

Hans Kaljee

Veldproef groeisubstraten, manier van
keuren en bestekteksten, bestaande
gronden verbeteren

Stad Amsterdam, Consulents bomen

Bomen Beter Beheren vzw

Studiedag 18 november 2025

Groeisubstraten



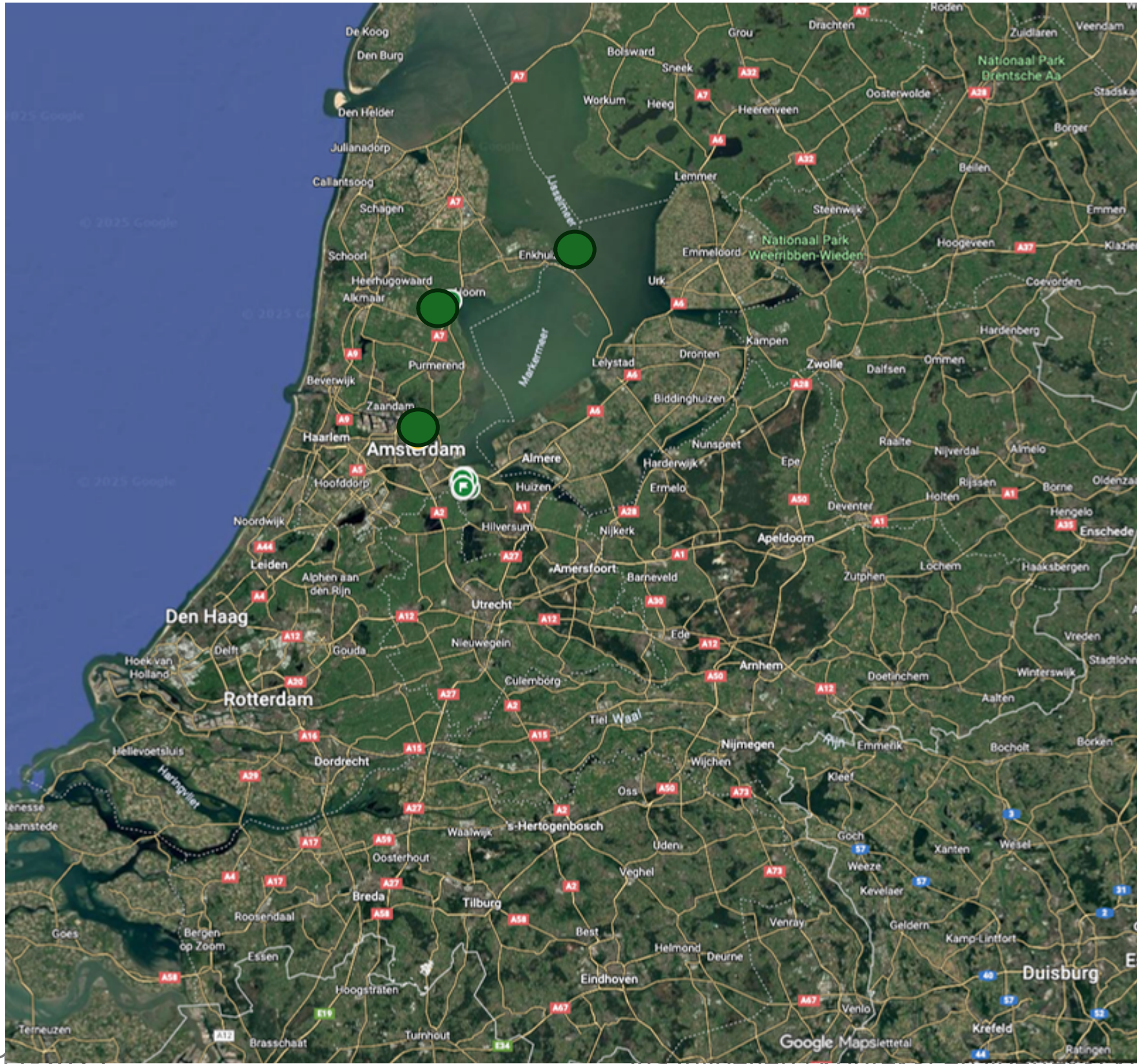
Amsterdam plant al meer dan 400 jaar bomen

Groeisubstraten voor bomen

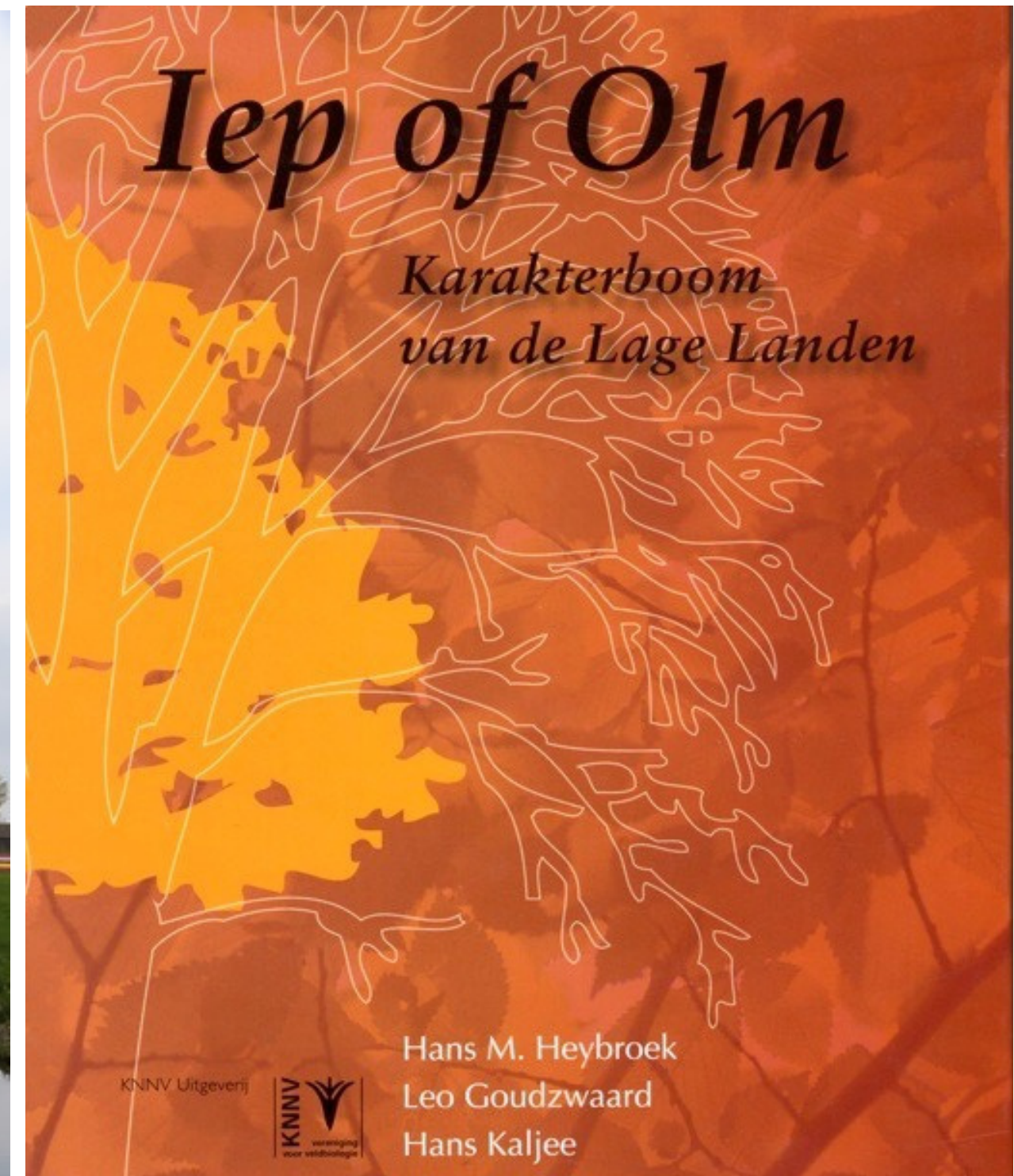
Hans Kaljee | Adviseur Groen en Bomen
Verkeer en Openbare Ruimte | Stedelijk Beheer
Gemeente Amsterdam

Studiedag Groeisubstraten | Leuven

Geboren en getogen in Enkhuizen



Co-auteur van het boek *Ulmus* (2009)



300.000 bomen - 30.000 iepen (> 75 soorten iepen)

