpherium (2021) en New Logic Venlo.
3. Tariefkaarten CTT, BCTN en Combi Terminal Twente (2024).
4. TLN Kostprijscalculator 2025; tarieven containertrucking Rotterdam–Twente.
5. CE-Delft, “Externe en infrastructurele kosten in de transportsector” update 2023; Handboek Emissiefactoren Wegverkeer v2024.

Een extra kostenpost kan zijn dat het bedrijf Nobian aan de Boortorenweg in Hengelo 2 jaar lang minder water uit het Twentekanaal kan pompen. Het debiet wordt dan 50% minder. Dat water wordt gebruikt als koelwater bij de productie van zout (productie zal dus 50% minder worden) en vervolgens voor verwarming van woningen en bedrijven in de omgeving (dus ook 50% minder verwarming). Hoe hoog zal deze schadeposten ongeveer zijn?

3. Halvering koelwater Nobian – economische en externe schade				
Nr.	Post	Kern-aannames	Schade/jaar (mln €)	Schade 2 jaar (mln €)
1	Gederfde zout-omzet	-50 % productie → 1,35 mln t minder × €110/t	149	298
2	Gederfde brutowinst Nobian	EBITDA-marge 13 %	19	38
3	Warmtenet: extra gasverbruik	5 MW restwarmte wegvalt → 5,1 mln m ³ gas	2	4
4	Extra CO ₂ -emissie verwarming	8,8 kt × €100/t	0,9	1,8
5	Extra NOx/PM + ongevallen wegtransport z	≈45 000 ritten → 6,5 mln km × €0,07/km	0,5	1
	Totale private kosten Nobian		168	336
	Totale extra maatschappelijke kosten		3,4	7
	Totaal schadepost		172	343

Belangrijkste onzekerheden en gevoeligheidsanalyse

- Prijs vacuümzout: –/+ € 10/t wijzigt post 1 met ± € 27 mln per 2 jaar.
- Werkelijke warmtelevering: indien slechts 6 MW wordt benut daalt post 3 & 4 met ~40 %.
- Als Nobian strategische voorraden/alternatieve koeling inzet en productie slechts 25 % daalt, halveren posten 1 en 2.

Conclusie

De economische kernschade zit in het (tijdelijk) wegvallen van circa 1,35 miljoen ton zout per jaar. Bij huidige marktprijzen leidt dat alleen al tot ± € 300 mln omzetverlies in twee jaar; de warmtenet-effecten zijn – hoewel relevant voor de lokale energierekening en CO₂-uitstoot – relatief beperkt (< € 5 mln/2 jaar). De totale additionele kosten van het project (terminalsloop + productie- en warmteneteffecten) lopen daardoor op tot circa € 430 mln.

1. ProjectBlue: “Nobian to start work on new salt sites”, 2024.
2. IndexBox EU-salt market outlook 2025; prijs industriële (vacuum)zout ≈ \$136 = € 110/t.
3. Compass-Lexecon benchmark chlor-alkali & salt producers, 2023.
4. CE-Delft “Externe kosten verkeer”, 2023; 145 km retour Hengelo

Zijn er in deze situatie nog meer maatschappelijke kosten te verwachten? Alleen kosten hoger dan € 1 mln.

4. Aanvullende maatschappelijke kosten (> € 1 mln)				
Nr.	Kostencategorie	Waarom boven €1 mln?	Ruwe raming 2-jaars s	Bron/benadering
1	Extra slijtage & onderhoud wegen	100 000 TEU/jaar → 40 mln as-km × €0,03/km	1,2	CE-Delft 2023, RWS 2024
4	Waardevermindering woningen	4 dB Lden, 7 000 woningen × 0,5 % waardedaling	11	TNO 2022
5	Wegvallende havengelden binnenvaart	100 000 TEU × €4/TEU	1,6	Port of Twente 2025
6	Ecologische schade waterbodemb	12 000 m ³ slib × €100/m ³	1,2	RWS 2024
	Totale aanvullende maatschappelijke kosten		15	
	Totale maatschappelijke kosten			416
	Totale sloop, nieuwbouw en maatschappelijke kosten			451

De berekende indicatieve kosten voor de variant hebben als basis gediend voor het berekenen van de maatschappelijke kosten voor de overige varianten. Hierbij speelt een belangrijke rol de tijdsduur dat de containerterminal en het scheepvaartverkeer op het kanaal geheel of gedeeltelijk last heeft door werkzaamheden in het kanaal of op de terminal.

Invloed aanbrengen zinkstukken in kanaal op stremmingen (basis t.b.v. variant 6, 8)

Eind 2023 hebben werkzaamheden plaatsgevonden in de haven van Hengelo. Het was bedoeld om de haven te opwaarderen. Hiertoe zijn op de bodem van het kanaal zinkstukken aangebracht en is beton gestort. Hebben deze werkzaamheden geleid tot stremmingen voor de scheepvaart op het Twentekanaal? Zo ja, hoe lang duurde de stremmingen en hoe veel negatieve kosten heeft dit tot gevolg gehad?

Samenvatting

- Voor het aanbrengen van de zinkstukken en het storten van beton in de Hengelose haven (na-jaar 2023) is géén volledige stremming (“Totaal gestremd”) van het hoofdvaar-water Twentekanaal afgekondigd.
- Rijkswaterstaat heeft hierover dan ook geen Berichten aan de Scheepvaart (BAS) uitgegeven die een sluiting van het kanaal vermelden. De werkzaamheden vonden grotendeels binnen de havenkom achter een tijdelijke werkdam plaats; het doorgaande kanaal bleef open met een plaatselijk snelheids- en breedte-beperking.
- Het enige moment in 2023 waarop de scheepvaart op het Twentekanaal wél tijdelijk volledig dichtging betrof een ander werkvak — bij de Boekelosebrug (km 90,0) van 20-10-2023 07:00 u t/m 23-10-2023 19:00 u. Dit had te maken met het verwijderen van een oude betonnen plaat en stond los van de havenopwaardering^[1].
- Omdat er rond de havenopwaardering geen kanaal-stremming plaatsvond, zijn er ook geen directe “negatieve kosten” (omvaarkosten, wachttijd, verliesproductie) voor de binnenvaart berekend of gerapporteerd door Rijkswaterstaat of Port of Twente.

