



GROENE HART

BODEM, WATER EN ENERGIE IN HET GROENE HART
DEELONDERZOEK 'GROEN EN BLAUW'

Concept, november 2022

COLOFON

FABRICations

Rens Wijnakker
Tussen de Bogen 18
1013 JB Amsterdam
+31 (0)20 5289484
info@fabrications.nl

BURO SANT EN CO

Paul Plambeek
Binckhorstlaan 36 | Unit M3.55
2516 BE Den Haag
+31 (0)70 3463786
buro@santenco.nl

CONTACTPERSOON

Rens Wijnakker
rw@fabrications.nl

IN OPDRACHT VAN:

Provincie Utrecht
Bestuurlijk Platform Groene Hart
Opdrachtgever: Patricia Braaksmā
Ateliermeester: Frank Stroeken (Wing)

INHOUDSOPGAVE

Quick-scan energieopwekking Groene Hart

1. INLEIDING	4
2. BODEM, WATER LANDGEBRUIK	7
3. ENERGIE: OPWEKKING EN VASTLEGGING ALS NIEUWE FUNCTIE	12
4. THERMISCHE ENERGIE UIT OPPERVLAKTEWATER	14
5. ZON-PV	22
6. CO2 VASTLEGGING	26
7. INTEGRALE BOUWSTENEN	30
8. CONCLUSIES EN BEVINDINGEN	37

I. INLEIDING

Energie als nieuw perspectief voor het Groene Hart

Het Groene Hart wordt gewaardeerd door haar historische ge-laagdheid, openheid en ligging midden in de randstad. Tegelijker-tijd is de ruimtedruk ontzettend hoog. Het gebied staat onder druk door enerzijds problemen met betrekking tot bodemdaling en landgebruik en de bijbehorende uitstoot van broeikasgassen, anderzijds door de stedelijke ruimtevrage: kan er niet meer, en kan het niet anders? Meer recreatie? Meer wonen? Meer eco-nomische activiteiten? Het Groene Hart is daarom ook door het Rijk aangewezen als 'NOVEX-gebied'. In de continue zoek-tocht naar betekenis en waarde van het Groene Hart dient zich een nieuwe speler aan: klimaatmitigatie. Zowel vastlegging (van koolstof), opwekking (van elektriciteit en warmte) of materiaal-productie (biomassa) draagt bij aan het verminderen van broei-kasgasuitstoot en daarmee een vertraging van klimaatverande-ring. Wat betekent deze opgave voor het Groene Hart? En liggen er kansen het gebied van een nieuwe, betekenisvolle 'laag' te voorzien die recht doet aan het ruimtelijke en fysieke karakter van het gebied?

HOOFDVRAAG

Hoe combineren we in het Groene Hart substantiële energiewinning met duurzaam behoud van én toekomstwaarde voor bodem en water?

Uitgangspunten duurzaam behoud/conservering bodem en water

Bodemgerelateerde problematiek beperken:

- Bodemdaling
- Bodemdegradatie
- Emissies van CO2 equivalent
- Opbarsting en verzilting
- Verdroging

Watergerelateerde problematiek beperken:

- Verzilting
- Uitspoeling nutriënten
- Wateroverlast
- Watertekort
- Fragmentatie (verknippt en complex)

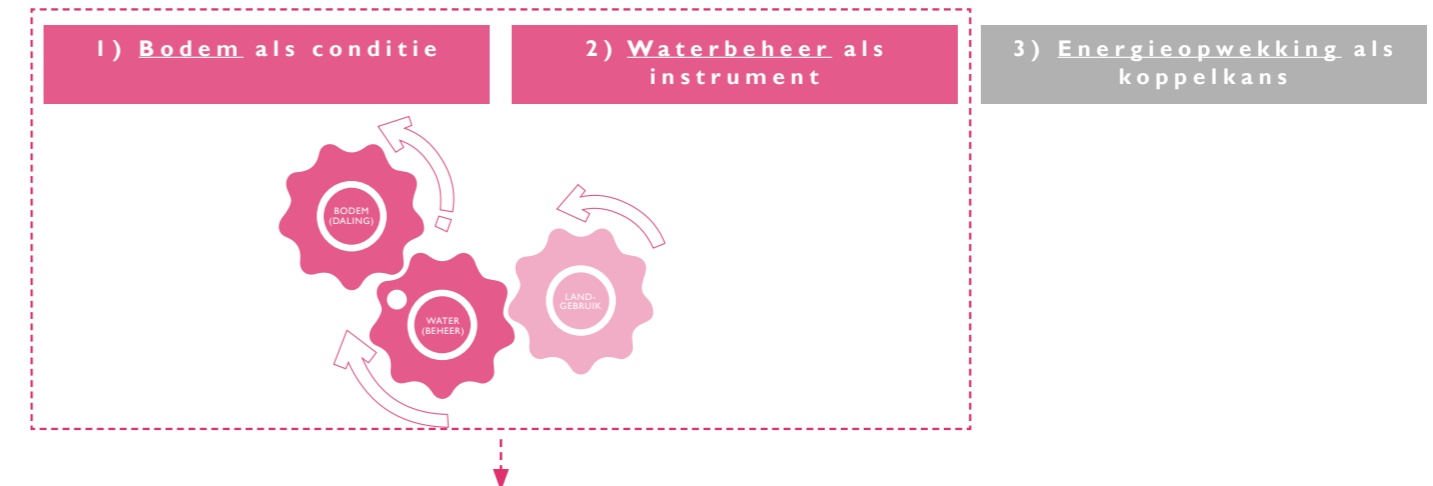
Het rapport dat voor u ligt verkent het inzetten van bodem en water voor het winnen van energie en het combineren van con-servering van bodem en water in het Groene Hart. Deze vraag klinkt technisch, maar gaat uiteindelijk over behoud van het wezen van het Groene Hart: een gebied met cultuurhistorische maar ook ruimtelijke en economische waarde.

Bodem, water en energie versterken elkaar

In 2019 werd de verkenning naar bodem, water en landgebruik in het Groene Hart gepubliceerd. Hier werd onderzocht welk landgebruik mogelijk is, wanneer je de bodemcondities als uit-gangspunt neemt en het waterpeil zodanig beheert dat bodem-daling en broeikasgasemissies tot een minimum gereduceerd worden. Er ontstond zo een rijk mozaïek van agrarisch land-gebruik en waterbeheersinstrumenten, waarin het bodempalet weerspiegeld werd in het landgebruik.

De verkenning *bodem, water en energie* bouwt voort op dit uit-gangspunt. In hoeverre bodem- en watercondities bepalend zijn voor energieopwekking en CO2 vastlegging wordt onderzocht, evenals de vraag hoe energieopwekking bij kan dragen aan een optimaal bodem- en watersysteem.

De focus van dit onderzoek richt zich dus op de relatie tussen bodem en water, CO2-vastlegging en energieopwekking. Deze verkenning is onderdeel van een serie ontwerpgericht onderzoek waarin energieopwekking in het Groene Hart wordt verkend. In een vervolgfase wordt de opgedane kennis uit de verschillende deelstudies geïntegreerd. Daarom worden in deze verkenning zaken als netcapaciteit en efficiency (nog) niet in ogenschouw genomen.



BOUWSTENEN: BODEMCONDITIE + TOEKOMTBESTENDIGE PEILBEHEERSVORMEN + BANDBREEDTE AAN LANDGEBRUIKSVORMEN

Bodem als conditie, waterbeheer als instrument: deze methode wordt doorgezet waarbij energieopwekking als koppelkans gezien wordt.

Ruimtelijke kwaliteit als opgave

Wij definiëren ruimtelijke kwaliteit vanuit gebruikswaarde, toe-komstwaarde en belevingswaarde. Binnen deze verkenning ligt de nadruk op de eerste twee aspecten: een toekomstbestendig systeem, dat meerwaarde levert voor de leefomgeving. Inherent aan deze benadering is dat bodem en water sturend is, en daar-mee de gelaagdheid van het landschap zichtbaarder wordt dan het nu is. Zo ontstaat als vanzelf een vorm van belevingswaarde. De beleving vanaf maaiveld, en daarmee dus voor de bezoeker van het Groene Hart, wordt in de integratiestudie opgepakt.

2. BODEM, WATER, LANDGEBRUIK

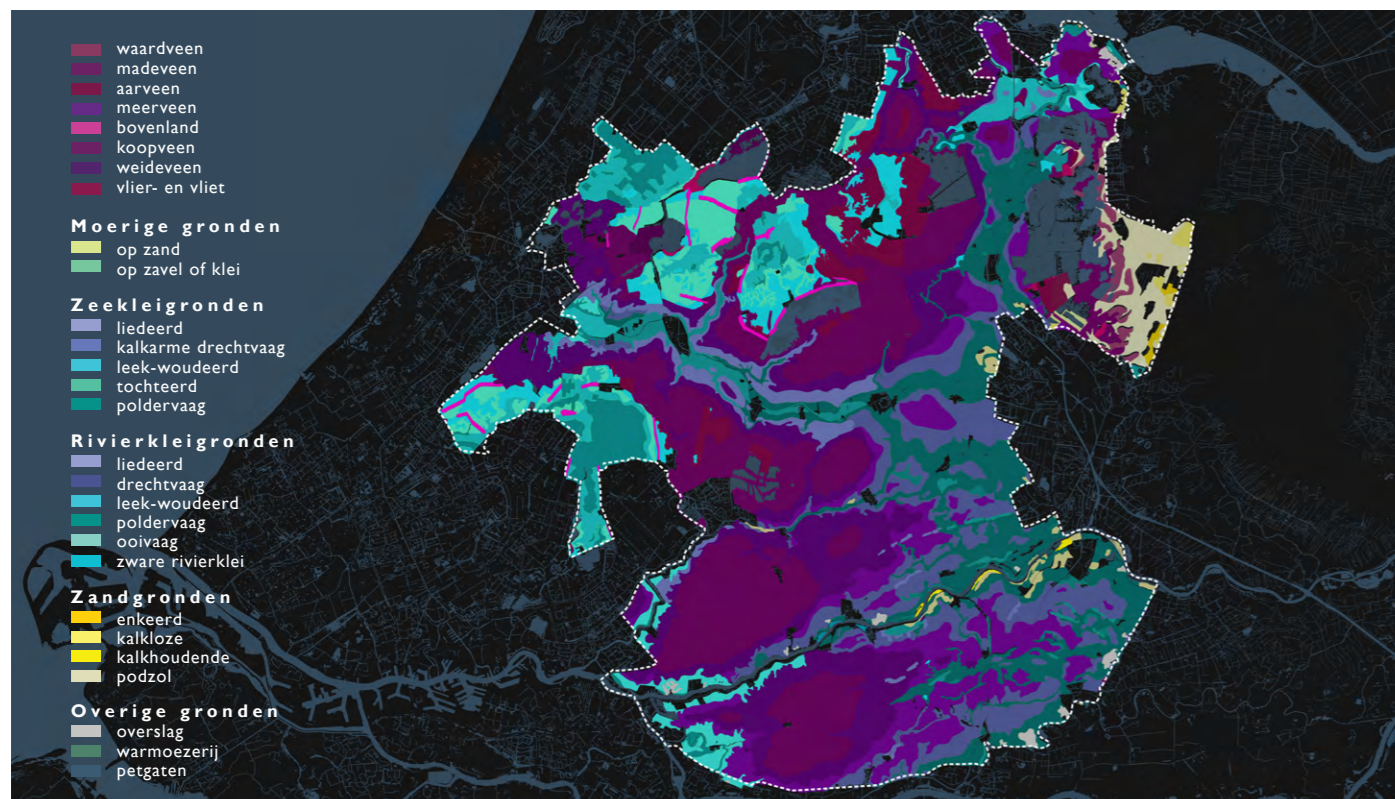
Leeswijzer

'Bodem, Water en Energie in het Groene Hart' is één van de deelonderzoeken in het kader van energie in het Groene Hart. Andere onderzoeken gaan over de beleving van windenergie en over de benodigde opwekking. Deze deelverkenning bestaat uit drie delen. Deel één (hoofdstuk 2) behandelt de resultaten van het ontwerp onderzoek 'Bodem, Water en Landgebruik: Watermozaïek Groene Hart', en beschrijft op wat voor manier deze uitgangspunt is voor deze verkenning. Vervolgens worden drie onderwerpen in relatie tot energie behandeld: Warmte uit water, elektriciteit uit de zon en CO2 vastlegging in de bodem (Hoofdstuk 3 t/m 6). Per thema worden de volgende aspecten beschreven:

- Uitleg van de ruimtelijk-technische aspecten van het thema
- Relatie tussen het betreffende thema en bodem- en waterkwaliteit
- Een set ruimtelijke bouwstenen die ruimtegebruik beschrijft en zich enkelvoudig richt op deze relatie
- Een beschrijving van de theoretische potentie bij een maximale toepassing van de meest optimale bouwstenen bij het betreffende thema

Het laatste deel (hoofdstuk 7 en 8) integreert de drie thema's tot een set integrale bouwstenen.

Na afronding van de deelverkenningen wordt een synthesedocument opgemaakt, waarin de resultaten van de verkenningn verwerkt worden tot integrale perspectieven. De bouwstenen zijn hier input voor.



Het Groene Hart bestaat uit een rijk scala aan bodemtypen, dit staat in contrast tot het huidige monotone landgebruik.

In 2019 onderzochten Buro SANT en Co en FABRICations samen met Deltares, Veenweide Innovatie Centrum, Wageningen Economic Research en de betrokken waterschappen de kansen voor toekomstbestendig landgebruik in het Groene Hart. Uitgangspunt hierbij was de uitstoot van broeikasgassen (CO2, methaan en lachgas) door bodemprocessen – voornamelijk veenoxidatie en anaerobe vorming van moerasgassen- tot een minimum te beperken en tegelijkertijd een productief landschap te behouden. De conclusies, aangevuld met kennis uit andere studies, worden meegenomen in de verkenning bodem, water en energie.

Bodem als conditie, waterbeheer als instrument

Momenteel bepaalt de vorm van landgebruik welk waterbeheer er nodig is. Een toenemende schaalvergroting in de landbouw heeft geleid tot een monofunctioneel landgebruik, waarbij 75% van de percelen in gebruik is als weideland voor de melkveehouderij. Het waterpeil is hier op aangepast (peil volgt functie), met veelal een vrijgenerieke drooglegging van tussen de 30 en 60 centimeter. Dit doet geen recht aan de grote diversiteit die aanwezig is in de bodem van het Groene Hart.

Door het peilbeheer zodanig aan te passen dat de huidige bodemdaling en bijbehorende CO2-emissie vermindert of stopt, is het huidige landgebruik niet overal meer mogelijk. Wat is er mogelijk als we het andersom bekijken? Als we beginnen met -per bodemtype- te onderzoeken wat het beste peilbeheer is om bodemdaling, CO2 uitstoot, verzilting en droogte tegen te gaan en vervolgens te kijken welke vormen van landgebruik hierbij mogelijk zijn? Waterpeilbeheer wordt op deze manier de belangrijkste sturende factor binnen de ruimtelijke ontwikkeling van het Groene Hart. Hierbij ontstaan er tal van nieuwe mogelijkheden voor een productief landschap. Het resultaat? Een divers en toekomstbestendig landschap.

Relatie tussen bodemtype en problematiek

Het Groene Hart is grofweg onder te verdelen in vier hoofdtypen voor de bodem. Er is een duidelijke relatie tussen de bodemtypes en de verschillende problemen, zoals bodemdaling, verzilting en watertekort.