✗ Gemeente
✗ Amsterdam
✗

Factsheets Openbare ruimte

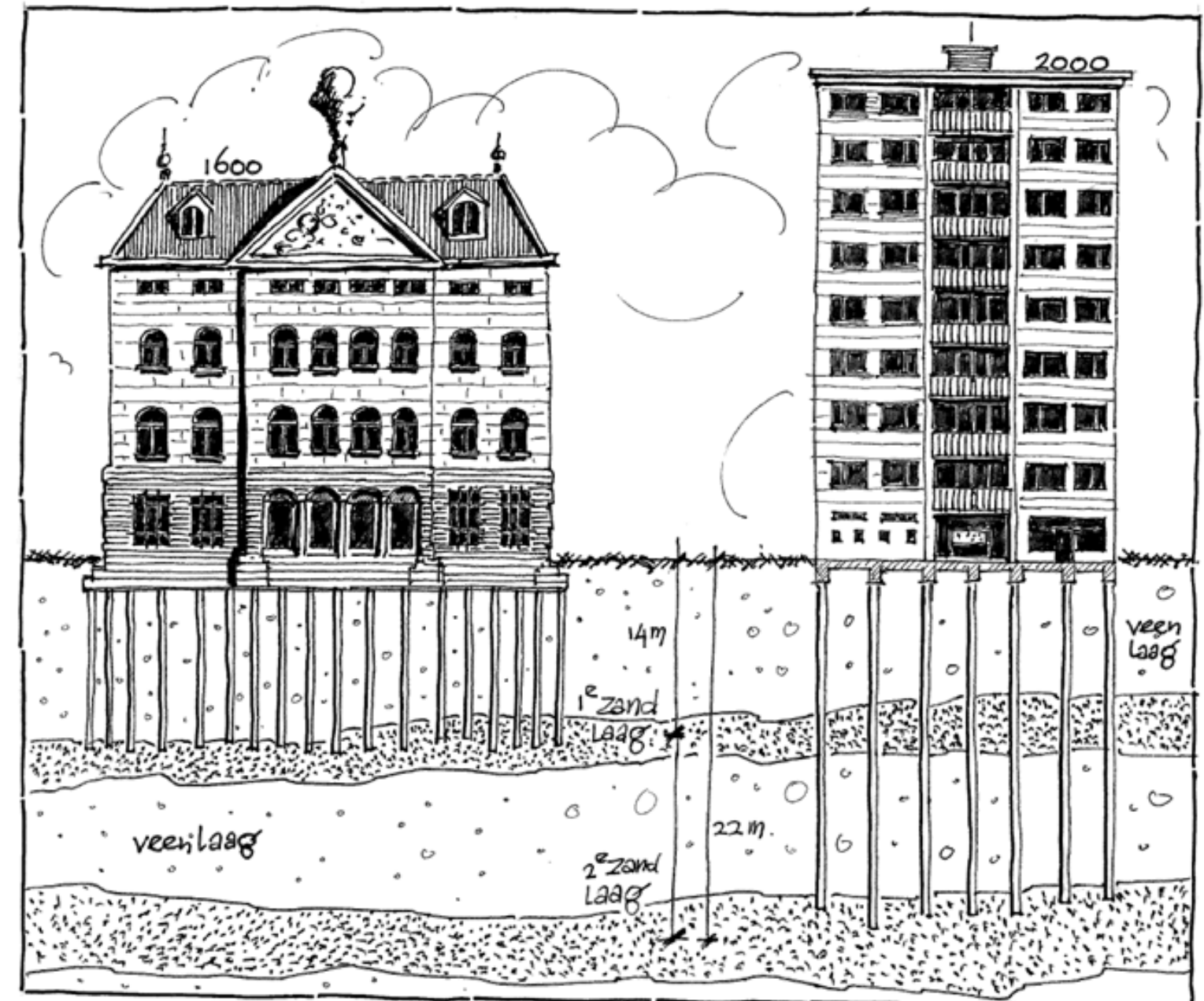
 Verhardingen	 Groen	 Civiele constructies	 Tunnels	 Water
30 miljoen m² verhardingen, incl. Weesp	250.000 bomen 15 miljoen m² gras 10 miljoen m² beplanting 2,3 miljoen m² ruigte en oevers	1.738 vaste bruggen 113 beweegbare bruggen 36 sluizen 472 steigers 609 km kademuren en oevers	5 tunnels 1 verkeerscentrale	- Waterlopen: 2.944 ha - Woonboot ligpl: 273.665 m² - Brandkranen: 16.000 - NVO: 111 km - Natuurlijke oevers: 1.925 km
 Straatmeubilair en speeltoestellen	 Openbare Verlichting (OVL)	 Verkeers-regelinstallaties	 Verkeers-informatiesystemen	 Schoon
7.707 speeltoestellen 14.000 zitbanken 100.000 fietsenrekken	150.000 armaturen 120.000 masten 330 objecten: Lichtkunst, Stadsilluminatie en Decoratieve Verlichting	403 VRI's	3.219 statische bewegwijzering 647 dynamische verkeers-management systemen 118 verkeersregulerings-systemen	- Schoonhouden volledige Amsterdamse areaal 500 reinigers per dag op straat

- Aantal inwoners 900.000
- Elk jaar inwoners erbij 10.000
- Ambtenaren 22.000
- Stadsstraten 270 km
- Parken en parkjes >40
- Monumentale bomen 4.000
- Natuurlijke oevers 2.000 km
- Kades 200 km
- Percentage groen 60%
- Aantal projecten jaarlijks 30.000
- Fietsenrekken 100.000
- Jaarlijks budget in miljoen € 200,-
- Groen groot onderhoud miljoen € 25,-
- Groen dagelijks onderhoud € 25,-
- Aanplant een boom € 4.500,-

1600 - eerste bomen op 2 Amsterdamse roedes



Amsterdam gebouwd op palen – >1 miljoen



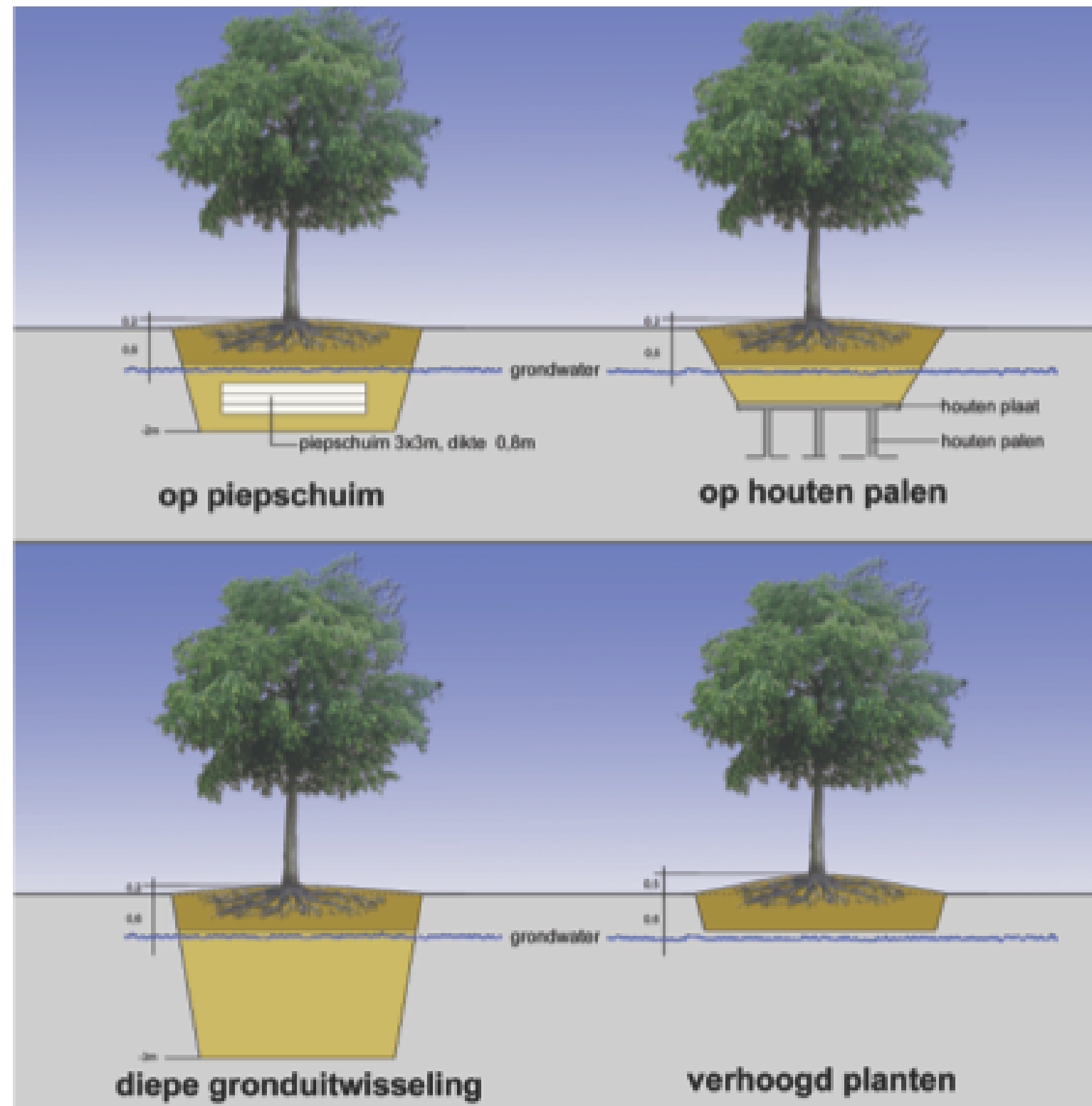
Amsterdam zakt elke dag – elke 25 jaar ophogen