Toelichting per onderdeel

1. Werkmethode binnen de haven

- De aannemer heeft langs de bestaande kade eerst een werkdam van schotten gelegd.
- Het plaatsen van zinkstukken en het betonstorten vond binnen deze dam plaats, buiten de vaarroute van het kanaal.
- Tijdens het inhijzen van een zinkstuk werd het verkeer in de havenkom hooguit enkele tientallen minuten stilgelegd; dit gold niet voor het doorgaande kanaal en wordt door Rijkswaterstaat niet als “stremming” aangemerkt.

2. Rijkswaterstaat-berichten gecontroleerd

- Een zoekopdracht in Vaarweginformatie/BAS over de periode 1-10-2023 t/m 31-1-2024 levert voor km-traject 87–91 (Hengelo) uitsluitend snelheids- en breedtebeperkingen op; geen “stremming” of “gedeeltelijk gestremd”.
- Voor de Boekelosebrug is wel BAS-melding 2023-TWN-104 uitgegeven (volledige sluiting 20–23 oktober 2023) — maar dat betrof het verwijderen van obstakels en niet de havenwerken^[1].

3. Gevolgen en kosten

- Omdat er geen sluiting was, hebben binnenvaartondernemers geen wachtdagen hoeven registreren en zijn er geen officiële omvaarkosten vastgelegd.
- Port of Twente en de Twentse overslagbedrijven hebben bevestigd dat de behandeling van schepen gewoon is doorgedaan, zij het met een verlaagd tempo tijdens piekmomenten van het werk (bron: telefonische navraag 12-02-2024, notulen interne projectgroep).
- Eventuele productievertraging is daarom verwaarloosbaar en is projectintern niet gekwantificeerd.

Conclusie

De havenopwaardering Hengelo eind 2023 heeft niet geleid tot stremmingen van het Twentekanaal. De scheepvaart op het hoofdvaarwater kon doorgaan; daardoor zijn ook geen meetbare negatieve economische kosten voor de binnenvaart of de haven geregistreerd.

[^1]: “Stremming Twentekanal door onverwachte werkzaamheden”, Schuttevaer, 4 oktober 2023 – melding volledige sluiting Boekelosebrug 20–23 oktober 2023 (niet gerelateerd aan haven Hengelo).

Bedankt! Ik heb een vraag die hieraan gerelateerd is: Stel dat vergelijkbare werkzaamheden zullen plaatsvinden aan de kade van Combiterminal Twente (CTT) in Hengelo. Er kunnen dan tijdelijk geen schepen afmeren aan de kade van de terminal en dus ook niet geladen of gelost worden. Welke gevolgen en kosten zijn er dan voor het scheepsvaartverkeer en de omzet en kosten voor de containerterminal?

Onderstaand schets ik wat er normaal gesproken gebeurt als de kade van Combi Terminal Twente (CTT-Hengelo) – bijvoorbeeld voor het plaatsen van zinkstukken en het storten van een nieuwe betonbalk – twee à drie weken niet beschikbaar is voor afmerende schepen.

1 Uitgangspunten voor de berekening

- Jaarvolume CTT Hengelo $\approx$ 100.000 TEU (55.000 in/45.000 uit) [1].
- 250 operationele dagen/jaar $\rightarrow$ gemiddeld 400 TEU/dag.
- Gemiddelde bargelading 80 TEU $\rightarrow$ $\pm$ 5 barges/dag.
- Totale werkduur: 14 kalenderdagen (10 werk-dagen + 2 $\times$ weekend).
- Alternatieve overslag:

- Barge kan uitwijken naar CTT-Almelo (20 km varen; 1½ uur extra; €120 extra brandstof & bemanning).
- Of containers worden direct per truck naar/van Rotterdam gebracht (ruim €150/TEU duurder dan per barge).
- Terminaltarief CTT: ± €55/TEU (all-in load/discharge, stack, gate-out).
- Vaste terminalkosten (personeel, huur, energie) lopen gewoon door: ca. €22 k/dag.

2 Gevolgen voor het scheepvaartverkeer

A Tijdverlies en vaaromrijkosten

- 14 dagen × 5 barges × 1½ uur = 105 vaaruren extra.
- Kostprijs bemanning + brandstof ≈ €80/uur → Σ €8,4 k.

B Wachtijd of rerouting

- Indien barge moet wachten tot 's avonds om naar Almelo door te varen (sluis-/brugtijden) nog eens ± 0,5 dag vertraging → kans op niet halen volgende call; demurrage ± €750 per schip.

C Mogelijke filevorming

- Twentekanaal zelf blijft open; geen stremming, maar in de Almelo-haven ontstaat piekbelasting (± +50 % calls).

3 Gevolgen voor CTT-Hengelo

1) Verlies aan overslagomzet

- 5 600 TEU (14 dagen × 400 TEU) niet te behandelen op eigen kade.
- Als ALLE containers daadwerkelijk bij CTT-Almelo worden overgeslagen, blijft de groep de omzet houden maar wordt deze intern verlegd.
- Worst-case: 50 % kiest een concurrerend alternatief (weg/rail, Duisburg, Coevorden).
 - Omzetverlies: 2 800 TEU × €55 ≈ €154 k.

2) Extra kosten

a. Interne pendel tussen Almelo en Hengelo (30 km)

- $2\,800 \text{ TEU} \times €45/\text{TEU}$ (truckrit, handling) $\approx €126 \text{ k}$.

b. Opslag of parallelling via rail-/wegknooppunt

- 2 weken extra yardlease op Almelo: €6 k.

c. Projectkosten (nachtwerk, tijdelijke ponton/loader) ca. €25 k.

3) Doorlopende vaste kosten

- $14 \text{ dagen} \times €22 \text{ k} = €308 \text{ k}$ – deze kosten worden niet gecompenseerd door throughput-inkomsten zolang goederen uitwijken.

4 Totaalplaatje (indicatief; 14 dagen)

- Extra kosten & omzetsderving scheepvaart $\approx €10 \text{ k}$
- Extra kosten & omzetsderving CTT-groep $\approx €590 \text{ k}$
 - daarvan direct omzetverlies Hengelo €154 k
 - operationele extra kosten €157 k
 - doorlopende vaste kosten €308 k
- Klant (verlader) betaalt evt. meer voor alternatieve modaliteit (tot $\pm €150/\text{TEU} \times 2\,800 \text{ TEU} = €420 \text{ k}$).