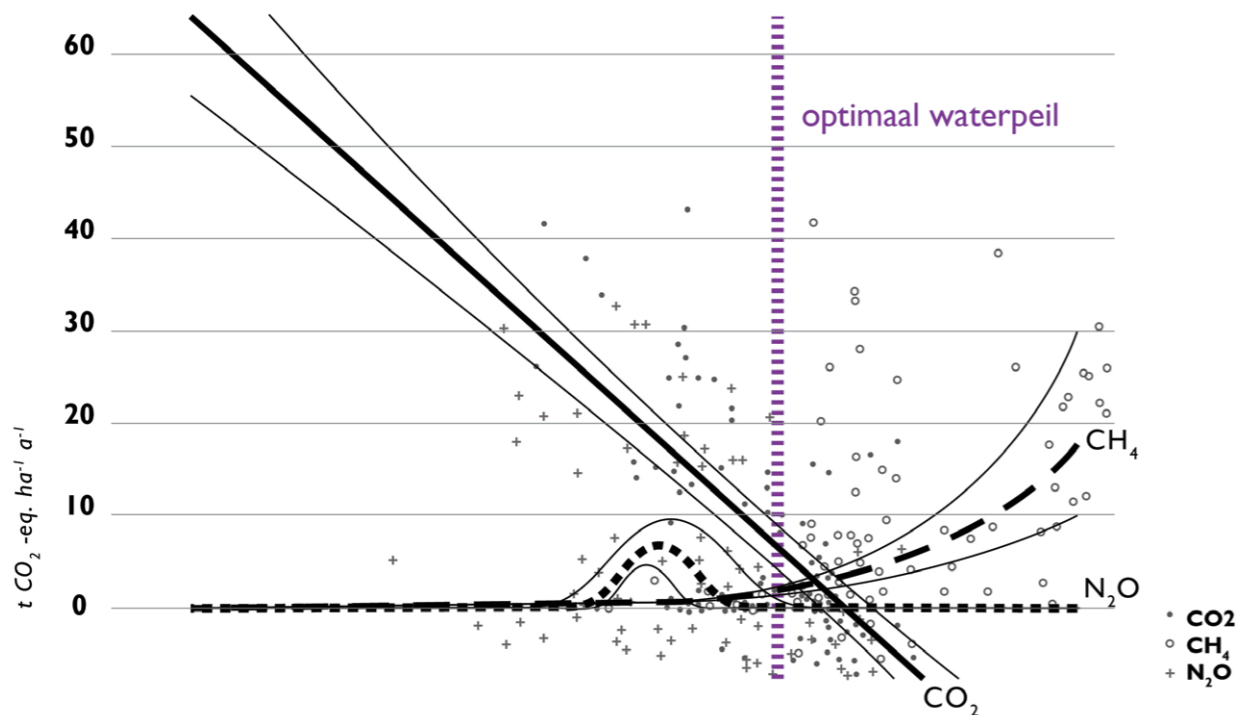
- De **dikke veenpakketten** kennen de grootste kwetsbaarheid voor veenoxidatie. Hoe dikker het veen, hoe verder de oxidatie doorzet. Dit tegengaan vraagt om een stabiel, hoog waterpeil dat moeilijk te handhaven is in tijden van droogte. Een fluctuerend peil leidt bij huidig landgebruik echter tot fosfaatuitspoeling, een hoger peil tot methaanuitstoot. Voor de dikste pakketten, waar oxidatie lang doorgaat, is daarom een oplossing nodig die voor lange tijd te handhaven is.
- **Komgronden** (klei-op-veen en veen met een kleidek) kampen met bodemdaling en CO2 uitstoot (en in een mindere mate met verzilting), maar door het kleidek stopt dit bij

wanneer het waterpeil hoger is dan de veenlaag. Hierdoor volstaat een beperkte peilverhoging vaak om oxidatie tegen te gaan.

- Op de **oeverwallen** speelt de problematiek met betrekking tot bodemdaling minder, terwijl hier verlies in gewasopbrengst door droogte een rol speelt.
- De **oude zeeklei** in de droogmakerijen, behalve als er nog een veenlaag aanwezig is, daalt niet meer. Hier heeft echter verzilting via oude grondwaterlagen een grote impact. Dit wordt tegengegaan door de droogmakerijen 'door te spoelen' met zoet water, maar als gevolg van klimaatverandering komt het steeds vaker voor dat ook hiervoor onvoldoende (zoet) water beschikbaar is.

Optimaal waterpeil

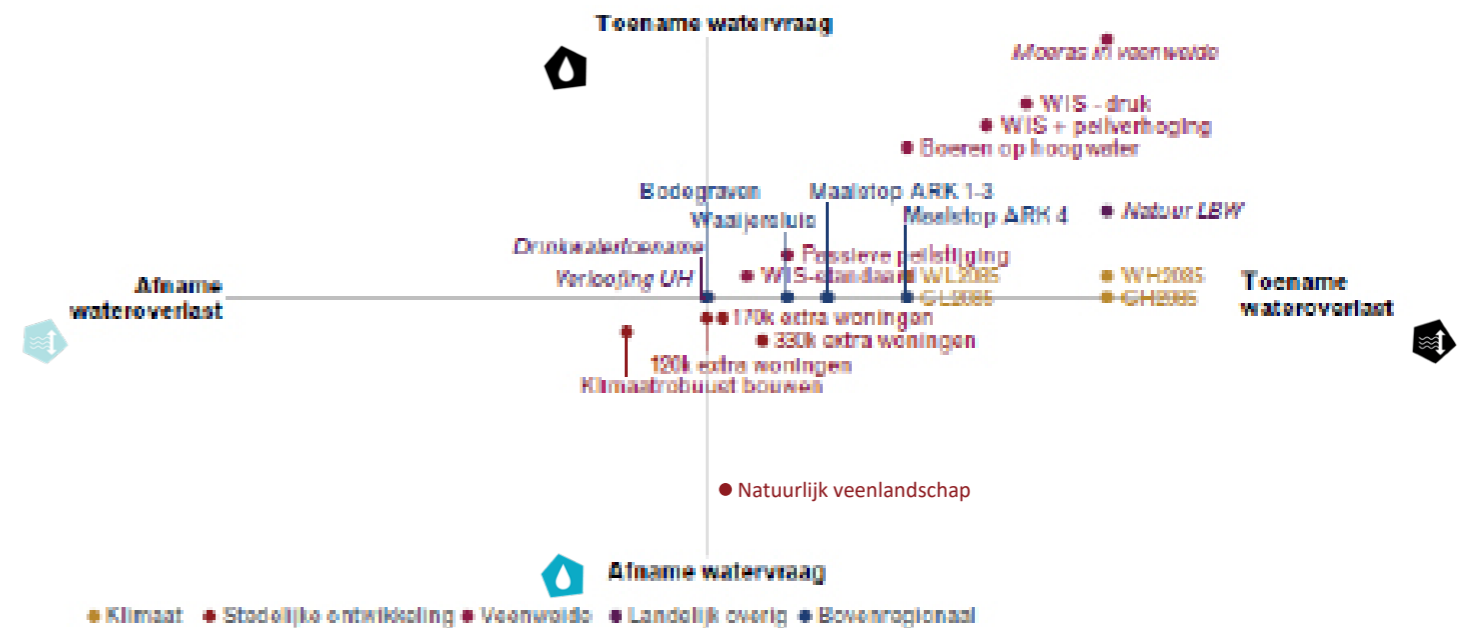
Het reduceren van de CO₂ uitstoot, het stoppen van bodemdaling en de watervraag hangen sterk met elkaar samen, maar niet één op één. Met andere woorden: een hoger waterpeil betekent niet persé dat er minder broeikasgassen uitgestoten worden. Dit komt omdat er moerassgasvorming plaatsvindt bij een te hoge waterstand; hoewel de emissie van CO₂ afneemt, nemen de emissies van lachgas en methaan toe bij een hoger peil. Hoeveel wordt momenteel onderzocht, maar op basis van eerdere studies is bekend dat een peil van -20 centimeter voor nu wordt gezien als een optimaal waterpeil in relatie tot een maximale reductie van de CO₂-equivalent.



Bij het huidige landgebruik is - grosso modo - een waterpeil van -20cm optimaal. Hierbij is de CO₂ uitstoot laag, maar neemt de methaan- en lachgasuitstoot beperkt toe. Probleem is dat dit peil moeilijk vast te houden is in droge jaren. In deze jaren kan de uitstoot daarom alsnog zeer hoog zijn. Bron: Van Duinen, G., Fritz, C., Couwenberg, J. (n.d.) - bewerking SantenCo + Fabrications.

Watervraag

In een andere verkenning is voor het hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, die een deel van het Groene Hart in beheer hebben, het effect op watervraag en wateroverlast bepaald bij diverse beheermaatregelen/strategieën. Dit gaat over maatregelen die ook zijn toegepast in de perspectieven voor bodem, water en landgebruik. Enkele conclusies hieruit zijn relevant wanneer verder wordt gekeken naar het stoppen van bodemdaling, landgebruik en bijbehorend peilbeheer:



Bron: FABRICations, Hydrologic, 2022. Toekomstbestendig watersysteem HDSR. HDSR, NL

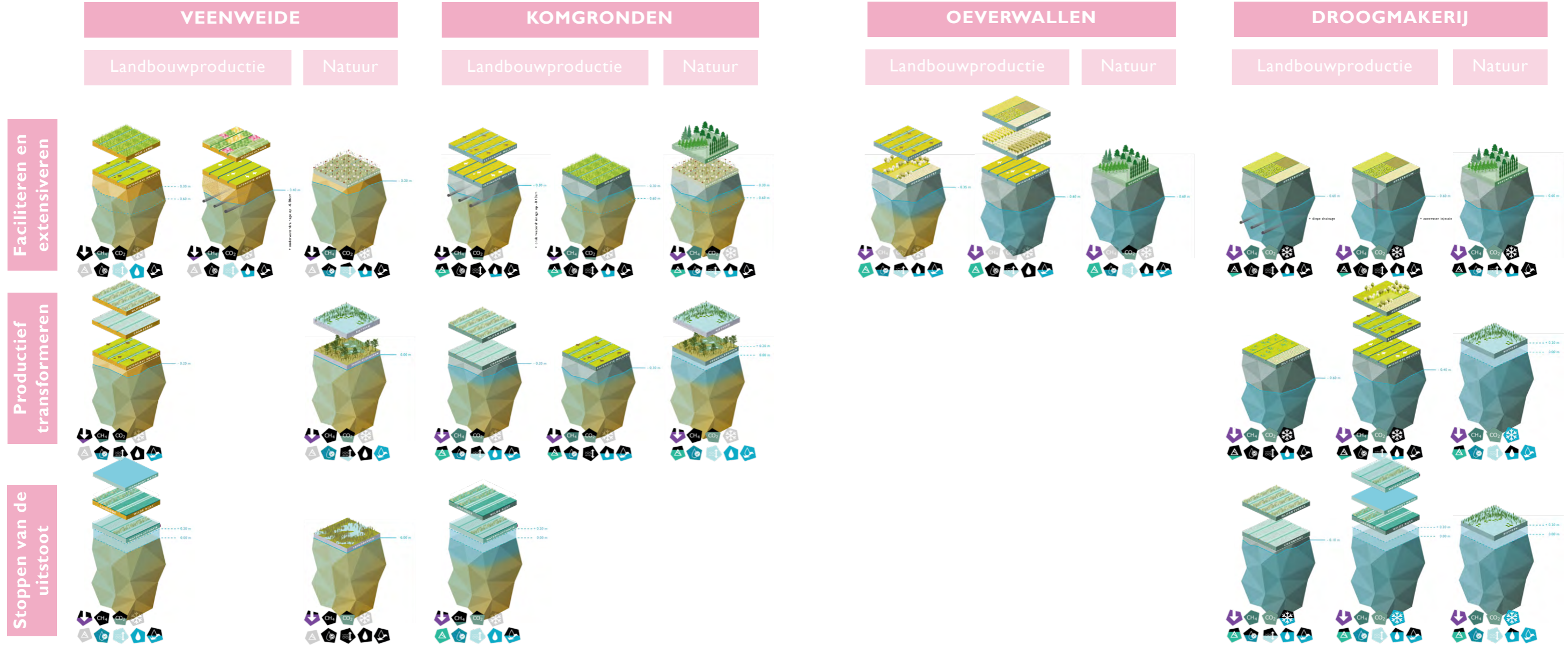
'Moeras in veenweide' is natuurontwikkeling met een stabiel, hoog waterpeil. Dit heeft grootste toename watervraag / wateroverlast

Innovatieve productieve landschappen zoals WIS (Waterinfiltratiesystemen) en boeren op hoogwater (natte teelten) hebben ook een grote toename in -vraag en -overlast. Ook hier is een stabiel, hoog waterpeil vereist.

Een andere manier van peilbeheer is mogelijk in een 'natuurlijk veenlandschap'. Hier is sprake van een opgezet peil dat kan uitzakken in de zomer. Hierbij komt in potentie methaan vrij, maar in de natste gebieden betekent dit een grote afname (60%) van de watervraag. De aanname is dat wanneer er tevens bos/veenontwikkeling plaatsvindt, de methaanuitstoot gecompenseerd wordt (zie hoofdstuk 3.x, CO₂ vastlegging).

- NB:
- Zichtjaar 2085
 - De 'referentiesituatie' is het zich voordoen van extreme wateroverlast of droogte zoals die nu voor kan komen (droogte 1976, piek-bui Limburg, zeer natte winter).
 - In deze verkenning is vooral watervraag relevant.
 - "Natuurlijk veenlandschap" is later toegevoegd en indicatief
 - De toe- of afname hangt ook oa. af van het klimaatscenario.

Drie perspectieven voor bodem, water en landgebruik
 Met deze kennis is in de verkenning 'Bodem, Water en Landgebruik' gewerkt aan drie perspectieven in oplopende ambitie: van het zo lang mogelijk *faciliteren en extensiveren* van het huidige landgebruik, via een *productief transformatielandschap* tot een volledige inzet op het *stoppen van de uitstoot* van broeikasgasen. In alle drie de perspectieven ontstond een divers mozaïeklandschap waarin het karakter van de bodem leesbaar werd in het landgebruik.



Doelbereik Bodem en Water

Rem op bodemdaling	Minder kwetsbaar verzilting
Rem op methaanemissie	Uitspoeling beperken
Rem op CO2 emissie	Wateroverlast beperken
Voorkomen van opbarsting	Zoetwatervraag beperken
	Robuust watersysteem

3. ENERGIE: OPWEKKING EN VASTLEGGING ALS NIEUWE FUNCTIE

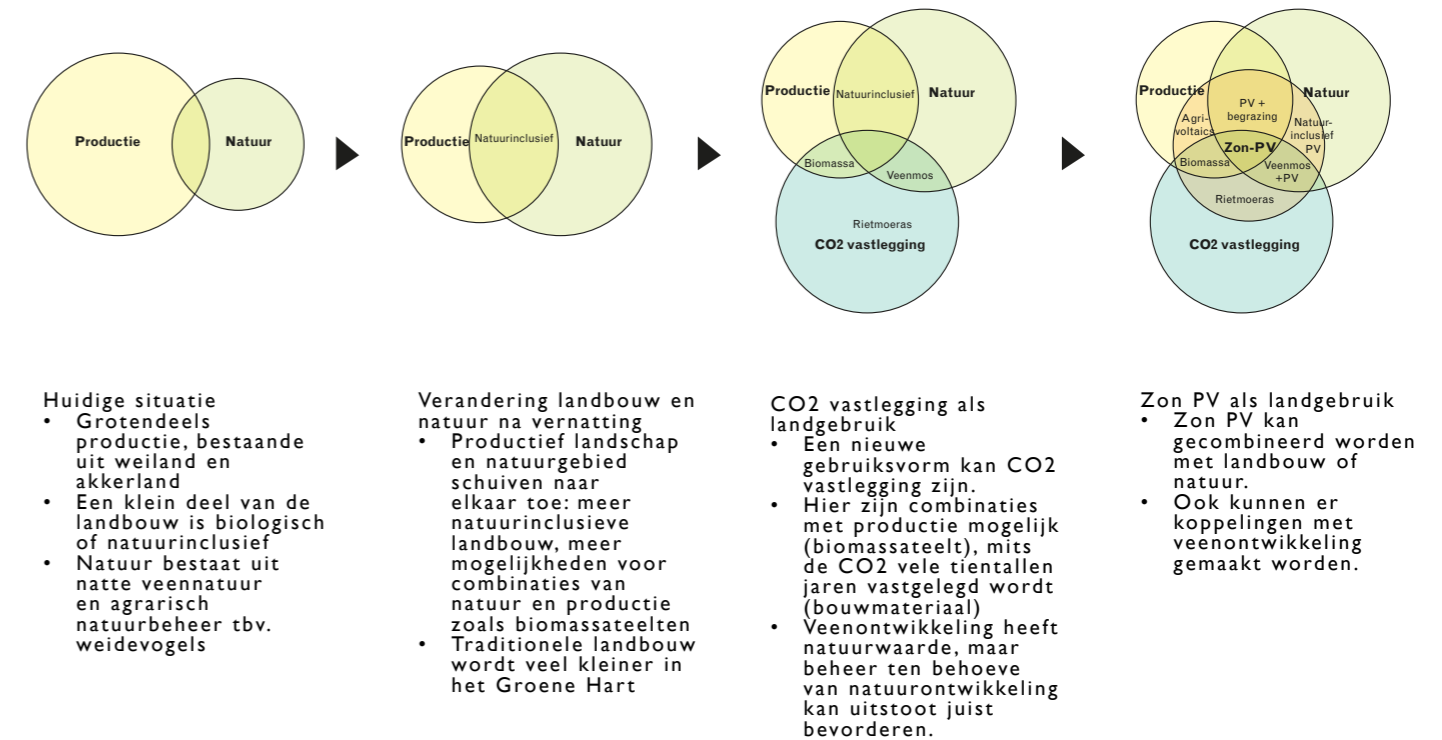
“Hoe combineren we in het Groene Hart substantiële energiewinning met duurzaam behoud van én toekomstwaarde voor bodem en water?”

