



Dijkversterking SAFE

B2f – Ontwerpnota Dijkzone 9 tbv Projectbesluit

Auteur: Ontwerpmanager
Status: Definitief – Versie tbv Projectbesluit
Versie: 3.0
Datum: 17-11-2025
Document-ID: SAFE-1271388180-706

Besluitnummer: B-0229		
Opgesteld: Ontwerpmanager	Gecontroleerd: Technisch manager en ontwerpleider	Geautoriseerd: Projectmanager
Paraaf:	Paraaf:	Paraaf:
Datum: 17-11-2025	Datum: 17-11-2025	Datum: 17-11-2025

Wijzigingen

[Versie]	[Omschrijving wijzigingen]
0.1	Conceptversie
1.0	Definitief t.b.v. MER
2.0	Definitief t.b.v. concept Projectbesluit
3.0	Definitief t.b.v. Projectbesluit

Projectgegevens

Contactgegevens Opdrachtgever:
Waterschap Rivierenland
Postbus 599
4003 BX Tiel

Waterschap Rivierenland, Sweco B.V. en Arcadis B.V. werken samen met Dijkalliantie SAFE aan de dijkversterking tussen Streefkerk, Ameide en Fort Everdingen.

Dijkalliantie SAFE is een samenwerking tussen GMB Civiel B.V., Ploegam B.V. en Dura Vermeer Infra Landelijke Projecten B.V.

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
1.1	Doel.....	5
1.2	Leeswijzer.....	5
2	Systeem- en eisenanalyse	6
2.1	Context- en systeemanalyse.....	6
2.1.1	Systeembeschrijving	6
2.1.2	Contextanalyse	9
2.2	Ontwerpopgaven.....	10
2.2.1	Veiligheidsopgave	10
2.2.2	Inpassingopgave	11
2.2.3	Gebiedsopgave	11
2.3	Referentieontwerp.....	11
2.3.1	Addendum VKA	11
2.3.2	Concept vergunningenontwerp	12
2.4	Eisenanalyse.....	12
2.4.1	Systeemeisen	12
2.4.2	Klanteisen- en wensen	13
2.5	Verificatie en validatie.....	13
2.6	Risicoanalyse.....	14
3	Integraal ontwerp.....	15
3.1	Dijklichaam.....	15
3.1.1	Binnentalud	15
3.1.2	Constructie: heavescherm	15
3.1.3	Monitoring piping	16
3.1.4	Anti-graverij maatregelen.....	16
3.1.5	Medegebruik.....	16
3.2	Beheersysteem	16
3.2.1	Beheerstroken.....	16
3.2.2	Beheeropritten.....	16
3.2.3	Beheer en onderhoud	16
3.3	Nutssystemen.....	16
3.4	Watersysteem.....	17
3.5	Wegsysteem	17
4	Ontwerpbeoordeling MER-thema's.....	18
4.1	Omgeving	18
4.1.1	Landschap en ruimtelijke kwaliteit	18
4.1.2	Cultuurhistorie.....	18
4.1.3	Archeologie.....	18
4.2	Milieu.....	18
4.2.1	Ecologie.....	18
4.2.2	Bomen.....	19
4.2.3	Rivierkunde.....	19

4.2.4	Waterkwantiteit en -kwaliteit	19
4.2.5	Bodem.....	19
5	Verificatie en validatie	20
5.1	Verificatie.....	20
5.1.1	Verificatie	20
5.2	Validatie.....	20
5.2.1	Valideren ontwerp met eindgebruikers	20
5.2.2	Toets sober en doelmatig.....	20
5.2.3	Besluitvorming project	21
6	Uitvoering.....	22
6.1	Maakbaarheidstoets.....	22
6.1.1	Heavescherm (constructie) westelijk deel zone 9	22
6.1.2	Heavescherm (constructie) oostelijk deel zone 9	22
6.2	Zetting	23
6.3	Omgevingsbeïnvloeding	23
6.3.1	Trillingen	23
6.3.2	Hemelwater	23
6.3.3	Grondwater.....	23
6.4	Monitoringsplan	23
6.4.1	Belendingen.....	23
6.4.2	Waterkering.	24
6.5	Tijdelijk ruimtebeslag.....	24
6.6	Bereikbaarheid en omleidingen.....	24
7	Risicobeheersing	25
7.1	Belangrijke keuzes (BTO).....	25
	Bijlage A Ontwerp zone 9	26

1 Inleiding

Dit document is onderdeel van het Vergunningen Ontwerp (VO) van dijkversterking SAFE. De voorliggende nota betreft de uitwerking van het VO voor Dijkzone 9 Tienhoven. Naast dit document is er een overkoepelende ontwerpnota opgesteld waarin generieke uitgangspunten en eisen zijn beschreven. Per dijkzone is er een aparte ontwerpnota opgesteld.

In Tabel 1 is een overzicht te zien van de samenhang tussen de rapportages die in OR2 zijn opgesteld.

Tabel 1: Overzicht en samenhang rapportages

Dijkzone	Beschrijving Systeemeis
0	Overkoepelende ontwerpnota
1	Ontwerpnota dijkzone 1 Fort Everdingen
2	Ontwerpnota dijkzone 2 Vianen Oost
3 & 4	Ontwerpnota dijkzones 3 en 4 Vianen West en Helsdingen
6	Ontwerpnota dijkzone 6 Achthoven-Oost
7	Ontwerpnota dijkzone 7 Achthoven-West
9	Ontwerpnota dijkzone 9 Tienhoven
10	Ontwerpnota dijkzone 10 Langerak
11	Ontwerpnota dijkzone 11 Veer Bergstoep

1.1 Doel

Het doel van deze ontwerpnota is het vaststellen en het onderbouwen van het ruimtebeslag voor het Vergunningen Ontwerp (VO) van Dijkzone 9 Tienhoven. Dit ruimtebeslag wordt gebruikt in het Projectbesluit.

1.2 Leeswijzer

In september tot december 2024 is de ontwerpnota voor het concept vergunningenontwerp van dijkzone 9 opgesteld. De voorliggende ontwerpnota voor het vergunningenontwerp vervangt de ontwerpnota voor het concept vergunningenontwerp. Alle voor informatie uit die nota is ook in de voorliggende nota te lezen. Deze nota voor het VO is een vervolg op het Addendum VKA uit 2024.

In hoofdstuk 2 wordt de systeem- en eisenanalyse beschreven. Hierin worden de eisen waaraan het ontwerp moet voldoen beschreven, ook wordt er beschreven hoe dit geverifieerd en gevalideerd wordt. In hoofdstuk 3 wordt het integrale ontwerp toegelicht. Dit bestaat uit alle maatregelen die voor waterveiligheid en voor inpassing worden uitgevoerd. In hoofdstuk 4 wordt de afstemming van het ontwerp op MER-thema's toegelicht. In hoofdstuk 5 wordt het ontwerp geverifieerd en gevalideerd. In hoofdstuk 6 wordt de toets op maakbaarheid van het ontwerp beschreven. In hoofdstuk 7 wordt de risicobeheersing beschreven.

