

Voorstudie meetlocaties Utrechtse Heuvelrug en Veluwe

KWR 2025.047

Datum

13 mei 2025

Opdrachtgever

Projectgroep RECHARGE

Meer informatie

Marjolein van Huijgevoort

T +31 30 606 9646

E marjolein.van.huijgevoort@kwrwater.nl

Auteurs

Marjolein van Huijgevoort

Bernard Voortman

Gijsbert Cirkel

Opdrachtnummer

404984

Kwaliteitsborger

Ruud Bartholomeus

Projectmanager

Edu Dorland

Pagina

1/29

Inhoud

1	Inleiding	3
2	Dicht loofbos	6
3	Open loofbos	9
4	Open naaldbos	12
5	Inrichting meetlocaties	19
6	Voorstel locaties	20
Referenties		22
I Verdeling bostypen per regio		23
II Overige bezochte locaties		25
III BOFEK 2020		29

1 Inleiding

In het PPS-project 'RECHARGE: Watersysteemherstel door datagedreven begrip van bosverdamping en grondwateraanvulling' worden verschillende meetlocaties ingericht voor het bepalen van de grondwateraanvulling in bossen. Voor de selectie van meetlocaties is in dit project een voorstudie gedaan. Ons voorstel is om op zes hoofdstations en vier light stations te gaan meten. Voor de keuze van de locaties zijn een aantal aspecten van belang, zoals diepte grondwater, bodemtype, bostype, bereikbaarheid en bestaande meetlocaties. Uiteindelijk is de bedoeling om te meten in grondwateronafhankelijke bossen van verschillende typen.

Voortman (2024) heeft een kaart ontwikkeld met een onderscheid voor verschillende bostypen van open naar dicht voor naaldbos en loofbos. Binnen de meetlocaties zouden deze verschillende bostypen zo goed mogelijk opgenomen moeten worden. De verdelingen van de verschillende bostypen binnen de regio's Veluwe, Utrechtse Heuvelrug en Noord-Brabant zijn weergegeven in bijlage I.

Op dit moment zijn er al op 3 locaties meetopstellingen waar binnen het PPS-project op aangesloten zal worden:

- Speulderbos: dicht naaldbos (Douglas)
- Loobos: gemiddeld naaldbos (Grove den)
- Schijf: gemengd bos en gemiddeld naaldbos (zwarte den)

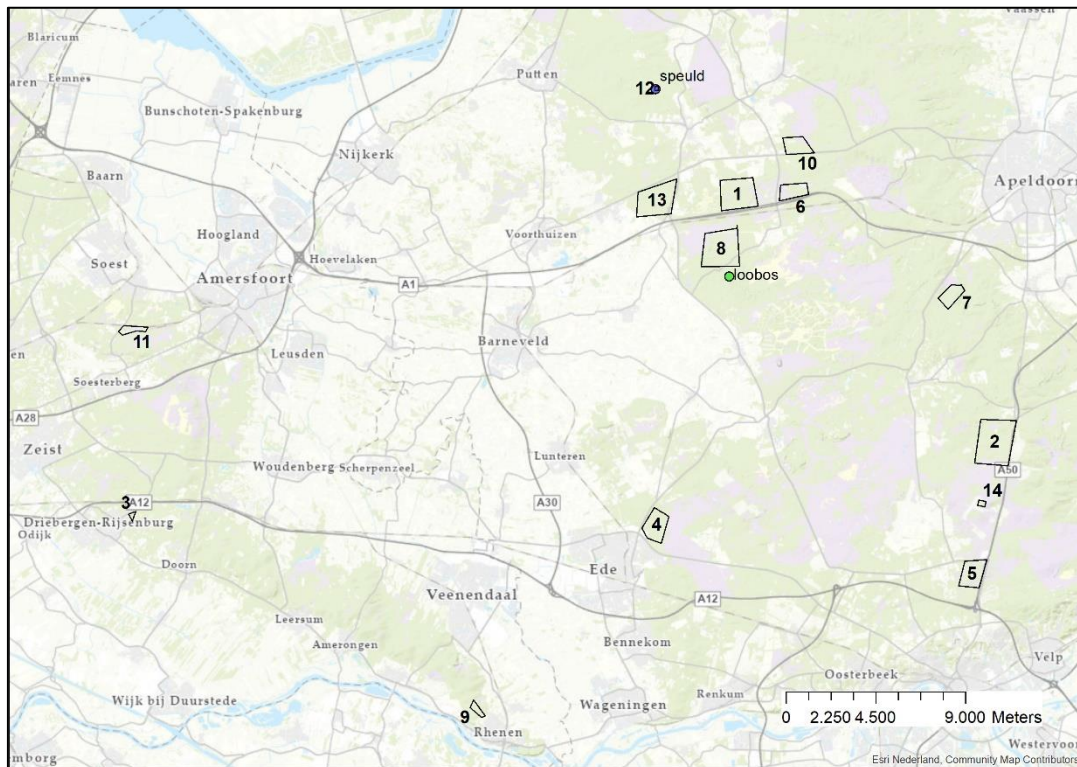
Naast deze al bestaande locaties wordt voor de nieuw in te richten locaties gezocht naar: dicht loofbos, open loofbos en open naaldbos. Op die manier worden de dichtheidsklassen, zoals getypeerd door Voortman (2024), het best meegenomen. We hebben meerdere locaties bezocht binnen deze bostypen, zie Tabel 1-1 en Figuur 1-1. Bij een aantal locaties was duidelijk dat de locaties niet geschikt waren, bijvoorbeeld omdat de begroeiing niet voldeed aan de gewenste dichtheidsklassen en homogeniteit. In Tabel 1-1 is aangegeven welke locaties niet geschikt zijn bevonden en dus verder ook niet besproken worden in dit rapport. In bijlage II zijn wel de kaarten en enkele foto's van de locaties opgenomen. De overige locaties worden in de volgende hoofdstukken nader toegelicht per gewenst bostype (donker loofbos, open loofbos, en open naaldbos).

Uit het veldbezoek is gebleken dat het zeer open bostype uit de classificering van Voortman (2024) soms moeilijk te duiden is, zeker waar het gaat om open naaldbos. Binnen deze klasse (dichtheidsklasse 2 op de kaart) komen allerlei verschillende open structuren voor, die in het veld heterogeen aandoen. Ook is de structuur soms dicht, maar bestaat de opstand vooral uit jonge, korte naaldbomen. Beide typen bossen verdampen wellicht minder water dan een gemiddeld bos, maar de structuur is wel verschillend en bij een zeer heterogene structuur moeilijk te bemeten. Voor open loofbos is tijdens het veldbezoek een meer consistente homogene begroeiing aangetroffen.

Met de keuze voor de extra locaties zijn er in totaal zes locaties waar uitgebreid gemeten gaat worden (hoofdstations). Het zou daarnaast interessant zijn om op een aantal locaties aanvullende metingen te doen (light stations) om betere vergelijkingen tussen de verschillende bostypen te kunnen maken. In dit rapport wordt ook een voorstel gedaan voor de inrichting van de locaties, onder voorbehoud van de kosten.

Tabel 1-1 Bezochte locaties met dominante bostype. Niet geschikte locaties zijn grijs gemarkeerd.