Dat is de hoofdvraag die gesteld is bij de opdracht van dit ontwerp onderzoek. Deze vraag beperkt zich daarmee tot positieve en negatieve relaties tussen energieopwekking en het bodem- en watersysteem in het Groene Hart. Naast de opwekking van elektriciteit uit zonne-energie (PV) heeft thermische energie uit oppervlaktewater een relatie met het bodem- en watersysteem in het groene hart. Windenergie is voor wat betreft bodem- en water minder relevant. Er is amper een fysieke relatie tussen een windturbine en een toekomstbestendig bodem- en watersysteem. Om deze reden maakt windenergie geen deel uit van de verkenning.

Het Groene Hart is bij uitstek een koolstoflandschap. Het veen diende eeuwenlang als brandstof. Veen is een type landschap dat het meeste CO2 uitstoot bij ontwatering, maar ook de meeste potentie heeft om koolstof vast te leggen. En dat is iets wat op veel minder plekken in de wereld mogelijk is dan de opwekking van elektriciteit uit zonne-energie. Als je de thematiek rond energieopwekking in veenweide behandelt is het volgens ons onontkoombaar om ook CO2 vastlegging een plek te geven in de discussie.

Nieuwe functiecombinaties

Het huidige landgebruik in het Groene Hart (buiten de kernen) is grofweg op te delen in twee typen: landbouw en natuur, waarbij natuur (bijvoorbeeld bij weidevogelgebieden) deels bijproduct is van het landbouwsysteem. Een nieuwe trend is natuurinclusieve landbouw, waarbij landbouw het primaat heeft maar natuur meer ruimte krijgt. Door nieuwe opgaven en de roep om multifunctioneel ruimtegebruik komen er nieuwe mengvormen in het landschap terecht. Er is sprake van een toenemend spectrum aan mogelijke functiecombinaties en meekoppelkansen. Zon-energie kan met sommige functies worden gecombineerd, en wordt door andere functies uitgesloten.



Door nieuwe opgaven en mengvormen van landgebruik, is er een toenemend spectrum aan mogelijke functiecombinaties en meekoppelkansen

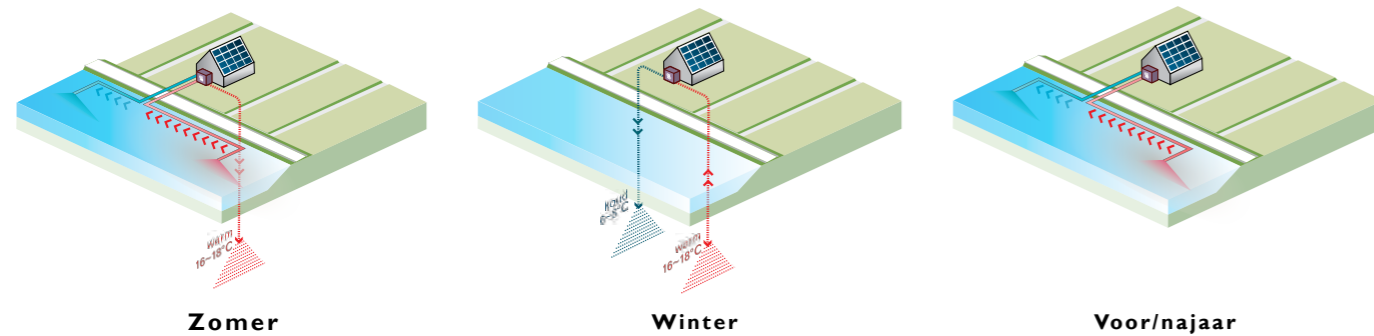
4. THERMISCHE ENERGIE UIT OPPERVLAKTEWATER

Werking van TEO

TEO staat voor Thermische Energie uit Oppervlaktewater. Het principe is deze energie te onttrekken aan het water en in te zetten voor gebouwverwarming. Dit kan al bij relatief lage temperaturen (enkele graden boven nul).

In het Groene Hart is erg veel oppervlaktewater en liggen grote steden nabij. Is er potentie om dit water in te zetten als bron van energie? De techniek van TEO maakt gebruik van aanwezige warmte in oppervlaktewater. Deze wordt door middel van een warmtepomp naar een temperatuur gebracht waarmee woningen verwarmd kunnen worden. Via een warmte-koude opslag worden seizoensverschillen overbrugd. In feite transformeert oppervlaktewater hiermee naar een zonneboiler: water warmt op door zonlicht, koelt weer af in een warmtepomp en warmt weer op door zonlicht.

Werking van TEO



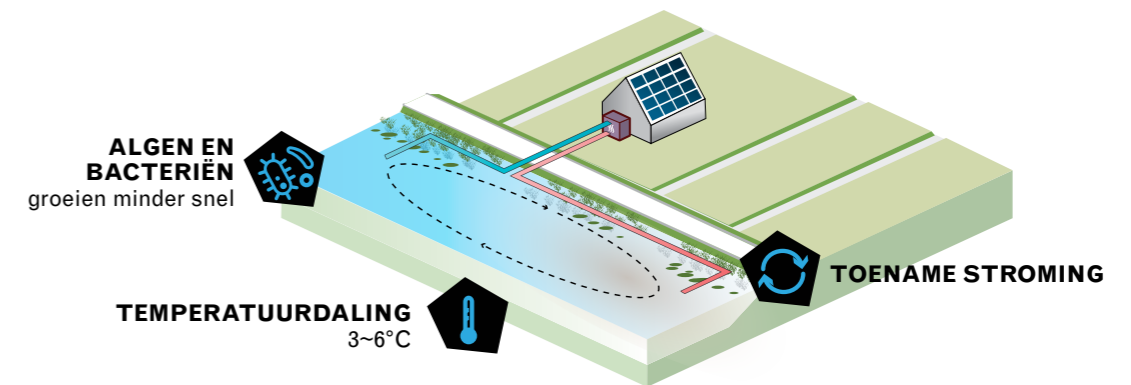
- In de zomer wordt water ingenomen. Warmte wordt hieraan onttrokken en opgeslagen in een Warmte-Koudeopslag (WKO) onder de grond.
- Het water waaruit de warmte is onttrokken komt enkele graden koeler weer terug in het oppervlaktewater
- Koel water wordt uit de WKO onttrokken om de woning te koelen
- Ook dit (opgewarmde water) wordt vervolgens toegepast om de WKO te regenereren.

- Wanneer de oppervlaktewatertemperatuur te laag is om warmte te onttrekken, wordt de WKO ingezet om de woning te verwarmen.

- In het voor- en najaar is er wel behoefte aan verwarming in de woning, maar is de watertemperatuur hoog genoeg om warmte te onttrekken.
- Inzet van de WKO is dan niet nodig.

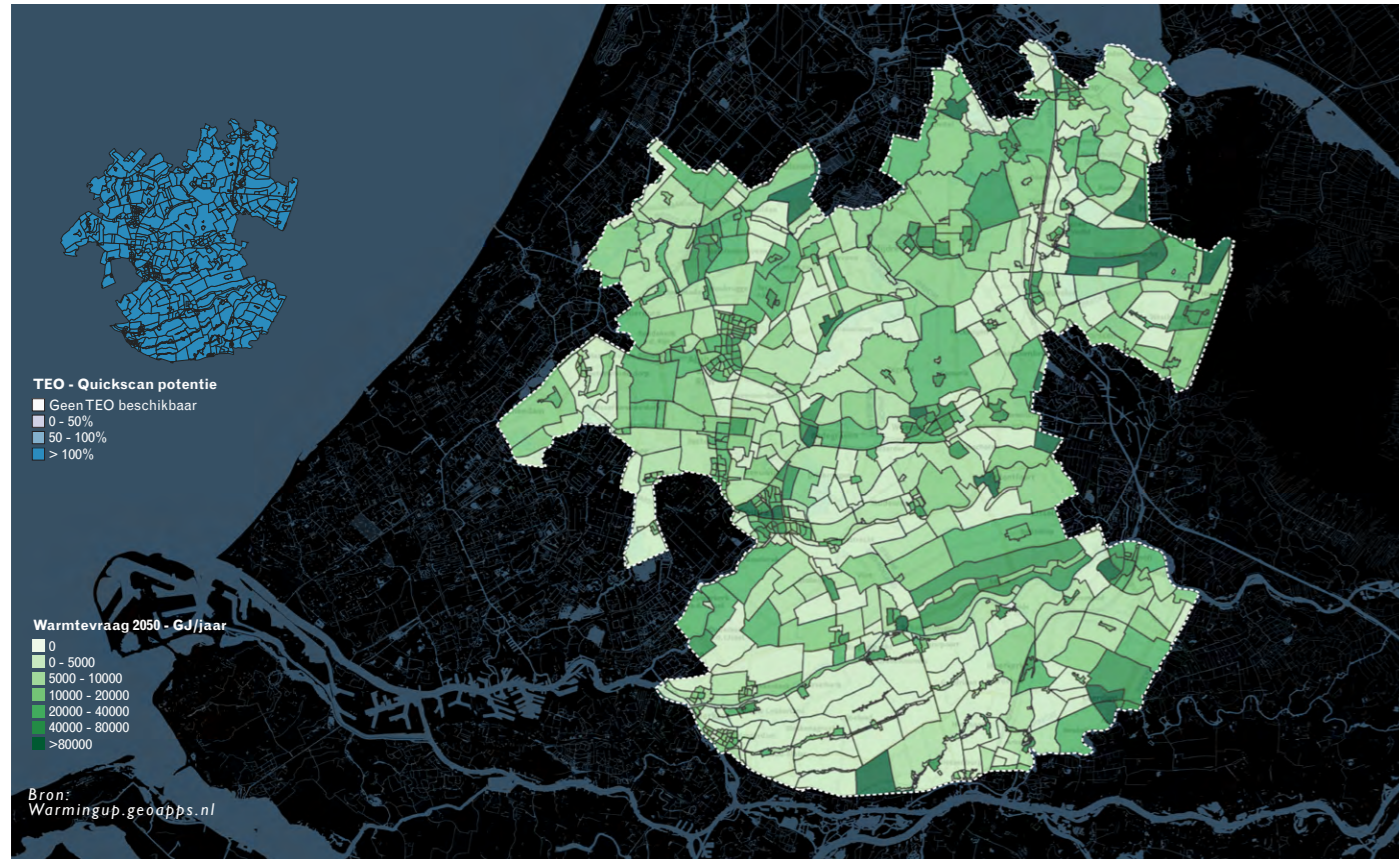
Mogelijke koppelkansen met waterkwaliteit

TEO neemt warm water in, en loost na onttrekking van de warmte het koelere water. Hierdoor gebeuren twee dingen met het oppervlaktewater: het gaat een beetje stromen en het koelt af. Beiden hebben mogelijk een positief effect op de onderwaterecologie. Stromend water voorkomt het ophopen van nutriënten. De afkoeling van oppervlaktewater zorgt voor een betere waterkwaliteit, voornamelijk omdat bij lagere temperaturen algen en bacteriën minder kans krijgen. In voor- najaar en mogelijk winter zorgt de lagere temperatuur er voor dat het water eerder bevriest, dit heeft mogelijk ook invloed op het functioneren van het onderwaterecosysteem.



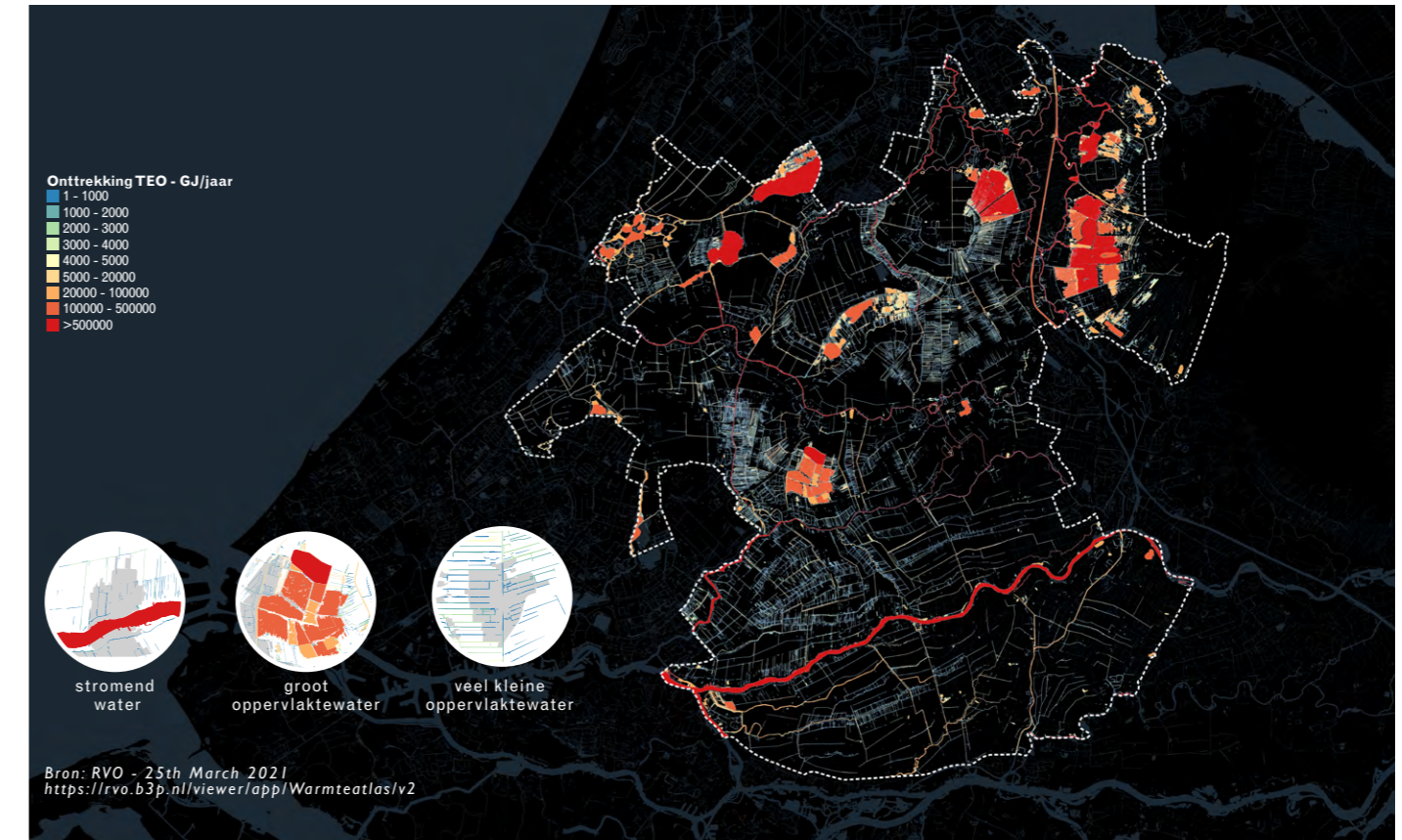
Relatie bodem-water: meer stroming en lagere temperatuur zorgen voor mogelijke verbetering van de ecologische omstandigheden