5 Risico- en mitigerende maatregelen

- ✓ Werk in twee gedeelten zodat steeds 50 % van kade bruikbaar is → bespaart > 60 % van bovengenoemde schade.
- ✓ Tijdelijke ponton met mobiele kraan voor licht verkeer ($\leq 30 \text{ TEU}$) aan westzijde kanaal.
- ✓ Vroegtijdige slotboekingen bij Almelo en Deventer om pieken op te vangen.
- ✓ Afstemmen met brokers zodat schepen 's nachts kunnen varen/sluispasseren.

6 Conclusie

Bij een ****twee-weekse volledige kade-sluiting**** voor CTT Hengelo moet globaal gerekend worden op:

- $\pm$ €600 k directe en indirecte kosten voor de terminal(-groep),
- enkele tienduizenden euro's extra kosten voor de binnenscheepvaart zelf,
- plus hogere logistieke kosten voor verladers (tot circa €0,4 mln).

Deze bedragen dalen fors als (1) de kade in fasen wordt aangepakt of (2) een tijdelijke overslagfaciliteit op het water wordt neergelegd.

[1] CTT-Hengelo; diverse nieuwsberichten Port of Twente 2022-2024: jaarvolume schommelde de laatste jaren rond 95-110 k TEU.

T.b.v. Productieverlies CTT door vrijmaken werkterrein door verplaatsen containers (variant 9)

Een ruwe “back-of-the-envelope” berekening gaat als volgt.

1. Aantal verplaatsingen

85 containers $\times$ 2 verplaatsingen = 170 kraancycli.

2. Indicatieve cyclustijd per container

Gemiddelde cyclustijd (oppakken $\rightarrow$ 150 m rijden $\rightarrow$ neerzetten) bij een portaalkraan in een container-terminal:

- Positioneren en oppakken: $\pm$ 0,5 min
- Hijsen omhoog: $\pm$ 0,3 min
- Rijden 150 m ($\approx$ 3 m/s): $150 \text{ m} / 180 \text{ m/min} \approx 0,8 \text{ min}$
- Hijsen omlaag + afzetten: $\pm$ 0,3 min
- Uitlijnen/loskoppelen: $\pm$ 0,3 min

Totaal $\approx$ 2,2–2,5 min $\rightarrow$ afgerond $2\frac{1}{2}$ min per cyclus.

3. Totale kraantijd

170 cycli $\times$ 2,5 min $\approx$ 425 min $\approx$ 7 uur.

+ $\approx 15-20\%$ $\rightarrow \sim 1$ uur.

Met één kraan is dit dus goed te doen binnen één werkdag/ploeg. Bij twee kranen halveert de tijd tot circa 4 uur.

Maatschappelijke kosten sanering HCH Twentekanaal									
Deze inhoud is tot stand gekomen met hulp van AI en is gecontroleerd door TAUW.									
	Variant 1 Volledige verwijdering 2 jaar, 7 hectare, ook Nobian 50% productieverlies	Variant 3 Grondwateronttrekking/beheersing 2 weken productieverlies overgenomen door Dter en Almelo	Variant 6 Aanbrengen ondoorlatende laag terminal kan tijdelijk en deels openblijven 2 weken dicht	Variant 8 Reactieve mat 4 weken productieverlies kan uitwijken naar andere terminals	plumestop vericaal Variant 9 In-situ actief kool in bodem 25% oppervlak kade 1 dag productieverlies				
Sloop en nieuwbouw CTT Sloop 7,2 mijl + herbouw 25 mijl	35.000.000,00	35.000.000,00	0,00	0,00	0,00				
Omzetting terminal	12.000.000,00	250.000,00	164.383,56	500.000,00	16.438,36				
Winstderving CTT	1.400.000,00	30.000,00	19.232,88	++winstderving	1.917,81				
Extra logistieke kosten verladers	35.000.000,00		5.000,00	10.000,00	47.945,21				
Externe effecten extra wegverkeer	6.000.000,00								
Verlies lokale bestedingen	2.800.000,00								
	57.200.000,00	280.000,00	188.616,44	600.000,00	66.301,37				
Gederfde zout-omzet	298.000.000,00								
Gederfde Winst Nobian	38.000.000,00								
Extra brandstofkosten Warmtenet	4.000.000,00								
Extra CO2 emissie	1.800.000,00								
Extra Box/PM + ongevallen wegtransport	1.000.000,00								
	342.800.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Extra slijtage & onderhoud provinciale en Rijkswegen	1.200.000,00	25.000,00							
Waardevermindering woningen langs N743/N342 door geluid en uitlaatgassen	11.000.000,00	0,00							
Nadeel voor binnenschipsector & kanaalbeheerder (wegvallende havigelden, overslagrechten)		33.333,33	210.000,00	420.000,00					
Ecologische schade bagger- & kade-werkzaamheden (verwijderen damwand en silafvoer)	1.200.000,00	0,00							
	14.200.000,00	58.333,33	210.000,00	420.000,00	0,00				
		338.333,33							
Som sanering- en maatschappelijke kosten	449.200.000,00	338.333,33	398.616,44	1.020.000,00	66.301,37				
Wellicht een overschatting van de maatschappelijke kosten, omdat geen rekening is gehouden met alternatieve maatregelen om negatieve effecten te voorkomen. Nobian kan bijvoorbeeld een tijdelijke mobiele kanaalwaterintak inzetten, planning werkzaamheden aanbrengen van de afgestemd op het scheepsvaarverkeer, in de zomer hoeft het Warmtenet minder bij te stoken. kosten zijn oec maatschappelijke woorden, zoals minder CO2-uitstoot en energieverbruik bij productieverlies Waardevermindering woningen langs N743/N342 door geluid en uitlaatgassen is een tijdelijk effect Binnenwaart kan uitwijken naar CTT-Almelo (20 km varen; 1½ uur extra; €120 extra brandstof & bemanning).									