	Locatie	Bostype
1	Caitwickerzand	Open naaldbos (heterogeen, mix van lage en hoge opstand; niet geschikt)
2	Deelerwoud	Open loofbos en naaldbos met verschillende dichtheidsklassen
3	Driebergen	Open naaldbos (heterogeen, klein perceel, dichtbij bebouwing, grondwaterstand onduidelijk; niet geschikt)
4	Edese Bos	Donker loofbos (beuk), ook percelen gemiddeld loofbos (eik) en gemiddeld naaldbos (grove den)
5	Koningsheide	Open naaldbos (heterogeen met ook veelal jonge/ kort opstand; niet geschikt)
6	Kootwijkerveen	Open naaldbos (deels te weinig begroeiing, deels heterogeen; niet geschikt)
7	Leesten	Naaldbos (heterogeen, erg druk met wandelaars; niet geschikt)
8	Loobos	Gemiddeld loofbos ten noorden van bestaande meetlocatie (niet geschikt voor locatie open loofbos)
9	Rhenen	Loof- en naaldbos (erg heterogeen, geen open vegetatie; niet geschikt)
10	Schepersheg/ Kroondomein het Loo	Open naaldbos
11	Soestduinen	Naaldbos (zowel diepe als ondiepe grondwaterstanden)
12	Speuld	Donker loofbos (nabij al bestaande meetlocatie)
13	Stroeër Zand	Open naaldbos (heterogeen, opstand soms laag, soms open; niet geschikt)
14	Terlet	Open naaldbos



Figuur 1-1 Bezochte locaties (nummers verwijzen naar Tabel 1-1), daarnaast zijn de bestaande meetlocaties Speuld en Loobos met tekst aangegeven.

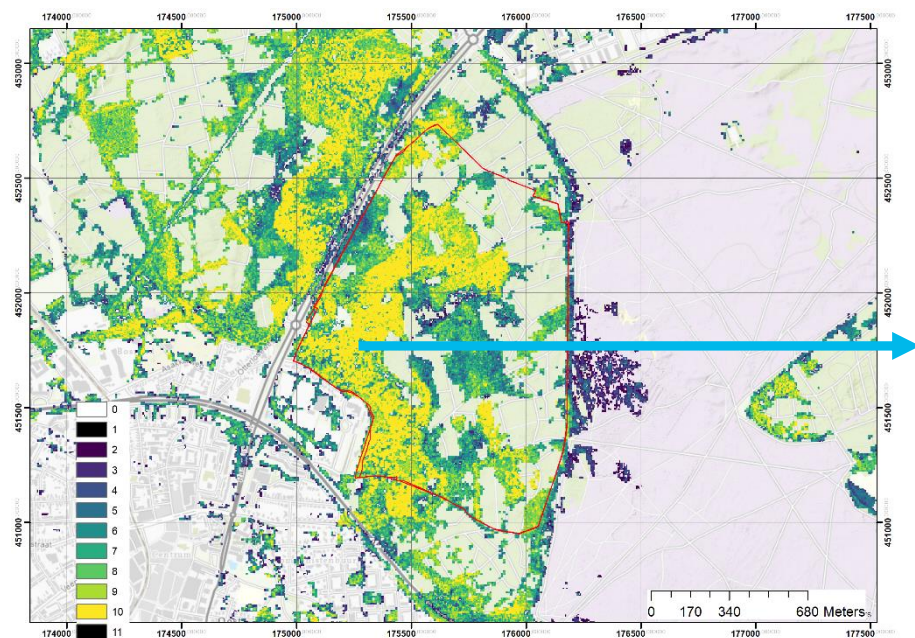
2 Dicht loofbos

Voor dicht loofbos zijn er twee veelbelovende locaties: Edese Bos (Figuur 2-1) en het Speulderbos (Figuur 2-2). Op beide locaties is de dominante boomsoort beuk (Tabel 2-1). De locatie in het Edese bos valt in het wingebied van Vitens en daarnaast is het een demobos van de gemeente Ede. De locatie in het Speulderbos ligt naast de al bestaande meetlocatie in donker naaldhout. Bij beide locaties is de grondwaterstand zeer diep, waardoor de vegetatie grondwateronafhankelijk is. Bij Speuld komen echter wel leemlagen voor, waardoor de vochtbeschikbaarheid lastiger in te schatten is. Volgens de Bodemfysische eenhedenkaart 2020 (BOFEK2020, Heinen et al. 2021) hebben beide locaties een ondiepe zandige ondergrond. De BOFEK2020 kaart geeft de bodemopbouw voor de eerste 120 cm onder maaiveld.

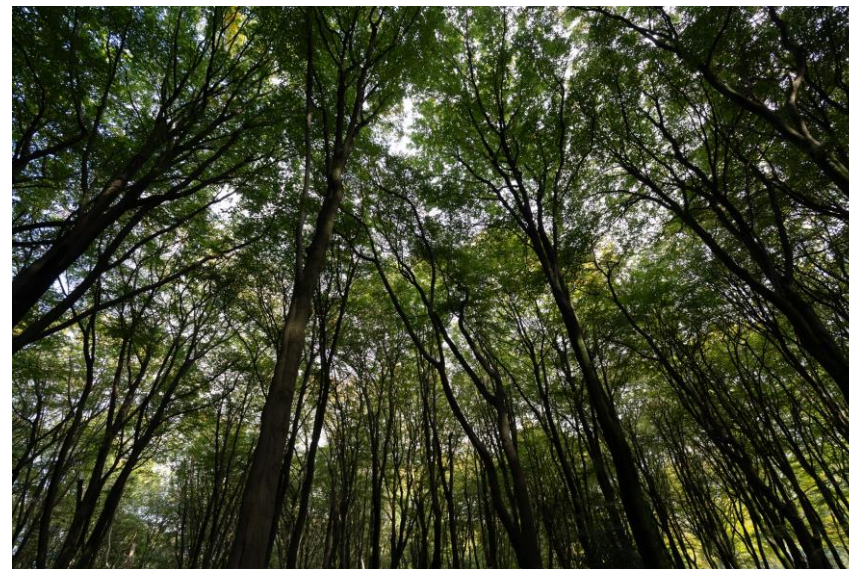
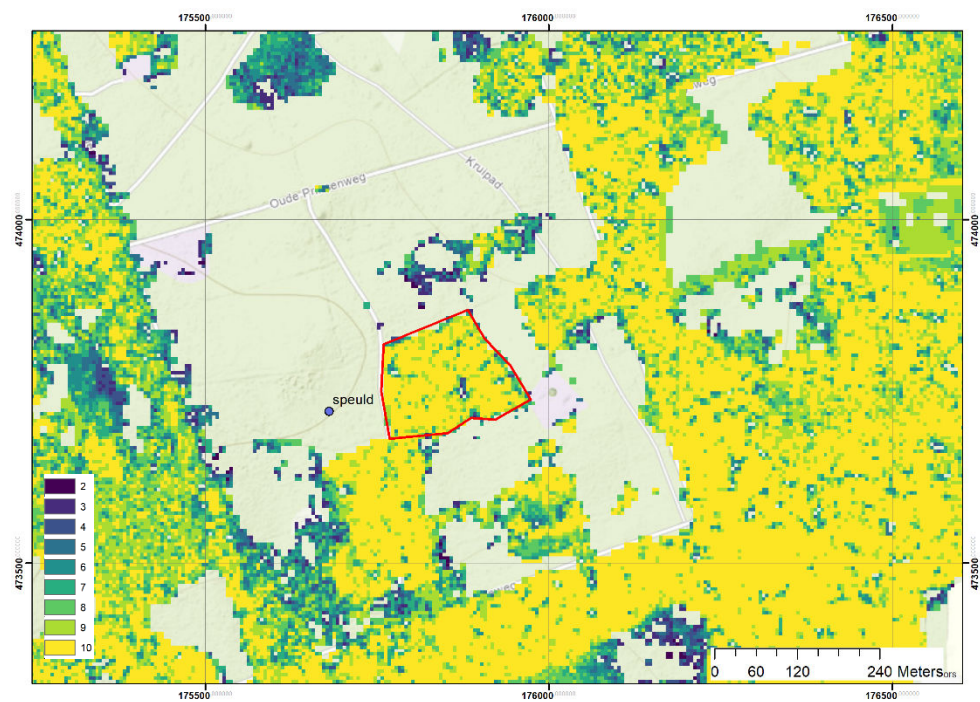
Tabel 2-1 Kenmerken van de potentiële locaties voor dicht loofbos

