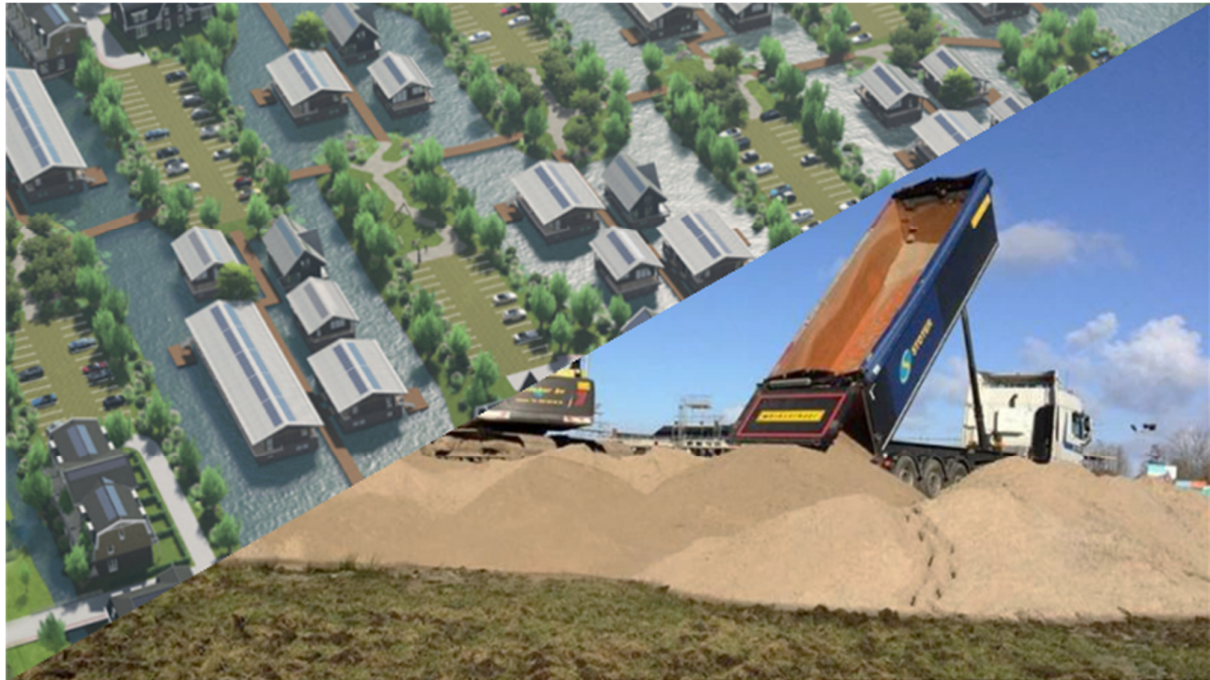


Verkenning bouwrijp maken Gnephoek

Ten behoeve van het contourenplan Gnephoek
te Alphen aan den Rijn



Sweco Nederland B.V.	30129769
Onderwerp	Verkenning bouwrijp maken Gnephhoek
Projectnummer	51012011-010
Klant	Gemeente Alphen aan den Rijn
Datum	2023-06-09
Document referentie	230609_BRM Gnephhoek Rapportage

Inhoudsopgave

1	Aanleiding	4
2	Proces	4
	2.1 Afgevallen technieken	6
3	Resultaten	8
	3.1 Kostenberekening	8
	3.2 Verhouding aanleg- en beheerkosten LCC.....	11
	3.3 Duurzaamheid en uitvoerbaarheid	14
	3.3.1 Ophogen met zand	14
	3.3.2 Uitgraven van veen en vervangen met industriegrond	15
	3.3.3 Grondlichaam met zand/klei	16
	3.3.4 Betonconstructie op palen	16
4	Conclusies en aandachtspunten	18

1 Aanleiding

De Gnephoekpolder te Alphen aan de Rijn wordt gezien als één van vijf buitenstedelijke locaties geschikt voor woningbouw in Nederland. Om de mogelijkheden voor gebiedsontwikkeling tot een duurzame en leefbare woonomgeving te onderzoeken wordt een contourenplan voor de Gnephoek ontwikkeld. Een belangrijk onderdeel van deze potentiële ontwikkeling is het bouwrijp maken van het gebied. In deze rapportage wordt een eerste verkenning gedaan voor de mogelijkheden voor het bouwrijp maken van de Gnephoek. Deze rapportage dient als input voor het ontwerpend onderzoek voor het opstellen van het contourenplan voor de Gnephoek en dient mede als input voor het opstellen van de grondexploitatie (de zogenaamde GREX).

De hoofdvragen die deze rapportage beantwoord zijn als volgt:

1. Welke bouwrijpstechniek heeft per gebiedstype de voorkeur kijkend naar uitvoerbaarheid, kosteneffectiviteit in de levenscyclus en duurzaamheid?
2. Wat zijn de aanlegkosten en wat zijn de beheer en onderhoudskosten in contante waarde?

2 Proces

Om tot de meest geschikte vorm van bouwrijp maken te komen voor de Gnephoekpolder zijn er diverse ophogetechnieken beschouwd (Figuur 1). Hierbij is gebruik gemaakt van de factsheet [Innovatieve Ophogetechnieken](#) van het Kenniscentrum Bodemdaling en Funderingen. Tijdens een workshop met de gemeente Alphen aan den Rijn is per gebied aan de hand van op dat moment bekende zijnde ruimtegebruikskaart voor de Gnephoek een voorkeursbouwrijpstechniek bepaald. Dit mede op basis van de geïdentificeerde lokale bodemgesteldheid en zettingsgevoeligheid. Een eerste globale analyse van de levenscycluskosten, uitvoerbaarheid en duurzaamheid van de beschouwde bouwrijpstechnieken is uitgewerkt.