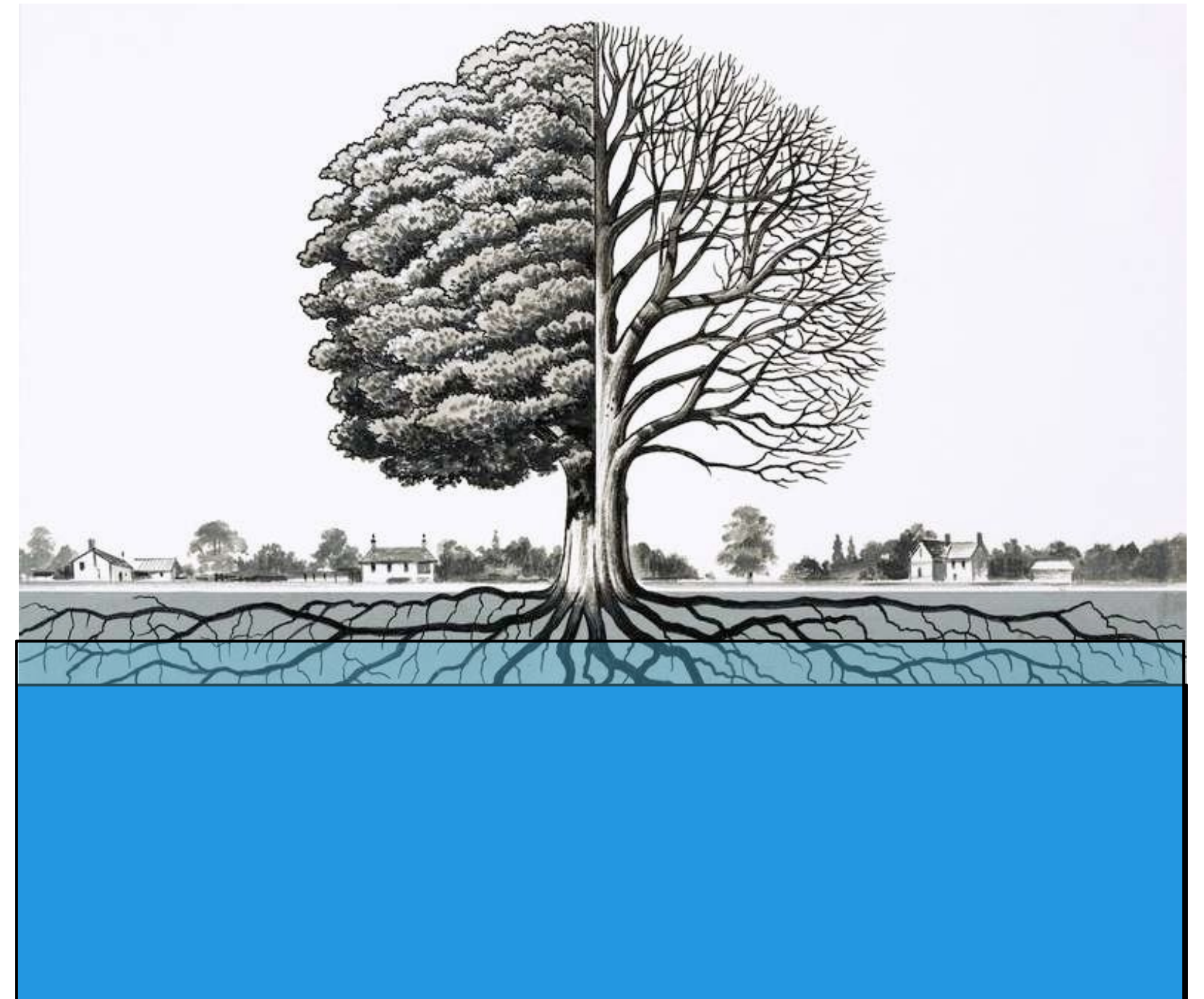
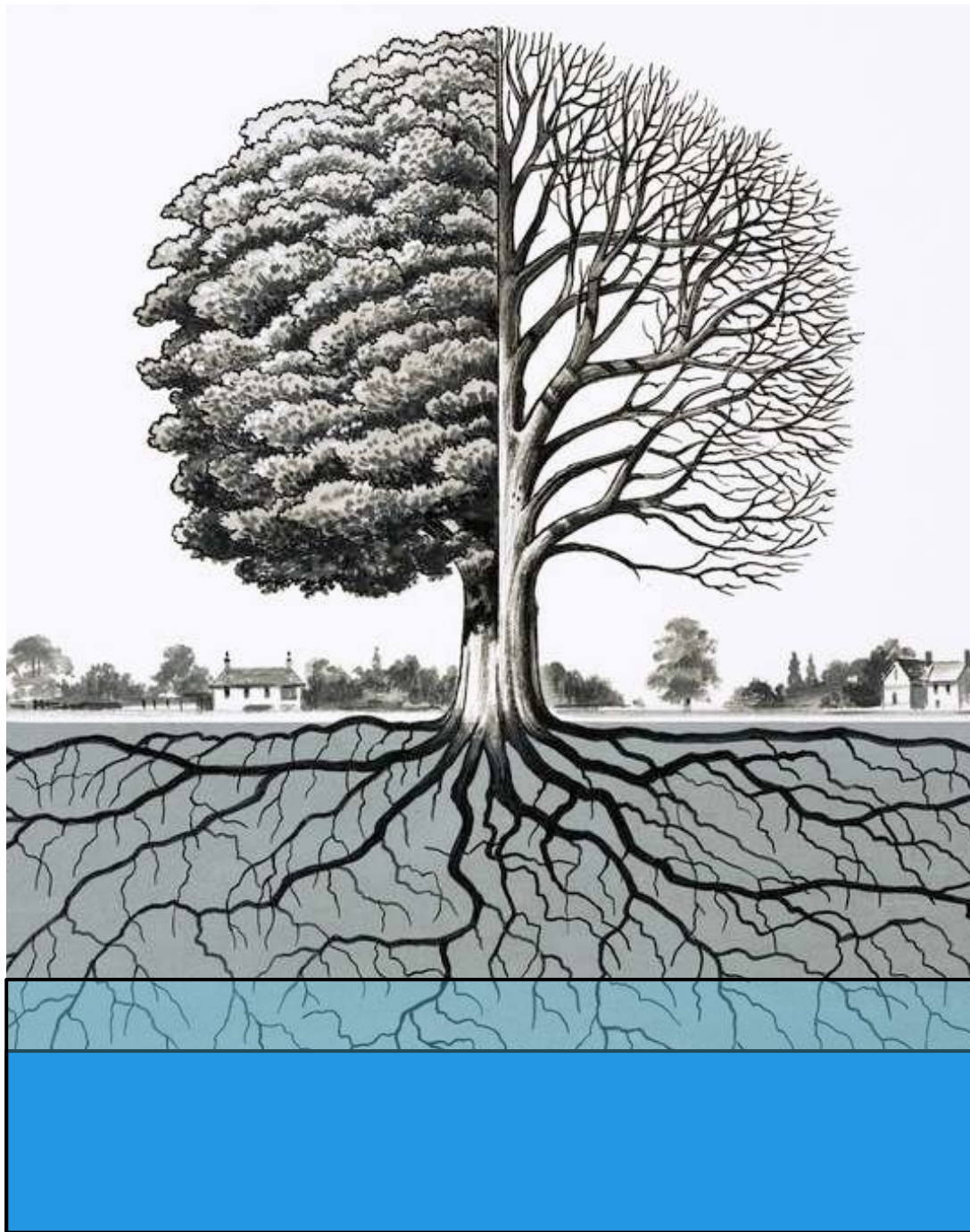
Innovaties: oplossingen met behoud bomen



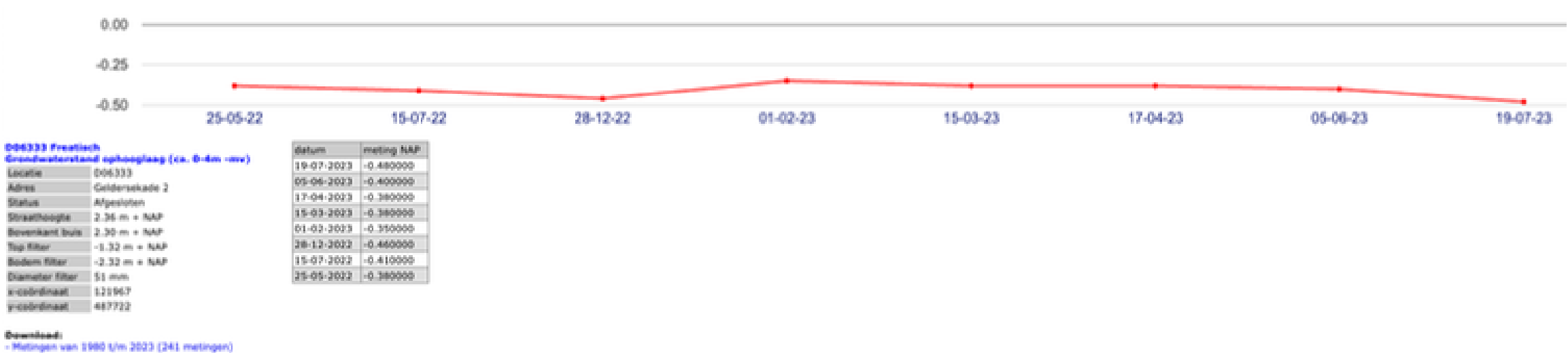
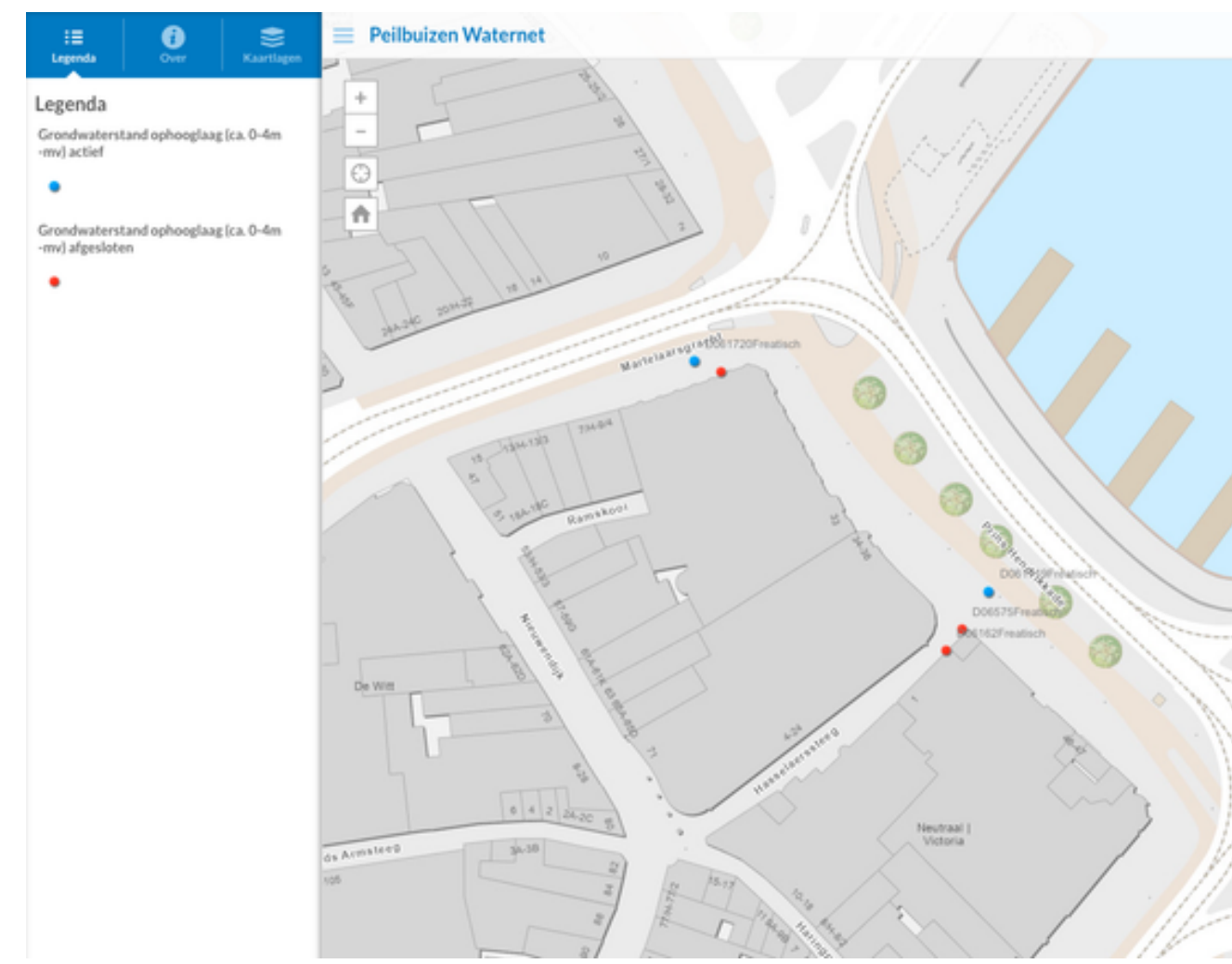
Onderheien – Vondelpark