Naam locatie	Dominante boomsoort	Dichtheidsklasse 2 = heel open, 10 = heel dicht	GWS >2 m-mv?	GHG LHM	Leeftijd bos	Bodem (BOFEK2020) ¹	Beheerder/eigenaar	Opmerking
Edese bos	Beuk	10	ja	20 m-mv	>50 jr	3003 (Grofzandige zandgronden I) 3009 (Zwak lemige zandgronden I)	Vitens, gemeente Ede	
Speulderbos	Beuk	10	ja, wel leemlagen	33 m - mv	>50 jr	3003 (leemlagen)	TU Twente, Natuurmonumenten	Nabij bestaande meting, stroom

¹ Zie bijlage III voor beschrijving van alle bodemtypen voor zandgronden, bodemopbouw tot 120 cm onder maaiveld.



Figuur 2-1 Dichtheidsklassen voor loofbos in Edese Bos met het waterwingebied in rood aangegeven (links) en voorbeeld van dicht beukenbos (dichtheidsklasse 10) in het gebied (rechts)



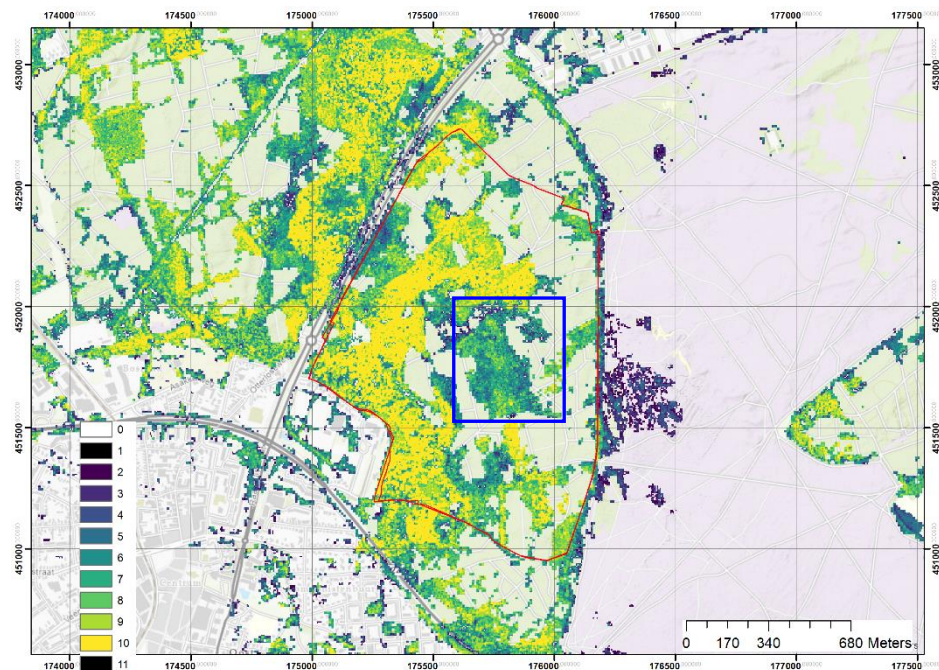
Figuur 2-2 Dichtheidsklassen voor loofbos in het Speulderbos, blauwe stip geeft de locatie van de bestaande meetlocatie en rode lijn het beoogde perceel (links), en voorbeeld van dicht beukenbos op het beoogde perceel (rechts)

3 Open loofbos

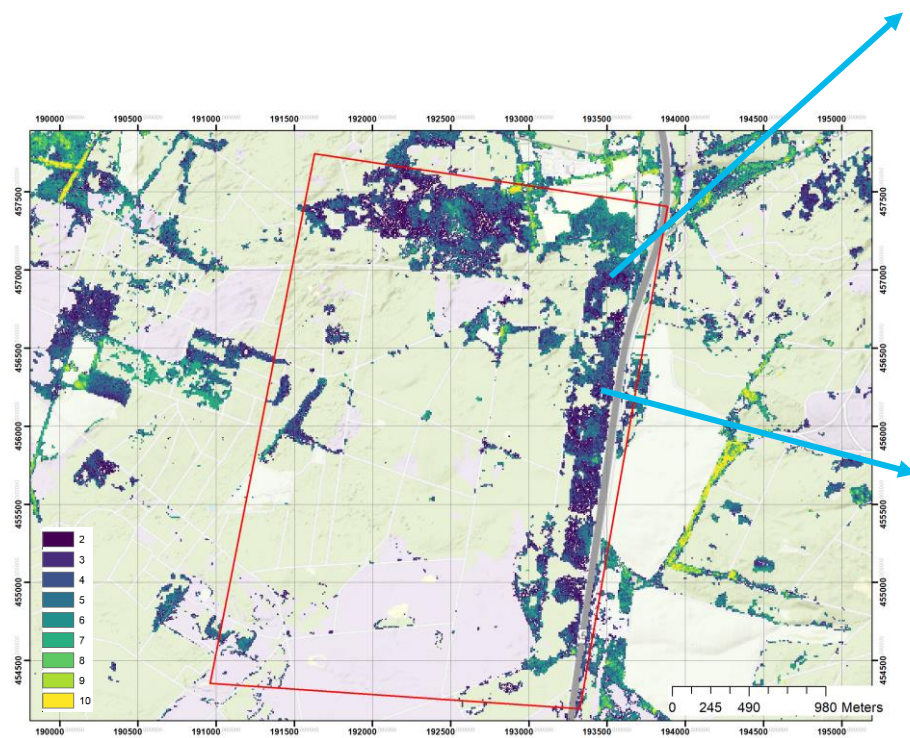
Voor open loofbos zijn er twee veelbelovende locaties: Edese bos (Figuur 3-1) en Deelerwoud (Figuur 3-2). Beide locaties hebben een zandgrond en zijn grondwateronafhankelijk (Tabel 3-1). De dichtheidsklassenkaart laat voor beide locaties veel variatie zien, maar uit veldbezoek is gebleken dat er locaties zijn met open loofbos, waarbij de vegetatie in Deelerwoud minder dicht is dan in het Edese Bos. Daarnaast heeft het Deelerwoud uitgestrektere gebieden met open loofbos en is er sprake van een homogeen open structuur.

Tabel 3-1 Kenmerken van de potentiële locaties voor open loofbos

Naam locatie	Dominante boomsoort	Dichtheidsklasse 2 = heel open, 10 = heel dicht	GWS >2 m-mv?	GHG LHM	Leeftijd bos	Bodem (BOFEK2020)	Beheerder/eigenaar	Opmerking
Edese bos	Eik	4-6	ja	20 m-mv	>50 jr	3003 en 3009	Vitens, gemeente Ede	Stroom aanwezig? Vlakbij pompstationgebouw
Deelerwoud	Eik	2-5	ja	50-60 m-mv		3019 (Zwak lemige zandgronden IV)	Natuurmonumenten	Matige vitaliteit eiken. Zonnepanelen kunnen wellicht geplaatst worden langs de snelweg. Transformatorhuisje bij ingang gebied



Figuur 3-1 Dichtheidsklassen voor loofbos in Edese Bos met het wingebied in rood aangegeven en potentiële locatie open loofbos in blauw (links) en voorbeeld van open loofbos in het gebied (rechts)



Figuur 3-2 Dichtheidsklassen voor loofbos voor Deelerwoud, de rode lijn geeft in grove lijnen het zoekgebied (links), en voorbeelden van open loofbos (rechts). De eiken lijken hier echter niet in een goede conditie

4 Open naaldbos

Voor open naaldbos zijn er vijf mogelijke locaties: Edese bos (Figuur 4-1), Deelerwoud (Figuur 4-2), Schepersheg/Kroondomein het Loo (Figuur 4-3), Soestduinen (Figuur 4-4) en Terlet. Alle locaties hebben een zandige ondergrond (Tabel 4-1).