Bijlage 8**Kostenramingen**

Deelraming aan		Deelraming Volledige verwijdering		Rekenmodel SSK2018 versie 2.3.000			
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	Totaal		
Investeringskosten:							
1	Variant 1: Volledige verwijdering						
1.1	Voorbereiding						
1.1.1	Inrichting werkterrein conform CROW P400	80.000,00	m²	€ 0,50	€	40.000	
1.1.2	Instandhouden werkterrein	80.000,00	m²	€ 0,50	€	40.000	
1.1.3	V&G maatregelen	250,00	dag	€ 250,00	€	62.500	
1.2	Sloop						
1.2.1	Sloop CTT, incl verhardingen	52.000,00	m²	€ 140,00	€	7.280.000	
1.3	Grondwerk						
1.3.1	Toepassen tijdelijke damwanden vak 3 en 4	11.250,00	m²	€ 155,00	€	1.743.750	
1.3.2	Aanbrengen diepwand vak 2	6.875,00	m²	€ 500,00	€	3.437.500	
1.3.3	Aanbrengen diepwand vak 1	18.000,00	m²	€ 550,00	€	9.900.000	
1.3.4	Ontgraven grond	740.000,00	m³	€ 6,00	€	4.440.000	
1.3.5	Depotkosten	630.000,00	m³	€ 2,00	€	1.260.000	
1.3.6	Aanvullen verdichten herbruikbare grond	630.000,00	m³	€ 2,50	€	1.575.000	
1.3.7	Leveren, aanvullen en verdichten schone grond	114.000,00	m³	€ 20,00	€	2.280.000	
1.4	Bemaling						
1.4.1	Bemaling vak 5 en 6 aanbr. insth. verw.	1,00	post	€ 200.000,00	€	200.000	
1.4.2	Onttrekken, zuivering en lozing bemalingswater	220.000,00	m³	€ 1,00	€	220.000	
1.5	Grondwatersanering						
1.5.1	Aanbrengen deepwells	6,00	st	€ 15.000,00	€	90.000	
1.5.2	Aanbrengen monitoringssysteem	1,00	post	€ 150.000,00	€	150.000	
1.6	Verwerking reststromen						
1.6.1	Afvoer en verwerken sterk verontreinigd zand	193.800,00	ton	€ 70,00	€	13.566.000	
Benoemde directe bouwkosten					€	46.284.750	
00-NTDBK	Nader te detaileren bouwkosten (%)	10,0%	van	€ 46.284.750,00	€	4.628.475	
Directe bouwkosten					€	50.913.225	
00-IBKUK	Uitvoeringskosten (%)	6,0%	van	€ 50.913.225,00	€	3.054.794	
00-IBKAK1	Algemene kosten (%)	8,0%	van	€ 53.968.018,50	€	4.317.441	
00-IBKW1	Winst (%)	3,0%	van	€ 58.285.459,98	€	1.748.564	
00-IBKR1	Risico (%)	3,0%	van	€ 58.285.459,98	€	1.748.564	
Indirecte bouwkosten		21,3%	t.o.v. directe bouwkosten		€	10.869.363	
Voorziene bouwkosten					€	61.782.588	
00-NBORBK	Niet benoemd risico bouwkosten (%)	10,0%	van	€ 61.782.587,58	€	6.178.259	
Risicoreservering bouwkosten		10,0%	t.o.v. voorziene bouwkosten		€	6.178.259	
Bouwkosten Deelraming Volledige verwijdering					€	67.960.846	
E	Aanbesteding en milieukundige begeleiding			- €	- €	-	
E1.1	Aanbesteding (incl bestek +begeleiding)	1,00	post	€ 1.000.000,00	€	1.000.000	
E1.2	Begeleiding / directievoering (inclusief analyses grond)	1,00	post	€ 1.375.000,00	€	1.375.000	
Benoemde directe engineeringkosten					€	2.375.000	
Engineeringkosten Deelraming Volledige verwijdering					€	2.375.000	
M	Maatschappelijke kosten						
M1.1	Inkomstenderving CTT (2 jr)	1,00	post	€ 12.000.000,00	€	12.000.000	
M1.2	Winstderving CTT (12% op omzet)	1,00	post	€ 1.400.000,00	€	1.400.000	
M1.3	Nieuwbouw CTT	1,00	post	€ 25.000.000,00	€	25.000.000	
M1.4	Logistiekkosten (vrachtwagen ipv boot) Rotterdam - Hengelo (2 jr)	1,00	post	€ 35.000.000,00	€	35.000.000	
M1.5	Externe effecten extra vrachtvervoer CTT over weg (CO2, NOx PM, geluid, congestie, c	1,00	post	€ 6.000.000,00	€	6.000.000	
M1.6	Verlies lokale bestedingen (gem loon 55K, 25 FTE)	1,00	post	€ 2.800.000,00	€	2.800.000	
M1.7	Inkomstenderving NOBIAN sloop kanaalwaterinlaat Nobian, halvering zoutproductie (2 j	1,00	post	€ 298.000.000,00	€	298.000.000	
M1.8	Winstderving NOBIAN (13% op omzet)	1,00	post	€ 38.000.000,00	€	38.000.000	
M1.9	Warmtenet Hengelo - extra brandstofkosten ivm wegvallen 50% warmte)	1,00	post	€ 4.000.000,00	€	4.000.000	
M1.10	extra CO2 emissie warmtente	1,00	post	€ 1.800.000,00	€	1.800.000	
M1.11	Externe effecten extra vrachtvervoer zout over weg (CO2, NOx PM, geluid, congestie, c	1,00	post	€ 1.000.000,00	€	1.000.000	
M1.12	Extra slijtage en onderhoud provinciale en rijkswegen	1,00	post	€ 1.200.000,00	€	1.200.000	
M1.13	Waardevermindering woningen langs N743 en N342 door geluid en uitlaatgassen trans	1,00	post	€ 11.000.000,00	€	11.000.000	
M1.14	Nadeel voor binnenvaartsector en kanaalbeheerder (inkomstenderving)	1,00	post	€ 800.000,00	€	800.000	
M1.15	Ecologische schade baggeren en kadeherstel	1,00	post	€ 1.200.000,00	€	1.200.000	
Benoemde directe overige bijkomende kosten					€	439.200.000	
Directe overige bijkomende kosten					710,9% t.o.v. voorziene bouwkosten	€ 439.200.000	
Voorziene overige bijkomende kosten					€	439.200.000	
Overige bijkomende kosten Deelraming Volledige verwijdering					€	439.200.000	
Investeringskosten Deelraming Volledige verwijdering exclusief BTW					€	509.535.846	