Warmtevraag 2050: In heel groene hart is TEO potentie meer dan 100%



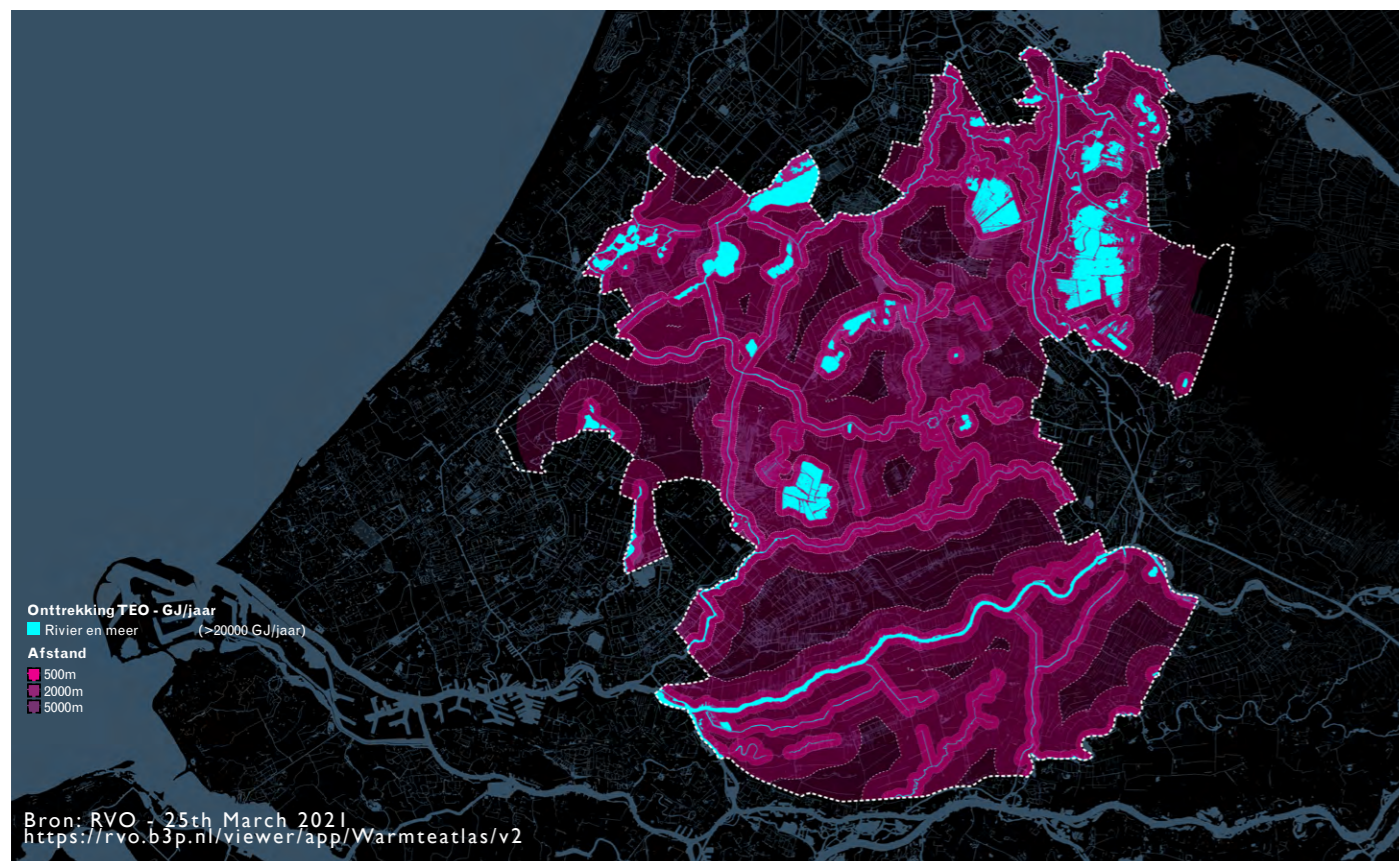
Volgens modelleringen is de theoretische potentie van thermische energie vrijwel overal meer dan 100%. De vraag zit echter geconcentreerd, de warmtevraag in de omgeving bevindt zich voornamelijk in de steden. Of TEO rendabel is, wordt daarom voornamelijk bepaald door de toegankelijkheid van en afstand tot de warmtebron.

Warmte in oppervlaktewater: Grote en stromende wateren meeste potentie



Waar zit de meeste potentie? Wanneer je warmte uit dit water haalt, moet het water weer op temperatuur kunnen komen. Dit kan op twee manieren: via oppervlakte (het water fungeert als het ware als zonneboiler) of via stroming (een continue nieuw aanvoer van water met een hogere temperatuur). Het water met de hoogste potentie is daarom de rivieren en de grote plassen. In principe zit er genoeg warmte in het water voor alle woningen in de omgeving. Maar dit moet wel op de juiste plek terecht komen.

Afstand en schaal: Grootchaliger systeem mogelijk op grotere afstand



Technisch zijn er geen beperkingen voor afstand, wel economisch. Ook concurreert de technologie met goedkopere systemen, zoals luchtwarmtepompen. Over de rendabelheid kan in algemene zin gesteld worden:

- Grote TEO systemen: rendabel* tot ca 5 km.
- Middelhete TEO systemen: rendabel tot ca 2km
- Kleine TEO systemen: rendabel tot ca 500m

Voor het Groene Hart liggen alle mogelijke grote systemen (bijvoorbeeld Gouda) binnen 5000m van water met een hoge potentie.

Een deel van de kleinere kernen ligt buiten de 2km van water met voldoende potentie, hier kan nagedacht worden over het met elkaar verbinden van kleinere oppervlaktewateren, zodat er gezamenlijk voldoende potentie en stroming ontstaat.

*Rendabel betekent niet per sé concurrerend. In veel gevallen kan het zijn dat andere hernieuwbare energiebronnen uiteindelijk goedkoper zijn.

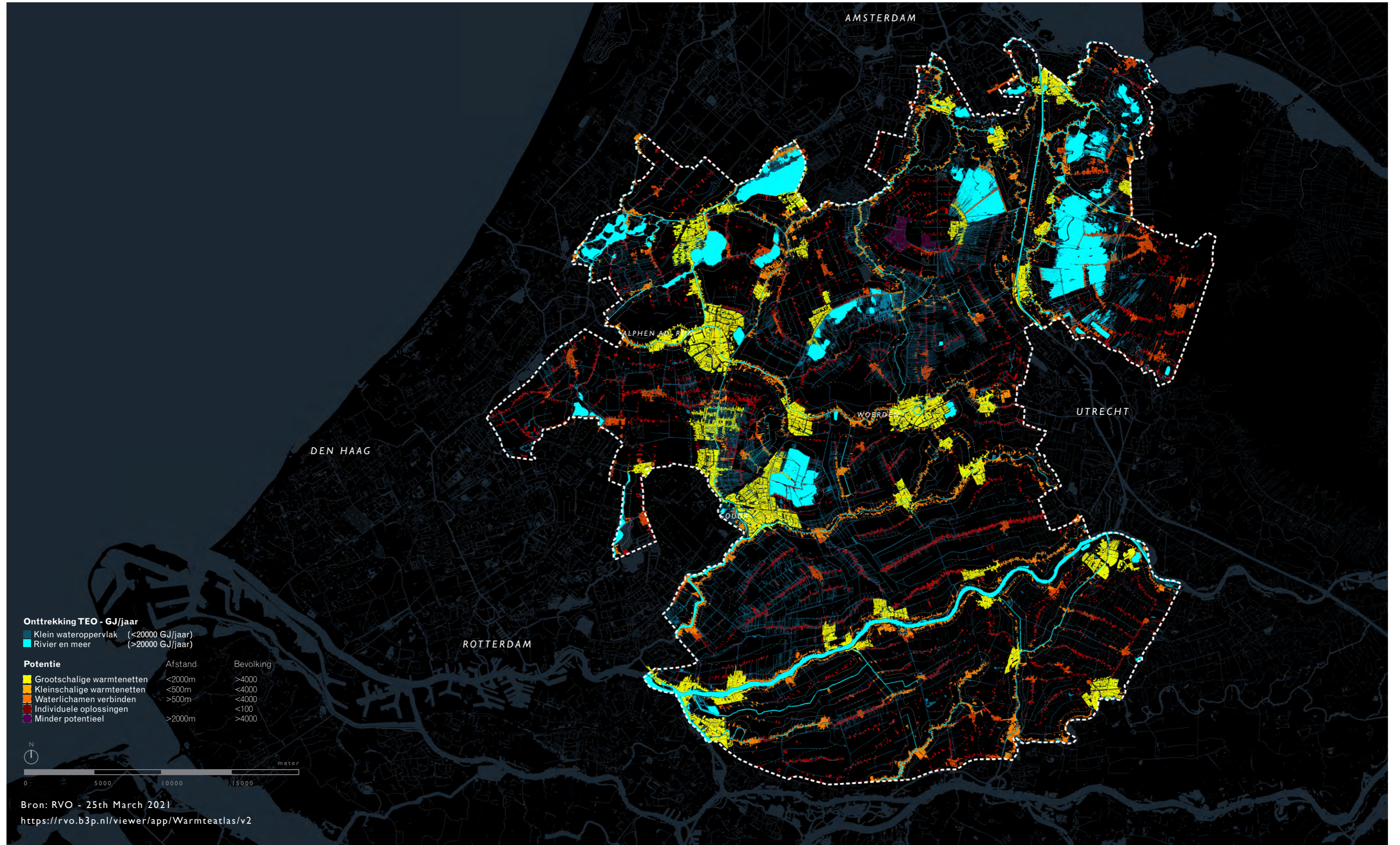
Met deze gegevens komen we tot een set bouwstenen waar schaalgrootte van het warmtenet en afstand tot water met voldoende warmtepotentie met elkaar samenhangen:

	STROMEND WATER	GROTE WATEREN	SLOTEN VERBINDEN	KLEIN WATER
Potentie TEO				
Distributie	Grootschalig	Grootschalig Kleinschalig	Kleinschalig met verbonden sloten	Individuele oplossingen*
Huishoudens	>4000	>100	100-4000	1-100
Max. afstand	>2000 m	>500 m (kleinschalig) >2000 m (grootschalig)	<500m	*bij individuele oplossingen is TEO vaak minder aantrekkelijk dan luchtwarmtepomp

Bouwstenen TEO: Niet bodem of peilbeheer, maar watertype bepaalt potentie

Potentiekaart TEO: Potentie voor TEO-gevoede warmtenetten

De totale potentie in GJ/jaar voor TEO is afhankelijk van veel factoren en moeilijk in kaart te brengen. Wel is de potentie voor verschillende woningtypen te duiden: waar is energie uit oppervlaktewater kansrijk? De grote kernen lichten er uit, evenals kleinere kernen en linten nabij groot water. Bij individuele bebouwing, grote delen van het Groene Hart, blijft het rendement achter. Opvallend is Mijdrecht: dit is de enige kern waar volgens de analyse de TEO potentie achterblijft.



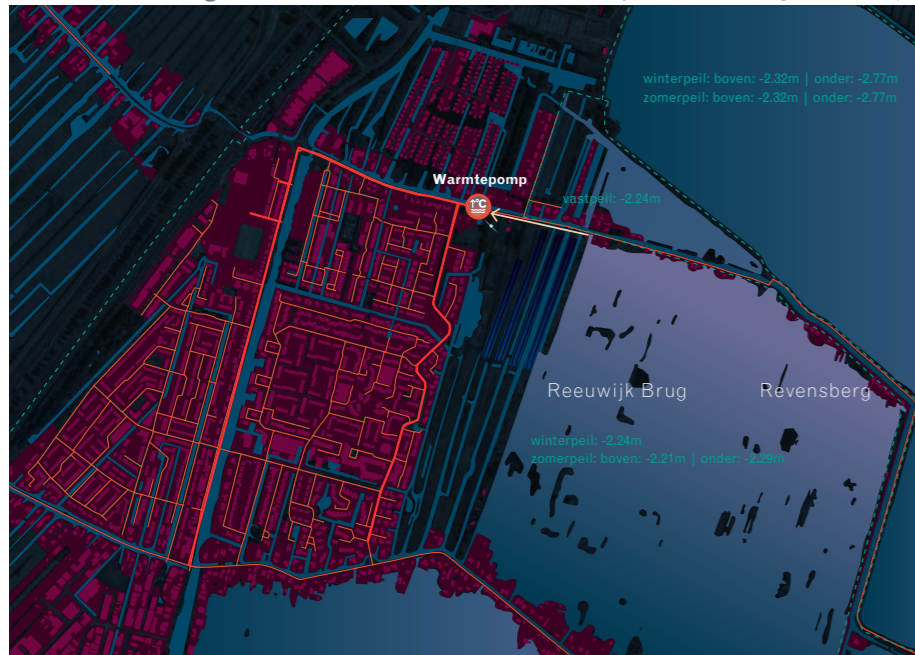
DEN HAAG 52°07'N - 4°30'E

UTRECHT 52°09'N - 5°12'E

Toepasbaarheid TEO

Uit de verkenning blijkt dat de potentie van TEO groot is, maar de ruimtelijke impact (en daarmee de planologische opgave) klein. Mogelijke toepassingen zijn de realisatie van kleinschalige warmtenetten bij kernen op afstand van infrastructuur, zoals bij Kamerik. Hier kunnen sloten verbonden worden om samen voldoende stroming en oppervlak te genereren voor een TEO-gevoed warmtenet. Ook de inzet van grote, ondiepe wateren voor grootschalige warmtenetten is een optie. Dit speelt bijvoorbeeld bij Gouda en de Reeuwijkse plassen. Hieronder wordt de potentie van twee studiegebieden beschreven.