2 Systeem- en eisenanalyse

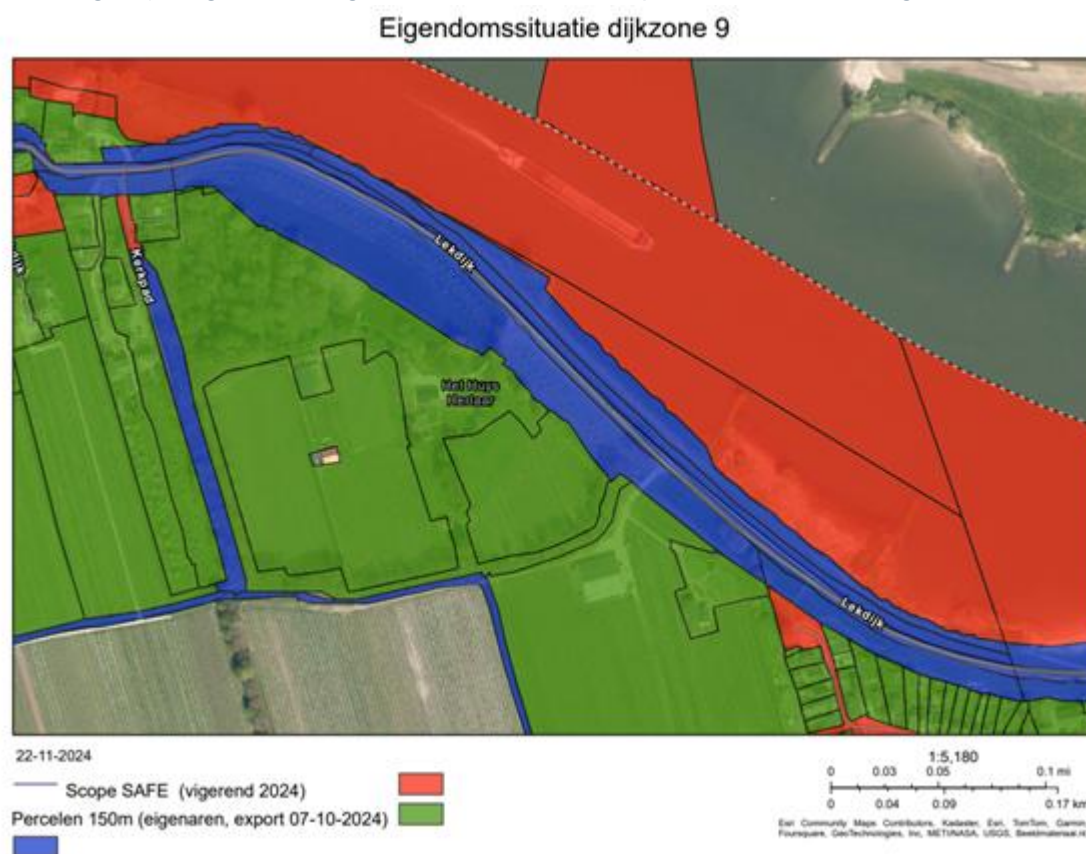
2.1 Context- en systeemanalyse

2.1.1 Systeembeschrijving

Tienhoven is een cultuurskern langs de Lekdijk. Het dorp ligt op de kop van een bocht, met uitzicht over de Lek. De dijk in dijkzone 9 is een zogenaamde schaaldijk, hetgeen betekent dat deze direct aan de rivier grenst. Het huidige binnentalud heeft een helling van ca 1:3 en er is een binnenberm aanwezig met een hoogte van ca 2,4m t.o.v. maaiveld van het achterland. De dijk bestaat uit klei.

2.1.1.1 Dijklichaam en eigendom

De huidige dijk is geheel in eigendom van Waterschap Rivierenland, zie Figuur 1.

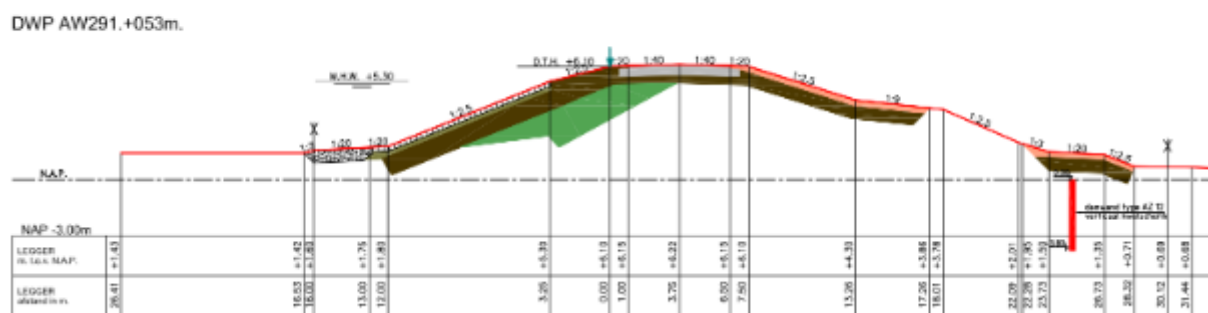


Figuur 1: Eigendom Waterschap Rivierenland (WSRL = blauw gearceerd, De staat = rood)

Aan de oostzijde van dijkzone 9 ligt een bestaand kwelscherm met een lengte van 4 meter, type AZ12. Het puntniveau van het scherm ligt op NAP -3,8 meter. Zie Figuur 2 en Figuur 3. De diepte van dit scherm is onvoldoende voor de veiligheidsopgave voor piping in dijkvak 51b en de achterloopsheidopgave. De benodigde schermdiepte is namelijk NAP -5,7m.