Figuur 1. Overzicht van de uitgelichte ophogetechnieken

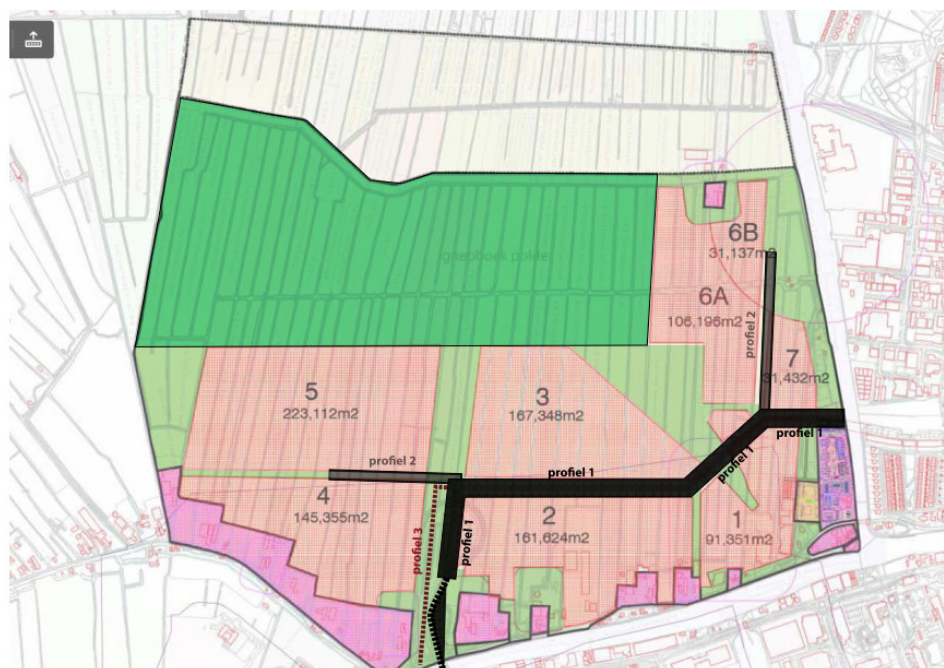
In de ruimtegebruikskaart (zie figuur 2) zijn gebieden met 1, 2, 3, 4, 5, 6a, 6b en 7 gemarkeerd. Per gebiedsindeling is de lokale bodemgesteldheid vastgesteld door het analyseren van bodemonderingen en het beoordelen van de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld. De bestaande maaiveldhoogte is per gebiedsindeling grofweg bepaald aan de hand van het Algemene Hoogte Bestand Nederland (AHN). Het bestaande waterpeil is afgeleid van de peilbesluiten van het Hoogheemraadschap Rijnland (HHR) en bedraagt -2.38m (zomerpeil)

Per gebiedsindeling is de optimale bouwrijptechniek bepaald voor zowel de infrastructuur als de tuinen en openbaar groen op basis van een zogenaamde levenscycluskostenanalyse (Life Cycle Costs, LCC).

Een LCC is een methode die wordt gebruikt om de totale kosten gedurende de levensduur van een project, product of systeem te evalueren. Het omvat alle kosten die verband houden met de verschillende fasen, zoals ontwerp, bouw, onderhoud en verwijdering. Bij het kiezen van de optimale bouwrijptechniek helpt een LCC bij het identificeren van de meest kosteneffectieve optie op lange termijn. Bij de opgestelde LCC voor dit project is rekening gehouden met de eisen van de gemeente en de leidraad [Klimaat Adaptief Bouwen](#) van de provincie Zuid- Holland (PZH).

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd bij de kostenanalyse:

- (Rente)kosten als gevolg van consolidatietijd voorbelasting zijn niet beschouwd.
- Alle prijzen zijn kale bouwkosten (ex. staartkosten).
- Terreininrichtingen (groenvoorzieningen, waterhuishouding, etc) zijn niet meegenomen.
- Kosten voor oeverbescherming is niet meegenomen.
- Kosten voor aanleg riolering en K&L zijn niet meegenomen.
- Kosten voor bouwwegen zijn niet meegenomen.
- Per techniek zal (afhankelijk van het ontwerp) moeten worden bekeken over hoe groot oppervlak de techniek moet worden toegepast om de totale kosten te bepalen. De m² prijzen zijn dus niet altijd onderling vergelijkbaar.
- Restzettingseis [10cm in 30 jaar excl. autonome bodemdaling](#).
- Drooglegging infrastructuur 1,25m na zettingsperiode van 30 jaar.
- Drooglegging tuinen 0,8m na zettingsperiode van 30 jaar.
- Voor de uitwerking van de bouwrijptechnieken is deze drooglegging globaal gehanteerd. Uiteindelijk kan in een gedetailleerde analyse precies per locatie worden bepaald welke hoogtes precies nodig zijn.
- Waterpeil wordt voor de hele polder vastgezet op zomerpeil.
- Het waterpeil moet 30 cm kunnen fluctueren (+0,20 en -0.10 m t.o.v. het zomerpeil
- Zand in cunnetten en rioolsleuf is voor alle methoden voorzien.
- Bij methode grondvervangning wordt grond klasse industrie toegepast. De prijs is daardoor lager dan zand.
- Er wordt onderscheid gemaakt tussen bouwrijp maken infrastructuur en bouwrijp maken tuinen en openbaar groen.



Figuur 2. Ruimtegebruikskaart (Bron: Ruimtegebruikskaart Gnephoe(werkgroep ruimtelijke kwaliteit (d.d. 3 mei 2023).