Grootschalige warmtenetten Case study: Revensberg, Reeuwijk



Warmtevraag 2050:

Revensberg-buurt:
76.698 GJ/jaar
Reeuwijk Brug:
47.881 GJ/jaar

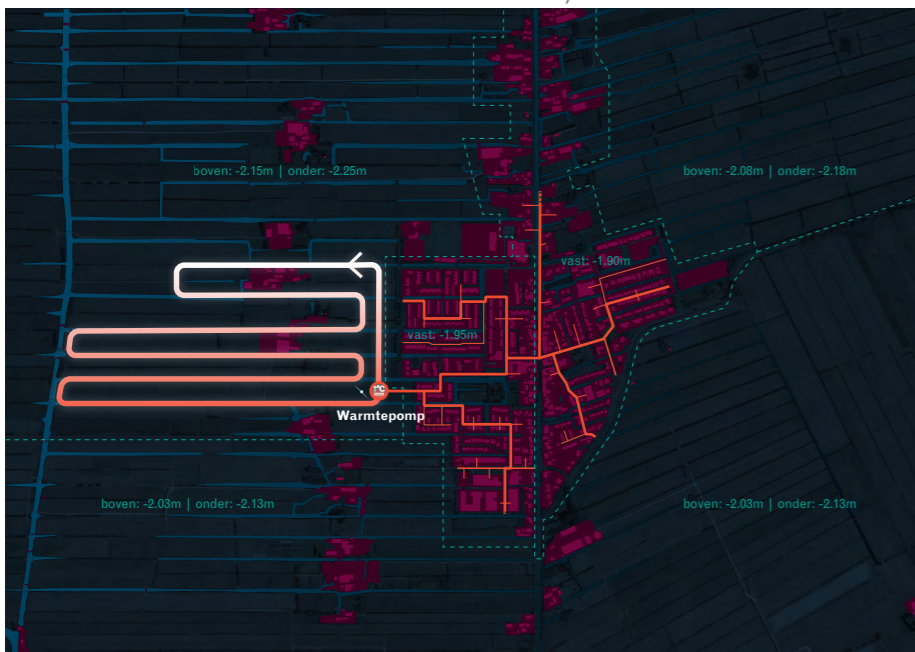
Netto warmtebehoefte uit aquathermie 2050:
Revensberg-buurt:
62.312 GJ/jaar
Reeuwijk Brug:
41.041 GJ/jaar

TEO-potentieel van het voorgestelde wateroppervlak:

Minimum potentie
1.101.795 GJ/jaar

Elektriciteit nodig:
1 wind turbine*
**15 m hoge houten, groene windturbines*

Waterlichamen verbinden Case study: Kamerik



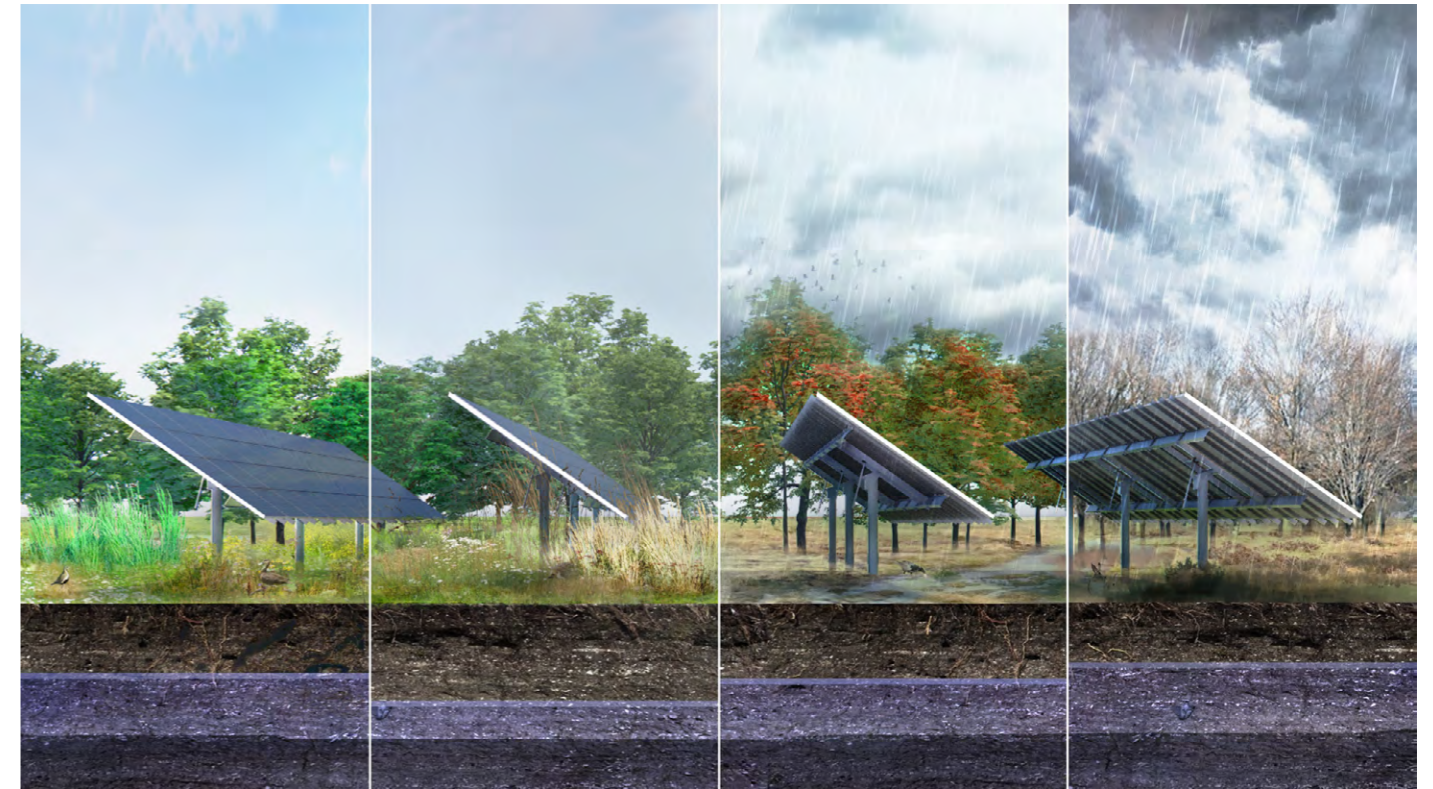
Warmtevraag 2050:

40.780 GJ/jaar
Netto warmtebehoefte uit aquathermie 2050:
34.954 GJ/jaar

TEO-potentieel van het voorgestelde wateroppervlak:
43.260 GJ/jaar

Elektriciteit nodig:
1 wind turbine*
**15 m hoge houten, groene windturbines*

5. ZON-PV



Bij zonnepanelen is peilfluctuatie geen probleem, waardoor dit geoptimaliseerd kan worden op de omstandigheden.

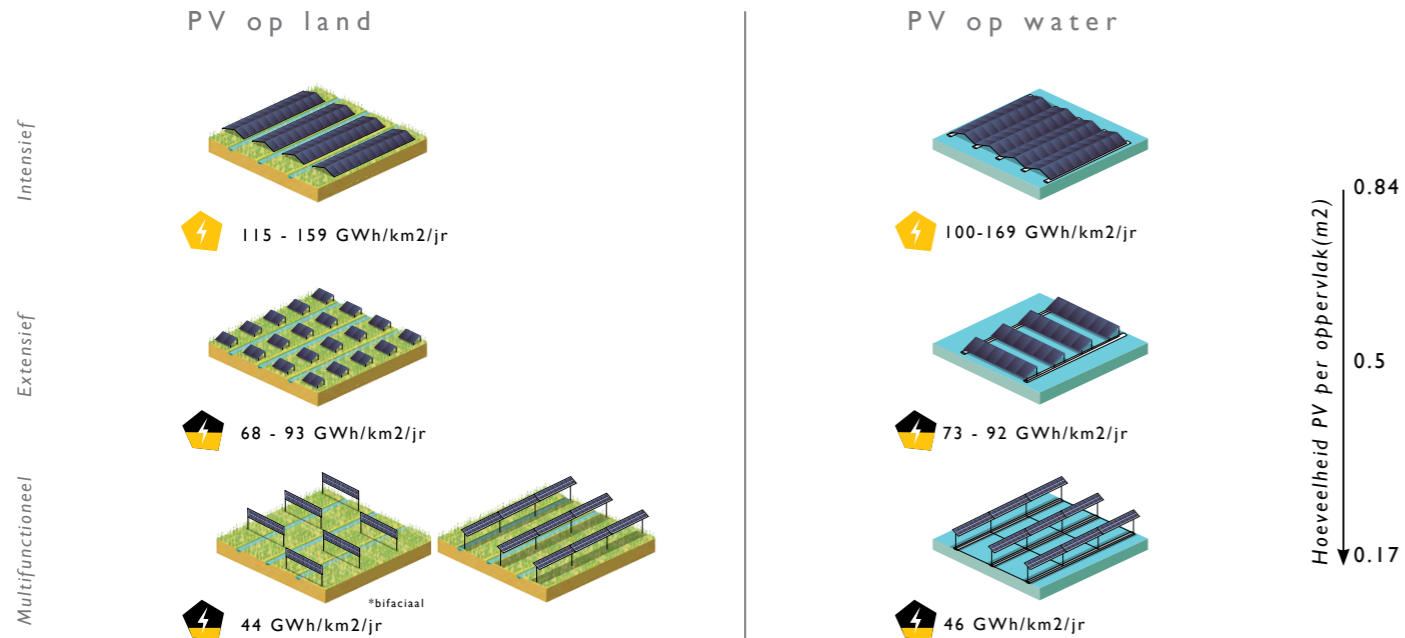
Potentie en koppelkansen bodem/water per opstellingstype

Er zijn tal van toepassingsvormen voor de opwekking van elektriciteit uit zonne-energie. Denk aan gekleurde of gebogen panelen, doorzichtige panelen of bijzondere opstellingen. Dit palet aan mogelijkheden zorgt ervoor dat op termijn op veel plekken energieopwekking in te passen is. Bij dit ontwerp onderzoek richten we ons op grootschalige opwekking. Om die reden kijken we vooral naar meer traditionele opstellingstypen met normaal formaat panelen.

Generation.Energy heeft in **2021** een inventarisatie gedaan van opstellingsvormen en hun opwekkingspotentie (zie volgende pagina), voor PV op land en op water. Er zijn grofweg 3 categorieën: intensief (aaneengesloten PV, oost-west georiënteerd) met een zo hoog mogelijke opbrengst en nauwelijks doordringing van zonlicht op de bodem. De tweede categorie, extensief, laat ruimte over voor vegetatie op het maaiveld. De derde categorie, functiecombinaties, gaat over vormen van PV die gecombineerd kunnen worden met bijvoorbeeld landbouw. De panelen staan dan verticaal en/of bevinden zich ruim boven het maaiveld.

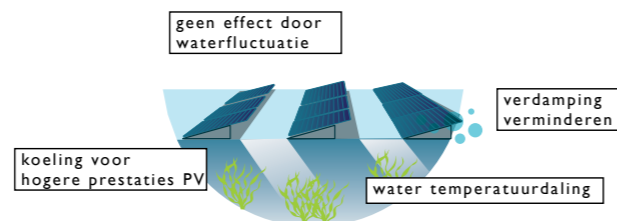
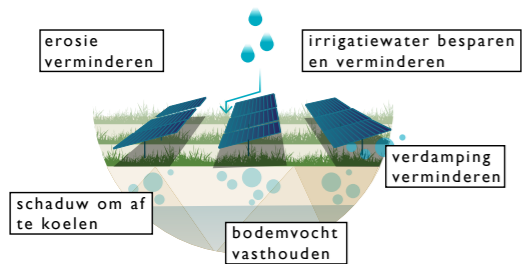
Boven water hebben deze opstellingsvormen een iets hogere opbrengst door de koelende werking van het water.

Standaard PV-opstellingen: Dichtheid, oriëntatie, koppelkansen



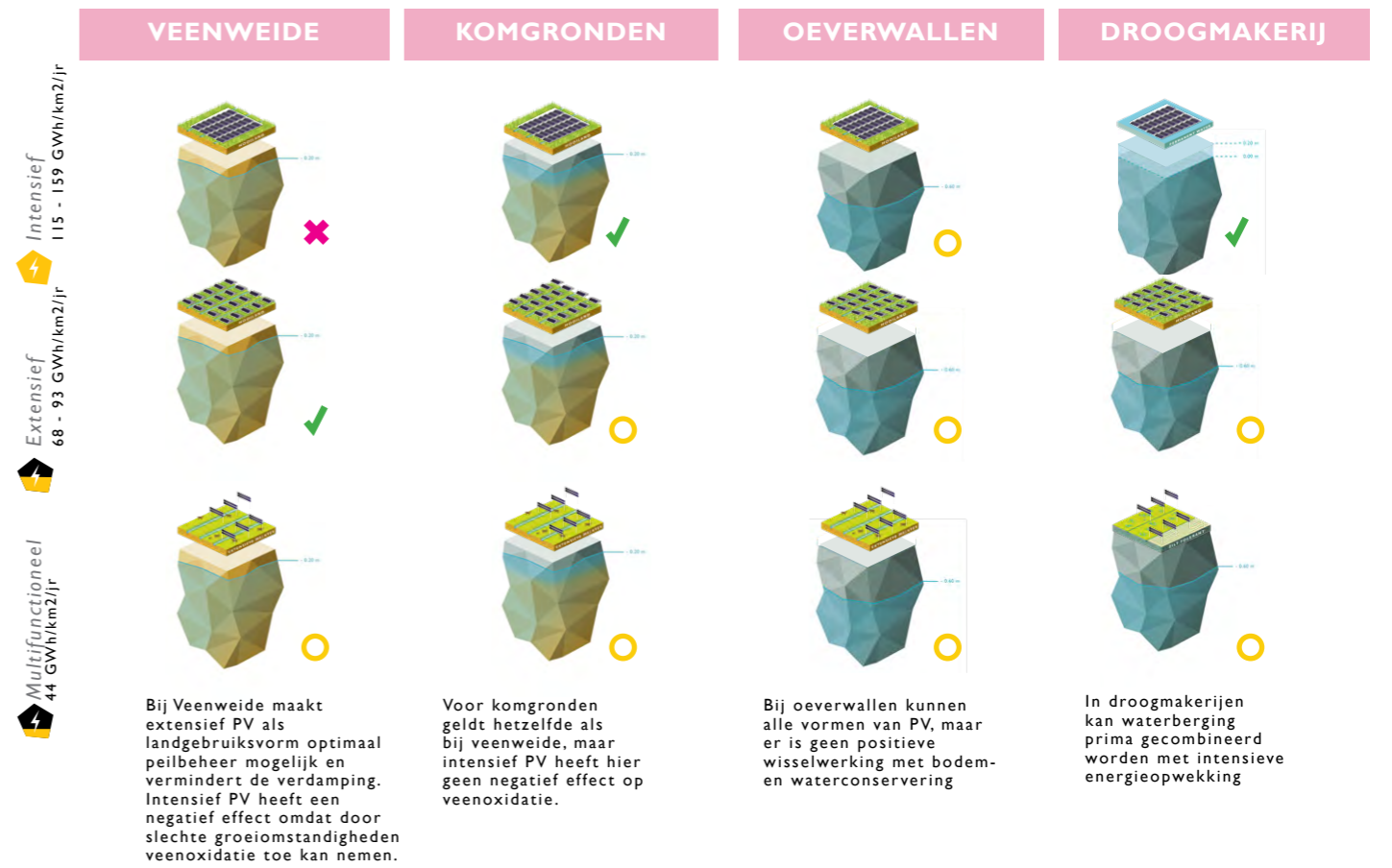
- Optimaal peilbeheer mogelijk voor ieder bodemtype
- Beschutting + beschaduwing door pv reduceert verdamping en dus de watervraag
- Volledige dekking vergroot CO2 en nutriënten emissie door slechte groeiomstandigheden
- In extensieve vorm te combineren met productief landschap
- Afstroom regenwater aan één kant heeft mogelijk effect op erosie (op oeverwallen)
- Negatief effect op weidevogels, mogelijk positief effect op akker- en roofvogels

- Verhoogt waterbufferende functie door vermindering verdamping
- Verlaagt instraling zonlicht, en dus potentie TEO (dat is er in overvloed)
- Er is optimale waterberging mogelijk met flexibele peilen



Mogelijke bouwstenen

De relatie tussen energieopwekking en bodemtype verschilt per type. Vooral op veen liggen er koppelkansen en beperkingen door de mogelijkheden voor adaptief peilbeheer en ook de negatieve invloed die beperkte lichtinval op de bodemkwaliteit heeft (door de slechte groeiomstandigheden ontstaan extra emissies). In onderstaand schema zijn de mogelijke opwekkingsvormen per bodemtype bepaald. Een groen vinkje betekent dat er positieve interactie is tussen bodem en opwekking, een kruisje betekent negatief. Een O betekent dat er geen relevante relatie is.