Edese Bos

Deze locatie ligt in het wingebied van Vitens en vlakbij de beoogde meetlocatie voor dicht loofbos. Een nadeel van deze locatie is de relatief hoge dichtheidsklasse. Daarnaast is geen sprake van een uitgestrekt naaldbos, er zijn slechts enkele percelen naaldbos omgeven door loofbos.

Deelerwoud

Bij Deelen is sprake van een iets hogere dichtheid; de laagste dichtheidsklasse 2 is minder aanwezig. Het voordeel van deze locatie is echter dat een vergelijking mogelijk zou zijn tussen loofbos en naaldbos, omdat de percelen vlakbij elkaar liggen. Daarnaast zou het een goede vergelijking kunnen zijn met Loobos, omdat er bij het Deelerwoud zeker sprake is van grondwateronafhankelijke vegetatie, terwijl de grondwaterstand bij Loobos veel ondieper is. Ook zijn de percelen hier uitgestrekt en homogeen.

Schepersheg

Bij het landgoed Schepersheg zijn er twee mogelijkheden, een locatie op het landgoed of op het naastgelegen Kroondomein het Loo. Het landgoed is particulier eigendom. Vooral de vegetatie op het Kroondomein het Loo is erg open. Binnen het landgoed is er ook sprake van open naaldbos, maar er zijn ook stukken lage, dichte opstand. Het open naaldbos gedeelte op het landgoed is alleen te bereiken via een wandelpad, toegang met een auto is hier onzeker.

Soestduinen

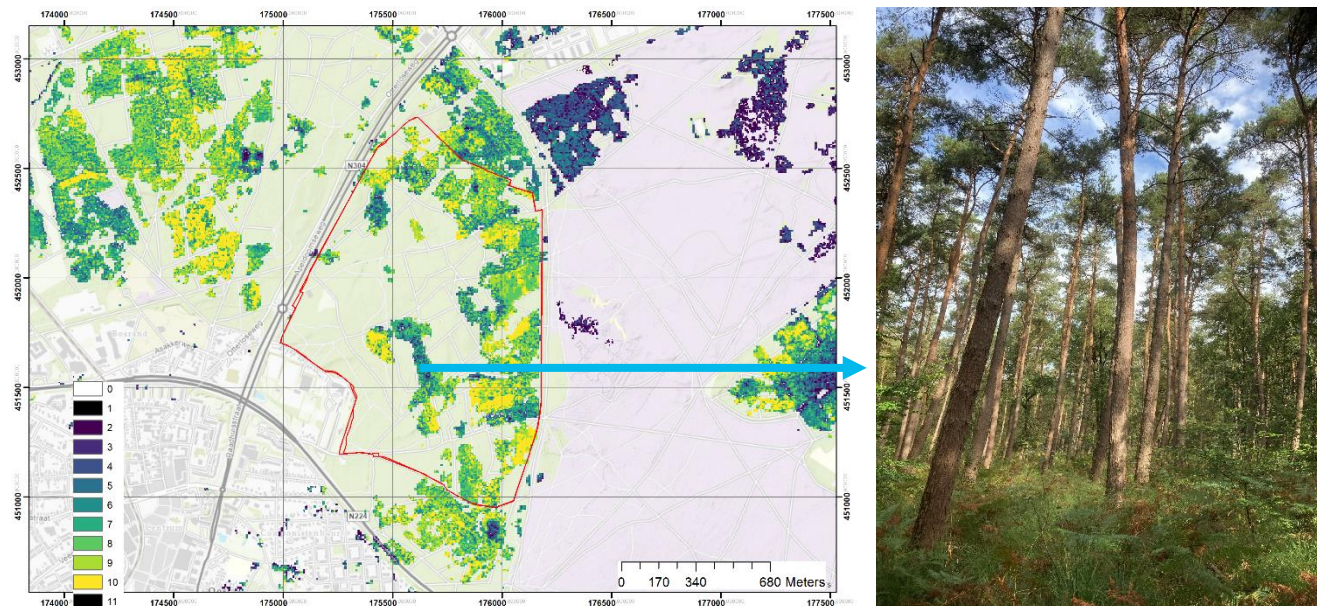
Deze locatie bevindt zich op het winterrein van Vitens dat is afgeschermd voor publiek. Er is sprake van een hoogteverschil van ca. 5 meter binnen het wingebied. Hierdoor zou een vergelijking gemaakt kunnen worden tussen grondwateronafhankelijke en grondwaterafhankelijke vegetatie door een kleinere meetopstelling toe te voegen in het grondwaterafhankelijke deel van het gebied.

Terlet

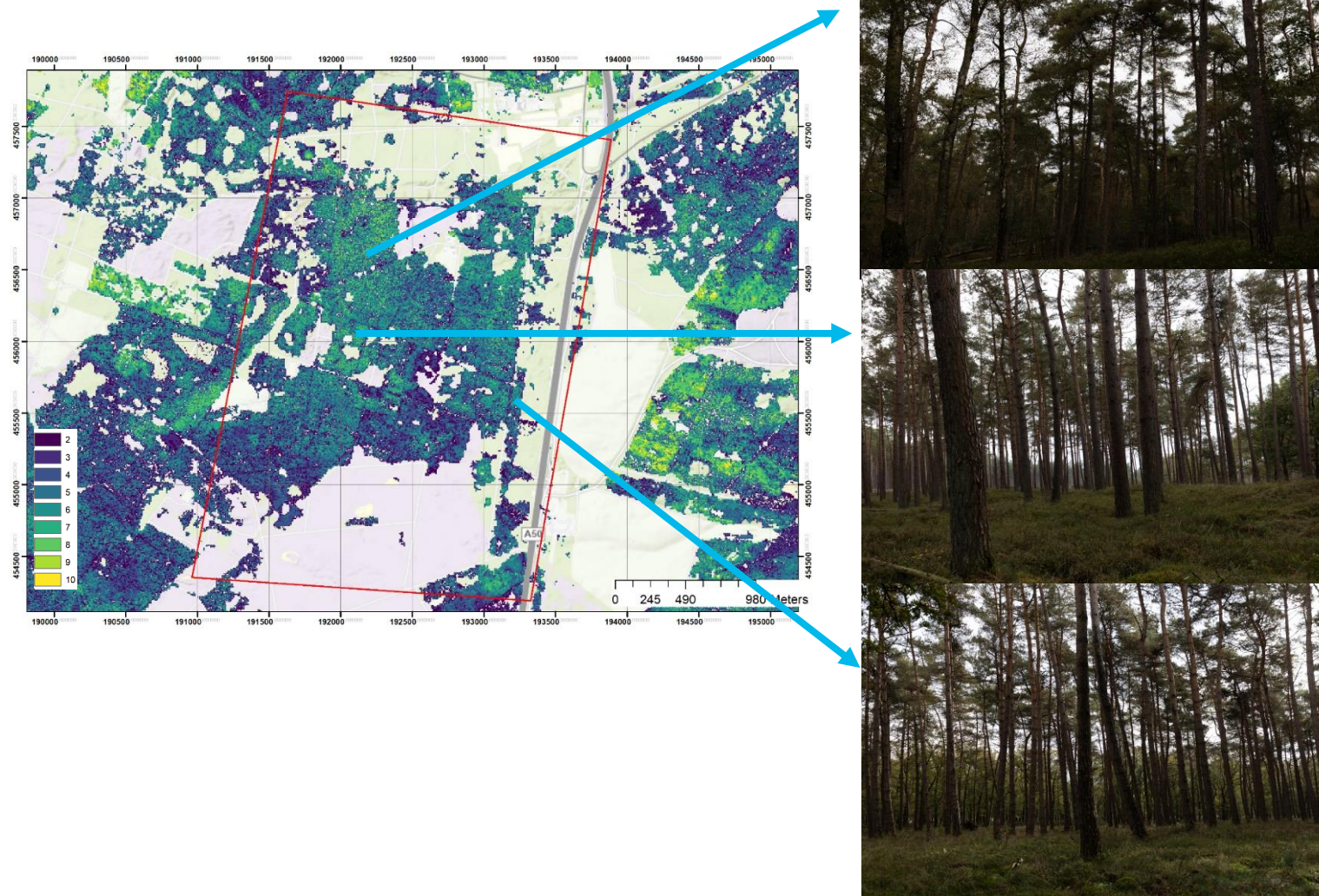
Deze locatie is op het zweefvliegveld in een bos met een lage dichtheidsklasse. De lage klasse voor dit bos wordt vooral bepaald door de hoogte van de bomen, het bos zelf is niet extreem open. Op het zweefvliegveld wordt door andere partijen ook gekeken naar de mogelijkheden voor het plaatsen van een meetopstelling voor verdamping in de heide. Hier zou het meetpunt in het bos goed bij aansluiten.