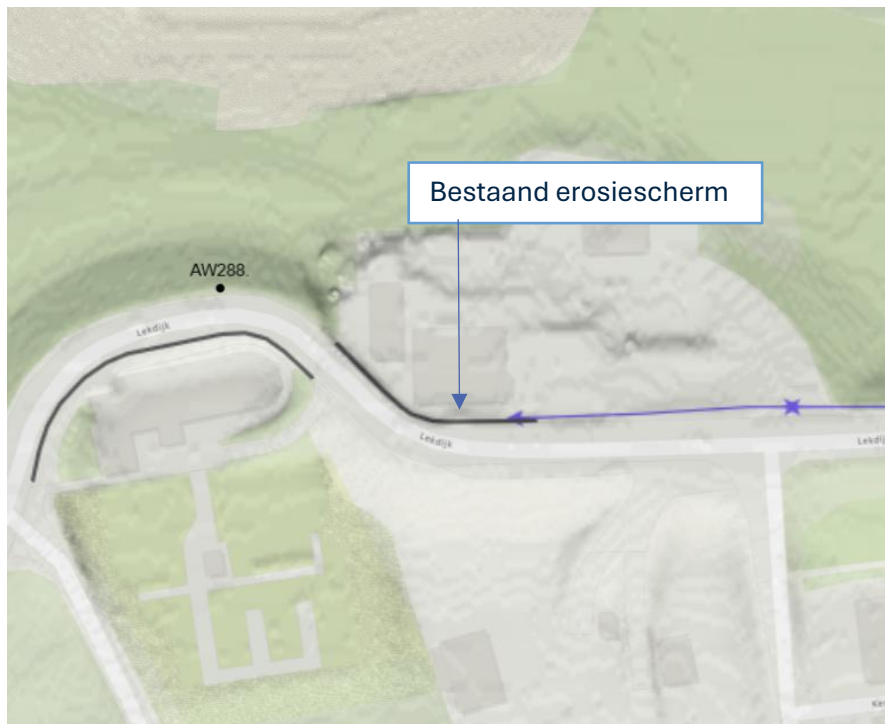


Figuur 2: bovenaanzicht kwelscherm in vak 51b en 50

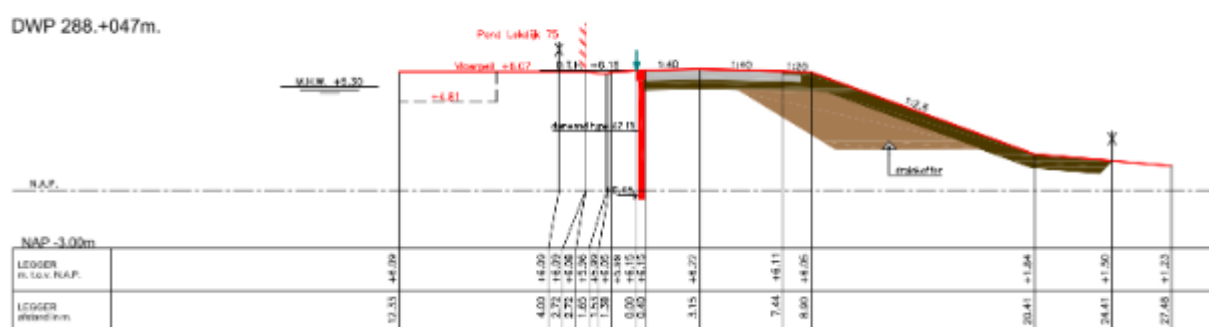


Figuur 3: dwarsprofiel kwelscherm in vak 51b en 50

Aan de buitendijkse zijde van vak 51c ligt een rijks monumentale woning (voormalig Veerhuis, Lekdijk 75). Hier ligt aan de buitenzijde een erosiescherm. Dit is een AZ13 damwand met een puntniveau op NAP +0,45m. Het erosiescherm is zodanig ondiep dat het geen bijdrage levert aan de veiligheidsopgave voor piping op van 51c.



Figuur 4: situatietekening bestaand erosiescherm aan buitenzijde



Figuur 5: dwarsprofiel erosiescherm aan de buitenzijde bij Lekdijk 75 (vak 51c)

2.1.1.2 Beheersysteem

De dijk is in beheer van waterschap Rivierenland. Er wordt beheerd door middel van schapenbeweiding. Er is een beheerpoort nabij AW290+30 en een beheerstrook aan de binnenzijde van de dijk.

2.1.1.3 Nutssystemen

Ter plaatse van de binnenteen liggen diverse langsliggende leidingen. Dit betreft een drinkwaterleiding (PE) een laagspanningskabel en een datakabel. Ook ligt er een langsliggende waterleiding ter hoogte van de binnenkruinlijn. De laagspanningskabel kruist de constructiezone 2 maal, één maal kruist een datakabel. Nabij het Kerkpad liggen dezelfde drinkwaterleiding, laagspanningskabel en een datakabel. Zie Figuur 6 voor de ligging van kabels en leidingen.



Figuur 6: ligging kabels en leidingen dijkzone 9 (blauw = water, rood = laagspanning, groen = data)

2.1.1.4 Watersysteem

In dijkzone 9 liggen geen watergangen binnen het plangebied.

2.1.1.5 Wegsysteem

Op de kruin ligt een erftoegangsweg type II, met fietssuggestiestroken in licht asfalt. De weg blijft behouden.

2.1.2 Contextanalyse

Oostelijk van Tienhoven heeft een kasteel gestaan (Kasteel Herlaer). Dit is nog te herkennen aan de hoge monumentale bomen. De plek waar het slot heeft gelegen is geheel verdwenen en de slotgracht is (grotendeels) gedempt. De poort naar het kasteel staat er nog en is ook een Rijksmonument. Deze poort staat ter plaatse van dijkpaal AW291, buiten dijkvak 50.

In dijkzone 9 staan twee rijen fruitbomen op de berm, die passen in de historische context van kasteel Herlaer. Die bomen moeten na dijkversterking worden teruggebracht op de berm, binnen de randvoorwaarden van de notitie medegebruik.

Westelijk van het te versterken traject ter plaatse van dijkpaal AW288 ligt binnendijs de 12^e - eeuwse dorpskerk van Tienhoven gewijd aan de Sint Nicolaas. Aan de buitendijkse zijde ligt het voormalige veerhuis ter plaatse van dijkpaal AW288+50. Het veerhuis is gebouwd in 1875, functioneert nu als café en woning onder de naam 'Café Welgelegen'. Beide gebouwen zijn een Rijksmonument.