2.1 Afgevalen technieken

Tijdens de workshop zijn verschillende technieken overwogen, waaronder lichte ophoogmaterialen en betonconstructie op palen. Hieronder een uitleg waarom deze twee technieken niet tot de voorkeursvarianten behoren.

Lichte ophoogmaterialen

Een variant met lichte ophoogmaterialen is niet opgenomen als voorkeursvariant. Dit heeft meerdere redenen:

1. Voorbelasting is voor nieuwbouwsituaties een robuuste techniek die in de meeste situaties het meest kosteneffectief is.

Wanneer voldoende tijd wordt genomen om met voorbelasting te voldoen aan de restzettingseis, zorg je ervoor dat zettingen geen reden vormen voor toekomstig beheer en onderhoud van de openbare ruimte. Voorwaarden is wel dat er een strenge restzettingseis wordt gehanteerd van minimaal 10cm in 30 jaar excl. autonome bodemdaling (conform leidraad klimaatbestendig bouwen provincie Zuid-Holland). Doordat in de aanlegfase goed bouwrijp is gemaakt en het grootste deel van de zettingen uit de ondergrond zijn gehaald, kan een onderhoudsmoment worden gecombineerd met een ophoging met zand. Omdat je zowel in de aanleg als bij onderhoud kan werken met zand en zetting niet de aanleiding was voor het onderhoudsmoment, is deze variant in de levenscyclus kosten goedkoper in vergelijking tot een variant waarbij je gebruik maakt van lichte ophoogmaterialen. Daarnaast is aanleg en onderhoud van kabels en leidingen veel eenvoudiger in zand dan in een situatie met lichte ophoogmaterialen.

Een nieuwbouwsituatie mag niet worden verward met ophogen in een bestaande situatie. Wanneer in een bestaande situatie niet goed bouwrijp is gemaakt en de openbare ruimte moet worden opgehoogd, dan is een ophoging met lichte ophoogmaterialen vaak de meest kosteneffectieve werkwijze in de levenscyclus. Ook kan in een nieuwbouwsituatie alsnog spraken zijn van gevoelige infrastructuur of hele specifieke situaties. Denk hierbij aan een spoorlijn, dijk, weg of gas- of waterleiding. Aangezien deze infrastructuur bijzonder gevoelig is voor horizontale grondvervorming, kan lokaal alsnog worden gekozen voor lichte ophoogmaterialen.

2. Eenmaal lichte ophoogmaterialen, altijd lichte ophoogmaterialen.

Pas je in een nieuwbouwsituatie al lichte ophoogmaterialen toe, dan ben je vanaf dat moment voor alle opvolgende onderhoudsmomenten verbonden aan de toepassing van een materiaal wat even licht of lichter is.

3. Met de toepassing van lichte ophoogmaterialen ontstaan beperkingen tijdens het beheer

Zand is zowel in de aanleg als de beheer en onderhoudsfase gemakkelijk en biedt veel flexibiliteit. Werken met lichte ophoogmaterialen is vaak complex tijdens de aanleg en vraagt om zorgvuldigheid in de beheer en onderhoudsfase. Er zijn diverse voorbeelden waarbij gedurende onderhoudswerkzaamheden (aan riool of kabels en leidingen) de constructie zo beschadigd raakt dat de evenwichtsconstructie in het geding komt.

4. Lichte ophoogmaterialen zijn minder duurzaam kijkend naar circulariteit

Lichte ophoogmaterialen zijn van kunstmatige origine (o.a. Argex, EPS of Schuimglas) of komen vanuit het buitenland (Bims, lava, flugzand, etc.). Deze materialen zijn over het algemeen minder duurzaam dan zand. Omdat van biobased EPS alleen nog prototypes beschikbaar zijn (bijv. Mycobase of wilgentenen) is het niet logisch deze in overweging te nemen.

Betonconstructie op palen

Deze variant is niet opgenomen als voorkeursvariant. De kosten voor aanleg zijn namelijk dermate hoog dat deze niet terug verdiend worden in de beheer en onderhoudsfase. Zie onder de aanlegkosten voor een betonconstructie op palen. Uitgegaan is van een inwendig geheide stalen buispaal Ø406/420, gemiddeld 14 m lang. Uit levenscycluskostenanalyse blijkt dat de hogere investering niet wordt terugverdiend in de beheer en onderhoudsfase. Tevens biedt deze techniek weinig flexibiliteit bij de aanleg en bij toekomstige aanpassingen in de openbare ruimte. Denk bij dat laatste aan bijvoorbeeld het aanpassen van groen of het realiseren van extra kabels en leidingen.

Investeringskosten	Prijs (€)	Eenheid	Hoeveelheid	Kosten (€/m²)
Inwendig geheide paal Ø406/420	150	m ¹	0,16*14=2,24	336
Prefab vloer + wanden 29% van c1100		m ³	0,35*29%=0,10	111,65
In het werk gestorte vloer 77% van c550		m ³	0,35*77%=0,27	148,23
Totaal				595,88

3 Resultaten

In dit hoofdstuk is per deelgebied uit de ruimtegebruikskaat bepaald wat de voorkeurstechiek is en welke kosten hieraan verbonden zijn (paragraaf 2.1) . In paragraaf 3.2 wordt inzichtelijk gemaakt welke beheer en onderhoudskosten hieraan verbonden zijn en hoe dit uitpakt in de levenscycluskostenanalyse. Uiteindelijk blijkt voor alle gebieden een ophoging met zand de voorkeur te hebben. Voor de meest zettingsgevoelige gebieden 3, 6a en 6b kon ook gekozen worden voor grondvervanging. Deze techniek is in de levenscyclus niet veel goedkoper en biedt wel meer onzekerheid. Met name de diepte van de afgraving is onzeker. Nu is gerekend met 3 meter, maar als dit dieper wordt zou deze techniek zomaar duurder uit kunnen pakken dan een ophoging met zand. Om die reden is ook in deze situatie voor nu gekozen voor ophogen en voorbelasten met zand. Alle technieken voldoen aan de restzettingseis van 10cm in 30 jaar excl. autonome bodemdaling conform de leidraad klimaatbestendig bouwen van de provincie Zuid-Holland. Hiermee blijven de beheer en onderhoudskosten beperkt.