Tabel 4-1 Kenmerken van de potentiële locaties voor open naaldbos

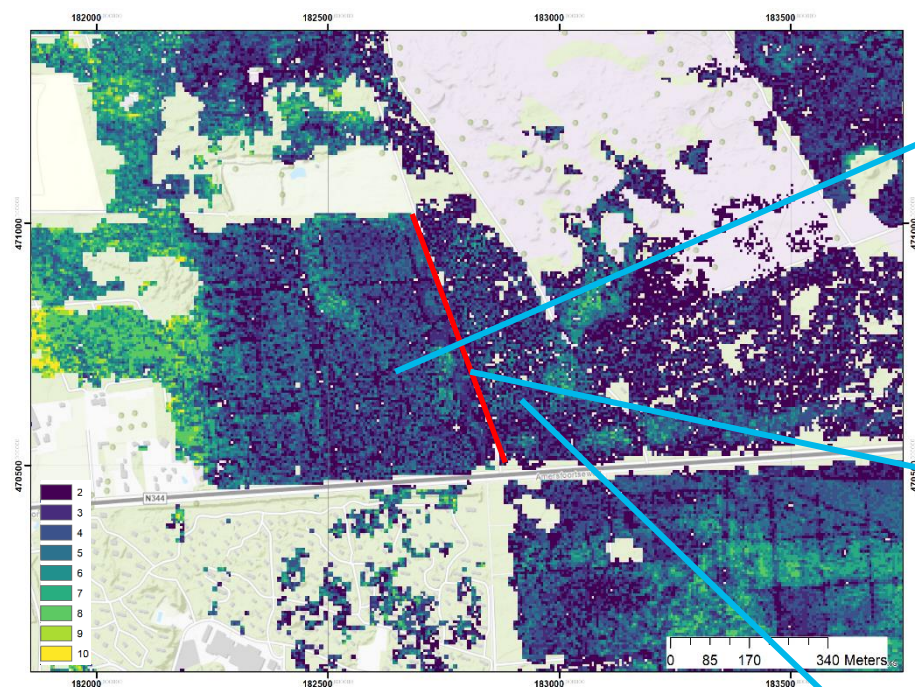
Naam locatie	Dominante boomsoort	Dichtheidsklasse 2 = heel open, 10 = heel dicht	GWS >2 m-mv?	GHG LHM	Bodem (BOFEK2020)	Beheerder/eigenaar	Opmerking
Edese bos	Grove den	5-7	ja	20 m-mv	3003 en 3009	gemeente Ede/Vitens	Stroom aanwezig? Nabij gebouw pompstation
Deelerwoud	Grove den	2-8	ja	50-60 m-mv	3019	Natuurmonumenten	Mogelijkheid vergelijking loofbos/naaldbos en grondwateronafhankelijk vs. Loobos
Schepersheg/ Kroondomein het Loo	Grove den	2-5	ja	20 m-mv	3019	Particuliere eigenaar, Kroondomein het Loo	Transformatorhuis bij ingang
Soestduinen		4-6	ja (hoger gelegen deel)	6 m-mv (hoger gelegen deel)	3003 en 3019	Vitens	Wingebied, stroom aanwezig? Mogelijkheid meten grondwaterafhankelijk en -onafhankelijk
Terlet		2-3	Ja	60 m-mv	3003	Vliegveld Terlet/Staatsbosbeheer	



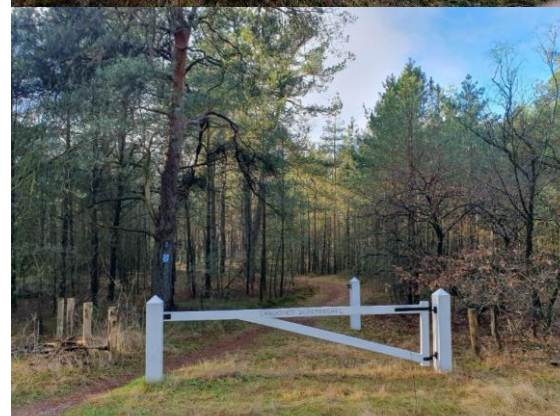
Figuur 4-1 Dichtheidsklassen voor naaldbos in Edese Bos met het wingebied in rood aangegeven (links) en voorbeeld van open naaldbos in het gebied (rechts)