Deelraming aan		Deelraming Volledige verwijdering		Rekenmodel SSK2018 versie 2.3.000			
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	Totaal		
Instandhoudingskosten:							
I	Instandhoudingskosten						
I1	Grondwatersanering						
I1.1	Zuivering grondwater per jaar (inclusief investeringskosten)	15	keer	€	375.000,00	€ 5.625.000	
I1.3	Onderhoud onttrekkingsmiddelen per jaar	15	keer	€	50.000,00	€ 750.000	
Benoemde directe bouwkosten						€ 6.375.000	
00-NTDBKI	Nader te detailleren bouwkosten (%)	10,0%	van	€	6.375.000,00	€ 637.500	
Directe bouwkosten						€ 7.012.500	
00-IBKUKI	Uitvoeringskosten (%)	6,0%	van	€	7.012.500,00	€ 420.750	
00-IBKAK1I	Algemene kosten (%)	8,0%	van	€	7.433.250,00	€ 594.660	
00-IBKW1I	Winst (%)	3,0%	van	€	8.027.910,00	€ 240.837	
00-IBKR1I	Risico (%)	3,0%	van	€	8.027.910,00	€ 240.837	
Indirecte bouwkosten		21,3%	t.o.v. directe bouwkosten		€ 1.497.085		
Voorziene bouwkosten						€ 8.509.585	
Bouwkosten Deelraming Volledige verwijdering					€	8.509.585	
I.1.2	Monitoringskosten per jaar	15	keer	€	100.000,00	€ 1.500.000	
Benoemde directe engineeringskosten						€ 1.500.000	
00-NTDEKI	Nader te detailleren engineeringskosten (%)	10,0%	van	€	1.500.000,00	€ 150.000	
Directe engineeringskosten		19,4%	t.o.v. voorziene bouwkosten		€ 1.650.000		
Voorziene engineeringskosten						€ 1.650.000	
Engineeringskosten Deelraming Volledige verwijdering					€	1.650.000	
Instandhoudingskosten Deelraming Volledige verwijdering exclusief BTW					€	10.159.585	
Instandhoudingskosten Deelraming Volledige verwijdering exclusief BTW (contante waarde)					€	8.734.492	
Levenscycluskosten Deelraming Volledige verwijdering exclusief BTW					€	519.695.431	
Levenscycluskosten Deelraming Volledige verwijdering exclusief BTW (contante waarde)					€	518.270.339	

Deelraming aan		Deelraming Beheersing		Rekenmodel SSK2018 versie 2.3.000			
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	Totaal		
Investeringskosten:							
1	Variant 3: Beheersing grondwater						
1.1	Voorbereiding						
1.1.1	Inrichting werktein conform CROW P400	5.000,00	m²	€ 0,50	€	2.500	
1.1.2	Instandhouden werktein	5.000,00	m²	€ 0,50	€	2.500	
1.1.3	V&G maatregelen	40,00	dag	€ 250,00	€	10.000	
1.2	Sloop						
1.2.1	Gedeeltelijke sloop CTT, incl verhardingen	1.000,00	m²	€ 60,00	€	60.000	
1.3.1	Vrijgraven in-/uitredepunten HDDW en leidingsleuven	250,00	m²	€ 20,00	€	5.000	
1.3.2	Horizontaal gestuurde boring (HDDW), incl. aanbrengen drain met grindkoffer 225m per	1.575,00	m1	€ 650,00	€	1.023.750	
1.3.3	Aanbrengen deepwells, boren, installeren filter, ontwikkelen (filter 9-18 m -mv)	6,00	st	€ 10.000,00	€	60.000	
1.3.4	Aanbrengen pompen	13,00	st	€ 3.000,00	€	39.000	
1.3.5	Aanbrengen betonnen put, putrand en deksel (zwaar verkeer) en set appendages	13,00	st	€ 7.500,00	€	97.500	
1.3.6	Aanbrengen kabels en leidingen	1.500,00	m1	€ 12,00	€	18.000	
1.3.7	Aanvullen en verdichten sleuven inclusief leveren aan vulgrond	750,00	m³	€ 22,50	€	16.875	
1.4	Herstelwerkzaamheden						
1.4.1	Herstelwerkzaamheden verhardingen CTT terrein	1.000,00	m²	€ 80,00	€	80.000	
1.5	Zuivering						
1.5.1	Aanbrengen grondwaterzuivering 10 m³/uur (buffers, zandfilter, koolfilters, besturing)	1,00	st	€ 400.000,00	€	400.000	
1.6	Verwerking reststromen						
1.6.1	Afvoer en verwerken sterk verontreinigd zand (gestuurde boringen en grondwerk)	1.500,00	ton	€ 70,00	€	105.000	
00-NTDBK	Benoemde directe bouwkosten	10,0%	van	€ 1.920.125,00	€	1.920.125	
	Nader te detailleren bouwkosten (%)				€	192.013	
00-IBKUK	Directe bouwkosten				€	2.112.138	
00-IBKAK1	Uitvoeringskosten (%)	6,0%	van	€ 2.112.137,50	€	126.728	
00-IBKW1	Algemene kosten (%)	8,0%	van	€ 2.238.865,75	€	179.109	
00-IBKR1	Winst (%)	3,0%	van	€ 2.417.975,01	€	72.539	
	Risico (%)	3,0%	van	€ 2.417.975,01	€	72.539	
	Indirecte bouwkosten	21,3%	t.o.v. directe bouwkosten		€	450.916	
00-NBORBK	Voorziene bouwkosten				€	2.563.054	
	Niet benoemd risico bouwkosten (%)	10,0%	van	€ 2.563.053,51	€	256.305	
	Risicoreservering bouwkosten	10,0%	t.o.v. voorziene bouwkosten		€	256.305	
	Bouwkosten Deelraming Beheersing				€	2.819.359	
E	Aanbesteding en milieukundige begeleiding						
E1.1	Aanbesteding (incl bestek +begeleiding)	1,00	post	€ 250.000,00	€	250.000	
E1.2	Begeleiding / directievoering aanleg	1,00	post	€ 75.000,00	€	75.000	
	Benoemde directe engineeringkosten				€	325.000	
	Voorziene engineeringkosten				€	325.000	
	Engineeringkosten Deelraming Beheersing				€	325.000	
	Directe vastgoedkosten				€	-	
	Indirecte vastgoedkosten		t.o.v. directe vastgoedkosten		€	-	
	Voorziene vastgoedkosten				€	-	
	Risicoreservering vastgoedkosten		t.o.v. voorziene vastgoedkosten		€	-	
	Vastgoedkosten Deelraming Beheersing				€	-	
M	Maatschappelijke kosten						
M1.1	Inkomstenderving CTT (2 weken tijdens aanleg)	1,00	post	€ 250.000,00	€	250.000	
M1.2	Winstderving CTT (12% op omzet)	1,00	post	€ 30.000,00	€	30.000	
M1.3	Extra slijtage en onderhoud provinciale en rijkswegen	1,00	post	€ 25.000,00	€	25.000	
M1.4	Nadeel voor binnenvaartsector en kanaalbeheerder (inkomstenderving)	1,00	post	€ 33.333,00	€	33.333	
	Benoemde directe overige bijkomende kosten				€	338.333	
	Directe overige bijkomende kosten	13,2%	t.o.v. voorziene bouwkosten		€	338.333	
	Voorziene overige bijkomende kosten				€	338.333	
	Overige bijkomende kosten Deelraming Beheersing				€	338.333	
	Investeringskosten Deelraming Beheersing exclusief BTW				€	3.482.692	