3.1 Ophogtechniek en kosten per m²

Gebiedsindeling 1

Gemiddeld bestaande maaiveldhoogte: -1,40m NAP

Bodemgesteldheid: matig zettingsgevoelig en lage grondwaterstand (drooglegging > 0,80m)

Techniek Bouwrijp maken – Infrastructuur en tuinen & openbaar groen: Ophogen met zand: beperkte ophoging (tot 50cm netto, bruto ophoging 0,75m extra overhoogte 0,25m), duur voorbelastingstijd (1/2 jaar).

Tabel 1. Investeringskosten van beperkte ophoging met zand voor gebiedsindeling 1.

Investeringskosten	Prijs (€)	Eenheid	Hoeveelheid	Kosten (€/m ²)
Leveren en aanbrengen zand	20	m ³	1	20
Verwijderen en afvoeren zand	5	m ³	0,25	1,25
Totaal				21,25

Gebiedsindeling 2

Gemiddeld bestaande maaiveldhoogte: -1,60m NAP

Bodemgesteldheid: matig zettingsgevoelig en hoge grondwaterstand (drooglegging < 0,80m)

Techniek Bouwrijp maken - Infrastructuur en tuinen & openbaar groen: Ophogen met zand: gemiddelde ophoging (tot 1m netto, bruto ophoging 1,5m extra overhoogte 0,5m), duur voorbelastingstijd (1 jaar).

Tabel 2. Investeringskosten van gemiddelde ophoging met zand voor gebiedsindeling 2.

Investeringskosten	Prijs (€)	Eenheid	Hoeveelheid	Kosten (€/m ²)
Leveren en aanbrengen zand	20	m ³	2	40
Leveren en aanbrengen verticale dr (2m)	0,55	m ³	3	1,65
Verwijderen en afvoeren zand	5	m ³	0,5	2,5
Totaal				44,15

Gebiedsindeling 3

Gemiddeld bestaande maaiveldhoogte: -1,90m NAP

Bodemgesteldheid: zeer zettingsgevoelig en hoge grondwaterstand (drooglegging < 0,80m)

Techniek Bouwrijp maken - Infrastructuur en tuinen & openbaar groen: Ophogen met zand: gemiddelde ophoging (tot 1m netto, bruto ophoging 2m, extra overhoogte 0,5m), duur voorbelastingstijd (1,5 - 2 jaar).

Tabel 3. Investeringskosten van gemiddelde ophoging met zand voor gebiedsindeling 3.

Investeringskosten	Prijs (€)	Eenheid	Hoeveelheid	Kosten (€/m ²)
Leveren en aanbrengen zand	20	m ³	2,5	50
Leveren en aanbrengen verticale dr (1,25m)	0,8	m ³	2,5	2
Verwijderen en afvoeren zand	5	m ³	0,5	2,5
Totaal				54,50

Gebiedsindeling 4

Gemiddeld bestaande maaiveldhoogte: -1,60m NAP

Bodemgesteldheid: matig zettingsgevoelig en hoge grondwaterstand (drooglegging < 0,80m)

Techniek Bouwrijp maken – Infrastructuur en tuinen & openbaar groen: Ophogen met zand: gemiddelde ophoging (tot 1m netto, bruto ophoging 1,5m extra overhoogte 0,5m), duur voorbelastingstijd (1 jaar).

Tabel 4. Investeringskosten van gemiddelde ophoging met zand voor gebiedsindeling 4.

Investeringskosten	Prijs (€)	Eenheid	Hoeveelheid	Kosten (€/m ²)
Leveren en aanbrengen zand	20	m ³	2	40
Leveren en aanbrengen verticale dr (2m)	0,55	m ³	3	1,65
Verwijderen en afvoeren zand	5	m ³	0,5	2,5
Totaal				44,15

Gebiedsindeling 5

Gemiddeld bestaande maaiveldhoogte: -1,70m NAP

Bodemgesteldheid: matig zettingsgevoelig en hoge grondwaterstand (drooglegging < 0,80m)

Techniek Bouwrijp maken – Infrastructuur en tuinen & openbaar groen: Ophogen met zand: gemiddelde ophoging (tot 1m netto, bruto ophoging 1,5m extra overhoogte 0,5m), duur voorbelastingstijd (1 jaar).

Tabel 5. Investeringskosten van gemiddelde ophoging met zand voor gebiedsindeling 5.

Investeringskosten	Prijs (€)	Eenheid	Hoeveelheid	Kosten (€/m ²)
Leveren en aanbrengen zand	20	m ³	2	40
Leveren en aanbrengen verticale dr (2m)	0,55	m ³	3	1,65
Verwijderen en afvoeren zand	5	m ³	0,5	2,5
Totaal				44,15

Gebiedsindeling 6a

Gemiddeld bestaande maaiveldhoogte: -1,80m NAP

Bodemgesteldheid: zeer zettingsgevoelig en hoge grondwaterstand (drooglegging < 0,80m)

Techniek Bouwrijp maken - Infrastructuur en tuinen & openbaar groen: Ophogen met zand: gemiddelde ophoging (tot 1m netto, bruto ophoging 2m, extra overhoogte 0,5m), duur voorbelastingstijd (1,5 - 2 jaar).