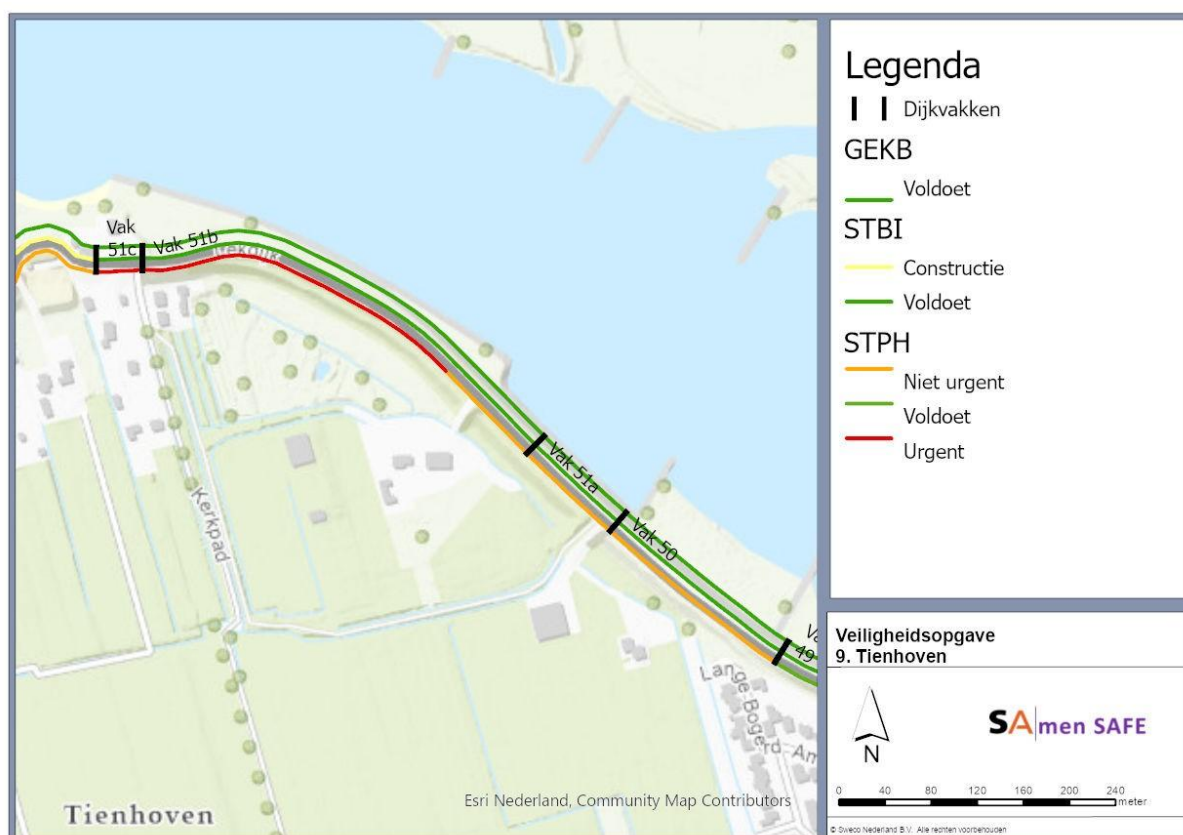
2.2 Ontwerpopgaven

2.2.1 Veiligheidsopgave

Dijkzone 9 is opgedeeld in vijf dijkvakken, genummerd 49 t/m 51c. In twee vakken is een urgente pipingopgave aanwezig. De dijk voldoet overal aan de hoogte- en stabiliteitseisen. De specifieke opgave per dijkvak is weergegeven in Tabel 2 en Figuur 7.

Tabel 2: Veiligheidsopgave dijkzone 9

Vak	DP van	DP tot	Lengte	Hoogte	Stabiliteit	Piping
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
49	AW292.+109	AW291.+180	127	Voldoet	Voldoet	Voldoet
50	AW291.+180	AW290.+198	181	Voldoet	Voldoet	Niet urgent
51a	AW290.+198	AW290.+100	98	Voldoet	Voldoet	Niet urgent
51b	AW290.+100	AW288.+089	402	Voldoet	Voldoet	Urgent
51c	AW288.+089	AW288.+048	40	Voldoet	Voldoet	Urgent



Figuur 7: Veiligheidsopgave dijkzone 9. De rode lijn geeft aan welke delen niet voldoen aan de norm

2.2.2 Inpassingopgave

Op de steunberm staan jonge hoogstam fruitbomen, die na versterking teruggebracht worden. De Rijksmonumenten aan de oost- en westzijde van de versterking moeten behouden blijven. Dit betekent dat het heavescherm buiten de oprit en bomenrij naar voormalig kasteel Herlaar wordt aangebracht. Er staan twee monumentale bomen, zomereiken uit de periode 1860-1870. Met het plaatsen van de constructie wordt er rekening mee gehouden dat deze monumentale bomen behouden blijven. Aan de westzijde van het te versterken traject staat aan de binnenzijde een woning. Deze woning moet behouden blijven. Oostelijk daarvan ligt een andere woning met een naastgelegen schuur. De woning moet ingepast worden, voor de schuur is afhankelijk van de versterkingsmaatregelen verplaatsing noodzakelijk.

2.2.3 Gebiedsopgave

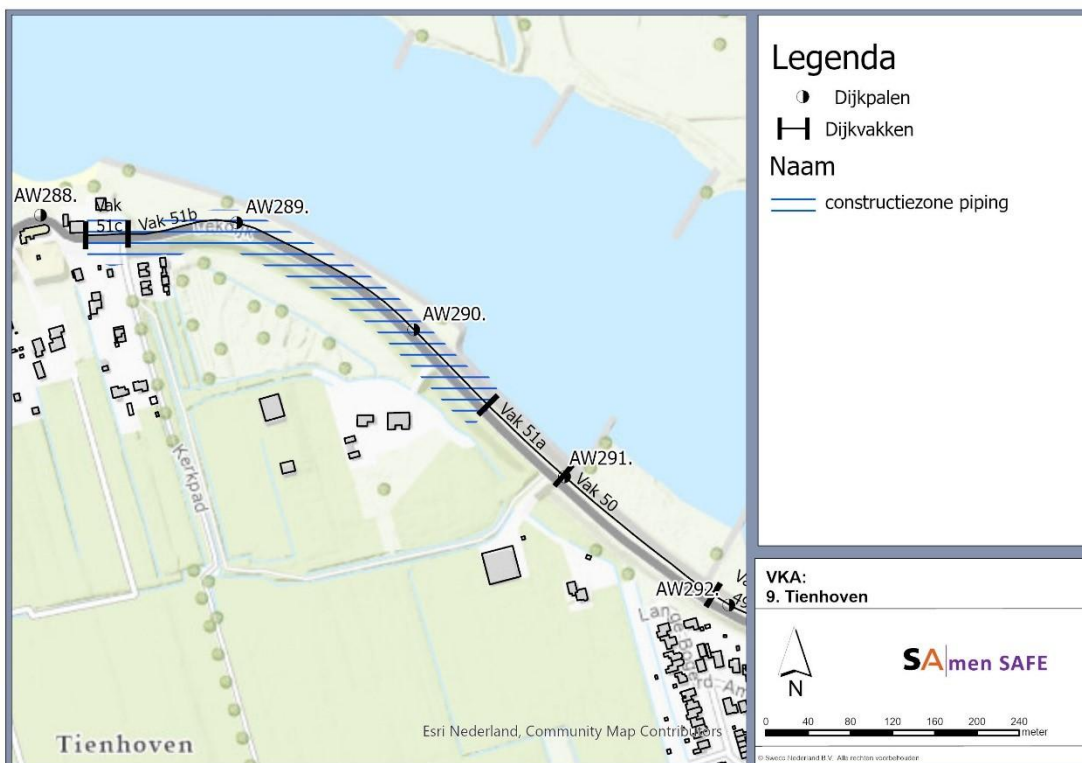
Voor deze dijkzone is er geen gebiedsopgave.

2.3 Referentieontwerp

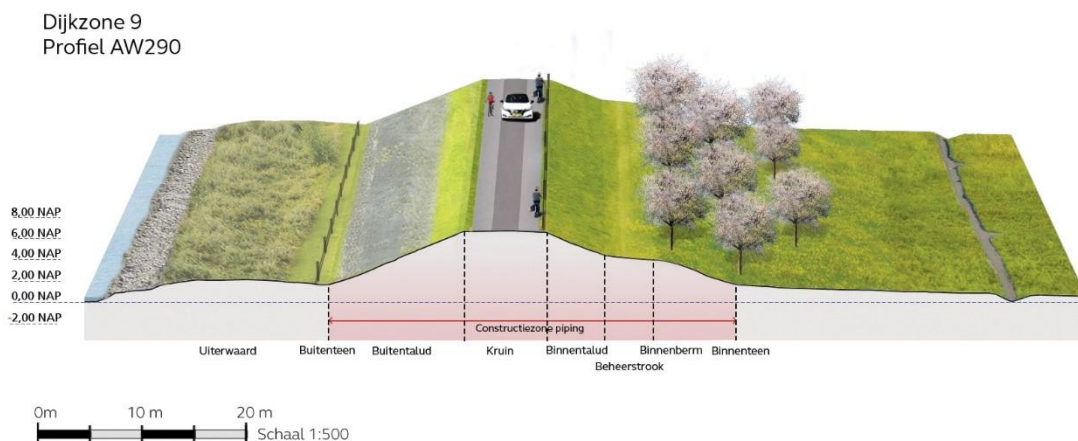
Het referentieontwerp betreft het concept Vergunningenontwerp dat in ontwerproude 1 is opgesteld. Dit wordt weergegeven in een 3D-model en uit het 3D-model zijn bovenaanzichten en dwarsprofielen gehaald.