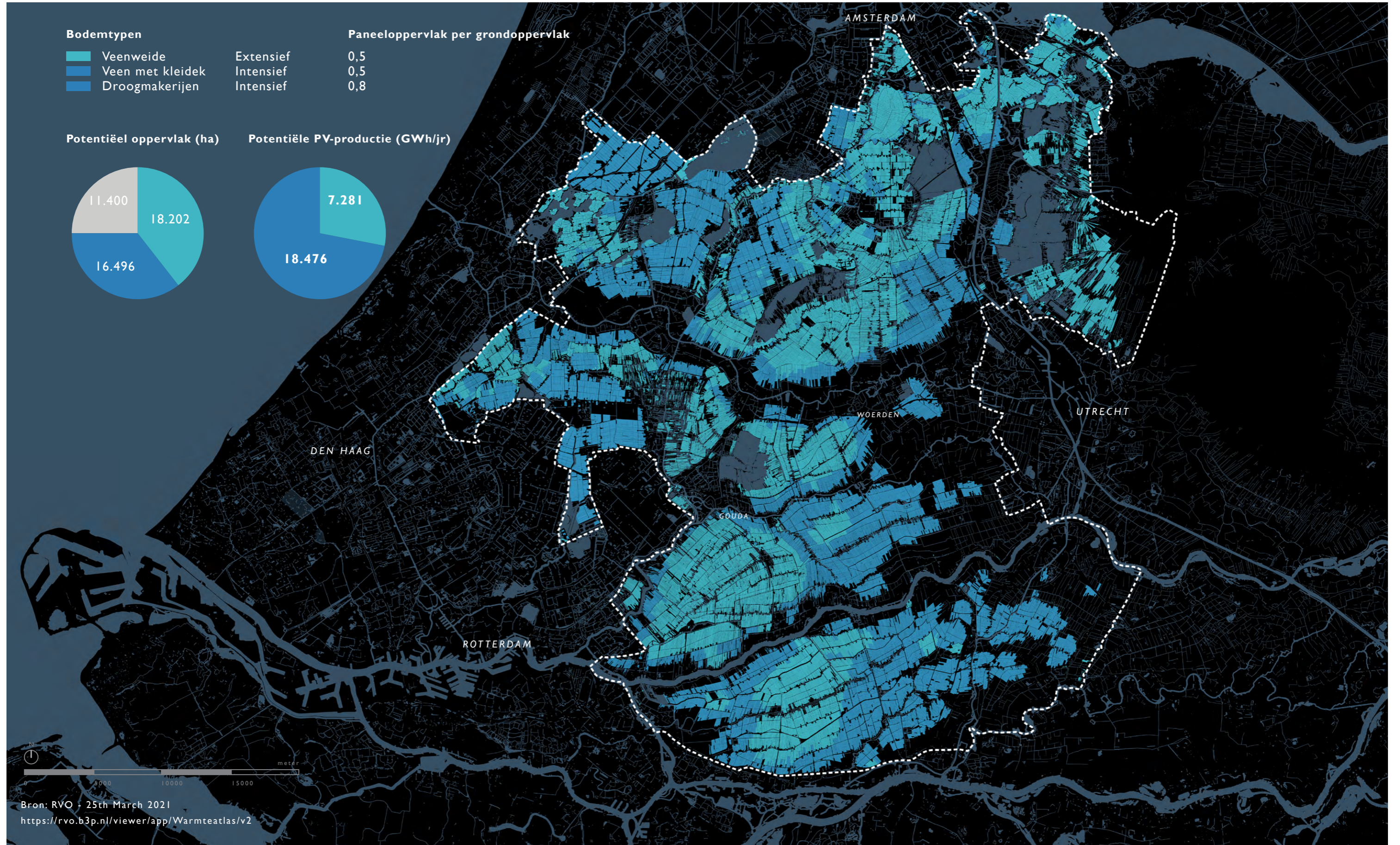


Bouwstenen PV : Maximale opwekking met optimaal peilbeheer

Bron: Ruimtelijk potentieel van zonnestroom in Nedeland, Generation Energy, 2021

Potentiële PV-productie: PV die bijdraagt aan bodemkwaliteit

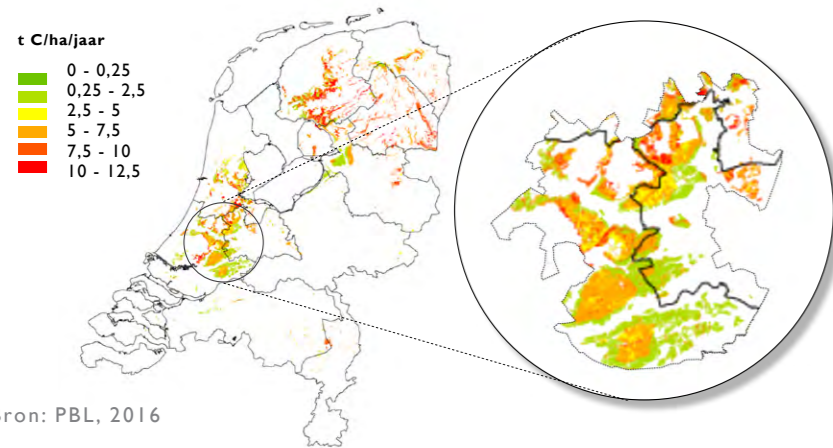
De theoretische potentie is bepaald door per bodemtype de meest optimale opwekkingsvorm te bepalen, en vervolgens alle agrarische percelen in te zetten voor PV energie.



6. CO2 VASTLEGGING

Veenweide – een koolstoflandschap

Ooit bestond West-Nederland uit een dik pakket veen. Een continu proces van groeiende vegetatie die afstierf, onder water verdween en zo weer een nieuw laagje veen vormde, zorgde voor veenkoepels die meters boven de zee uit staken. Zo zijn ooit vele tonnen CO2 vastgelegd. Sinds de ontginning is een groot deel van dit veen verbrand. Deels als gevolg van oxidatie door ontwatering, deels door de turf te gebruiken als brandstof. Het proces van veenoxidatie gaat nog altijd – langzaam – door en draagt zo flink bij aan het 'koolstofbudget' dat we als Nederland hebben. Wanneer het lukt dit proces om te keren en weer een levend veenlandschap te realiseren, ontstaat een gebied met grote potentie voor het onttrekken van CO2 uit de atmosfeer. Wanneer we het Groene Hart als energielandschap bezien, kan dit niet ontbreken in het pakket. Er zijn ook diverse combinaties te vinden tussen CO2 vastlegging, energieopwekking en duurzaam peilbeheer (zie hoofdstuk 7).



CO2-emissie uit Veen: Dikste veenpakketten stoten het meeste uit

Potentiële vastlegging bij verschillende combinaties landgebruik/waterbeheer

In het Groene Hart kan grofweg op twee manieren CO2 vastgelegd worden. Enerzijds door vastlegging in productieve landschappen (zoals biomassateelten), anderzijds door het herstel van veengebieden. Bij productief landschap is een randvoorwaarde dat de vastgelegde CO2 niet alsnog vrij komt door verbranding. Bouwmateriaal is dan bijvoorbeeld een optie. Bij weiland wordt weinig koolstof vastgelegd (en een deel komt via begrazing weer vrij als methaan), maar veenoxidatie wordt grotendeels tegengegaan. Bossen op kleigronden leggen wel wat koolstof vast, hier speelt het probleem van veenoxidatie niet of nauwelijks, dus de winst is wat dat betreft beperkt. Bij veenherstel is een voorwaarde dat het beheer ingericht is op vastlegging. Maaibeheer zorgt er bijvoorbeeld voor dat er in één keer veel moerasgas (methaan, lachgas) vrijkomt. De voedselrijke omstandigheden die er nu zijn zullen bij dit beheer snel resulteren in de ontwikkeling van moerasbossen, zoals rietveen met wilgen. Dit heeft beperkte ecologische waarde maar hierin wordt veel koolstof vastgelegd. Bij voedselarmere plekken kan ingezet worden op hoogveenontwikkeling, waarbij nog betere resultaten gehaald worden en bovendien unieke ecologische omstandigheden ontstaan.

Potentiële vastlegging: Vermeden CO2 uitstoot + potentiële vastlegging



	Vochtig Bos (klei)
Vermeden*	0 kg/m ²
Vastlegging	0,35
Totaal	0,35 kg/m²



	Biomassa (tbv bouw)
Vermeden*	1,5 kg/m ²
Vastlegging	2 kg/m ² **
Totaal	3,5 kg/m²



	Natte graslanden
Vermeden*	2 kg/m ²
Vastlegging	0,2 kg/m ²
Totaal	2,2 kg/m²

Successie →



	Eutroof laagveen (bijv. Rietveen)
Vermeden	3,5 kg/m ² ***
Vastlegging	0
Totaal	3,5 kg/m²



	Mesotroof laagveenbos (bijv. Zeggeveen)
Vermeden	3,5 kg/m ² ***
Vastlegging	0,8 kg/m ²
Totaal	4,3 kg/m²



	Hoogveen met bos (Veenmosveen)
Vermeden	3,5 kg/m ²
Vastlegging	2,0 kg/m ²
Totaal	5,5 kg/m²

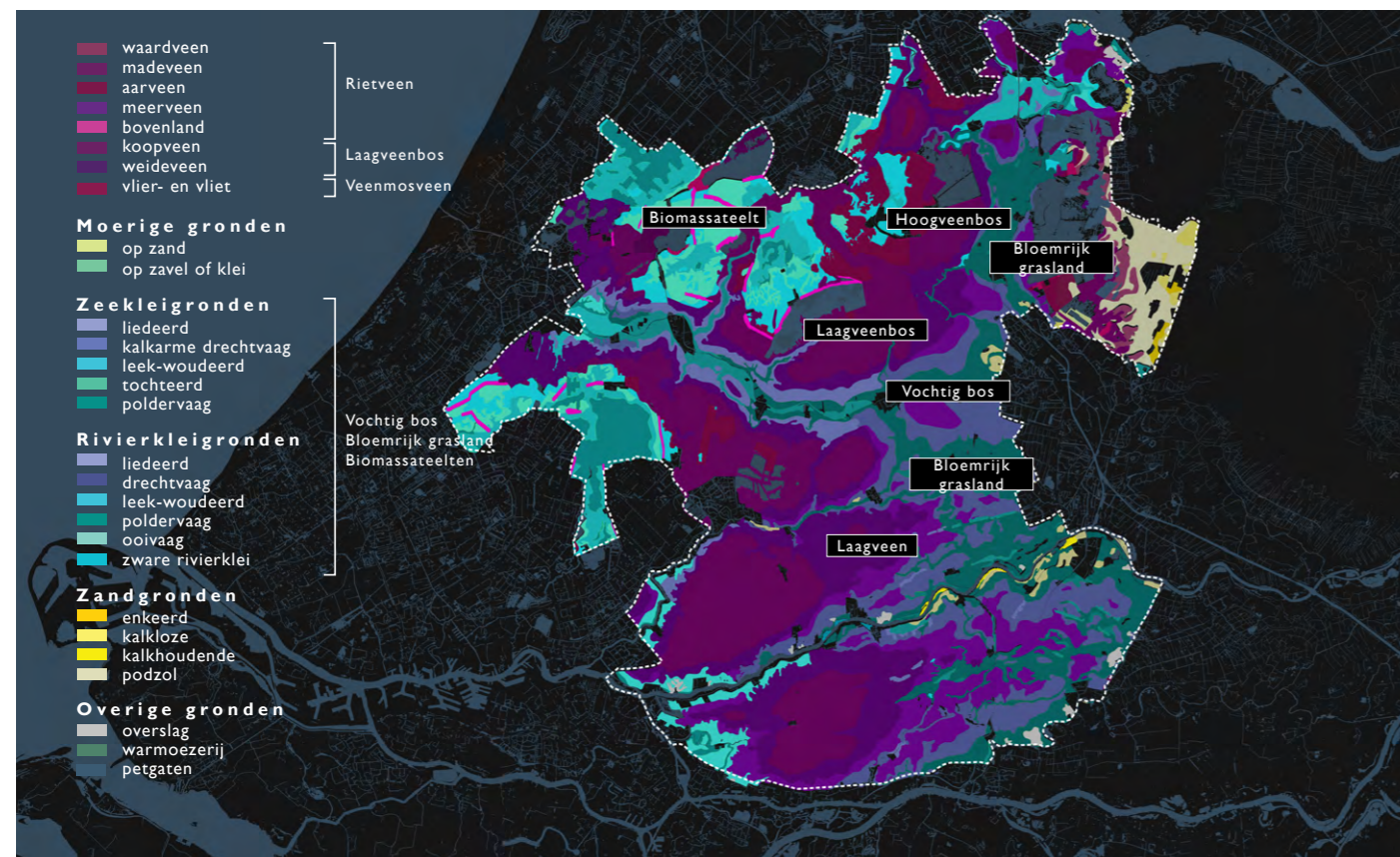
* Ten opzichte van grasland met intensieve beweiding waar oxidatie plaatsvindt
 ** Vastlegging alleen bij langdurig gebruik als bouwmateriaal
 *** Bij stabiel waterpeil

Bron: Vermeer, 2020. Back in Balance - towards a carbon neutral peat meadow landscape. WUR, NL

Bouwstenen CO2 vastlegging

Om tot bouwstenen voor CO2 vastlegging te komen, moeten we iets dieper in de verschillende karakters van het veen duiken. West Nederland bestaat uit voedselrijk laagveen. Het type veen dat ontstaat wanneer ingezet wordt op veenherstel, is afhankelijk van de omstandigheden: voedselrijkheid, waterstand, waterdynamiek, bodemtype. Om sommige plekken zijn nog hoogveenrestanten aanwezig en is het, wanneer voedselarm regenwater goed vastgehouden wordt, mogelijk weer hoogveen te laten groeien. Op kleigronden, zoals de oeverwallen en droogmakerijen, is veenherstel mogelijk maar minder voor de hand liggend. CO2 vastlegging met bos, biomassa productie of weiland kan hier wel. Onderstaande kaart laat zien welke mogelijkheden er zijn voor welk bodemtype. Dit leidt tot een set bouwstenen voor CO2 vastlegging in het Groene Hart.