Tabel 6. Investeringskosten van gemiddelde ophoging met zand voor gebiedsindeling 6a.

Investeringskosten	Prijs (€)	Eenheid	Hoeveelheid	Kosten (€/m ²)
Leveren en aanbrengen zand	20	m ³	2,5	50
Leveren en aanbrengen verticale dr (1,25m)	0,8	m ³	2,5	2
Verwijderen en afvoeren zand	5	m ³	0,5	2,5
Totaal				54,50

Gebiedsindeling 6b

Gemiddeld bestaande maaiveldhoogte: -1,85m NAP

Bodemgesteldheid: zeer zettingsgevoelig en hoge grondwaterstand (drooglegging < 0,80m)

Techniek Bouwrijp maken - Infrastructuur en tuinen & openbaar groen: Ophogen met zand: gemiddelde ophoging (tot 1m netto, bruto ophoging 2m, extra overhoogte 0,5m), duur voorbelastingstijd (1,5 - 2 jaar).

Tabel 7. Investeringskosten van gemiddelde ophoging met zand voor gebiedsindeling 6b.

Investeringskosten	Prijs (€)	Eenheid	Hoeveelheid	Kosten (€/m ²)
Leveren en aanbrengen zand	20	m ³	2,5	50
Leveren en aanbrengen verticale dr (1,25m)	0,8	m ³	2,5	2
Verwijderen en afvoeren zand	5	m ³	0,5	2,5
Totaal				54,50

Gebiedsindeling 7

Gemiddeld bestaande maaiveldhoogte: -1,80m NAP

Bodemgesteldheid: matig zettingsgevoelig en hoge grondwaterstand (drooglegging < 0,80m)

Techniek Bouwrijp maken – Infrastructuur en tuinen & openbaar groen:

Ophogen met zand: gemiddelde ophoging (tot 1m netto, bruto ophoging 1,5m extra overhoogte 0,5m), duur voorbelastingstijd (1 jaar).

Tabel 8. Investeringskosten van gemiddelde ophoging met zand voor gebiedsindeling 7.

Investeringskosten	Prijs (€)	Eenheid	Hoeveelheid	Kosten (€/m ²)
Leveren en aanbrengen zand	20	m ³	2	40
Leveren en aanbrengen verticale dr (2m)	0,55	m ³	3	1,65
Verwijderen en afvoeren zand	5	m ³	0,5	2,5
Totaal				44,15

Afgraving natuurgebied

Om de voedselrijke top laag kwijt te raken ter bevordering van natuurontwikkeling is het gebruikelijk om de bouwvoor (eerste 20-30cm) af te graven. Er van uitgaande dat 30cm afgraving vereist is brengt dit de volgende kosten met zich mee:

Investeringskosten	Prijs (€)	Eenheid	Hoeveelheid	Kosten (€/m ²)
Ontgraven en afvoeren klei	10	m ³	0,3	3

De vrijkomende grond kan worden toegepast onder ophogingen. De laag mag niet te dik zijn om onnodige zetting te voorkomen. De grond zou ook bruikbaar kunnen zijn voor de afwerking van tuinen. Veen wat niet veraard is, zal nog moeten oxideren voor deze wordt toegepast. Idealiter wordt zo min mogelijk niet veraarde grond toegepast. Dit om CO₂ uitstoot te voorkomen. Momenteel hebben we onvoldoende beeld wat de samenstelling is van de eerste 30cm in het beoogde natuurgebied.

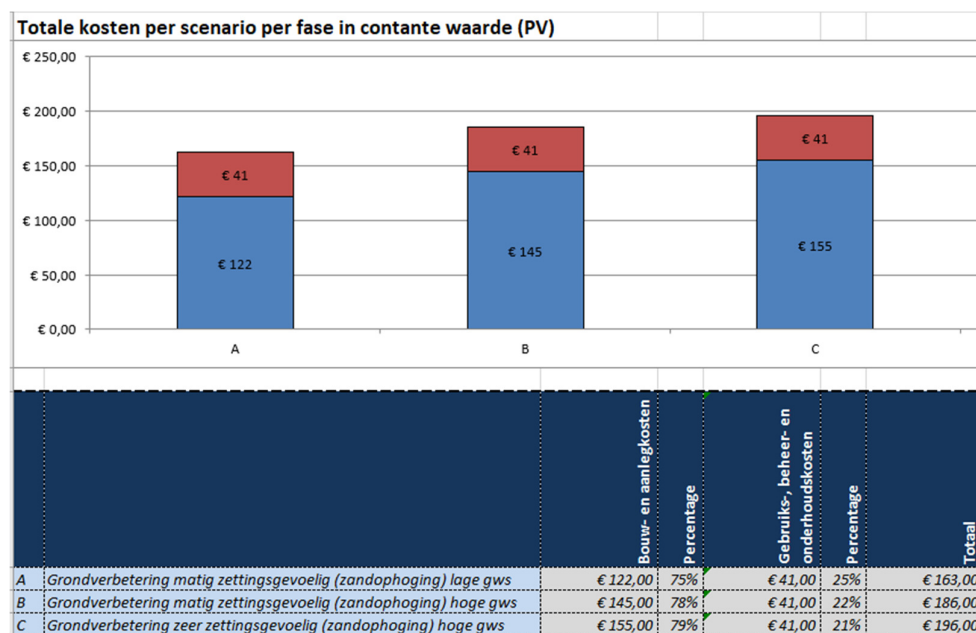
3.2 Verhouding aanleg- en beheerkosten LCC