2.3.1 Addendum VKA

Het VKA voor dijkzone 9 omvat een pipingconstructie in dijkvak 51b en 51c. De woningen in het noordwesten, einde van 51b, worden hierbij behouden.



Figuur 8: Voorkeursalternatief dijkzone 9 bovenaanzicht



Figuur 9: 3D-visualisatie voorkeursalternatief dijkzone 9

2.3.2 Concept vergunningenontwerp

In het concept vergunningenontwerp is het ontwerp voor dijkzone 9 ongewijzigd ten opzichte van het addendum VKA.

2.4 Eisenanalyse

2.4.1 Systeemeisen

De systeemeisen leggen vast aan welke vereisten de waterkering moet voldoen om de vereiste functionaliteiten te bieden. Dat zijn de functionaliteiten van de veiligheidsopgave, maar ook van de inpassingsopgave. In Tabel 3 staan de belangrijkste systeemeisen voor dijkzone 9 vermeld.

Tabel 3: belangrijkste systeemeisen met betrekking tot dijkzone 9

Eisnr.	Beschrijving Systeemeis
SE_002	Voor alle faalmechanismen moeten de te versterken dijkvakken (versterkingsscope), voldoen aan de faalkanseis behorende bij traject 16-3 en 16-4 (vastgelegd in de omgevingswet), conform de standaardfaalkansverdeling voor het zichtjaar 2080, gegeven de vastgestelde uitgangspunten per mechanisme, uitgezonderd niet-urgente uittredepunten voor piping als er sprake is van een versterking in grond.
SE_012	De dijkvakken in de scope dienen minimaal te voldoen aan de faalkanseis gesteld in [SE_3] en [SE_4], conform Technische Uitgangspunten in [STPH_SAFE_Faalkansanalyse_2023_D1.0].
SE_027	Het Dijktraject dient de prestatie van bestaande en ruimtelijk geplande functies binnen de invloedszone van de dijkversterking na oplevering minimaal (=tenminste) in stand te houden.
SE_035	Het Dijktraject dient maximaal de hoeveelheid water door te laten welke het regionaal watersysteem in het achterland kan verwerken na oplevering.
SE_037	Het Dijkvak dient te faciliteren dat percelen die in de bestaande situatie ontsluiting via het dijkvak genieten, ook in de gewenste situatie weer via het dijkvak ontsloten worden, op minimaal gelijkwaardige wijze als in de bestaande situatie.
SE_062	De beheerstroken dienen tenminste aanwezig te zijn op de kruin van de dijk en juist buiten de buitenteen van de dijk en juist buiten de binnenteen van de dijk. In geval van de aanwezigheid van een stabiliteitsberm mag de beheerstrook op de steunberm gelegen zijn, in plaats van juist buiten de teen van de betreffende zijde van de dijk. Indien de stabiliteitsberm hoger is dan 3 meter is alsnog (aanvullend op die op de berm) een beheerstrook in de teen van de berm noodzakelijk. Indien er een openbare weg op de kruin van de dijk aanwezig is, neemt deze de functie van onderhoudsstrook op de kruin over.
SE_063	De beheerstroken dienen per stuk tenminste 5 meter (binnenzijde) en 4 meter (buitenzijde) breed te zijn, conform [BOP], bijlage G. Ter plaatse van deze breedte dient de strook vrij te zijn van obstakels. Op- en afritten dienen minimaal 4 meter breed te zijn.
SE_113	De hellingen van opritten zijn na de versterking niet steiler geworden op basis van opleverhoogte.
SE_114	De wegbreedtes en kruinbreedtes moeten aansluiten op de naastgelegen vakken
SE_115	Monumenten dienen onbeschadigd gehandhaafd te worden en ingepast met behoud van monumentale waarde
SE_117	De archeologisch waardevolle locaties en cultuurhistorisch waardevolle objecten en landschappelijke waarden dienen onverstoord gehandhaafd dan ingepast te worden

Eisnr.	Beschrijving Systeemeis
SE_131	Nieuwe kabels en leidingen mogen niet terugkomen in het <i>Waterstaatswerk van het nieuwe dijklichaam</i> als deze verlegd dienen te worden.

2.4.2 Klanteisen- en wensen

Van 2019 tot en met 2024 zijn er door Waterschap Rivierenland klanteisen opgehaald via bewonersavonden en keukentafelgesprekken. Deze eisen zijn vervolgens vastgesteld in een klanteisenspecificatie (KES). De klanteisen die van toepassing zijn op de ontwerpfase en het ruimtebeslag zijn weergegeven in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..**

2.5 Verificatie en validatie

In OR2 wordt de SES voor dijkversterking SAFE vastgesteld. De eisen die betrekking hebben op het ruimtebeslag moeten ook in OR2 geverifieerd worden. Met deze verificatie wordt er aangetoond dat een oplossing objectief en expliciet voldoet aan de eisen. Er is een verificatieplan opgesteld voor de systeemeisen die van toepassing zijn op OR2. In dit verificatieplan worden de verificatiemethoden en criteria benoemd op basis waarvan aangetoond wordt dat er wordt voldaan aan de eisen. In Tabel 4 is een lijst opgenomen met de verificaties van de eisen die gekoppeld zijn aan de ontwerpfase, inclusief de verificatiemethode. In Hoofdstuk 5 worden de resultaten van het verificatieproces beschreven.

Tabel 4: Verificatieplan eisen gekoppeld aan ontwerpfase

Eiscode	Omschrijving	Methode	Criterium
SE_002	Topeis levensduur ontwerp	Document beoordeling	Voldoen aan faalkanseis
SE_015	Faalmechanisme piping	Berekening	Voldoen aan faalkanseis
SE_027	Contextfuncties in stand houden	Document beoordeling	Contextfuncties worden ingepast of teruggebracht
SE_035	Niet-gekeerd water afvoeren	Document beoordeling	Geen negatieve invloed op regionaal watersysteem
SE_037	Aanliggende percelen ontsluiten	Document beoordeling	Perceelontsluiting blijft behouden
SE_062	beheerstroken, locatie	Document beoordeling	Beheerstroken opgenomen in ontwerp
SE_063	beheerstroken, breedte	Document beoordeling	Beheerstroken met juiste breedte in ontwerp
SE_113	Helling op en afritten	Document beoordeling	Gemiddelde helling is flauwer of gelijk
SE_114	Aansluiting wegdelen	Document beoordeling	Aansluiting opgenomen in ontwerp
SE_115	Monumenten	Document beoordeling	Behoud monumenten
SE_117	Cultuur en archeologische waarden	Document beoordeling	Behoud archeologische waarden
SE_131	Locatie kabels en leidingen	Document beoordeling	Verleggings(plan) kabels en leidingen voldoet aan eis

2.6 Risicoanalyse

Er bestaan ontwerprisico's die met ontwerpkeuzes beheerst kunnen worden. Tijdens het ontwerpatelier zijn de grootste ontwerprisico's besproken. Tabel 5 geeft de ontwerprisico's weer. De beheersing van de risico's wordt in hoofdstuk 7 toegelicht.