Samenhang en bodemtypen en groeipotentie: van voedselrijk (eutroof) naar voedselarm (oligotroof)



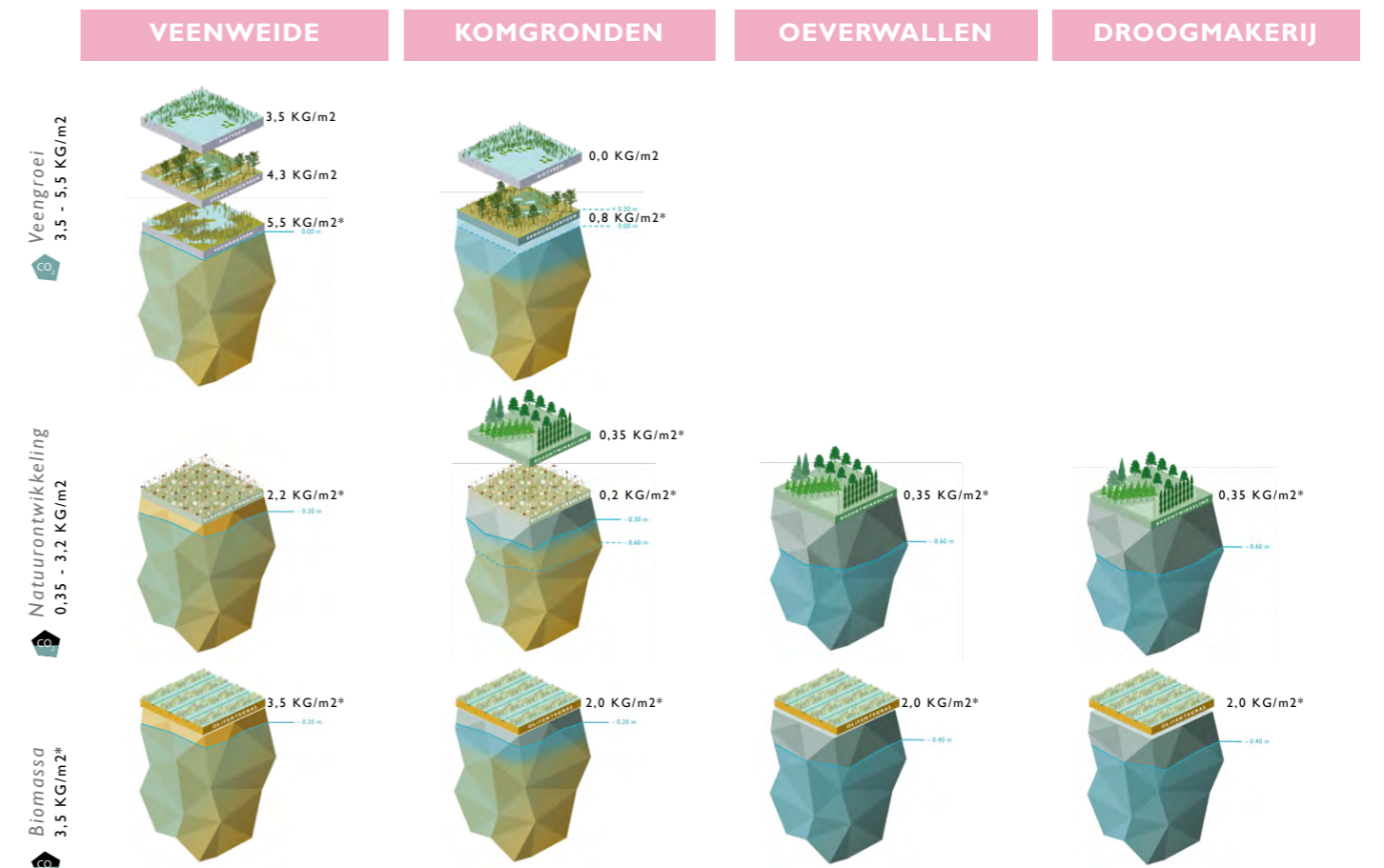
Verschillende typen veen

Veen ontstaat in vochtige of natte omstandigheden, bijvoorbeeld in beekdalen of door de verlanding van oppervlaktewater. Er zijn tal van typen veen, die gevormd worden door de omstandigheden. Wat is de kwaliteit van het water, fluctueert het wel of niet, vindt er begrazing plaats, enzovoorts.

De meest dominante factor is de voedselrijkheid van het veen. In voedselrijke ('Eutrofe') omstandigheden, gevoed door grondwater of gebiedsvreemd water, ontstaan voornamelijk veentypen waar riet en wilgen dominant zijn. In voedselarme veentypen, gevoed door regenwater, ontstaat veenmosveen. Matig voedselrijke omstandigheden kent een diversiteit aan soorten, bijvoorbeeld zeggeveen.

Bij voedselarme omstandigheden wordt het meeste koolstof vastgelegd. Veen dat groeit in voedselrijke omstandigheden legt minder vast, maar kan meer wisselende omstandigheden aan.

Bouwstenen CO2 vastlegging : Maximaal voorkomen uitstoot en vastleggen koolstof



Veengroei is de meest effectieve manier om CO2 vast te leggen, vooral als hoogveenontwikkeling mogelijk is.

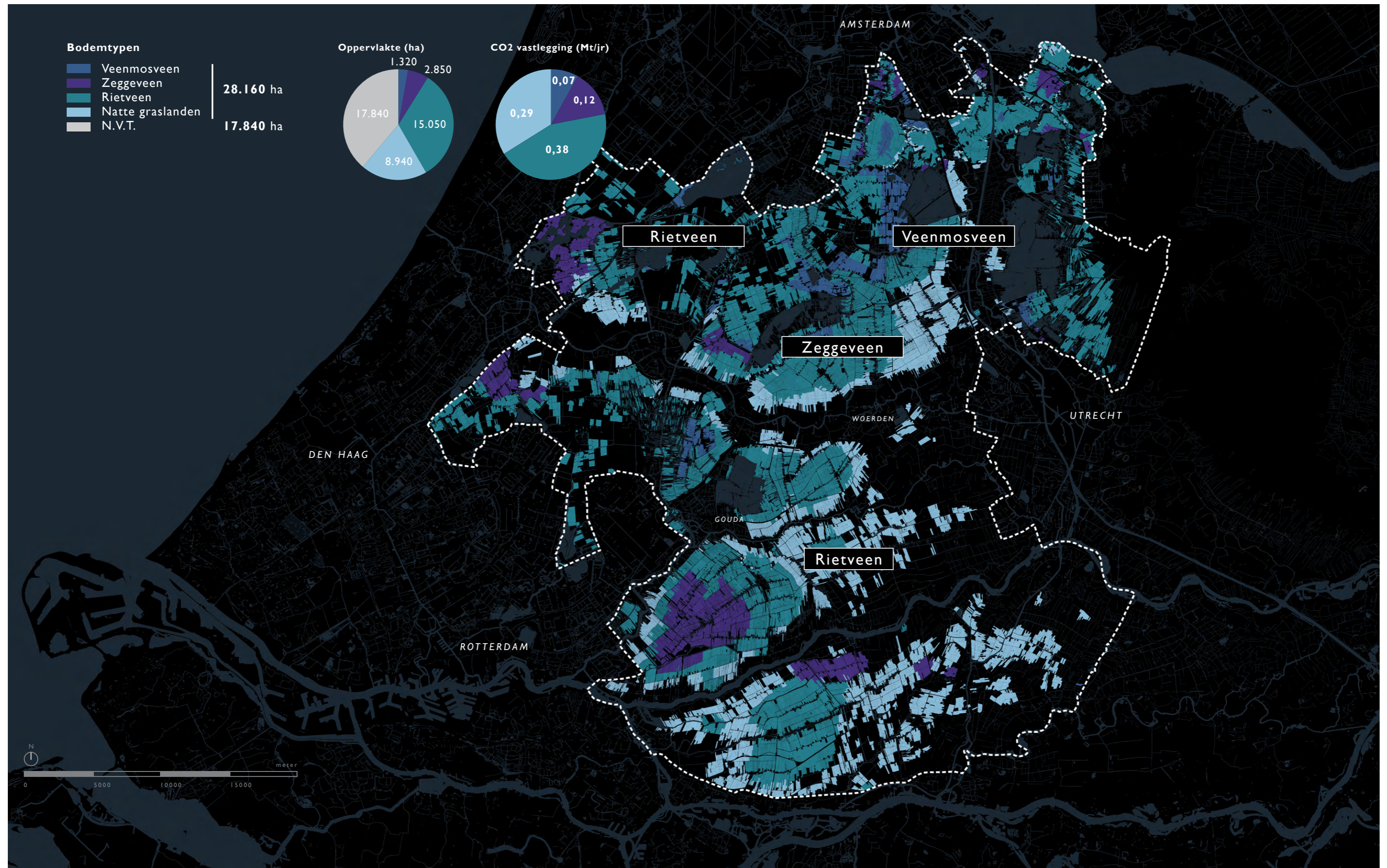
In komgronden kunnen rietmoerassen aangelegd worden waardoor op termijn veenvorming plaats kan vinden.

Op de oeverwallen is beperkte potentie, vastlegging kan in bos of met biomassa teelt.

In droogmakerijen geldt hetzelfde als op de oeverwallen. Eventueel kan hier ook rietveenontwikkeling plaatsvinden.

Potentiekaart CO2 opslag veengroei: Veenmosveen zeggeveen, rietveen

De theoretische potentie van CO2 opslag is bepaald door per bodemtype de vorm van vastlegging te bepalen die het meeste CO2 opslaat.

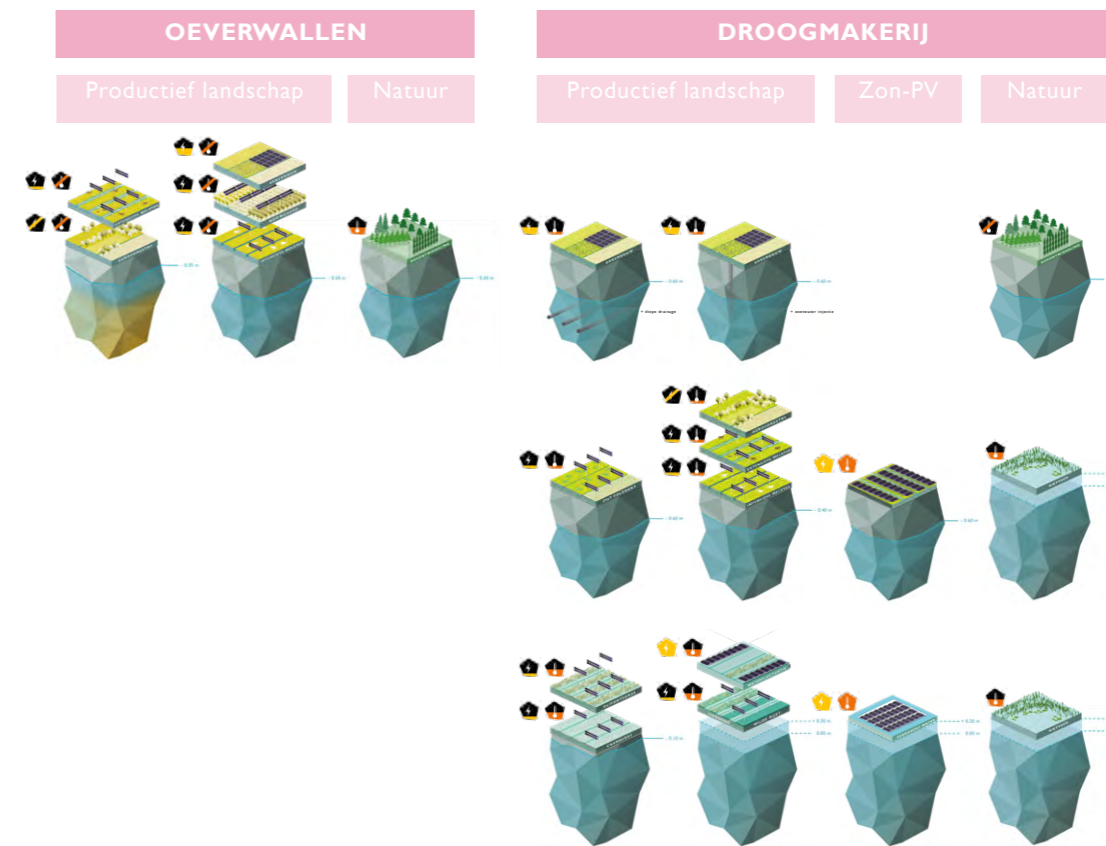


7. INTEGRALE BOUWSTENEN

Op basis van de verschillende thema's zijn tientallen functiecombinaties te bedenken, die variëren per bodemtype, mate van transformatie en peilbeheer. Bijgevoegd overzicht geeft een indicatie van de rijkheid van mogelijke functiecombinaties. Het overzicht geeft per bodemtype aan welke koppelkansen er zijn met water, landgebruik en energieopwekking. Deze volgt de systematiek die is toegepast in de voorgaande verkenning bodem, water en landgebruik in het Groene Hart.



Enkele hiervan lichten we er uit omdat dit interessante nieuwe combinaties zijn die specifiek voor het Groene Hart toepasbaar zijn. Hier wordt gekeken naar de combinatie van energieopwekking, voedselproductie, co2 vastlegging en de koppelkansen voor thermische energie uit oppervlaktewater.



INTEGRALE BOUWSTENEN OP VEENGEBIED



Op de voorgrond veenmosontwikkeling met zonnepanelen. Sommige veenmossoorten groeien in de schaduw van de panelen. Op de achtergrond een rietveenbos met windturbines.

Dynamisch waterpeil met zeggeveen en windenergie

wind: afhankelijk van type windturbine

vermeden uitstoot: 3,5 kg/m² (in jaren met voldoende waterbeschikbaarheid)
vastlegging: 0,8 kg/m²

potentie TEO: matig

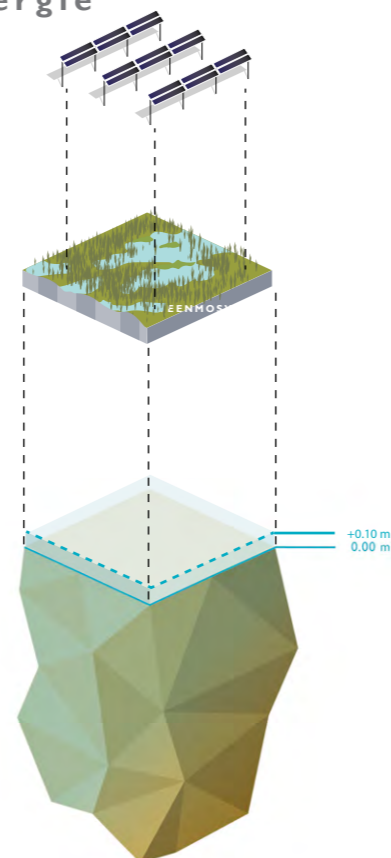
beperking bodemdaling: hoog

watervraag: afname door natuurlijk peilbeheer

Zeggeveen kan groeien in matig voedselarme en enigszins dynamische omstandigheden, waarbij ook bosontwikkeling plaatsvindt. Door deze snelle bosontwikkeling is er minder potentie voor zonnepanelen, omdat deze snel overgroeid raken.

Ruimtelijk lenen deze gebieden zich voor windenergie. De potentie is daarmee afhankelijk van het type windturbines, onderlinge afstand, etc.

Door de waterrijke omstandigheden is het wel mogelijk thermische energie te winnen, al is de stroomsnelheid beperkt.



Stabiel waterpeil met veenmosveen en zonne-energie

zon: multifunctioneel, 44 GWh/km²/jr
wind: afhankelijk van type windturbine

vermeden uitstoot: 3,5kg/m²/jr
vastlegging: 2 kg/m²/jr

potentie TEO: matig

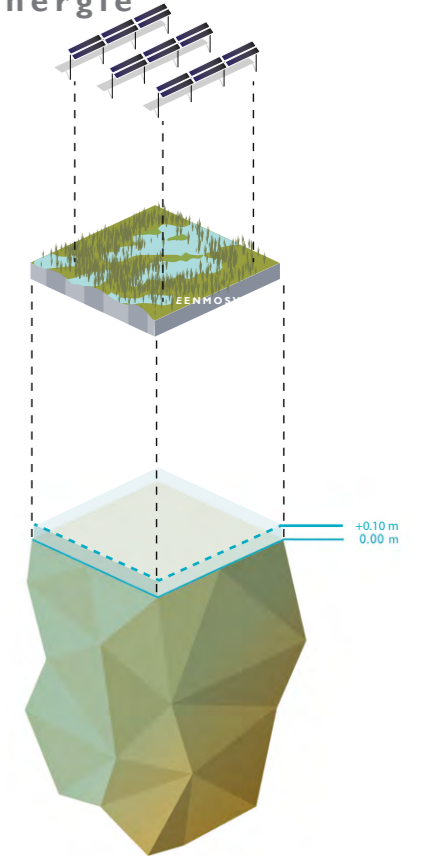
beperking bodemdaling: hoog

watervraag: toename door behoefte aan voedselarm water met stabiel peil

Hoogveen groeit in voedselarme omstandigheden met een stabiel waterpeil.

Sommige hoogveensoorten zijn schaduwtolerant, waardoor deze goed te combineren zijn met extensieve PV opstellingen.

Zo ontstaat een landschap dat CO₂ vastlegt en elektriciteit genereert. Door de waterrijke omstandigheden is het wel mogelijk thermische energie te winnen, al is de stroomsnelheid beperkt.