Tabel 9 laat de aanlegkosten (€/m²) zien van de verschillende ophogtechnieken inclusief de infrastructuur. Op deze wijze wordt het mogelijk om uit te rekenen wat de totale levenscycluskosten in netto contante waarden zijn, rekening houdend met een bepaald onderhoudsregime wanneer uitgegaan wordt van een restzettingseis van 10cm in 30 jaar excl. autonome bodemdaling. Het bovenste deel van de tabel laat de kosten per ophogtechniek zien die in hoofdstuk 3.1 zijn berekend. Hier zijn ook de kosten zichtbaar voor de varianten grondvervanging, waterlichaam in vrouwgeestpolder (dijkstructuur) en de onderheide betonconstructie zichtbaar. De totale kosten van het aanleggen van infrastructuur kan worden berekend door een ophogtechniek te kiezen (bedrag=X) en hier de algemene infrastructuur kosten uit de onderste helft van de tabel erbij op te tellen (€82,08+X).

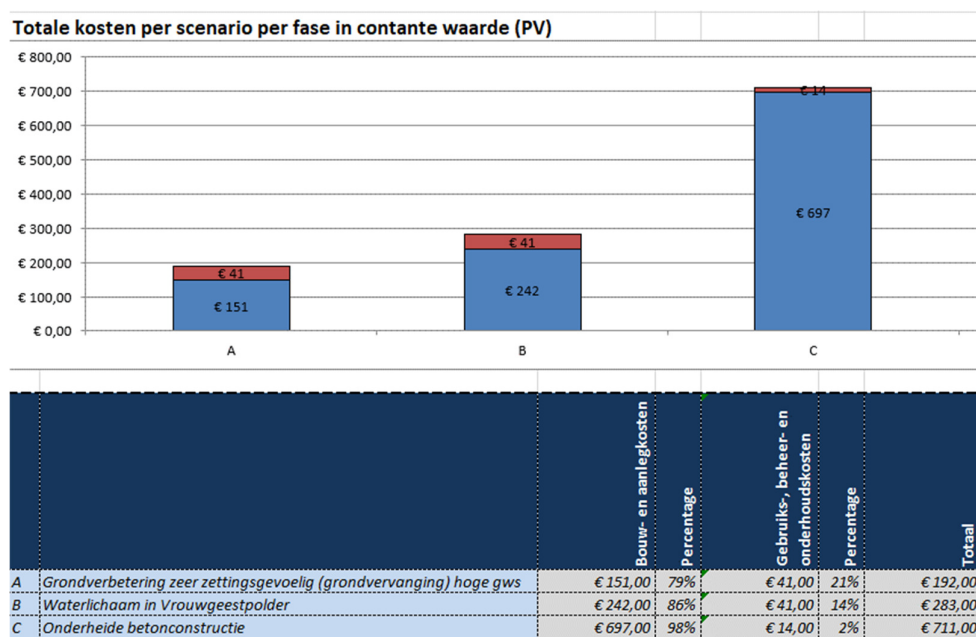
Tabel 9. Aanlegkosten infrastructuur voor de verschillende ophogtechnieken.

Aanbrengen infrastructuur	Prijs (€)	Eenheid	Hoeveelheid	Kosten (€/m ²)
Grondverbetering matig zettingsgevoelig (zandophoging) lage gws	21,25	m ²	1	21,25
Grondverbetering matig zettingsgevoelig (zandophoging) hoge gws	44,15	m ²	1	44,15
Grondverbetering zeer zettingsgevoelig (zandophoging) hoge gws	54,50	m ²	1	54,50
Grondverbetering zeer zettingsgevoelig (grondvervanging) hoge gws	50	m ²	1	50
Waterlichaam in Vrouwgeestpolder	141,65	m ²	1	141,65
Onderheide betonconstructie	595,88	m ²	1	595,88
				Keuze = X
Leveren en aanbrengen 0,25m menggranulaat	25	m ²	0,25	6,25
Leveren en aanbrengen straatlaag	2,5	m ²	1	2,5
Leveren en aanbrengen verharding BSS	25	m ²	1	25
Leveren en aanbrengen opsluitband	10	m ¹	0,333	3,33
Leveren en aanbrengen trottoirband	20	m ¹	0,167	3,33
Aanbrengen DWA	250	m ¹	0,167	41,67
Totaal				82,08 + X

Figuur 3 geeft de LCC kosten weer voor de techniek zandophoging voor drie verschillende bodemtypologieën. Figuur 4 geeft de LCC kosten weer voor de drie overige beschouwde ophogtechnieken: grondvervanging, waterlichaam, en onderheide betonconstructie. In deze figuren is het onderscheid weergegeven tussen de bouw- en aanlegkosten (blauw), en de gebruiks-, beheer- en onderhoudskosten in netto contante waarde (PV) (rood). Omdat de restzettingseis voor alle varianten gelijk is, zijn ook de beheer en onderhoudskosten gelijk. Alleen voor de betonconstructie op palen zijn de beheer en onderhoudskosten lager omdat dit een zettingsvrije constructie betreft. De bespaarde beheer- en onderhoudskosten wegen voor deze variant niet op tegen de hogere investeringskosten.



Figuur 3. Uitkomsten van de levenscyclus kostenanalyse voor zandophoging bij drie verschillende bodemtypologieën (A,B,C).



Figuur 4. Uitkomsten van de levenscyclus kostenanalyse voor drie verschillende ophogtechnieken (A,B,C).

3.3 Duurzaamheid en uitvoerbaarheid

3.3.1 Ophogen met zand

Energie/materialen

- Betreft primaire zandwinning
- Win locatie: Rijkswateren (Noordzee)
- Levensduur: 40 jaar
- Hergebruik: mogelijk
- Hogere ophoging betekent meer zandwinning + transport en dus meer milieu-impact en eventuele overlast.