Tabel 5: Risicoanalyse

Nr	Risico	Oorzaak	Gevolg
RIS-184	Schade eigendommen derden door het aanbrengen van heaveschermen	(trillend) aanbrengen nabij opstallen. Afwijkende grondslag	Schade, schadeclaims
RIS-001	Onverwachte vondst archeologische waarden	Archeologisch waarden zijn aanwezig	Nader onderzoek, opgraving, stagnatie
RIS-020	Hoge kosten voor maatwerklocaties constructies zijn hoger dan geraamd	Complexe inpassing nabij monumenten	Ontwerp is niet sober en doelmatig / subsidiabel

Hierdoor kruist het heavescherm de oprit met waardevolle bomen richting Huys Herlaar, gezien de kwetsbaarheid en positie is het behouden van de bomen niet realistisch.

In dijkvak 52 is er ook sprake van achterloopsheid, vanwege de pipingopgave in dijkvak 51b en 51c. Hierdoor zou het heavescherm doorgetrokken moeten worden tot westelijk van de kerk, in dijkvak 52. Het aanbrengen van een heavescherm ter plaatse van de kerk is ruimtelijk niet maakbaar zonder grote impact op de (monumentale) omgeving. Daarom wordt vastgehouden aan de scopebegrenzing van de partiële versterking en wordt het heavescherm alleen in tot dijkvak 51c aangebracht. Op dit heavescherm moet in een toekomstige dijkversterking (voor 2050) worden aangesloten. Voor de beheerfase dient met de beheerorganisatie te worden afgestemd hoe de potentiële (rest)risico's bij hoog water dienen te worden beheerst.

3.1.3 Monitoring piping

In vak 50 en 51a is een niet-urgente piping opgave aanwezig. De monitoring hiervoor maakt onderdeel uit van de beheeropgave van het waterschap. Deze wordt uitgewerkt in het beheerplan (ontwerpronde 3).

3.1.4 Anti-graverij maatregelen

In dijkzone 9 worden geen anti-graverijmaatregelen getroffen vanwege een laag risico op dierlijke graverij binnen de scopegrenzen.

3.1.5 Medegebruik

Er vindt geen medegebruik van de bermen plaats. De bomen die teruggeplaatst worden zijn laagstambomen met een hoogte <5 meter. Deze worden buiten de beheerstrook teruggeplaatst. Hierdoor is er een overhoogte van 0,5 meter noodzakelijk om de bomen terug te kunnen planten.

3.2 Beheersysteem

3.2.1 Beheerstroken

De beheerstrook heeft een breedte van 5 meter en ligt ter plaatse van de binnenberm. Ter plaatse van de beheerstrook wordt ook het heavescherm aangebracht.

3.2.2 Beheeropritten

De toegang ter plaatse van de beheerpoort nabij AW290+30 wordt terug gebracht.

3.2.3 Beheer en onderhoud

Het bestaande beheer met schapen van de berm in de toekomst is mogelijk.

3.3 Nutssystemen

De kruisende data en laagspanningskabels moeten worden verlegd, waarschijnlijk met op de zelfde locatie met een kruising boven de damwand. Voor de waterleiding in de binnenkruinlijn is verlegging gewenst naar de leidingstrook aan de binnenzijde (zie Figuur 6).

3.4 Watersysteem

Er zijn in dijkzone 9 geen maatregelen aan het watersysteem noodzakelijk.

3.5 Wegsysteem

De bestaande weg blijft behouden.

4 Ontwerpbeoordeling MER-thema's

4.1 Omgeving

4.1.1 Landschap en ruimtelijke kwaliteit

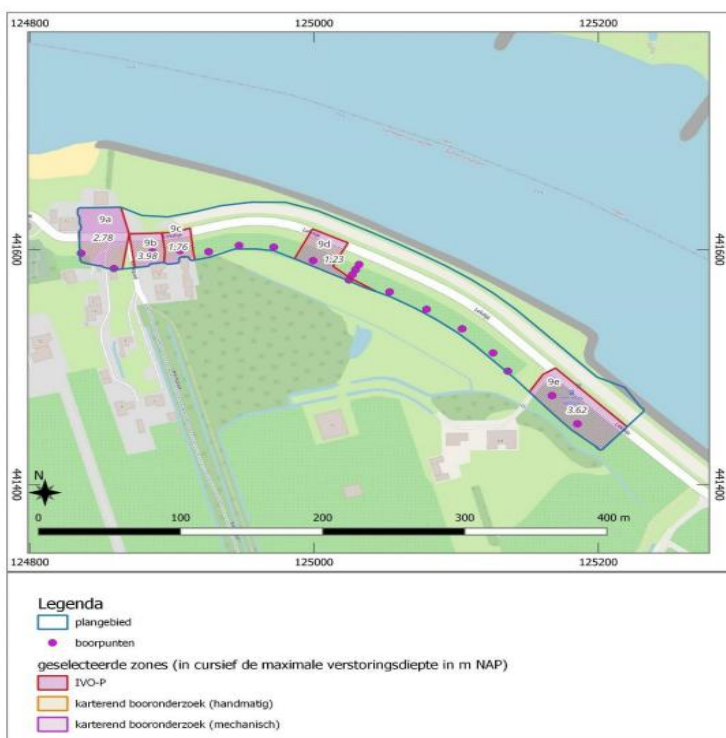
De landschappelijke waarden in deze dijkzone blijven behouden, omdat het heavescherm onder maaiveld wordt aangebracht en de karakteristieke fruitbomen worden teruggebracht.

4.1.2 Cultuurhistorie

De monumentale poort ter plaatse van Huys Herlaar blijft behouden en ook de monumentale kerk en Veerhuis worden behouden.

4.1.3 Archeologie

Door het aanbrengen van het heavescherm in de binnenteen ontstaat er een raakvlak met de aanwezige archeologische waarden, weergegeven in Figuur 11. In advieszones 9a t/m c betreft dit oude ophogingspakketten, die waarschijnlijk samenhangen met historische huisplaatsen en die tijdens het booronderzoek respectievelijk vanaf NAP 2,78m, 3,98m en 1,76 m zijn aangetroffen. In advieszone 9d gaat het om gerijpte oevers en mogelijk een grachtvulling uit de nieuwe tijd rondom het terrein/tuin van Huys Herlaar (vanaf NAP 1,23m en dieper). In advieszone 9e zijn eveneens oude ophogingspakketten en mogelijke bebouwingsresten gevonden die mogelijk samenhangen met een voorwerk van Huys Herlaar (vanaf NAP 3,62 m). Voor in- en/of ex situ behoud van deze waarden wordt in de planprocedure een plan van aanpak uitgewerkt.



Figuur 11: advieskaart uit het archeologisch booronderzoek

4.2 Milieu

4.2.1 Ecologie

Er zijn in het ecologisch veldonderzoek ter plaatse van de werkzaamheden geen vaste verblijfplaatsen van beschermd soorten aangetroffen.

4.2.2 Bomen

Fruitbomen op de berm worden teruggebracht. De monumentale bomen bij de oprit Huys Herlaar blijven behouden.