Stabiel waterpeil met bloemrijk grasland en zonne-energie

zon: extensief, 68 - 93 GWh/km²/jr

vermeden uitstoot: 3,5kg/m²/jr
vastlegging: 0 kg/m²/jr

potentie TEO: hoog

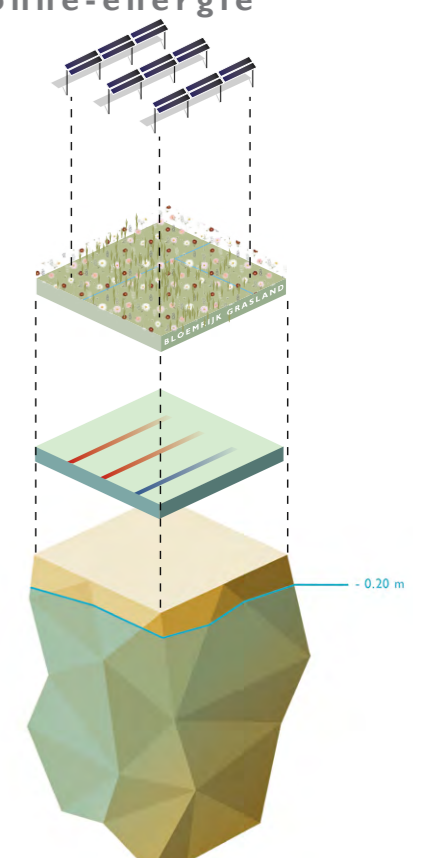
beperking bodemdaling: hoog

watervraag: toename door behoefte aan stabiel peil

Bloemrijk grasland met een waterpeil van -20 cm stoot weinig CO₂ of methaan uit en beperkt de bodemdaling. De watervraag bij dit type peilbeheer is in de zomer echter hoog, verdamping dient gecompenseerd te worden met de aanvoer van water. Dit type landgebruik is in veel soorten veen toe te passen.


Bloemrijk grasland is te combineren met een PV-opstelling die voldoende licht doorlaat om het grasmengsel te laten groeien en wortelen.


In combinatie met het bestaande slotenpatroon van veenweide is hier grote potentie voor thermische energie uit oppervlaktewater.





INTEGRALE BOUWSTENEN OP KOMGRONDEN


Biomassateelt met hoog waterpeil en agrivoltaics

 zon: multifunctioneel, 44 GWh/km²/jr

 vermeden uitstoot: 1,5 kg/m²
vastlegging: 2 kg/m²

 potentie TEO: hoog

 beperking bodemdaling: hoog

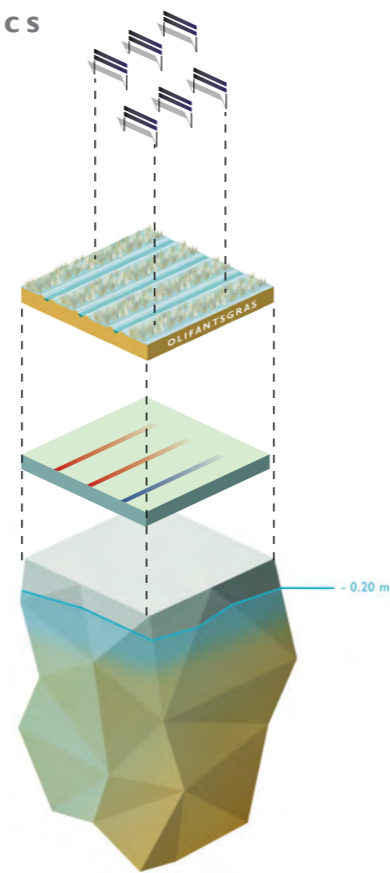
 watervraag: grote toename door hoge watervraag in zomer

Natte biomassateelten, zoals olifantsgras, kunnen ingezet worden in de bouw. Dat is een voorwaarde om de vastgelegde koolstof langdurig vast te houden. Door inzet als isolatiemateriaal draagt het bij aan een verdere vermindering van CO₂ uitstoot.


Deze teelten zijn te combineren met extensieve PV opstellingen op hoogte (agrivoltaics).


Met een stabiel hoog waterpeil wordt bodemdaling en CO₂ uitstoot tegengegaan. Dit heeft wel een hogere watervraag als gevolg.


Door gebruik te maken van het bestaande slotensysteem is er een hoge potentie voor thermische energie uit oppervlaktewater.





Agrivoltaics met extensieve veehouderij

 zon: multifunctioneel, 44 GWh/km²/jr

 vermeden uitstoot: nvt
vastlegging: nvt

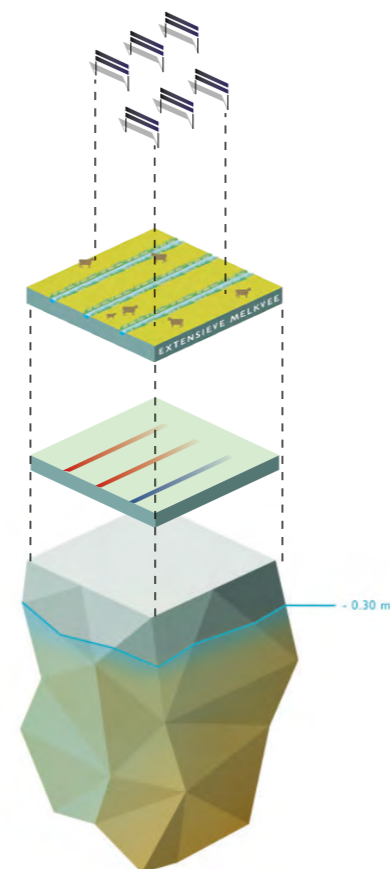
 potentie TEO: hoog

 beperking bodemdaling: nvt

 watervraag: beperkte toename door hoger waterpeil

In de komgronden kan melkvee gehouden worden zonder veel negatieve effecten op de bodem, mits voldoende extensief. Dit kan gecombineerd worden met het winnen van warmte uit oppervlaktewater en extensieve zonne-energie.

Er is weinig invloed op de hoeveelheid CO₂ uitstoot. Ook stoten de koeien methaan uit.





INTEGRALE BOUWSTENEN OP OEVERWALLEN





Vanaf de boezem kijk je op de fruitteelten met zonnepanelen hier boven. De beschutting die de panelen bieden voorkomen verbranding en schimmel op het fruit


Agrivoltaics met fruitteelt

 zon: extensief, 68 - 93 GWh/km²/jr

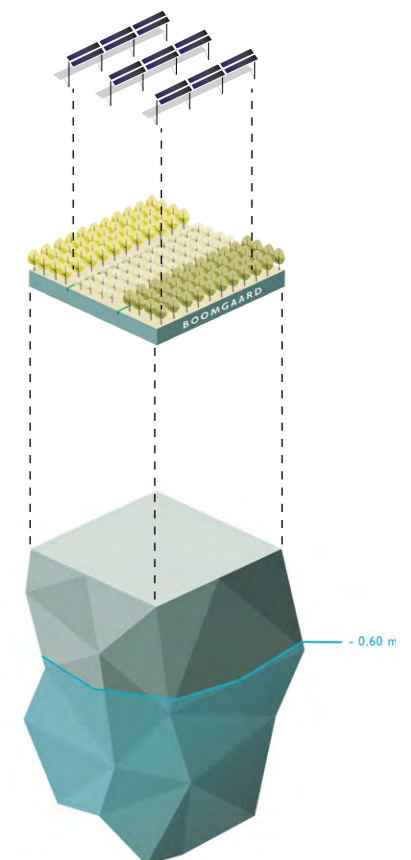
 vermeden uitstoot: nvt
vastlegging: nvt

 potentie TEO: laag

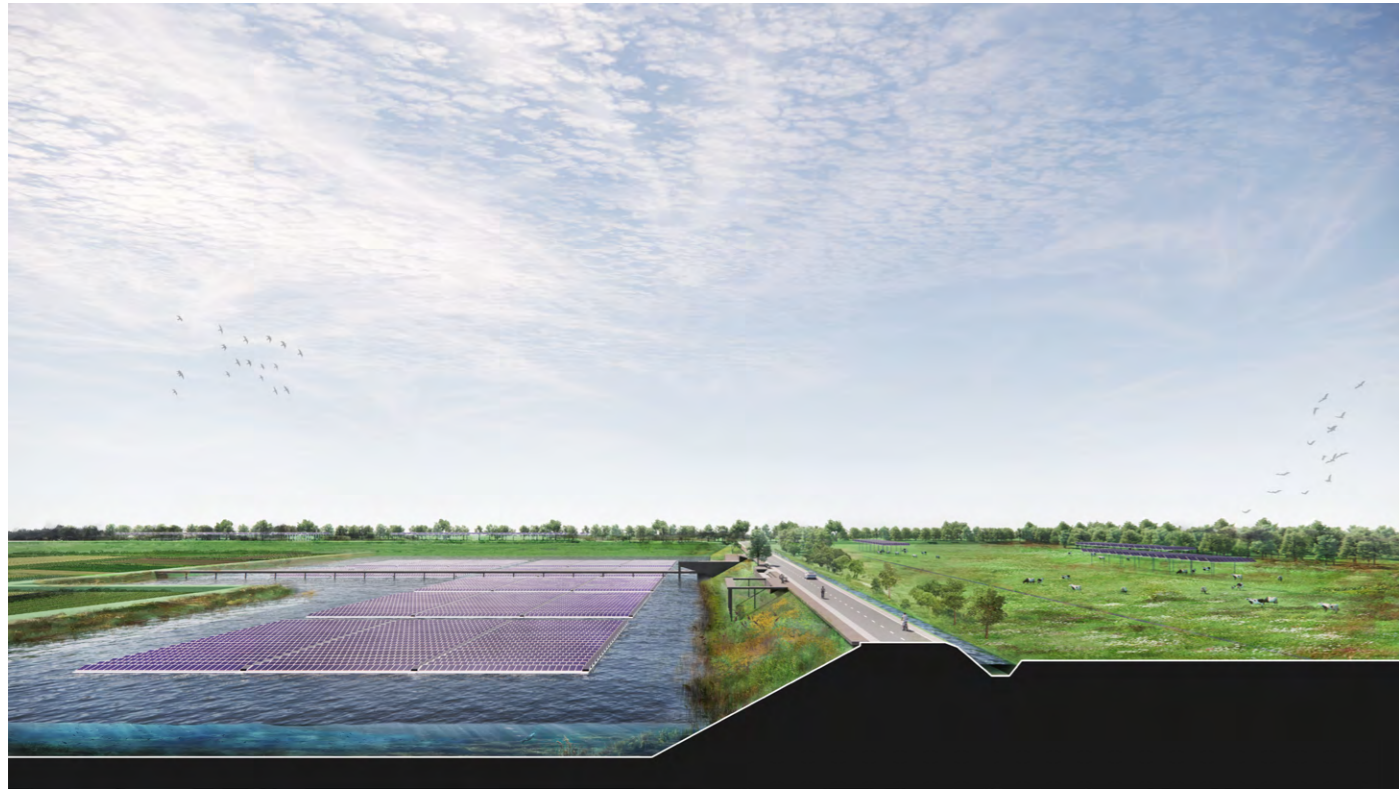
 beperking bodemdaling: nvt

 watervraag: beperkte toename

Op de oeverwallen zijn weinig opgaven mbt water en CO₂ uitstoot. Wel ligt hier een koppelkans voor multifunctioneel ruimtegebruik. Op de oeverwallen bevond zich van oorsprong veel fruitteelt. Bescherming tegen regenval vermindert de gevoeligheid van fruitteelt voor schimmels. Deze bescherming kan gecombineerd worden met de opwekking van zonne-energie.





INTEGRALE BOUWSTENEN OP DROOGMAKERIJEN




Drijvend PV op een waterbassin in de droogmakerij. Het bassin ligt óp het maaiveld van de polder, zodat het water bij droogte onder vrij verval ingelaten kan worden. De PV voorkomt verdamping.


Intensief PV met waterbuffering

 zon: Intensief, 100-169 GWh/km²/jr

 vermeden uitstoot: nvt
vastlegging: nvt

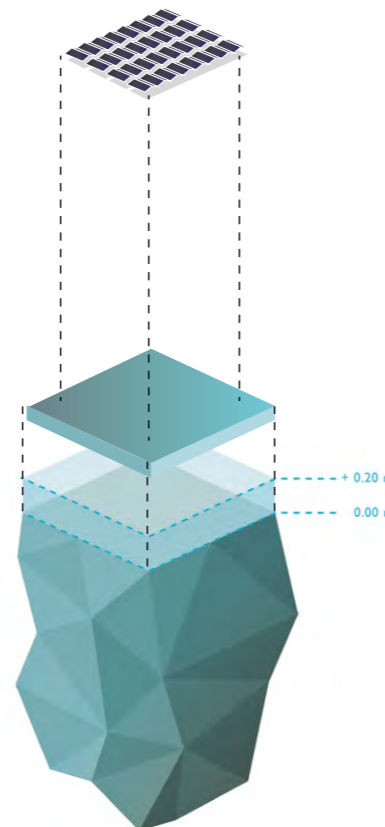
 potentie TEO: hoog

 beperking bodemdaling: nvt

 watervraag: afname

In droogmakerijen zijn allerlei combinatievormen van energieopwekking en landgebruik mogelijk. Wanneer de link wordt gelegd met het bodem- en watersysteem springt één mogelijke bouwsteen er uit: grootschalige waterbuffering met zonnepanelen.

Waterbuffers zijn nodig om tekorten aan te vullen bij droogte, bijvoorbeeld om verzilting tegen te gaan. De panelen verminderen de verdamping van de waterbuffer, waardoor deze beter functioneert. Tegelijkertijd zorgt het bufferwater voor koeling van de panelen, waardoor deze een hogere opbrengst hebben.



8. CONCLUSIES EN BEVINDINGEN

- De ruimtelijke impact van Thermische energie uit oppervlaktewater is beperkt en heeft geen invloed op de ruimtelijke ordening of inrichting van het Groene Hart
- De energetische potentie is groot, maar het is zeer afhankelijk van specifieke omstandigheden om te weten of de inzet ook rendabel is
- Zonne-energieopwekking heeft mogelijk positieve en/of negatieve effecten op het bodem en watersysteem. Door hier rekening mee te houden, wordt het bodem- en watertype sturend voor het type energieopwekking en kan energieopwekking zelfs bijdragen aan de toekomstbestendigheid van het gebied.
- Er is ruimtelijk zeer veel potentie voor combinatievormen met landbouw, zoals zon-pv boven weilanden of akkers. De ruimtelijke impact, bijvoorbeeld op openheid, is echter groot. Ook zijn de kosten hoger dan traditionele opstellingen.
- De potentie voor CO₂ vastlegging door middel van veengroei en bos is groot. Doordat dit wereldwijd maar beperkt op veengrond kan, achten we dit hier extra relevant. Het is mogelijk zeer transformerend voor het ruimtelijk karakter van het groene hart. CO₂ vastlegging is niet hetzelfde als natuurontwikkeling. Er gaan bossen ontstaan en de historische verkavelingsstructuur kan op termijn 'overgroeid' raken met veen.
- De bouwstenen richten zich vooral op de relatie met het bodem en watersysteem. Hierdoor zijn er weinig bouwstenen met intensievere vormen van energieopwekking. Functies in de omgeving kunnen mede sturend zijn voor de manier waarop energie opgewekt wordt. Denk bijvoorbeeld aan natuurinclusief PV als bufferzone rond een natuurgebied.
- Het toepassen van de bouwstenen zorgt ervoor dat het bodem- en watersysteem van het Groene Hart leesbaar wordt in het landgebruik. Zelfs de opstelling van zonnepanelen reflecteert het onderliggende bodemtype. Hierdoor ontstaat mogelijk beter zicht op de natuurlijke geschiedenis van het Groene Hart en op de verscheidenheid aan omstandigheden die de ondergrond biedt voor natuur, voedselproductie en energieopwekking.