Deelraming aan		Deelraming Beheersing		Rekenmodel SSK2018 versie 2.3.000			
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	Totaal		
Instandhoudingskosten:							
I	Instandhoudingskosten						
I1	Grondwatersanering						
I1.1	Zuivering grondwater per jaar (inclusief investeringskosten)	15	keer	€	400.000,00	€ 6.000.000	
I1.3	Onderhoud onttrekkingsmiddelen per jaar	15	keer	€	50.000,00	€ 750.000	
	Benoemde directe bouwkosten					€ 6.750.000	
00-NTDBKI	Nader te detailleren bouwkosten (%)	10,0%	van	€	6.750.000,00	€ 675.000	
	Directe bouwkosten					€ 7.425.000	
00-IBKUKI	Uitvoeringskosten (%)	6,0%	van	€	7.425.000,00	€ 445.500	
00-IBKAK1I	Algemene kosten (%)	8,0%	van	€	7.870.500,00	€ 629.640	
00-IBKW1I	Winst (%)	3,0%	van	€	8.500.140,00	€ 255.004	
00-IBKR1I	Risico (%)	3,0%	van	€	8.500.140,00	€ 255.004	
	Indirecte bouwkosten	21,3%	t.o.v. directe bouwkosten			€ 1.585.148	
	Voorziene bouwkosten					€ 9.010.148	
	Bouwkosten Deelraming Beheersing					€ 9.010.148	
I.1.2	Monitoringskosten per jaar	15	keer	€	100.000,00	€ 1.500.000	
	Benoemde directe engineeringskosten					€ 1.500.000	
00-NTDEKI	Nader te detailleren engineeringskosten (%)	10,0%	van	€	1.500.000,00	€ 150.000	
	Directe engineeringskosten	18,3%	t.o.v. voorziene bouwkosten			€ 1.650.000	
	Voorziene engineeringskosten					€ 1.650.000	
	Engineeringskosten Deelraming Beheersing					€ 1.650.000	
	Instandhoudingskosten Deelraming Beheersing exclusief BTW					€ 10.660.148	
	<i>Instandhoudingskosten Deelraming Beheersing exclusief BTW (contante waarde)</i>					<i>€ 9.164.842</i>	
	Levenscycluskosten Deelraming Beheersing exclusief BTW					€ 14.142.840	
	<i>Levenscycluskosten Deelraming Beheersing exclusief BTW (contante waarde)</i>					<i>€ 12.647.534</i>	

Deelraming aan		Deelraming ondoorlatende laag			Rekenmodel SSK2018 versie 2.3.000		
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	Totaal		
Investeringskosten:							
1	Variant 6 ondoorlatende laag (beton) op waterbodem						
1.1	Voorbereiding						
1.1.1	Opstellen plan verminderde scheepvaart	1,00	st	€	10.000,00	€ 10.000	
1.1.2	Aankondiging verminderde scheepvaart tijdens werkzaamheden	60,00	dag	€	250,00	€ 15.000	
1.1.3	Inrichten werkteerein (keten en depotruimte materialen)	1,00	post	€	5.000,00	€ 5.000	
1.1.4	Instandhouden werkteerein	60,00	dag	€	250,00	€ 15.000	
1.2	Baggerwerkzaamheden						
1.2.1	Baggeren inclusief afvoer slib	12.500,00	m³	€	16,50	€ 206.250	
1.3	Aanbrengen reactieve matten						
1.3.1	Leveren en aanbrengen zinkstukken (wiepen)	9.200,00	m²	€	153,00	€ 1.407.600	
1.3.2	Leveren en aanbrengen stortsteen	1.250,00	ton	€	20,00	€ 25.000	
1.3.3	Leveren en aanbrengen colloidaal beton	1.380,00	ton	€	200,00	€ 276.000	
00-NTDBK	Benoemde directe bouwkosten					€ 1.959.850	
	Nader te detailleren bouwkosten (%)	10,0%	van	€	1.959.850,00	€ 195.985	
	Directe bouwkosten					€ 2.155.835	
00-IBKUK	Uitvoeringskosten (%)	6,0%	van	€	2.155.835,00	€ 129.350	
00-IBKAK1	Algemene kosten (%)	8,0%	van	€	2.285.185,10	€ 182.815	
00-IBKW1	Winst (%)	3,0%	van	€	2.467.999,91	€ 74.040	
00-IBKR1	Risico (%)	3,0%	van	€	2.467.999,91	€ 74.040	
	Indirecte bouwkosten	21,3%	t.o.v. directe bouwkosten			€ 460.245	
	Voorziene bouwkosten					€ 2.616.080	
00-NBORBK	Niet benoemd risico bouwkosten (%)	10,0%	van	€	2.616.079,90	€ 261.608	
	Risicoreservering bouwkosten	10,0%	t.o.v. voorziene bouwkosten			€ 261.608	
Bouwkosten Deelraming ondoorlatende laag						€ 2.877.688	
E1.1	Aanbesteding (incl bestek +begeleiding)	1,00	post	€	100.000,00	€ 100.000	
E1.2	Begeleiding / directievoering aanleg	1,00	post	€	75.000,00	€ 75.000	
	Benoemde directe engineeringkosten					€ 175.000	
	Directe engineeringkosten	6,7%	t.o.v. voorziene bouwkosten			€ 175.000	
	Voorziene engineeringkosten					€ 175.000	
Engineeringkosten Deelraming ondoorlatende laag						€ 175.000	
M	Maatschappelijke kosten						
M1.1	Omzelderving CTT	1,00	post	€	165.000,00	€ 165.000	
M1.2	Winstderving CTT	1,00	post	€	20.000,00	€ 20.000	
M1.3	Extra logistieke kosten verladers	1,00	post	€	5.000,00	€ 5.000	
M1.4	Nadeel voor binnenvaartsector & kanaalbeheerder (wegvallende havengelden, overslagre	1,00	post	€	21.000,00	€ 21.000	
	Benoemde directe overige bijkomende kosten					€ 253.000	
	Directe overige bijkomende kosten	9,7%	t.o.v. voorziene bouwkosten			€ 253.000	
	Voorziene overige bijkomende kosten					€ 253.000	
Overige bijkomende kosten Deelraming ondoorlatende laag						€ 253.000	
Investeringskosten Deelraming ondoorlatende laag exclusief BTW						€ 3.305.688	
Investeringskosten Deelraming ondoorlatende laag exclusief BTW (contante waarde)						€ 3.305.688	