4.2.3 Rivierkunde

Er zijn geen effecten op rivierkunde, omdat er aan de buitenzijde van de dijk geen werkzaamheden plaats vinden.

4.2.4 Waterkwantiteit en -kwaliteit

Door het plaatsen van pipingschermen kan er invloed op de grondwaterstand optreden. Effecten op geohydrologie worden bepaald ten behoeve van het MER fase II.

4.2.5 Bodem

Ter plaatse van dijkzone 9 (binnendijks) zijn verhoogde gehalten aan zware metalen, OCB, PAK en PFAS in de bodem aangetoond in de bovengrond (0,3m tot 0,5m onder maaiveld). De bodem voldoet aan klasse Industrie en is bij ontgraving dus niet zonder meer herbruikbaar. Er wordt rekening gehouden met afvoeren van vrijkomend materiaal.

5 Verificatie en validatie

5.1 Verificatie

Het ontwerp moet getoetst worden aan de eisen die gesteld zijn. In dit hoofdstuk wordt de verificatie van het ontwerp aan de klant- en systeemeisen uitgevoerd. In het geval van de klanteisen wordt een honoreringsadvies vanuit het ontwerp gegeven.

5.1.1 Verificatie

In Tabel 6 zijn de verificatieresultaten opgenomen voor de belangrijkste eisen voor dijkzone 9, met een verwijzing naar de paragraaf waar aangetoond is dat aan de eisen wordt voldaan.

Tabel 6: : Verificatieresultaten

Eiscode	Eistitel	Criterium	Resultaat	Paragraaf
SE_002	Topeis levensduur ontwerp	Voldoen aan faalkanseis	Voldoet	3.1.2
SE_015	Faalmechanisme piping	Voldoen aan faalkanseis	Voldoet	3.1.2
SE_027	Contextfuncties in stand houden	Contextfuncties worden ingepast of teruggebracht	Voldoet	3.1.2
SE_035	Niet-gekeerd water afvoeren	Geen negatieve invloed op regionaal watersysteem	Voldoet	3.4
SE_037	Aanliggende percelen ontsluiten	Perceelontsluiting blijft behouden	Voldoet	3.5
SE_062	beheerstroken, locatie	Beheerstroken opgenomen in ontwerp	Voldoet	3.2.1
SE_063	beheerstroken, breedte	Beheerstroken met juiste breedte in ontwerp	Voldoet	3.1.2
SE_113	Helling op en afritten	Gemiddelde helling is flauwer of gelijk	Voldoet	3.5
SE_114	Aansluiting wegdelen	Aansluiting opgenomen in ontwerp	Voldoet	3.5
SE_115	Monumenten	Behoud monumenten	Voldoet	4.1.2
SE_117	Cultuur en archeologische waarden	Behoud archeologische waarden	Voldoet	4.1.2, 4.1.3
SE_131	Locatie kabels en leidingen	Verleggings(plan) kabels en leidingen voldoet aan eis	Voldoet	3.3

5.2 Validatie

Nadat de ontwerpen zijn getoetst aan de systeemeisen (verificatie), zijn de ontwerpen voorgelegd aan de klant en gevalideerd.

5.2.1 Valideren ontwerp met eindgebruikers

Validatie van het ontwerp met de eindgebruikers wordt einde ontwerpronde 2 uitgevoerd en verwerkt in deze ontwerpnota.

5.2.2 Toets sober en doelmatig

Het ontwerp zoals beschreven in hoofdstuk 3 is voorgelegd aan het HWBP in een sober- en doelmatigheidstoets. Het doel van deze toets is om samen met het HWBP vast te leggen dat het ontwerp in lijn is met de subsidieregeling. Deze vraag staat momenteel uit bij het HWBP. De resultaten volgen in de volgende ontwerpronde.

5.2.3 Besluitvorming project

De ontwerpnota is vastgesteld in het Ontwerp Management Team en is geaccepteerd als het ruimtebeslag dat vastgesteld is voor OR2 en dat wordt gebruikt in het Projectbesluit.

6 Uitvoering

6.1 Maakbaarheidstoets

6.1.1 Heavescherm (constructie) westelijk deel zone 9

Bij het aanbrengen van het heavescherm worden er damwandplanken in de grond gebracht die een verticaal scherm vormen en waterdicht moeten zijn. Bij het plaatsen van de damwanden is de positie van het scherm ten opzichte van bebouwing en de dijkkruin relevant. Juist omdat er in het westelijke deel weinig ruimte is tussen bebouwing en de dijkkruin kan het benodigde materieel (hijskraan/damwandstelling) daar ook niet staan en wordt deze bovenop de dijk gepositioneerd. Omdat het materieel dicht op de damwand moet staan wordt de damwand binnendijs, bovenin het talud, tegen de kruin aan aangebracht. Tijdens deze werkzaamheden is de dijk volledig afgesloten voor het overige verkeer.

Om het materieel te kunnen opstellen wordt de kruin verbreed tot ca 8m bij een trillende methode en 10m breed bij een trillingsarme methode. Deze breedte wordt gerealiseerd door een tijdelijke kruinverlaging, het aanbrengen van een heiterp op het talud of een combinatie van beide. In zone 9 wordt een heiterp tegen het binnen- of buitentalud aangebracht, een kruinverlaging is niet doelmatig aangezien de aanwezige wegverharding behouden moet blijven. Om de heiterp te kunnen aanbrengen en deze voldoende stabiliteit te geven wordt het talud ingekast zodat een goede aansluiting van de heiterp met het talud wordt gerealiseerd.

Gezien de relatief korte afstand van de constructie tot aan de bebouwing in dijkvak 51c is bij het trillend plaatsen van de constructie extra aandacht nodig voor monitoring. De constructie aanbrengen middels een trillingsarme methode is een terugvaloptie wanneer het risico op schade toeneemt. Hier is in het uitwerken van het tijdelijk ruimtebeslag rekening mee gehouden. Nader onderzoek naar de ondergrond, de staat van de bebouwing en de daadwerkelijke afstand tot de woning zal in een later stadium de precieze werkmethode worden bepaald.

6.1.2 Heavescherm (constructie) oostelijk deel zone 9

Bij het plaatsen van een heavescherm worden er damwandplanken in de grond gebracht, in het geval van zone 9 zijn dit schermen die binnendijs in de bestaande stabiliteitsberm worden aangebracht. Bij plaatsing van het heavescherm in de binnendijkse stabiliteitsberm wordt de berm eerst ontgraven middels een hydraulische graafmachine. Het vrijkomende materiaal wordt verspreid binnen de werkgrens en dient als opstelstrook voor de damwandstelling. In deze situatie is bebouwing op voldoende afstand en zal het scherm trillend worden aangebracht. Na het plaatsen van het scherm wordt de berm hersteld, eventueel uitgebreid volgens het ontwerp en ingezaaid.

6.2 Zetting

In deze dijkzone is geen sprake van significante ophoging, dus zettingen zijn niet aan de orde.

6.3 Omgevingsbeïnvloeding

Door de werkzaamheden kan niet worden uitgesloten dat er enig effect is op de directe omgeving. Hieronder wordt uitgelegd welke effecten dit kunnen zijn. Belangrijk is te vermelden dat wanneer deze effecten dermate invloed hebben dat sprake kan zijn van risico's voor de omgeving dit wordt opgenomen in het monitoringsplan. Zie verder paragraaf 6.4.