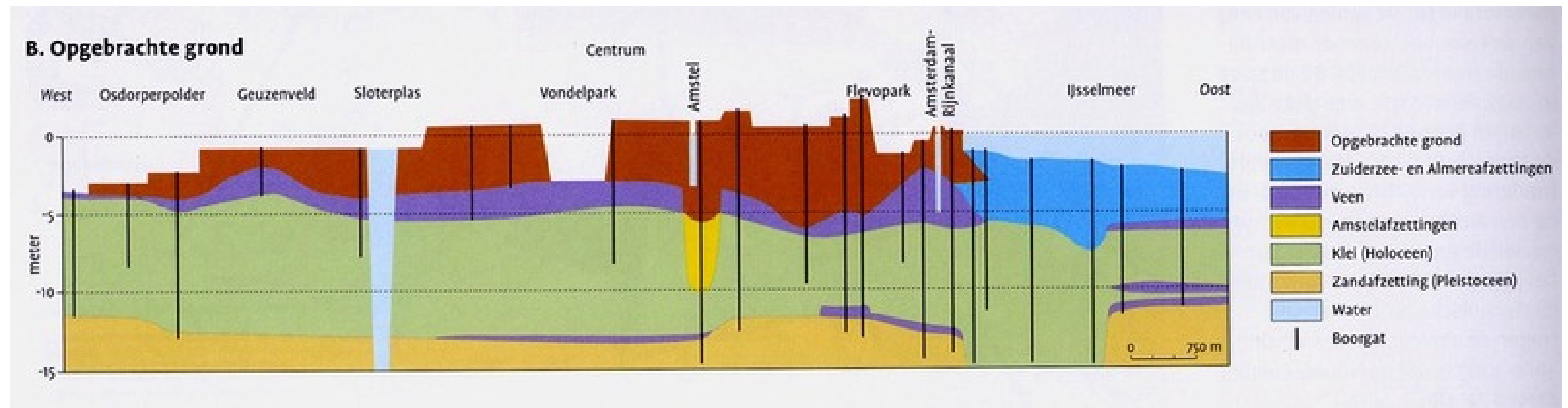
Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG)



Peilfiltergegevens – ca. 3.000 stuks



Opgespoten zand vanaf jaren vijftig



Doorwortelbare ruimte minimaal 25 m³



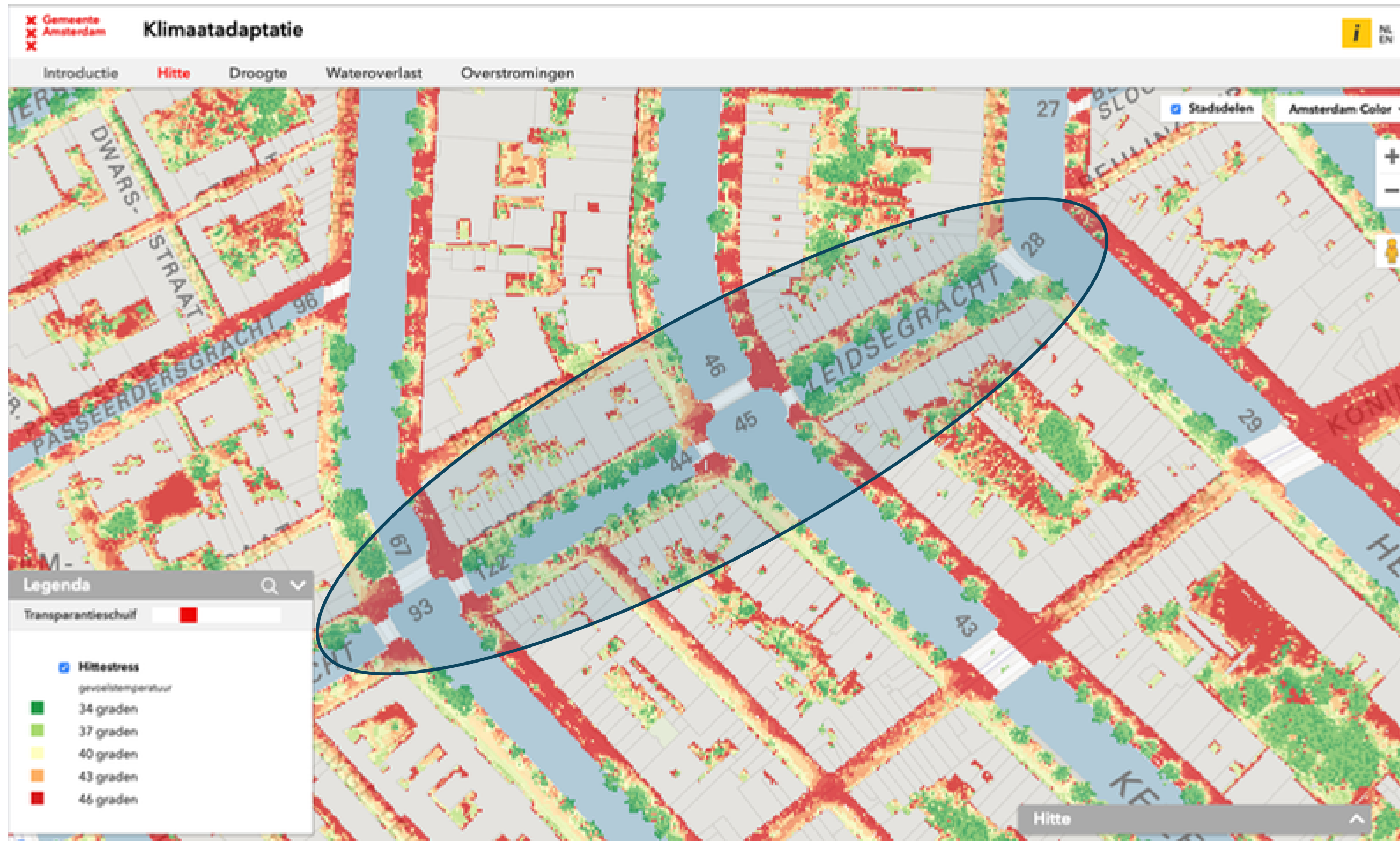
Beschikbare ondergrondse ruimte bepaalt groei



Dashboard welke bomen presteren slecht?