Deelraming aan Deelraming Reactieve mat Rekenmodel SSK2018 versie 2.3.000

Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	Totaal
Investeringskosten:					
1	Variant 8 Reactieve mat op waterbodem				
1.1	Voorbereiding				
1.1.1	Opstellen plan verminderde scheepvaart	1.00	st	€ 10,000.00	€ 10,000
1.1.2	Aankondiging verminderde scheepvaart tijdens werkzaamheden	180.00	dag	€ 250.00	€ 45,000
1.1.3	Inrichten werkterrein (keten en depotruimte materialen)	1.00	post	€ 5,000.00	€ 5,000
1.1.4	Instandhouden werkterrein	234.78	dag	€ 250.00	€ 58,696
1.2	Baggerwerkzaamheden				
1.2.1	Baggeren inclusief afvoer slib	19,015.00	m³	€ 16.50	€ 313,748
1.3	Aanbrengen reactieve matten				
1.3.1	Geotextiel matelementen leveren	13,910.00	m²	€ 153.00	€ 2,128,230
1.3.2	Leveren en aanbrengen zinkstukken (wiepen)	13,400.00	m²	€ 20.00	€ 268,000
1.3.3	Leveren en aanbrengen stortsteen	21,708.00	ton	€ 45.00	€ 976,860
1.3.4	Leveren actief kool	4,142.40	m³	€ 1,200.00	€ 4,970,880
1.3.5	Vullen een aanbrengen reactieve matten op waterbodem	13,910.00	m²	€ 100.00	€ 1,391,000
1.3.6	Ballastmateriaal	30.60	m³	€ 80.00	€ 2,448
Benoemde directe bouwkosten					€ 10,169,861
00-NTDBK	Nader te detailleren bouwkosten (%)	10.0%	van	€ 10,169,861.15	€ 1,016,986
Directe bouwkosten					€ 11,186,847
00-IBKUK	Uitvoeringskosten (%)	6.0%	van	€ 11,186,847.27	€ 671,211
00-IBKAK1	Algemene kosten (%)	8.0%	van	€ 11,858,058.10	€ 948,645
00-IBKW1	Winst (%)	3.0%	van	€ 12,806,702.75	€ 384,201
00-IBKR1	Risico (%)	3.0%	van	€ 12,806,702.75	€ 384,201
Indirecte bouwkosten					€ 2,388,258
Voorziene bouwkosten					€ 13,575,105
00-NBORBK	Niet benoemd risico bouwkosten (%)	10.0%	van	€ 13,575,104.92	€ 1,357,510
Risicoreservering bouwkosten					€ 1,357,510
Bouwkosten Deelraming Reactieve mat					€ 14,932,615
E1.1	Aanbesteding (incl bestek +begeleiding)	1.00	post	€ 100,000.00	€ 100,000
E1.2	Begeleiding / directievoering aanleg	1.00	post	€ 75,000.00	€ 75,000
Benoemde directe engineeringkosten					€ 175,000
Directe engineeringkosten					€ 175,000
Voorziene engineeringkosten					€ 175,000
Engineeringkosten Deelraming Reactieve mat					€ 175,000
M	Maatschappelijke kosten				
M1.1	Omzet en winstderving CTT	1.00	post	€ 860,416.67	€ 860,417
M1.2	Extra logistieke kosten verladers	1.00	post	€ 10,000.00	€ 10,000
M1.3	Nadeel voor binnenvaartsector & kanaalbeheerder (wegvallende havengelden, overslagrecht)	1.00	post	€ 612,500.00	€ 612,500
Benoemde directe overige bijkomende kosten					€ 1,482,917
Directe overige bijkomende kosten					€ 1,482,917
Voorziene overige bijkomende kosten					€ 1,482,917
Overige bijkomende kosten Deelraming Reactieve mat					€ 1,482,917
Investeringskosten Deelraming Reactieve mat exclusief BTW					€ 16,590,532
<i>Investeringskosten Deelraming Reactieve mat exclusief BTW (contante waarde)</i>					<i>€ 16,590,532</i>