6.3.1 Trillingen

Transportbewegingen over en langs de dijk evenals de bewegingen van zwaar materieel op de dijk kunnen zorgen voor trillingen die in de omgeving voelbaar zijn. Daarnaast worden ook damwanden aangebracht. De trillingen die hieruit voortkomen zijn in de directe omgeving waarneembaar. Voor woningen direct aan de dijk gelegen wordt de staat van de bebouwing in kaart gebracht en zullen monitoringssystemen worden ingezet om de invloed van de werkzaamheden in beeld te brengen en daarmee het risico op een negatieve invloed te beheersen.

Een oostelijk deel van het heavescherm wordt trillend aangebracht. Dit is over een lengte van 370 meter waar de bebouwing voldoende ver weg staat. In het westelijk deel wordt over 70 meter het heavescherm in principe met een trillingsarme methode aangebracht, vanwege de nabijheid van bebouwing. Kerkpad 2 (bouwjaar 1957) ligt binnen 20 meter van de locatie waarop het heavescherm wordt aangebracht.

6.3.2 Hemelwater

Tijdens de werkzaamheden en bij afronding is de grasbekleding van de dijk afwezig. Hierdoor komt het hemelwater sneller tot afstromen en bestaat het risico van lokaal overlast van hemelwater of meegevoerd sediment. In de meeste gevallen is de bekleding na 1 of 2 groeiseizoenen voldoende ontwikkeld waarna van overlast geen sprake meer is.

6.3.3 Grondwater

Tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden in zone 9 worden geen watergangen geraakt of aangepast. Het is niet de verwachting dat het uitvoeren van deze werkzaamheden invloed heeft op de grondwaterstand.

6.4 Monitoringsplan

Het monitoringsplan bestaat uit monitoring van belendingen en monitoring van de waterkering. Voor beide zijn specifieke maatregelen nodig die ruim voor start van de uitvoering zijn aangebracht en in werking zijn gesteld.

6.4.1 Belendingen

Het aanbrengen van de grondophogingen vindt gefaseerd plaats, laagsgewijs en onder gecontroleerde omstandigheden. Hierbij ontstaan trillingen door transport en bewegingen van zwaar materieel. Om zeker te zijn dat er geen overschrijdingen van toegestane trillingen (tov de referentie) optreden die een direct effect hebben op de aanwezige bebouwing worden er ter

plaats van risicogevoelige bebouwing meetpunten aangebracht in de vaste ondergrond (bv een afrit) of de gevel van het pand. Door meting wordt vastgesteld of er overschrijdingen ontstaan. Wanneer dat het geval is treden de maatregelen uit het monitoringplan in werken waaronder de mogelijkheid van het aanpassen van de werkmethode en mogelijk het treffen van correctieve maatregelen om schade te voorkomen.

6.4.2 Waterkering.

Tijdens de werkzaamheden wordt de staat van de waterkering gemonitord. Door meetpunten op de dijk en in de ondergrond wordt de stabiliteit en vervorming van de waterkering in beeld gebracht en getoets aan de waterveiligheidseisen. Wanneer niet wordt voldaan aan de gestelde kaders wordt direct volgens de stappen in het monitoringsplan gehandeld zodat de dijkbeheerder betrokken is en in een acceptabel tijdsbestek weer aan de vereiste dijkveiligheid wordt voldaan.

6.5 Tijdelijk ruimtebeslag

Het benodigde ruimtebeslag om de werkzaamheden te kunnen uitvoeren is uitgewerkt op basis van de werkmethode, in te zetten materieel en benodigde ruimte voor opslag van materialen. Buitendijks is in dijkvak 51c rekening gehouden met het opstellen van een damwandstelling op de kruin en het aanbrengen van een heiterp op het buitentalud. Hiervoor is extra ruimtebeslag opgenomen.

6.6 Bereikbaarheid en omleidingen

Tijdens de werkzaamheden wordt materiaal en materieel aangevoerd. Hiervoor zijn toegangspoorten voorzien op de uiteinden van het werk. Bereikbaarheid van de bewoners en bedrijven langs de dijk is een knelpunt, er is onvoldoende ruimte om de bereikbaarheid veilig binnen de werkgrens van zone 9 in te richten. Kansrijk lijkt een strategie met de ontsluiting van bewoners via het achterland. Dit moet verder worden gedetailleerd. In onderstaande afbeelding is deze optie in suggestie weergegeven.



Figuur 12 Bereikbaarheid bewoners en bedrijven in zone 9

7 Risicobeheersing

In dit hoofdstuk is beschreven op welke wijze de risico's voor dijkzone 9 beheerst zijn door de ontwerp- en uitvoeringskeuzes. In Tabel 7 staan de beheersmaatregelen voor de risico's beschreven, inclusief de verwijzing naar de paragraaf waar deze beheersmaatregelen zijn uitgewerkt.

Tabel 7: Risicoanalyse

Nr	Risico	Oorzaak	Gevolg	Beheersmaatregel	Paragraaf
RIS-184	Schade eigendommen derden door het aanbrengen van heaveschermen	(trillend) aanbrengen nabij opstallen. Afwijkende grondslag	Schade, schadeclaims	Drukkend aanbrengen heaveschermen ter plaatse van bebouwing	6.3
RIS-001	Onverwachte vondst archeologische waarden	Archeologisch waarden zijn aanwezig	Nader onderzoek, opgraving, stagnatie	Uitvoeren archeologisch vooronderzoek, proefsleuven, archeologische begeleiding	4.1.3
RIS-020	Hoge kosten voor maatwerklocaties constructies zijn hoger dan geraamd	Complexe inpassing nabij monumenten	Ontwerp is niet sober en doelmatig / subsidiabel	Haaks op de dijk aanbrengen van de achterloopsheidschermen, zodat geen dijkversterkingswerkzaamheden t.p.v. de monumenten plaats hoeven vinden.	3.1.2

7.1 Belangrijke keuzes (BTO)

BTO = keuzes op bouwkundig (het WAT), technisch (het HOE) of organisatorisch niveau (WIE)

1. Door tijdens de werkzaamheden het dijkvak af te sluiten voorkomen we menging van regulier verkeer met het bouwverkeer. Voor de bereikbaarheid van de buitendijkse stakeholders moet een alternatieve rijroute worden ingericht die buiten het werkvak om gaat.
2. Om het negatief beïnvloeden van gebouwen en woningen door trillingen te beheersen wordt er in het VO van uitgegaan dat dichtbij woningen het terugvalsscenario, ten opzichte van trillen, de werkmethode 'trillingsarm aanbrengen' kan wordt toegepast. De invloedcirkel varieert per woning afhankelijk van de staat van de woning. Door in het ruimtebeslag en voorzieningen (bv aanbrengen heiterp) rekening te houden met dit terugvalsscenario behouden we de mogelijkheid om bij een toename van het schaderisico de werkmethode aan te passen.

Bijlage A Ontwerp zone 9

Legenda

Dijkontwerp



Bestaand



Dijkzone 9.1



Legenda

Dijkontwerp

-  Tijdelijk ruimtebeslag
-  Heavescherm (constructie)

Dijkzone 9.2