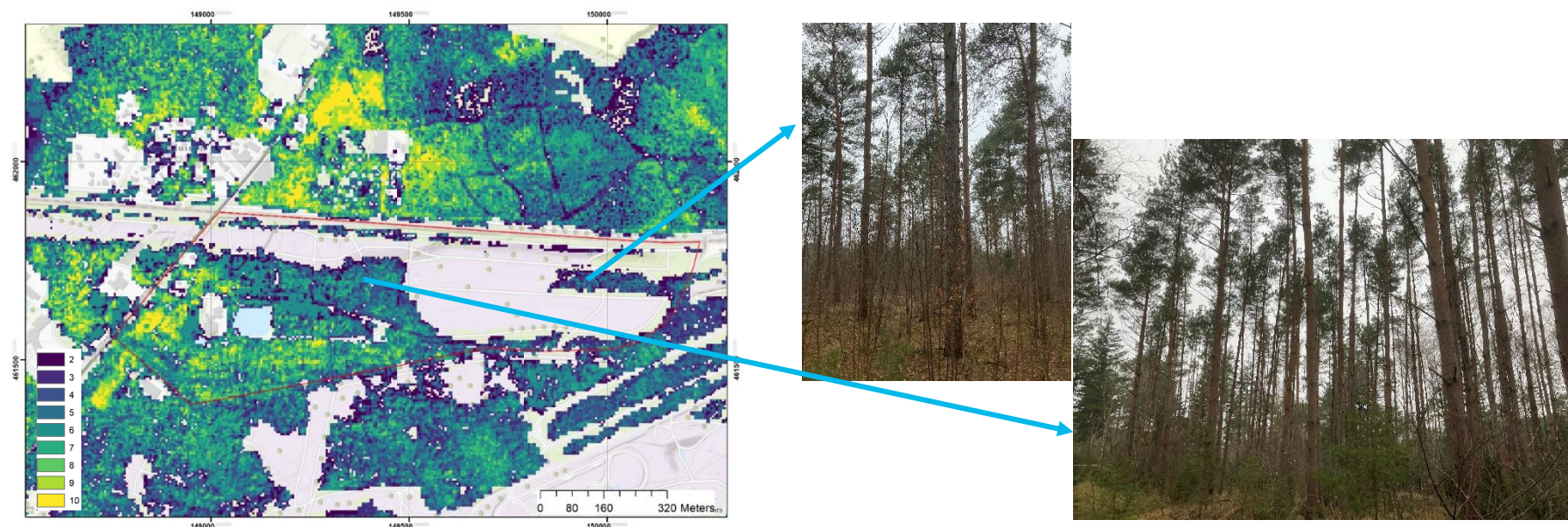


Figuur 4-2 Dichtheidsklassen voor naaldbos voor het Deelerwoud, de rode lijn geeft in grove lijnen het zoekgebied (links), en voorbeelden van de begroeiing (rechts)

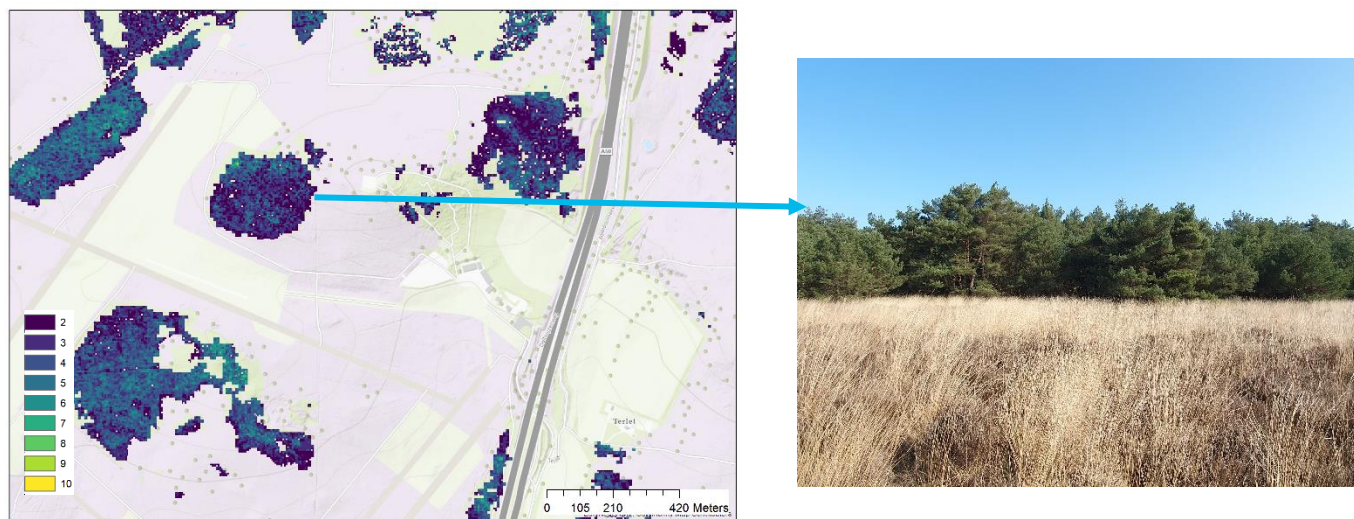


Figuur 4-3 Dichtheidsklassen voor naaldbos voor landgoed Schepersheg en Kroondomein het Loo. Schepersheg is links van de rode lijn, het Kroondomein rechts van de rode lijn (links) en voorbeeld van de begroeiing (rechts)





Figuur 4-4 Dichtheidsklassen voor naaldbos in Soestduinen met het wingebied in rood aangegeven (links) en voorbeeld van open naaldbos in het gebied (rechts)



Figuur 4-5 Dichtheidsklassen voor naaldbos bij Terlet (links) en voorbeeld van het naaldbos in het gebied (rechts)

5 Inrichting meetlocaties

We maken onderscheid tussen twee types locaties: hoofdstation en light station. Hieronder wordt aangegeven wat de voorgestelde inrichting is per type onder voorbehoud van de kosten (Tabel 5-1). De geschatte kosten voor een hoofdstation komen op € 25 200 en voor een light station op € 14 300.

Tabel 5-1 Inrichting meetlocaties

Meting	Sensoren	Aantal hoofdstation	Aantal light station
Bodemvocht (zuigspanning bodem)	Polymeer tensiometer	6	2
Bodemvocht	Bodemvochtsensor ²	6	
Doorval	Goten en tipping bucket	1	1
Stamafstroming	Tipping bucket	2	
Stamdiameter, boomgroei	Dendrometer ³	6	6
Inkomende straling	Pyranometer	3	3
Luchtvochtigheid en temperatuur	HygroVUE	1	1
Monitoring locatie	Wildcamera	1	
Verdamping strooisellaag	Lysimeter	1	
Windsnelheid	Anemometer	1	
	Datalogger	1	1
	Stroom	1	1
	Telemetrie	1	1

² TEROS 11

³ Voor alle locaties 1 Ecomatik aangesloten via telemetrie en 5 stand alone TOMST dendrometers zonder telemetrie

6 Voorstel locaties

Na de veldbezoeken en gebaseerd op bovenstaande informatie komen we tot het volgende voorstel voor de drie nieuwe volledige hoofdstations:

- Dicht loofbos: Edese Bos
Het Edese bos heeft onze voorkeur vanwege de bereikbaarheid van de locatie, de diepe grondwaterstanden en de afwezigheid van leemlagen in de bodem.
- Open loofbos: Deelerwoud
Een meetlocatie in het Deelerwoud heeft onze voorkeur vanwege de bereikbaarheid van de locatie, de diepe grondwaterstanden en de homogene open structuur over een relatief groot gebied.
- Open naaldbos: Soestduinen
Onze voorkeur voor open naaldbos gaat uit naar een meetlocatie in Soestduinen vanwege de bereikbaarheid, mogelijkheid tot vergelijking van vegetaties, zicht op een meetpunt voor de lange termijn op de Heuvelrug en de al aanwezige omheining.

Verder heeft het meetpunt bij Schijf een update nodig om vergelijkbaar te worden met de andere locaties. Ten slotte stellen wij voor om bij het Deelerwoud in het naaldbos met een lage klasse, bij Soestduinen in het grondwaterafhankelijke naaldbos (ter vergelijking met het grondwateronafhankelijke naaldbos) en in het Edese bos in grondwateronafhankelijk gemiddeld loofbos kleinere aanvullende meetopstellingen (light stations) te plaatsen. Daarnaast wordt er nog een light station in een gemengd bos geïnstalleerd. Dit light station zal in de buurt van een hoofdstation komen, maar de exacte locatie wordt nog vastgesteld in overleg met Ute Jan den Ouden (WUR).

Uiteindelijk leidt dit dan tot het voorstel voor meetlocaties zoals aangegeven in

Tabel 6-1. Dit is een voorlopige lijst. Mocht de toegang niet worden verleend door terreinbeheerders dan wordt uitgeweken naar andere locaties.