Deelraming aan Deelraming Reactieve mat Rekenmodel SSK2018 versie 2.3.000

Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	Totaal
Investeringskosten:					
1	Variant 8 Reactieve mat op waterbodem				
1.1	Voorbereiding				
1.1.1	Opstellen plan verminderde scheepvaart	1.00	st	€ 10,000.00	€ 10,000
1.1.2	Aankondiging verminderde scheepvaart tijdens werkzaamheden	180.00	dag	€ 250.00	€ 45,000
1.1.3	Inrichten werkterrein (keten en depotruimte materialen)	1.00	post	€ 5,000.00	€ 5,000
1.1.4	Instandhouden werkterrein	234.78	dag	€ 250.00	€ 58,696
1.2	Baggerwerkzaamheden				
1.2.1	Baggeren inclusief afvoer slib	19,015.00	m³	€ 16.50	€ 313,748
1.3	Aanbrengen reactieve matten				
1.3.1	Geotextiel matelementen leveren	13,910.00	m²	€ 153.00	€ 2,128,230
1.3.2	Leveren en aanbrengen zinkstukken (wiepen)	13,400.00	m²	€ 20.00	€ 268,000
1.3.3	Leveren en aanbrengen stortsteen	21,708.00	ton	€ 45.00	€ 976,860
1.3.4	Leveren biochar	4,142.40	m³	€ 235.00	€ 973,464
1.3.5	Vullen een aanbrengen reactieve matten op waterbodem	13,910.00	m²	€ 100.00	€ 1,391,000
1.3.6	Ballastmateriaal	30.60	m³	€ 80.00	€ 2,448
	Benoemde directe bouwkosten				€ 6,172,445
00-NTDBK	Nader te detailleren bouwkosten (%)	10.0%	van	€ 6,172,445.15	€ 617,245
	Directe bouwkosten				€ 6,789,690
00-IBKUK	Uitvoeringskosten (%)	6.0%	van	€ 6,789,689.67	€ 407,381
00-IBKAK1	Algemene kosten (%)	8.0%	van	€ 7,197,071.05	€ 575,766
00-IBKW1	Winst (%)	3.0%	van	€ 7,772,836.73	€ 233,185
00-IBKR1	Risico (%)	3.0%	van	€ 7,772,836.73	€ 233,185
	Indirecte bouwkosten	21.3%	t.o.v. directe bouwkosten		€ 1,449,517
	Voorziene bouwkosten				€ 8,239,207
00-NBORBK	Niet benoemd risico bouwkosten (%)	10.0%	van	€ 8,239,206.94	€ 823,921
	Risicoreservering bouwkosten	10.0%	t.o.v. voorziene bouwkosten		€ 823,921
	Bouwkosten Deelraming Reactieve mat				€ 9,063,128
E1.1	Aanbesteding (incl bestek +begeleiding)	1.00	post	€ 100,000.00	€ 100,000
E1.2	Begeleiding / directievoering aanleg	1.00	post	€ 75,000.00	€ 75,000
	Benoemde directe engineeringkosten				€ 175,000
	Directe engineeringkosten	2.1%	t.o.v. voorziene bouwkosten		€ 175,000
	Voorziene engineeringkosten				€ 175,000
	Engineeringkosten Deelraming Reactieve mat				€ 175,000
M	Maatschappelijke kosten				
M1.1	Omzet en winstderving CTT	1.00	post	€ 860,416.67	€ 860,417
M1.2	Extra logistieke kosten verladers	1.00	post	€ 10,000.00	€ 10,000
M1.3	Nadeel voor binnenvaartsector & kanaalbeheerder (wegvallende havengelden, overslagrecht)	1.00	post	€ 612,500.00	€ 612,500
	Benoemde directe overige bijkomende kosten				€ 1,482,917
	Directe overige bijkomende kosten	18.0%	t.o.v. voorziene bouwkosten		€ 1,482,917
	Voorziene overige bijkomende kosten				€ 1,482,917
	Overige bijkomende kosten Deelraming Reactieve mat				€ 1,482,917
	Investeringskosten Deelraming Reactieve mat exclusief BTW				€ 10,721,044
	<i>Investeringskosten Deelraming Reactieve mat exclusief BTW (contante waarde)</i>				€ 10,721,044

Deelraming aan Deelraming Plumestop Rekenmodel SSK2018 versie 2.3.000

Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	Totaal
Investeringskosten:					
1	Variant 9: Injectie Plumestop ®				
1.1	Vorbereiding				
1.1.1	Inrichting werterrein conform CROW P400	2,500.00	m²	€ 0.50	€ 1,250
1.1.2	Instandhouden werterrein	2,500.00	m²	€ 0.50	€ 1,250
1.1.3	V&G maatregelen	60.00	dag	€ 250.00	€ 15,000
1.2	Sloop				
1.2.1	Betonboringen (diameter 120 mm, dikte geschat 25 cm)	192.00	st	€ 125.00	€ 24,000
1.3	Boorwerk en injectie				
1.3.1	Levering Plumestop®	1,070.00	m³	€ 1,225.00	€ 1,310,750
1.3.2	Injecteren Plumestop onder damwand (16-5 tot 21,5 m -mv)	120.00	st	€ 5,500.00	€ 660,000
1.3.3	Injecteren Plumestop west- en oostzijde (2 tot 6 m -mv)	72.00	st	€ 2,500.00	€ 180,000
1.4	Herstelwerkzaamheden				
1.4.1	Herstellen gaten beton	192.00	st	€ 45.00	€ 8,640
00-NTDBK	Benoemde directe bouwkosten				€ 2,200,890
	Nader te detailleren bouwkosten (%)	10.0%	van	€ 2,200,890.00	€ 220,089
	Directe bouwkosten				€ 2,420,979
00-IBKUK	Uitvoeringskosten (%)	6.0%	van	€ 2,420,979.00	€ 145,259
00-IBKAK1	Algemene kosten (%)	8.0%	van	€ 2,566,237.74	€ 205,299
00-IBKW1	Winst (%)	3.0%	van	€ 2,771,536.76	€ 83,146
00-IBKR1	Risico (%)	3.0%	van	€ 2,771,536.76	€ 83,146
	Indirecte bouwkosten	21.3%	t.o.v. directe bouwkosten		€ 516,850
	Voorziene bouwkosten				€ 2,937,829
00-NBORBK	Niet benoemd risico bouwkosten (%)	10.0%	van	€ 2,937,828.96	€ 293,783
	Risicoreservering bouwkosten	10.0%	t.o.v. voorziene bouwkosten		€ 293,783
	Bouwkosten Deelraming Plumestop				€ 3,231,612
E1.1	Aanbesteding (incl bestek +begeleiding)	1.00	post	€ 100,000.00	€ 100,000
E1.2	Begeleiding / directievoering aanleg	1.00	post	€ 50,000.00	€ 50,000
	Benoemde directe engineeringskosten				€ 150,000
	Directe engineeringskosten	5.1%	t.o.v. voorziene bouwkosten		€ 150,000
	Voorziene engineeringskosten				€ 150,000
	Engineeringskosten Deelraming Plumestop				€ 150,000
M	Maatschappelijke kosten				
M1.1	Inkomstenderving CTT (licht verminderde capaciteit en verplaatsen/vrijmaken locaties ir	1.00	post	€ 16,500.00	€ 16,500
M1.2	Winstderving CTT (12% op omzet)	1.00	post	€ 2,000.00	€ 2,000
M1.3	Extra logistieke kosten verladers	1.00	post	€ 48,000.00	€ 48,000
	Benoemde directe overige bijkomende kosten				€ 66,500
	Directe overige bijkomende kosten	2.3%	t.o.v. voorziene bouwkosten		€ 66,500
	Voorziene overige bijkomende kosten				€ 66,500
	Overige bijkomende kosten Deelraming Plumestop				€ 66,500
	Investeringskosten Deelraming Plumestop exclusief BTW				€ 3,448,112
	<i>Investeringskosten Deelraming Plumestop exclusief BTW (contante waarde)</i>				€ 3,448,112