Voorkomen hittestress



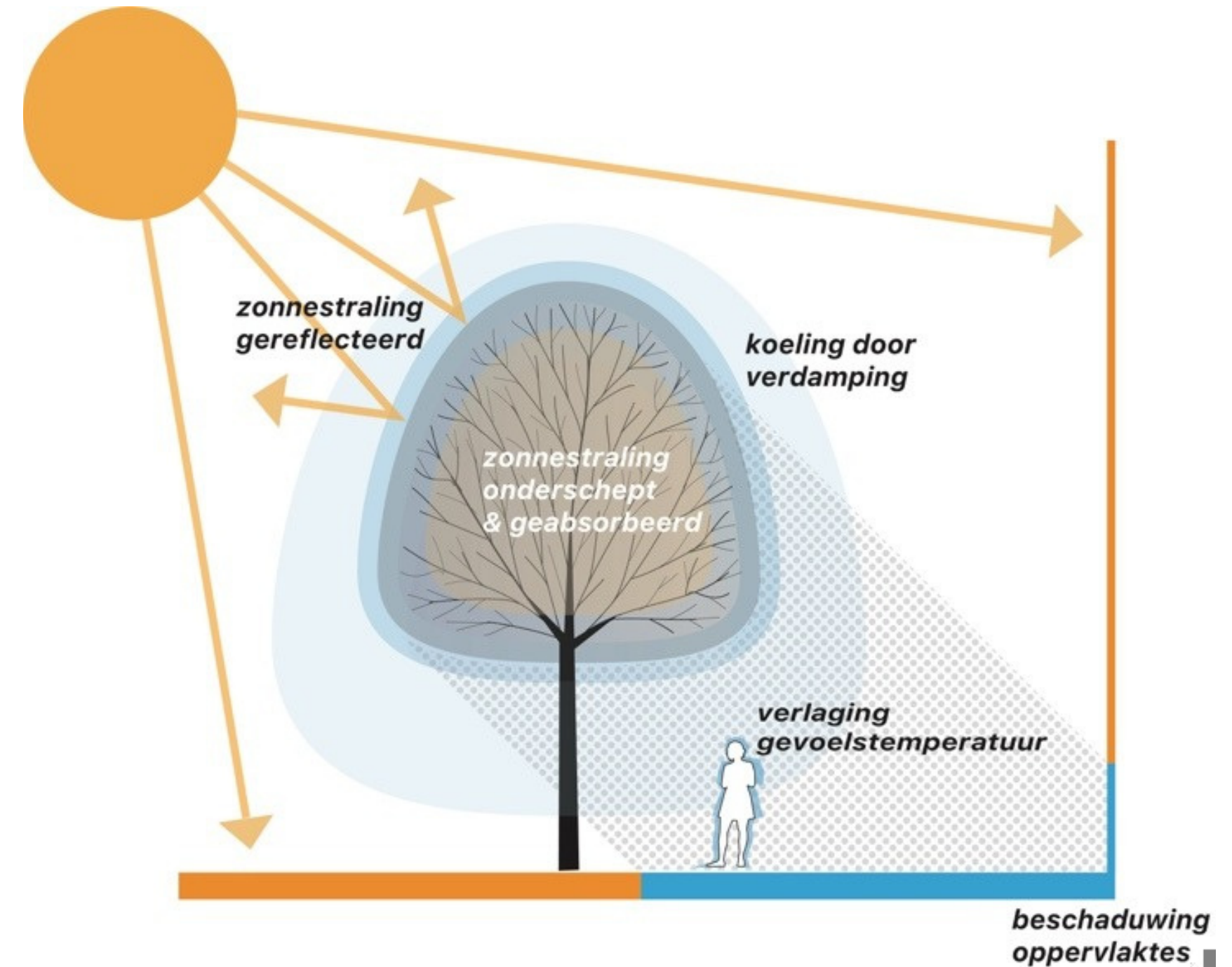
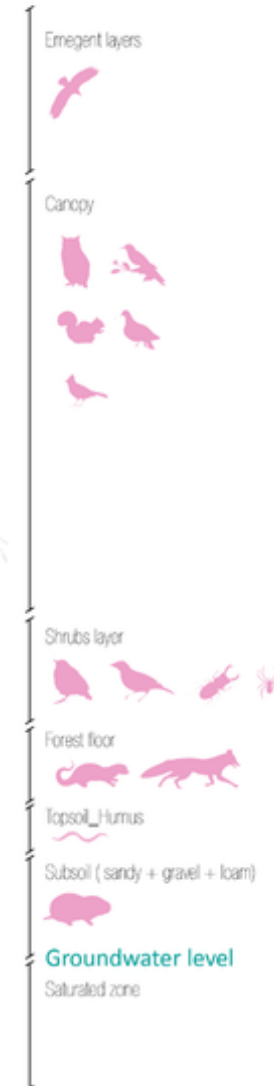
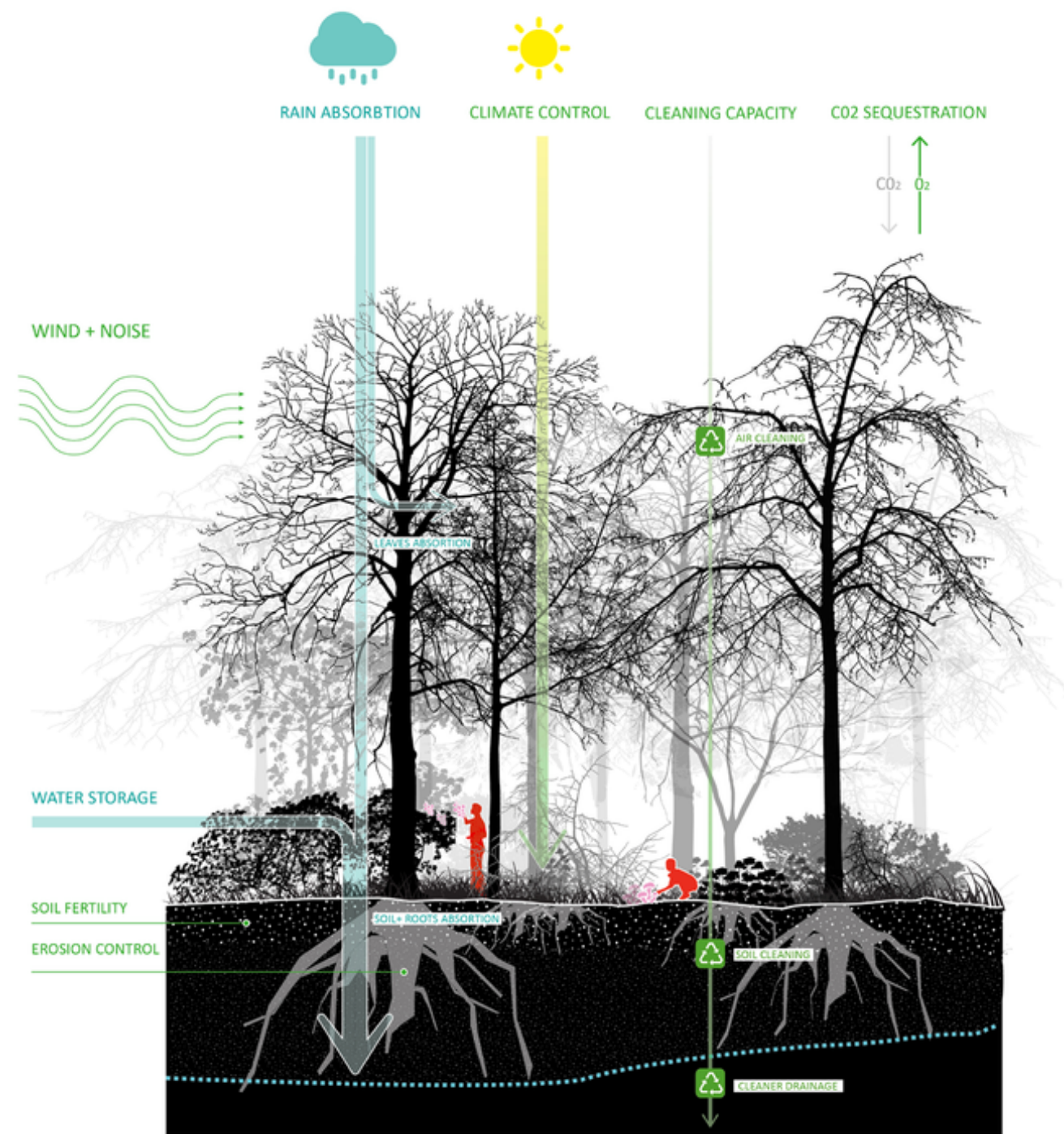
Toename warmteminnende soorten



Bestaande assortiment zijn klimaatbomen



Ecosysteemdiensten – bomen helpen ons



Bron: TU Delft

Amsterdam 750 jaar - verjaardagsbos op ringweg A10



Grote temperatuurverschillen – 12 tot 15



Selecteren van bomen op boomkwekerij – 20/25 cm



Handboek Groen – inrichtingsprincipes - >25 m3

p/bo



Gemeente
Amsterdam



Handboek Groen
Standaard voor het Amsterdamse straatbeeld
onderdeel van de Puccinimethode

februari 2024

Inhoudsopgave

1. Toelichting voor de gebruiker	8
1.1 Opmerkingen bij deze versie	9
1.2 Gebruiksaanwijzing/leeswijzer	9
2. Doel en overtuigingen Puccinimethode	10
2.1 Doel Puccinimethode	11
2.2 Beleidskader Puccinimethode	11
2.3 Samenhang tussen Handboek Rood en Handboek Groen	11
2.4 Vijf overtuigingen Puccinimethode	11
2.5 Toetsteam Openbare Ruimte en Mobiliteit	14
2.6 Klimaatbestendigheid	14
3. Groenkaart, tabel, 'hoe vergroen ik...', ruimtelijke systemen	16
3.1 Groenkaart	18
3.1.1 hoofdboomstructuur	20
3.1.2 Ecologisch groen en Stadsgroen	20
3.2 Groentabel	21
3.2.1 uitzonderingen	22
3.3 Hoe vergroen ik...	23
3.4 ruimtelijke systemen	30
4 Basisprincipes	44
4.1 Uitgangspunten voor duurzaam openbaar groen in Amsterdam	45
4.1.1 algemene uitgangspunten	45
4.1.2 uitgangspunten groenontwerp en beplantingsplan	47
4.1.3 uitgangspunten voorbereiding en aanleg	52
4.1.4 uitgangspunten beheer	53
4.2 Proces van eerste visie tot en met nazorg en beheer in de groenketen	55
4.3 Particulier medebeheer	55
4.3.1 proces	55
4.3.2 inrichting en plantkeuze	55
4.4 Eetbaar groen	55
5. Bomen	56
5.1 Verschijningsvorm	58
5.1.1 toepassing in rij of lijn	58
5.1.2 toepassing grootte, kroonvorm, kroondichtheid, textuur, structuur	58
5.2 Randvoorwaarden	63
5.2.1 afstand boom tot gevel	65
5.2.2 afstand boom tot rijbaan	65
5.2.3 bomen en parkeersituaties	70
5.2.4 afstand boom tot lichtmasten, tram en spoorweg	72
5.2.5 afstand boom tot ondergrondse kabels en leidingen	74
5.2.6 afstand boom tot ondergrondse afvalcontainer	76
5.2.7 afstand boom tot kadeconstructies en beschoeiingen	78
5.2.8 afstand boom tot waterkerende dijken	80
5.3 Sortimentstoepassing	81
5.3.1 sortiment voor in de Hoofdbomenstructuur	81
5.3.2 sortiment voor buiten de Hoofdbomenstructuur	84
5.3.3 sortiment voor de Ecologische structuur Amsterdam	85
5.3.4 toepassing van verhoogde plantvakken	86
5.3.5 sortiment voor wadi's	87
5.3.6 sortiment voor op daken van tunnels en parkeergarages	88
5.4 Aanleg	89
5.4.1 detaillering van van boven- en ondergrondse groeiplaats	89
5.4.2 samenstelling bomenzand en toepassing van grondsubstraten en constructies	94
5.4.3 principes van groeiplaatsinrichting	95
5.4.4 bomen in bestaande situaties	114
5.4.5 verplanten van bomen	116