Tabel 6-1 Voorstel voor meetlocaties

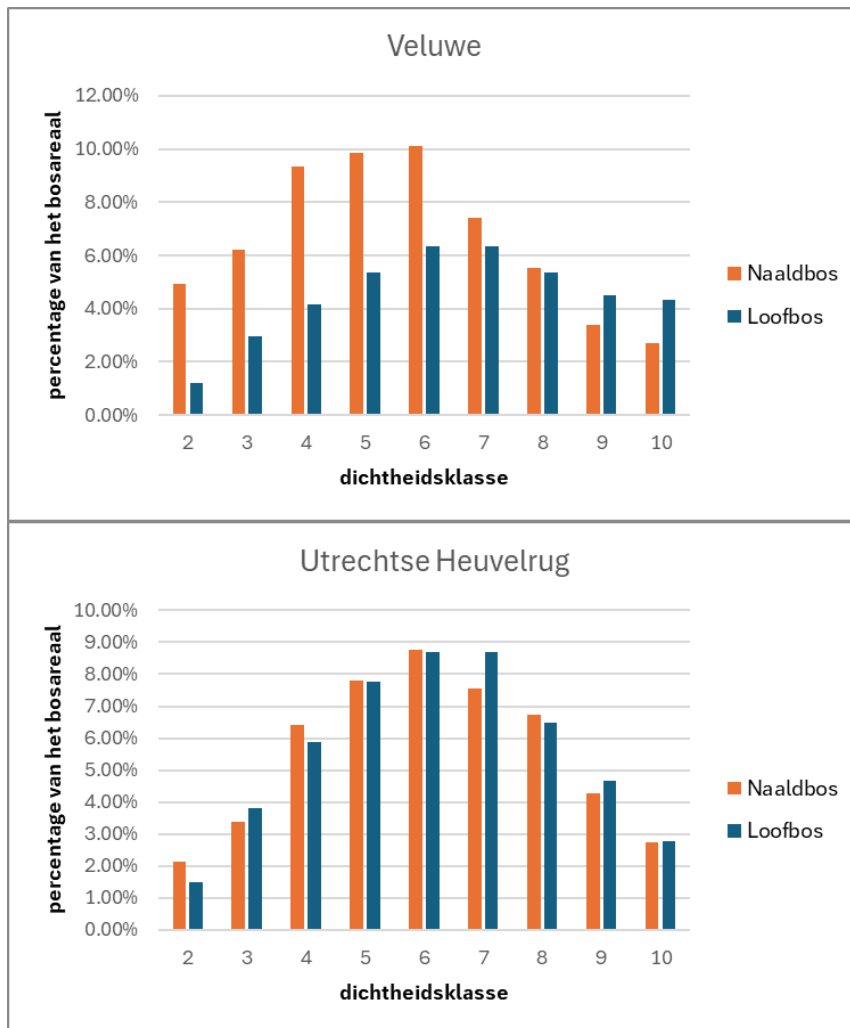
Locatie	Hoofdstation	Light station	Bosklasse
Speuld	Donker naaldbos		10
Loobos	Gemiddeld naaldbos		7
Schijf	Gemiddeld naaldbos		6
Edese Bos	Donker loofbos	Gemiddeld loofbos	10 en 6
Deelerwoud	Open loofbos	Open naaldbos	3 en 5
Soestduinen	Open naaldbos (gw-onafhankelijk)	Open naaldbos (gw-afhankelijk)	5 en 4
n.t.b.		Gemengd bos	

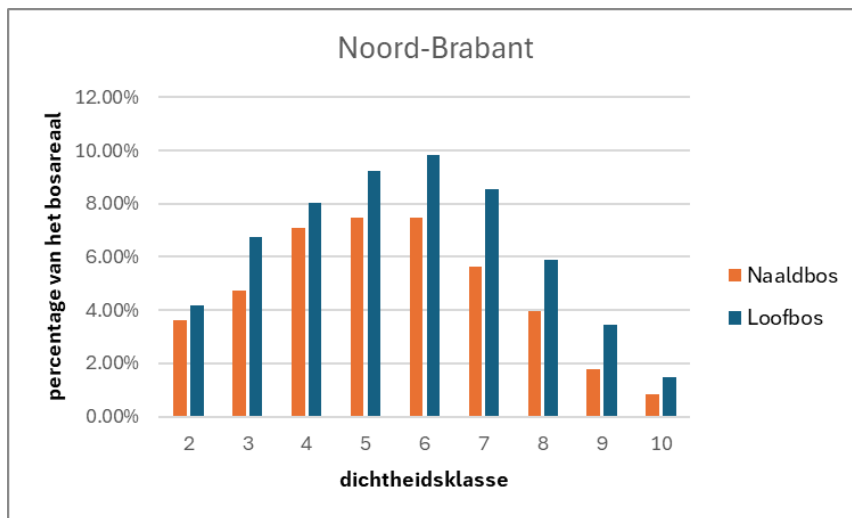
Referenties

- Heinen, M., F. Brouwer, C. Teuling en D. J. J. Walvoort (2021). BOFEK2020 - Bodemfysische schematisatie van Nederland : update bodemfysische eenhedenkaart. Wageningen, Wageningen Environmental Research <https://edepot.wur.nl/541544>
- Voortman, B. R. (2024). Verdamping van bossen. Literatuorcijfers en een kaart met relatieve verschillen, OBN Kennisuur <https://www.natuurkennis.nl/activiteit/kennisuur-verdamping-van-bossen/>

I Verdeling bostypen per regio

Voor de Veluwe valt een vrij groot areaal in een wat lagere naaldbos klasse (ca. 30% is lager dan gemiddeld). Voor de Utrechtse Heuvelrug zien we meer een gelijke verdeling tussen loof- en naaldbos en een grote vertegenwoordiging van gemiddelde klassen. Voor Noord-Brabant is het areaal loofbos groter dan naaldbos.

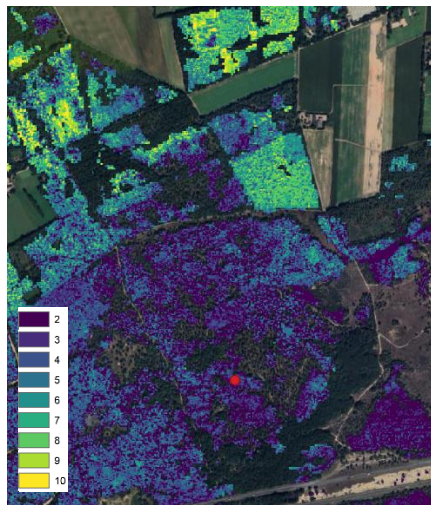




II Overige bezochte locaties

Hier worden de kaarten met de dichtheidsklassen en enkele foto's per bezochte locatie gegeven. Alle dichtheidskaarten zijn voor naaldbos, behalve voor de locatie Loobos.