Water & Bodem

- Zand is een natuurlijk watervoerend en waterbergend pakket. Zal dus weinig waterberging problemen opleveren.
- In het kader van de bodemregelgeving zal er sprake zijn van gebiedseigen zandkwaliteit of schoner. Er zal geen sprake zijn van mogelijke bodemverontreiniging.

Uitvoerbaarheid

- Transport met vrachtwagens levert meer overlast op in de omgeving dan een schip met loswal.
- Het transport van een loswal naar de precieze projectlocatie kan met zowel trekkers als een pompsysteem worden uitgevoerd. In het geval van een pompsysteem wordt er veel water verbruikt en moet er rekening worden gehouden met geluidsoverlast.
- Het lichte zand kan opstuiven in de bouwfase en overlast in de omgeving veroorzaken.

Inschatting CO ₂ -footprint per kuub primaire zandwinning ¹	
Winning op Noordzee en overslag op loswal in Amsterdam: 6,07 kg CO ₂ /m ³	
Transport naar projectlocatie (40km): Schip (225 m ³) = 3,52 kg CO ₂ /m ³ Schip (475 m ³) = 1,64 kg CO ₂ /m ³	Transport naar projectlocatie (39 km): Vrachtwagen (24 m ³) = 2,37 kg CO ₂ /m ³
Totaal: 9,59 kg CO ₂ /m ³ (225 m ³) 7,71 kg CO ₂ /m ³ (475 m ³)	Totaal: 8,44 kg CO ₂ /m ³

¹ Uitgaande van diesel gebruik en afstanden geëxtrapoleerd naar situatie voor Gnephoe. Bron: [JDB Groep, 2021](#)

3.3.2 Uitgraven van veen en vervangen met industriegrond

Energie/materialen

- Industriegrond betreft secundaire zandwinning. Dit heeft een lagere CO₂-footprint dan primaire zandwinning omdat er op uitstoot wordt bespaard in de winnings- en overslagfase.²
- Winlocatie: grondbanken of projectgebieden. Des te dichterbij, des te minder uitstoot (bijv. Grondbank Lisse) .
- Het vrijgekomen veen kan worden hergebruikt voor potgrond.³

Water & Bodem

- Bij het uitgraven van veen bestaat het risico op opbarsting.
- De industriegrond moet van te voren worden gecontroleerd op vervuiling om verontreiniging van het lokale bodem- en watersysteem te voorkomen.

Uitvoerbaarheid

- Transport met vrachtwagens levert meer overlast op in de omgeving dan een schip met loswal.
- Het transport van een loswal naar de precieze projectlocatie kan met zowel trekkers als een pompsysteem worden uitgevoerd. In het geval van een pompsysteem wordt er veel water verbruikt en moet rekening worden gehouden met geluidsoverlast.
- Het lichte zand kan opstuiven in de bouwfase en overlast in de omgeving veroorzaken.

Inschatting CO ₂ -footprint per kuub secundaire zandwinning ¹	
Laad activiteit: 0,06 kg CO ₂ /m ³	
Transport naar projectlocatie (24km): Schip (225 m ³) = 2,11 kg CO ₂ /m ³ Schip (475 m ³) = 0,98 kg CO ₂ /m ³	Transport naar projectlocatie (22 km): Vrachtwagen (24 m ³) = 1,32 kg CO ₂ /m ³
Totaal: 2,17 kg CO ₂ /m ³ (225 m ³) 1,04 kg CO ₂ /m ³ (475 m ³)	Totaal: 1,38 kg CO ₂ /m ³

² Uitgaande van diesel gebruik en afstanden geëxtrapoleerd naar situatie voor Gnephoe. Bron: [JDB Groep, 2021](#)

³ Dit is wel afhankelijk van de kwaliteit. Als het kwalitatief tegen valt doordat het bijvoorbeeld niet makkelijk gescheiden kan worden afgegraven en er veel klei doorheen zit dan is het lastiger om het te verkopen. Gratis afname door een verwerkende partij is dan wel aannemelijk maar die zou het dan grondiger moeten scheiden.

3.3.3 Grondlichaam met zand/klei

Energie/materialen

- Grotendeels hetzelfde als bij ophoogzand.
- De aanvulling met klei kan eventueel met lokaal vrijgekomen grond worden opgevangen (werk met werk).
- Vanwege de hoge ophoging (tot 3 meter netto, bruto ophoging 4,5m waarvan extra overhoogte <1 meter) is er veel materiaal en transport nodig per m2. Dit betekent een hogere milieu-impact per m2.

Water & Bodem

- Zand is een natuurlijk watervoerend en waterbergend pakket. Dit zal weinig waterberging problemen opleveren.
- In het kader van de bodemregelgeving zal er sprake zijn van gebiedseigen zandkwaliteit of schoner. Er zal geen sprake zijn van mogelijke bodemverontreiniging.

Uitvoerbaarheid

- Transport met vrachtwagens levert meer overlast op in de omgeving dan een schip met loswal.
- Het transport van een loswal naar de projectlocatie kan met zowel trekkers als een pompsysteem worden uitgevoerd. In het geval van een pompsysteem wordt veel water verbruikt en moet rekening worden gehouden met geluidsoverlast.
- Het lichte zand kan opstuiven in de bouwfase en overlast in de omgeving veroorzaken.
- Rekening houden met lange voorbelastingstijd (3 jaar).