Specificaties Boomsubstraten

11.7

samenstelling bomenzand verrijkt

Samenstelling Amsterdam Bomenzand Verrijkt Bomenzand Verrijkt is een universeel substraat voor alle type bomen in boomvakken zonder belasting. Het is speciaal ontwikkeld voor binnenstedelijk gebied en verdicht minder snel dan bomenzand. Tevens is het minder kwetsbaar bij een hoge grondwaterstand dan bomengrond. Open grond situaties en boomspiegels kunnen eventueel afgestrooid worden met mulch.			
	Eenheid	Proef	Eisen
Samenstelling:			
Organische stof	%- van d.s	NEN 5754	tussen 6,0 en 9,0
Lutum	%- van d.s.	NEN 5753	tussen 3,0 en 8,0
Vochtgehalte	% m/m	NEN 5754	<25
M50 cijfer	micrometer µm	NEN 5753	tussen 250 en 530
D60-D10	getal	NEN 5753	<3,0
Zuurgraad pH	KCL	NEN-ISO 10390	tussen 4,8 en 7,0
Zuurgraad pH	H2O	NEN-EN 13037	tussen 5,5 en 7,5
Zoutgehalte EC	mS/cm	NEN-EN 13038	0,3-1,5
Waterberging bij pF 1,0 (-10cm)	%-(v/v)	NEN-EN 13041	48-58
Waterberging bij pF 1,7 (-50cm)	%-(v/v)	NEN-EN 13041	26-36
Gemakkelijk beschikbaar water	%-(v/v)	NEN-EN 13041	16-26
Onkruiddruk	stuks per m2	RHP onkruidtoets	<15
Chloride	mg/l	NEN-EN 13652	<200
Voorraad voeding:			
N- totaal Stikstof	mg/100 gr. d.s.	NEN-EN 13654-2	60 - 180
P2O5 Fosfaat	mg/100 gr. d.s.	NEN-EN 13654-2	25 - 100
K2O Kali	mg/100 gr. d.s.	NEN 6966 KCL	30-120
MgO Magnesium	mg/kg d.s.	NEN 6966 Mg-NaCL	100-300
Biologische eigenschappen:			
Respiatiesnelheid	mmol O2/kg OS/uur	NEN-EN 16087-1	<5
MKI (Milieu Kosten Indicator)	per m3		< € 5,00
Aanvullende eisen: - Het bomenzand Verrijkt moet overdekt geproduceerd, vervoerd en opgeslagen worden. - Voldoet buiten bovenstaande eisen aan de meest recent uitgegeven Standaard RAW Bepalingen. - Het bomenzand Verrijkt moet nagenoeg vrij zijn van overblijvende onkruiden en onrechtmatigheden zoals puin, afsalt, hout, plastics, ijzer, glas en dergelijke. - De leverancier moet van iedere vracht een pH en EC (H2o) meting uit voeren en minimaal 3 maanden een controlemonster te bewaren. - Bewijsstukken en monstermateriaal moeten minimaal 3 weken vóór verwerking bij de directie ter goedkeuring aangeboden zijn. - Bomenzand Verrijkt moet geleverd worden conform BRL 9335-4 certificaat, schone grond volgens Besluit Bodemkwaliteit. - Bomenzand Verrijkt moet verdicht worden conform de Standaard RAW Bepalingen 2020 artikel 51.02.01. - Bomenzand Verrijkt moet toegepast worden op minimaal 15 cm boven de GHG/Grondwaterpeil. - LCA's / MKI's dienen middels de Bepalingsmethode te worden opgesteld en getoetst, nadere info is te vinden via https://milieudatabase.nl/nl/			

11.8

samenstelling bomenzand

Samenstelling Amsterdam Bomenzand Bomenzand is een universeel substraat t.b.v. bomen in verharding. Het is geschikt voor licht belastbare situaties zoals onder het trottoir.			
	Eenheid	Proef	Eisen
Samenstelling:			
Organische stof	%- van d.s	NEN 5754	tussen 4,0 en 5,5
Lutum	%- van d.s.	NEN 5753	tussen 1,0 en 5,0
Som lutum + organische stofgehalte	%-d.s.		5,0 - 8,0
Vochtgehalte	% m/m	NEN 5754	<20
M50 cijfer	micrometer µm	NEN 5753	tussen 280 en 460
D60-D10	getal	NEN 5753	<2,5
Zuurgraad pH	KCL	NEN-ISO 10390	tussen 4,8 en 7,0
Zuurgraad pH	H2O	NEN-EN 13037	tussen 5,5 en 7,5
Zoutgehalte EC	mS/cm	NEN-EN 13038	<0,6
Onkruiddruk	score per m2 conform RHP onkruidtoets	RHP methode	<5
Chloride	mg/l	NEN-EN 13652	<150
CaCO3 bij pH >6	%- d.s.	NEN-EN ISO 10693	<1,5
CaCo3 bij pH <6	%- d.s.	NEN-EN ISO 10693	<0,5
Voorraad voeding:			
N- totaal Stikstof	mg/100 gr. d.s.	NEN-EN 13654-2	30 - 160
P2O5 Fosfaat	mg/100 gr. d.s.	NEN 5793	15 - 60
K2O Kali	mg/100 gr. d.s.	NEN 6966 KCL	10-50
MgO Magnesium	mg/kg d.s.	NEN 6966 Mg-NaCL	50-200
Biologische eigenschappen:			
Respiatiesnelheid	mmol O2/kg OS/uur	NEN-EN 16087-1	<5
Schimmelbiomassa	µg/g	NPR-CEN-ISO/TS 29843-1	>25
MKI (Milieu Kosten Indicator)	per m3		< € 5,00
Aanvullende eisen: - Het bomenzand moet overdekt geproduceerd, vervoerd en opgeslagen worden. - Voldoet buiten bovenstaande eisen aan de meest recent uitgegeven Standaard RAW Bepalingen. - Het bomenzand moet nagenoeg vrij zijn van overblijvende onkruiden en onrechtmatigheden zoals puin, afsalt, hout, plastics, ijzer, glas en dergelijke. - De leverancier moet van iedere vracht een pH en EC (H2o) meting uit voeren en minimaal 3 maanden een controlemonster te bewaren. - Bewijsstukken en monstermateriaal moeten minimaal 3 weken vóór verwerking bij de directie ter goedkeuring aangeboden zijn. - Bomenzand moet geleverd worden conform BRL 9335-4 certificaat, schone grond volgens Besluit Bodemkwaliteit. - Bomenzand moet verdicht worden conform de Standaard RAW Bepalingen 2020 artikel 51.02.06. - LCA's / MKI's dienen middels de Bepalingsmethode te worden opgesteld en getoetst, nadere info is te vinden via https://milieudatabase.nl/nl/			