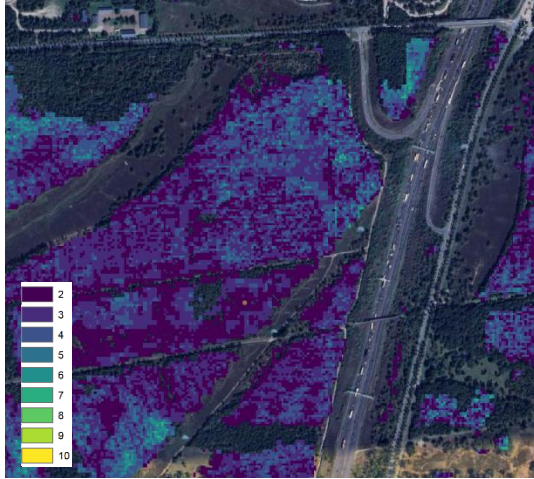
Caitwickerzand



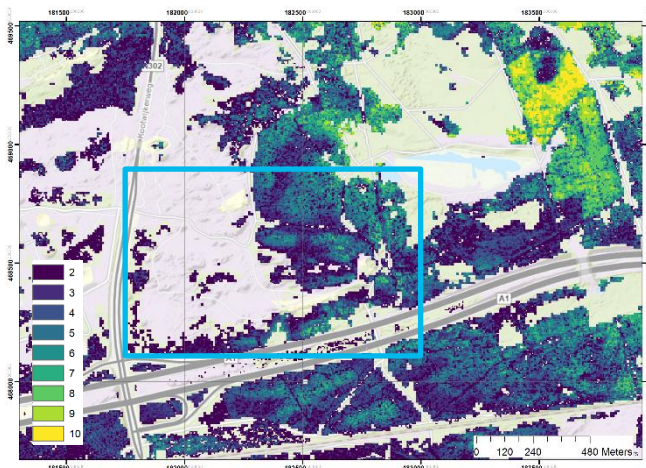
Driebergen



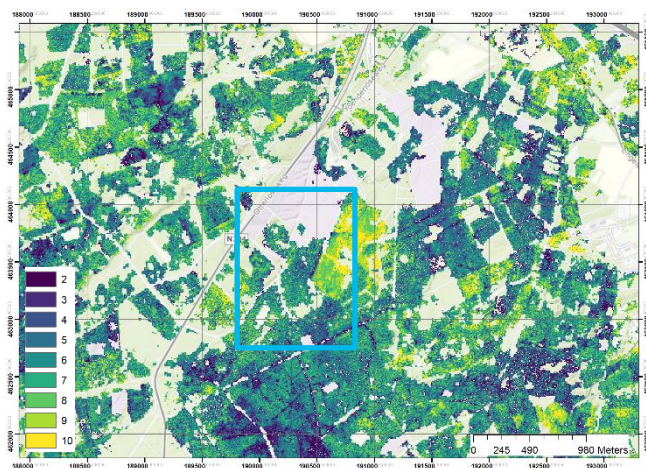
Koningsheide



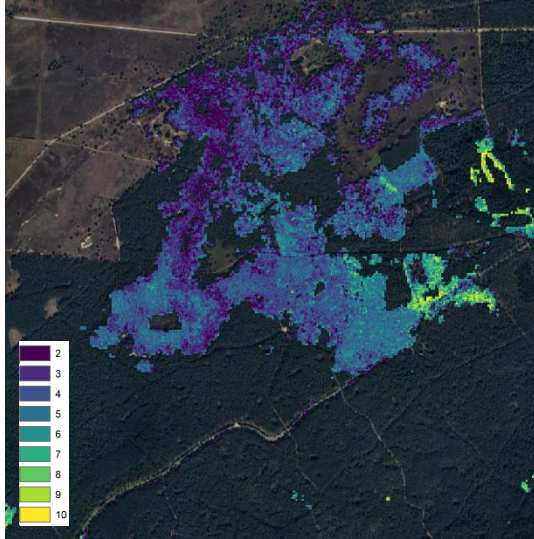
Kootwijkerveen



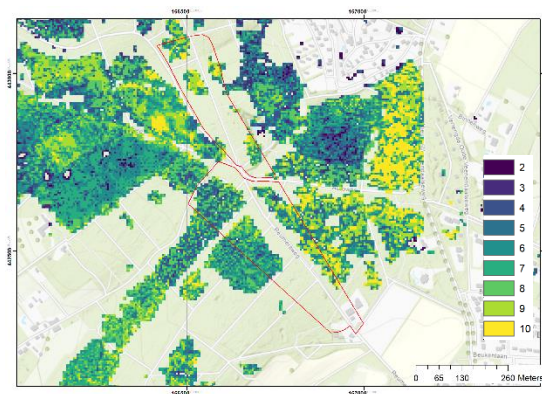
Leesten



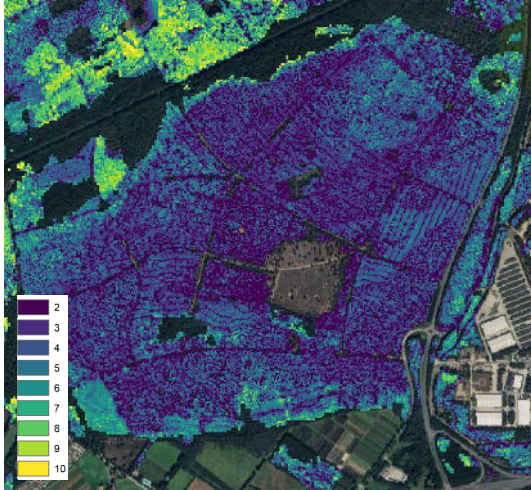
Loobos (loofbos)



Rhenen



Stroeër Zand



III BOFEK 2020

Deze tabel is overgenomen uit Heinen et al. (2021) en geeft de omschrijving van de zandgronden voor de clusters uit de Bodemfysische eenhedenkaart (BOFEK2020).

Tabel 7 Omschrijving van de 23 clusters voor de zandgronden: in de kolom bodemcode is het dominante profiel (clusterhoofd) gegeven; in de kolom areaal is het areaal voor het gehele cluster gegeven, waarbij het percentage van dit areaal van het clusterhoofdprofiel tussen haakjes is gegeven. Omdat sommige bodemcodes voorkomen bij verschillend landgebruik, is af en toe het landgebruik erbij vermeld (zie ook Sectie 0).

Cluster	Omschrijving	Bodemcode	Areaal (ha)
3001	Zandgronden (kalkrijk) met veenondergrond	Zn10Av	1593 (100.0)
3002	Sterk lemige zandgronden met kleidek (eerdgronden en vaaggronden in zeezand)	kpZg23	39527 (37.1)
3003	Grofzandige zandgronden I	gHd30	90124 (43.0)
3004	Sterk lemige zandgronden I	Hn23 *gras	120935 (41.3)
3005	Sterk lemige enkeerdgronden	zEZ23 *gras	95483 (46.4)
3006	Grofzandige zandgronden II	Hn30 *gras	30619 (22.5)
3007	Zwak lemige zandgronden met cultuurdek	cHn21 *gras	66671 (71.4)
3008	Zwak lemige zandgronden met oude-kleiondergrond	Hn21t	10439 (80.7)
3009	Zwak lemige zandgronden I	Hn21x	42473 (47.3)
3010	Grofzandige zandgronden met kleidek	kZn30	905 (100.0)
3011	Zwak lemige zandgronden met kleidek (vaaggronden)	kZn21	7532 (85.1)
3012	Zwak lemige enkeerdgronden	zEZ21	79432 (88.0)
3013	Zwak lemige enkeerdgronden of cultuurdek (kustregio)	EZ50A	10080 (60.7)
3014	Zwak lemige zandgronden II	Hn21 *bos	94809 (60.5)
3015	Zwak lemige zandgronden III	Hn21 *gras	335206 (55.7)
3016	Sterk lemige zandgronden II	pZg23g	20753 (39.2)
3017	Grofzandige zandgronden met kleiondergrond	pZg30r	1918 (100.0)
3018	Sterk lemige enkeerdgronden met oude-kleiondergrond	zEZ23t	4809 (83.7)
3019	Zwak lemige zandgronden IV	Zd21	167966 (33.6)
3020	Sterk lemige zandgronden met oude-kleiondergrond	pZg23t	28563 (33.1)
3021	Sterk lemige zandgronden III	pZg23 *gras	210773 (31.1)
3022	Sterk lemige zandgronden met kleidek (vaaggronden in dekzand)	fkZn23	2619 (100.0)
3023	Zwak lemige zandgronden met kleidek (podzol- en eerdgronden)	kHn21	24941 (40.5)