3.3.4 Betonconstructie op palen

Energie/materialen

- Grote CO2-footprint vanwege de grote hoeveelheid betonproductie.
- Lange levensduur: 100 jaar.
- Volledig hergebruik van de betonnen palen is lastig:
 - Milieutechnisch: kan schade aan de grondslag en waterhuishouding veroorzaken;
 - Constructief: palen kunnen worden teruggewonnen en dienen als betongranulaat.

Water & Bodem

- Geen milieutechnische aandachtspunten.

Uitvoerbaarheid

- Relatief snel te realiseren doordat er geen voorbelasting nodig is.
- Het transport en heien van de grote betonconstructies vereist veel groot materieel en zorgt voor veel trillings- en geluidshinder.

Tabel 10. Ter indicatie: MKI-waardes beton funderingsconstructie (bijdrage aan het hoofdproduct per deelproduct en levenscyclusfase) (bron: [Nationale milieudatabase - LCA rapportage Funderingsconstructies](#)).

[illegible]

4 Conclusies en aandachtspunten

Uit een eerste analyse blijkt dat voor de infrastructuur het bouwrijp maken door op te hogen met zand voor alle gebiedsindelingen het meest kosteneffectief is in zowel aanleg als beheer en onderhoudskosten uitgaande van een restzettingseis van 10cm in 30 jaar excl. autonome bodemdaling. Grondvervanging zou voor de zeer zettingsgevoelige gebieden (3, 6a en 6b) ook een uitkomst kunnen zijn, maar door de onzekerheid rondom de dikte van afgraven is voor nu ook voor deze gebieden uitgegaan van ophogen met zand.

Voor de tuinen en openbaar groen wordt een ophoging met zand geadviseerd conform de situatie met matig zettingsgevoelig bodem en hoge grondwaterstanden. In de praktijk moet rekening worden gehouden met een toplaag van 30-40cm tuingrond die aan het eind nog moet worden toegevoegd.

Om kosten te sparen in de aanleg en alsnog te voldoen aan een klimaat- en bodemdalingsbestendige wijk én om goed invulling te kunnen geven aan een ontwerp op basis van water en bodem sturend wordt aangeraden om juist in het landschappelijk ontwerp en in de architectuur goed na te denken over optimalisaties in het landschappelijk ontwerp en de architectuur. Hier kan worden geput uit het onderzoek [veenetië](#). Daarnaast krijgt nieuwbouw binnen het [Kenniscentrum Bodemdaling en Funderingen](#) nadrukkelijk aandacht komend jaar. Het is kansrijk om hierop aan te sluiten.

Aandachtspunten LCC

- Beheer en onderhoudskosten voor de verschillende bodemtypologieën en grondverbeterende technieken zijn gelijk omdat het uitgangspunt is dat de toegepaste techniek is berekend op de te behalen restzettingseis (10cm in 30 jaar excl. autonome bodemdaling) en daarmee dezelfde onderhoudsscenario's zijn te verwachten. Uitzondering hierop is de variant met onderheide betonconstructie. Daarbij is de restzetting in principe 0 cm. De aanlegkosten van deze techniek zijn echter zeer hoog en wegen in de LCC dan ook niet op tegen een van de andere technieken.
- Opgemerkt dient te worden dat in de matig zettingsgevoelige gebieden naar verwachting wel relatief eenvoudig (= met beperkte investering tijdens de aanlegfase t.o.v. de locaties met zeer zettingsgevoelige ondergrond, bijvoorbeeld door extra voorbelasting toe te passen) minder restzetting kan worden gerealiseerd. Een extra investering tijdens de aanlegfase kan in dat geval daarmee wellicht over de levensduur voordeel opleveren t.o.v. de gebieden met zeer zettingsgevoelige ondergrond. Het is dus niet per definitie zo dat in realiteit de LCC enkel bepaald worden door de aanlegfase (zoals in deze analyse door de gekozen uitgangspunten wel het geval is). Een dergelijke optimalisatie vergt echter (aanvullende) geotechnische berekeningen en scenariostudies.
- Ook zou het kunnen zijn dat er op die manier optimalisaties mogelijk zijn tussen de verschillende grondverbeterende technieken (bijvoorbeeld dat bij grondvervanging minder restzetting verwacht wordt en dus minder beheer en onderhoudskosten). Maar zoals te zien is in de resultaten zijn de te verwachten optimalisatiewinsten in de beheer en onderhoudsfase beperkt.

Aandachtspunten duurzaamheidsanalyse

Bij het transportcomponent van groundbewerking valt de meeste duurzaamheidswinst te behalen⁴:

1. Het beperken van transportbewegingen door grondstoffen van dichtbij te halen (planfase).
2. Beperken van milieubelasting tijdens transport (schoner, efficiënter en stiller materiaal + brandstoffen).

Planfase

- Transport type: De Gnephhoek is heel geschikt om per schip aan te voeren (tijdelijke loskade vereist) vanwege de nabijheid van de Heijmanswetering en Oude Rijn. Het liefst de grondstof bij een rivier in de buurt ophalen want transport per schip is per vervoerde ton vracht vaak de schoonste vorm van transport en zorgt voor minder overlast.
- Primaire grondstof: is er in de nabijheid van de Gnephhoek een zandwinlocatie bestaande of mogelijk te starten?
 - Ja → Die locatie gebruiken voor zandwinning. Aanvoeren per schip of vrachtwagen.
 - Nee → Winning op Noordzee en aanvoeren per schip.
- Secundaire grondstof: gebruik instanties zoals Grondbalans om in de markt naar secundair zand te zoeken met de juiste ophoogkwaliteit. Focus op de meest logische en dichtbij zijnde locaties om transportbewegingen te realiseren.

⁴ [Criteria voor duurzaam inkopen](#) 2011, [Aanbieden zero emissie bouw materiaal](#) 2022