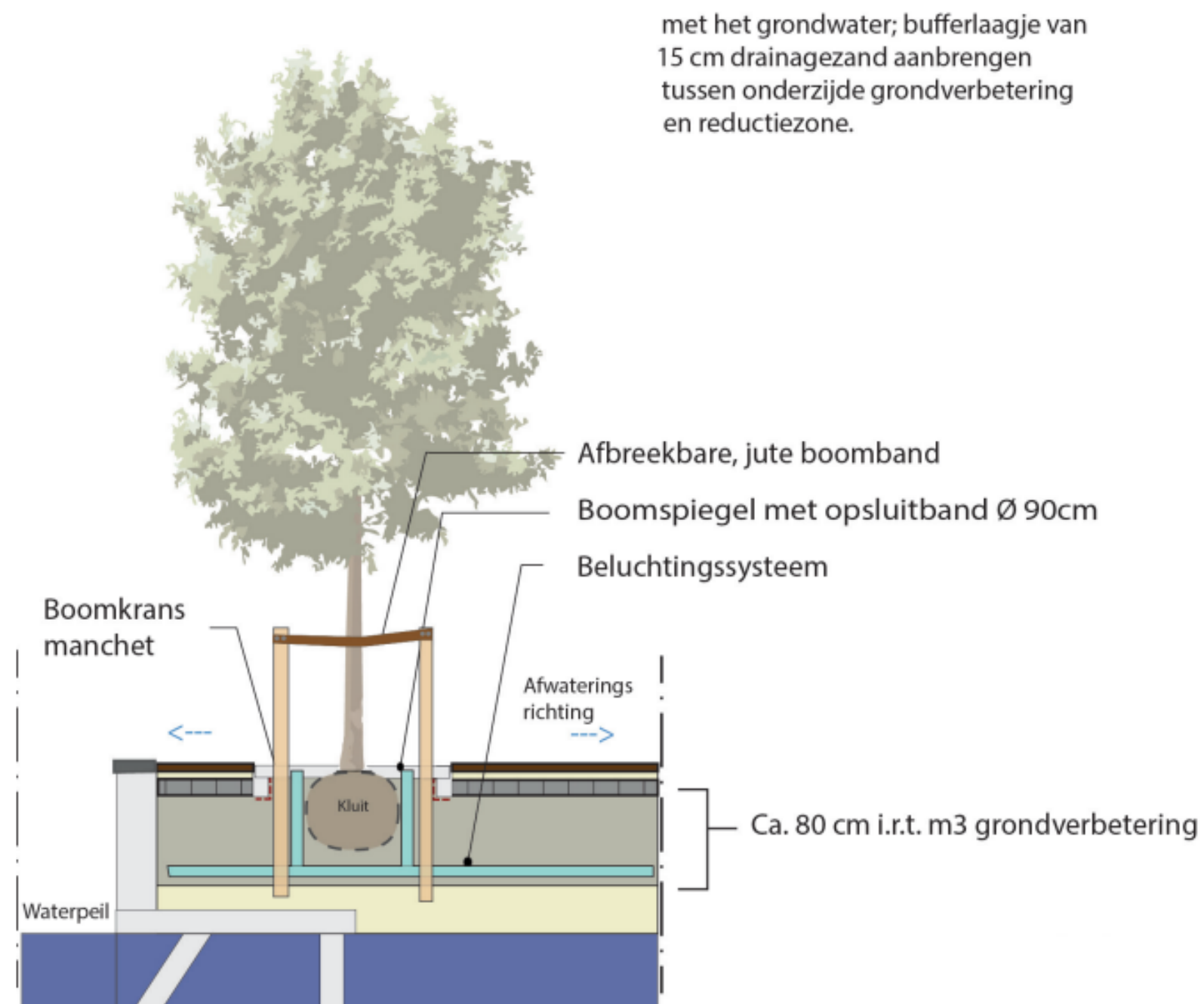
11.9

samenstelling overige gronds substraten

samenstelling bomenzand grof

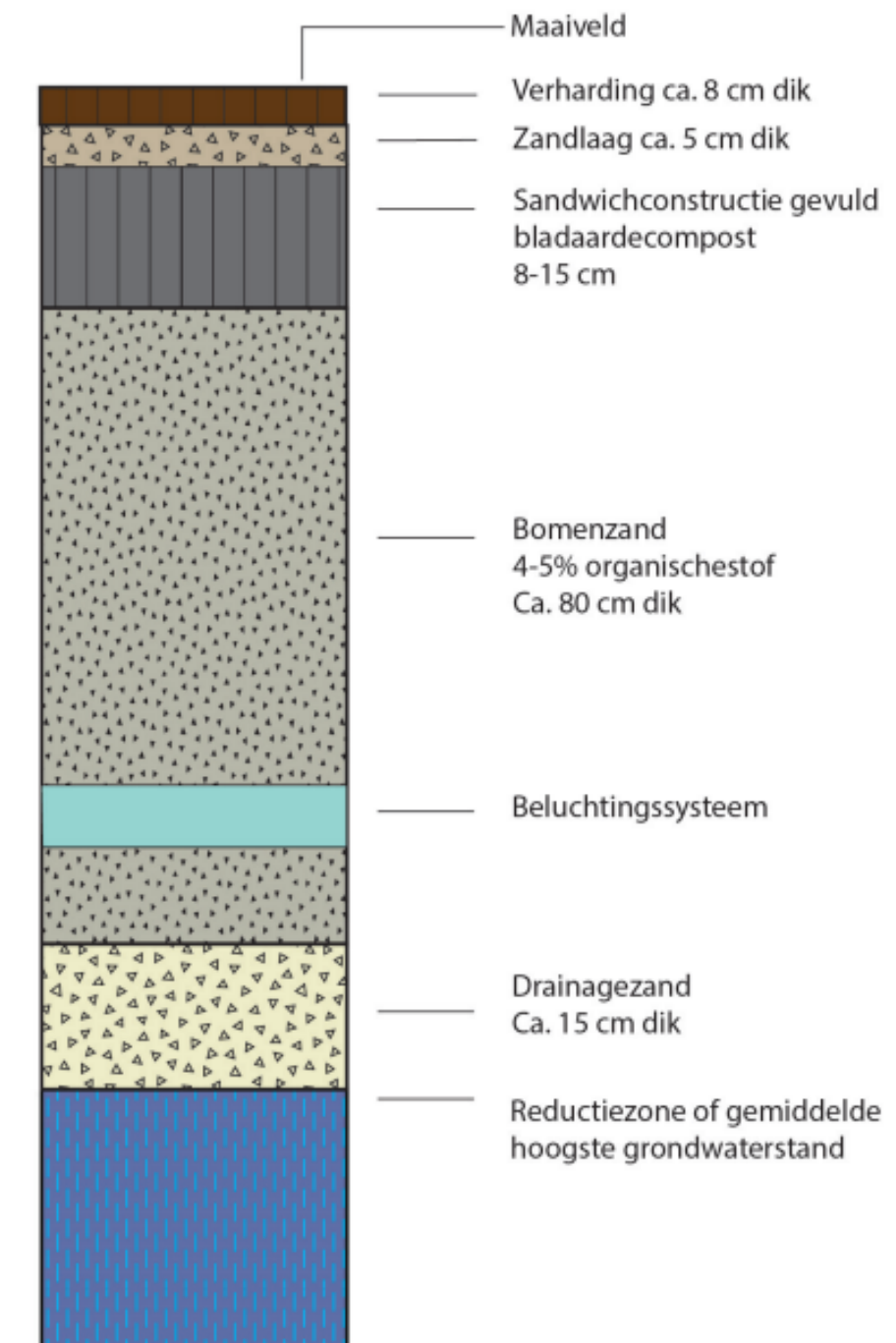
Samenstelling Amsterdam Bomenzand Grof Bomenzand Grof lijkt qua toepassing veel op bomenzand. Het is alleen draagkrachtiger en dus ook onder parkeervakken, fietspaden, woonerven en pleinen toe te passen. In tegenstelling tot bomengranulaat is het niet geschikt voor intensief zwaar vrachtverkeer. In combinatie met sandwichpanelen/sandwichconstructie kan het ook toegepast worden onder zwaarder belastbare situaties.			
	Eenheid	Proef	Eisen
Samenstelling:			
Organische stof	%- van d.s	NEN 5754	tussen 1,0 en 4,0
Lutum	%- van d.s.	NEN 5753	tussen 2,0 en 6,0
Vochtgehalte	% m/m	NEN-NEN 1097-5	<10
Droge dichtheid bij 95% p.d.	kg/m3	NEN-EN 13286-2	1575-1675
Oppervlakte stijfheid Ev2 bij 97% p.d.	Mpa	KOAC	>60
Porlënvolume bij 97% p.d. *	%	NEN-EN 933-5	>40
Doorwortelbaar volume bij 97% p.d. *	%	KOAC	>40
Gebroken oppervlak *	%	NEN-EN 933-5	>95
Korrelgradering *	mm	NEN-EN 933-1	2-6
Categorie korrelgradering *		NEN-EN 933-1	GC90/15
Zuurgraad pH	KCL	NEN-ISO 10390	tussen 4,8 en 7,0
Zuurgraad pH	H2O	NEN-EN 13037	tussen 5,5 en 7,5
Zoutgehalte EC	mS/cm	NEN-EN 13038	0,1-1,5
CEC	mmol/l	PPO Kas methode 1:2	>40
Waterberging bij pF 1,7 (-50cm)	%-(v/v)	NEN-EN 13041	6-16
Gemakkelijk beschikbaar water	%-(v/v)	NEN-EN 13041	2,5-7,5
Wateropname na 24 uur	%-(v/v)	WOK-RHP methode	15-25
Onkruiddruk	score per m2 conform RHP onkruidtoets	RHP methode	<5
Chloride	mg/l	NEN-EN 13652	<150
Voedingselementen:			
NO3 + NH4	mg/l		0,1-4,0
Ca	mmol/l	PPO KAS methode 1:2	0,1-3,0
Mg	mmol/l	PPO KAS methode 1:2	0,1-1,0
SO4	mmol/l	PPO KAS methode 1:2	0,0-3,0
H2PO4	mmol/l	PPO KAS methode 1:2	0,0-2,0
K	mmol/l	PPO KAS methode 1:2	0,2-3,0
Na	mmol/l	PPO KAS methode 1:2	0,1-1,0
Fe	mmol/l	PPO KAS methode 1:2	0,1-1,0
HCO3	mmol/l	PPO KAS methode 1:2	0,0-3,0
CL	mmol/l	PPO KAS methode 1:2	0,1-3,0
Biologische eigenschappen:			
Respiatiesnelheid	mmol O2/kg OS/uur	NEN-EN 16087-1	<5
MKI (Milieu Kosten Indicator)	per m3		< € 5,00

Detail boomaanplant èn bodemopbouw



Figuur 4.41 Opbouw plantvak boom langs gracht

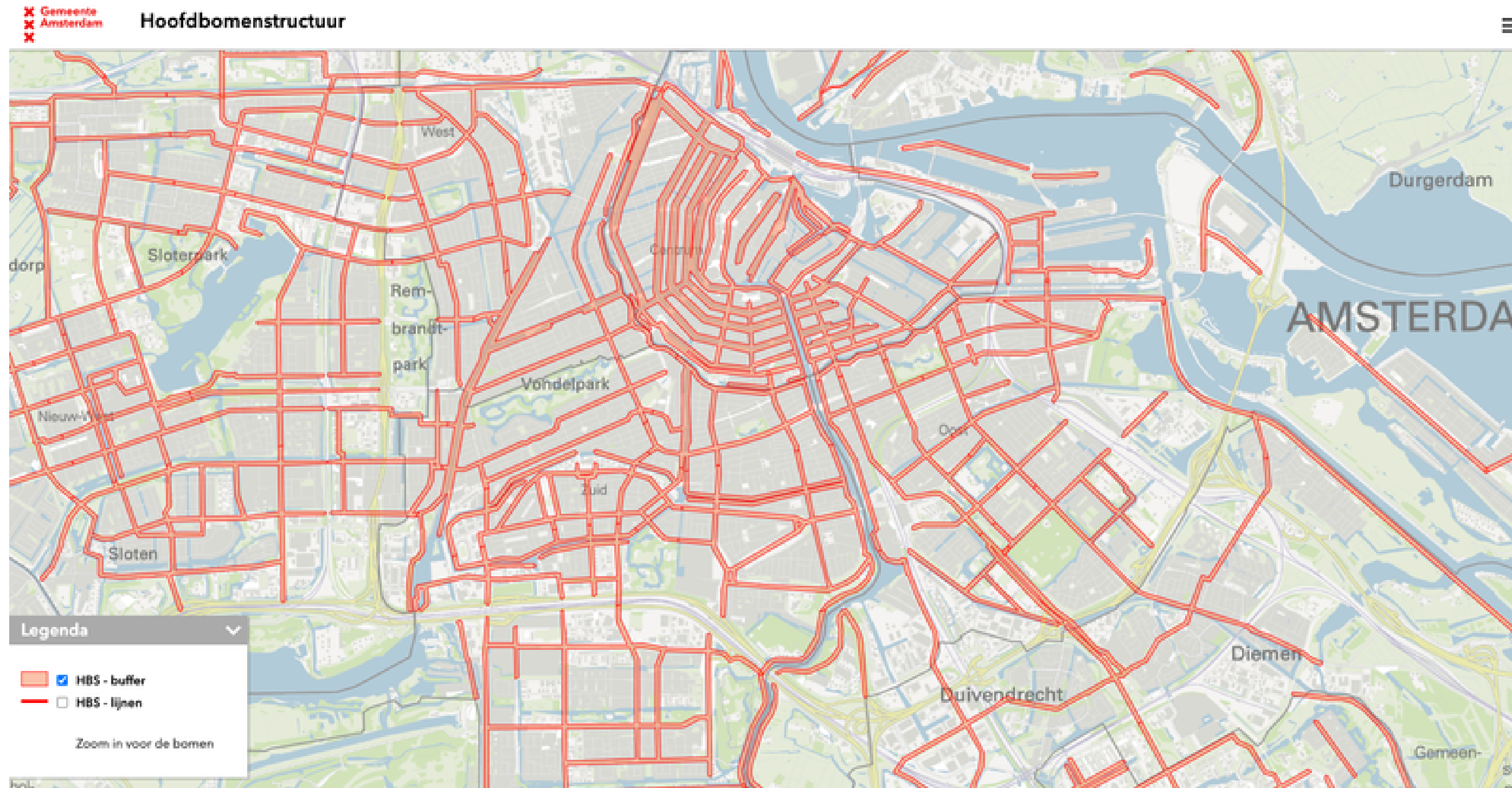
78



Figuur 4.42 Detail bodemopbouw en samenstelling

79

Hoofdbomenstructuur – 25 tot 40 m³ groeiruiimte



Contract Inkoop, aanplant en vier jaar nazorg

AI 2022-0121

RAW-raamovereenkomst voor Inkoop, Aanplant en Nazorg bomen
Perceel 1: Centrum & West

Totstandkoming van de overeenkomst

0.01 AANBESTEDER

Gemeente Amsterdam, Ingenieursbureau namens:

Het college van Burgemeester en Wethouders van de gemeente Amsterdam, vertegenwoordigd door de directeur van het Ingenieursbureau, Weesperstraat 430, 1018 DN AMSTERDAM.

0.02 PROCEDURE

1. De aanbesteding geschiedt volgens de Europees openbare procedure van het Aanbestedingsreglement Werken 2016 (ARW 2016).
2. De artikelen 2.2.2 en 2.23 van het ARW 2016 zijn niet van toepassing.
3. In afwijking op artikel 2.25 van het ARW 2016 geschiedt de inschrijving uitsluitend via <https://s2c.mercell.com>.
4. In afwijking van artikel 2.31.4 van het ARW 2016 wordt het procesverbaal van opening van de inschrijvingen niet aan de inschrijvers toegezonden maar gepubliceerd op <https://s2c.mercell.com>.
5. Aan artikel 2.40.1 van het ARW 2016 na rechter "te Amsterdam" toevoegen.
6. De informatie over verplichtingen ten aanzien van bepalingen inzake belastingen, milieubescherming, arbeidsbescherming en arbeidsvoorwaarden, zoals bedoeld in artikel 2.7.3. van het ARW 2016, is te verkrijgen op de volgende internetpagina's:
 - Belastingen: www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/themas/belastingen-uitkeringen-en-toeslagen
 - Milieubescherming: www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/themas/klimaat-milieu-en-natuur
 - Arbeidsbescherming en arbeidsvoorwaarden: www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/themas/werk

Directievoering en toezicht - controle



Sturing op 3 KPI's: data, groeiplaats en kwaliteit bomen

- De **LWD-meter** moet ter kwaliteitscontrole worden ingezet bij de aanleg van groeiplaatsen met granulaat. De gemeten stijfheid van het granulaat wordt rechtstreeks gekoppeld aan de referentiewaarden van het specifieke product dat is gebruikt. Hierdoor wordt ter plekke meteen vastgesteld of het boomsubstraat op een correcte manier is verdicht en of aanvullende maatregelen nodig zijn. Voor het onderzoek wordt gebruik gemaakt van de Prima 100 of gelijkwaardig.
- In aanvulling op het bepaalde in artikel 51.02.06 lid 04 van de Standaard moet de **indringingsweerstand** van het bomenzand bij sandwichconstructies tussen 2,0 en 2,3 MPa liggen.
- Groendetails uitvoeren conform het '**Handboek Groen**, Standaard voor het Amsterdamse Straatbeeld (Puccinimethode)' versie 05 november 2021 www.amsterdam.nl/puccini
- Werkzaamheden voor de aanleg van groeiplaatsinrichtingen bestaande uit sandwichconstructies en/of bomengranulaat en zelfdragende constructies dienen uitgevoerd te worden onder direct toezicht van een persoon in het bezit van een geldig **European Tree Technician** certificaat.
- Om de kwaliteit te borgen houdt de aannemer bij uitvoering van elke deelopdracht een logboek bij. In het **logboek** uitvoering worden **conform het bijgevoegde format** alle uitgevoerde werkzaamheden genoteerd en verduidelijkt met fotomateriaal. Specifiek wordt inzichtelijk gemaakt de: - levering-bemonstering van de toegepaste grondsubstraten; - opbouw en werkwijze van de aanleg van groeiplaatsen zoals sandwichconstructie; - diepte van oxidatie-reductie en grondsubstraten; - verdichtingsmetingen; - aanplant en verankering van de bomen. In het logboek worden de analyserapporten van substraten en stop- en bijwoonpunten beschreven en vastgelegd. De aannemer dient het logboek uitvoering gedurende uitvoeringsfase actueel te houden

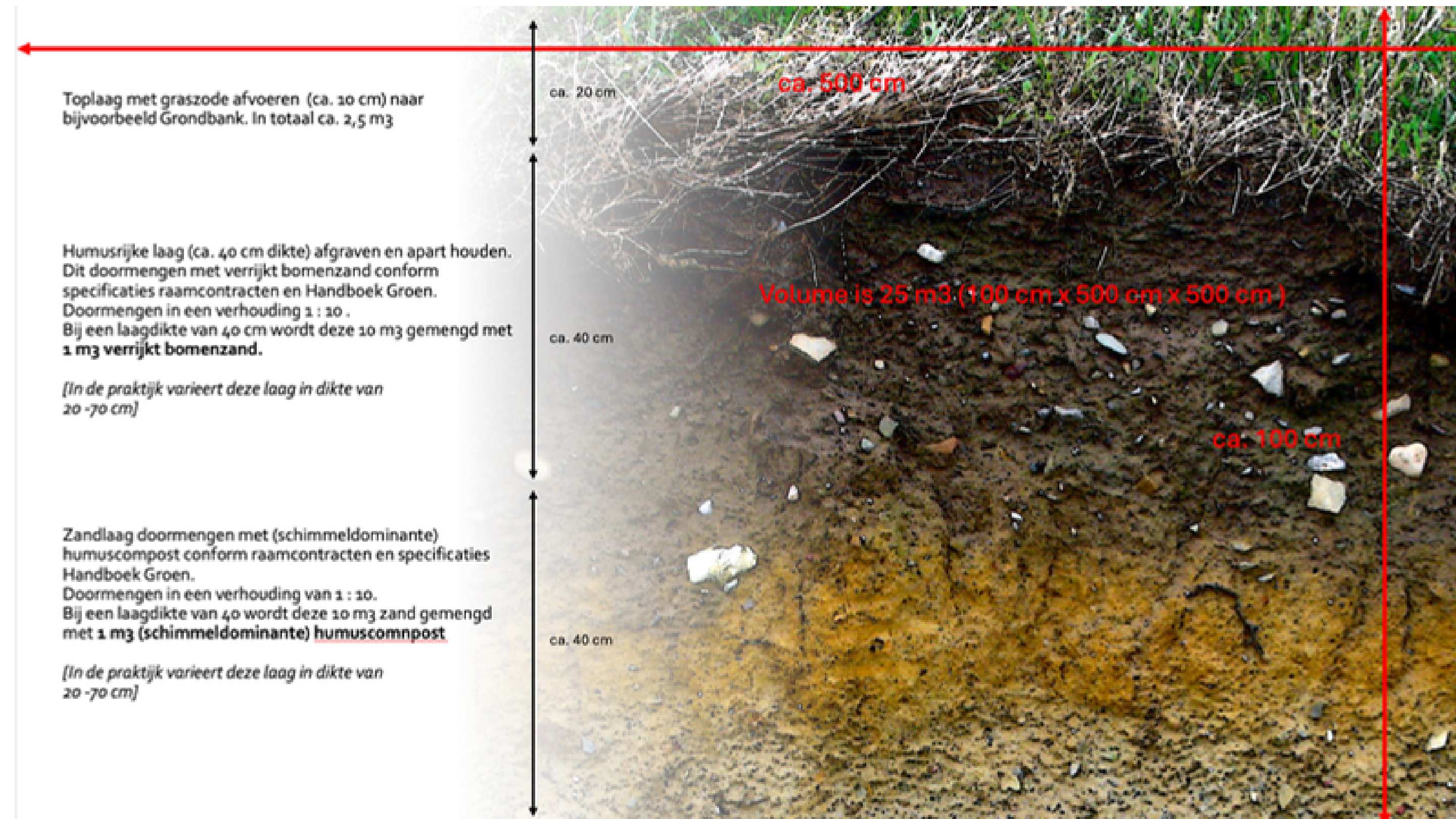
Profielkuilen graven en grondboren



Volgorde creëren doorwortelbare – minimaal 25 m³

1. **Doormengen bestaande grond** parken, bermen en groenstroken
 1. **Bomenzand** onbelaste omgeving (trottoirs en fietspaden)
 2. **Grof bomenzand** bestaande situaties tussen (hoogliggende) wortels
 4. **Bomenzand + drukverdelende kratten** licht belaste omgeving (parkeervakken)
 5. **Bomengranuluaat** zwaar belaste omgeving (rijwegen)
 6. **Boombunkers** zeer zwaar belaste omgeving (o.a. busbanen)

Doormengen in parken en open-grond-situaties



Experimenten met bomenzand – eind jaren '70



Gronduitwisseling jaren '80



Eerste proef met bomenzand in 'wortelstraat' - 1982

