

# Building with Nature

Eindverslag



**Leerlingen**  
**Klas**  
**Vak**  
**Opdrachtgevers**

**Inleverdatum**

Enzo Houweling en Ben Weststrate  
V5B  
Onderzoeken&Ontwerpen  
Jean-Paul Janse, Idco Duijnhouwer  
Shared Concepts  
17-06-2021



Technasium



## Summary

Shared Concepts is designing an area along the coast of Zeeland. The project is called 'Droomproject De Banjaard'. They want to design the area with a special method called 'Building with Nature'. This idea seemed very interesting and which made us want to participate in the project.

We started with searching for some information on the internet about this project. After this, Jean-Paul Janse, our client gave us a presentation about the subject. He gave us one main question and two sub questions. We set up two other sub questions to help us answer the main question. We also found an expert, Idco Duijnhouwer, to help us during this project.

Our main question is:

- Can we promote dune formation on the coastal islands?

Our four sub questions are:

- We want that sand extraction is done with as most as possible added value to the extraction location. How is this possible?
- Sand extraction and sand replenishment is traditionally done with machines that are not CO2-neutral. Can we use alternatives for this?
- What kind of influence does marram grass has on the formation and growth of dunes?
- How much more efficient is it to promote dune formation manually than by nature?

We started dividing the sub questions and started answering them. After a few weeks we had a presentation with the client, expert and our teacher mr. Groot to show what we had already found in our research. The client and expert gave us positive feedback and helped us with the remaining research.

We continued our research and after a month we had a second presentation to show our progress and talk about the way we wanted to show our design. Together with the client, expert and our teacher we decided to present our design with a interactive part of a website where you can see different pictures and designs of the sandbanks we created.

In the last weeks we completed the last research, started making the part of the website and finishing the report. We sheduled our presentation with the client, expert and teachers on July 1st.

Our research, conclusions and practical part can be found later in the report.

## Voorwoord

Wij, Enzo Houweling en Ben Weststrate, zijn vwo5-leerlingen van het Goese Lyceum. Bij het Technasium voeren we projecten uit voor opdrachtgevers. Deze projecten duren ongeveer een half schooljaar en dit verslag is het resultaat van het tweede project van ons vijfde schooljaar. Voor dit project waren onze opdrachtgevers dhr. Jean-Paul Janse en Idco Duijnhouwer.

Onze opdracht is om onderzoek te doen naar kustwal-eilanden en hoe we duinvorming hierop kunnen bevorderen. De aanleiding voor dit project is de terugkeer van oude zandbanken. Deze waren vroeger aanwezig langs de kust van Zeeland. Ze werden 'hompels' genoemd. De hompels lagen dwars voor de kust en zorgden deels voor bescherming van de kust. Door de stijgende zeespiegel verdwenen deze zandbanken weer onder water. De laatste jaren komen deze zandbanken echter weer terug. Deze keer parallel aan de kust. Ook nu kunnen deze zandbanken bescherming bieden voor Zeeland. Met Droomproject De Banjaard wilt Shared Concepts gebruik maken van 'Building with Nature' om deze nu nog kleine zandbanken uit te laten groeien tot kustwal-eilanden waar duinvorming op wordt gestimuleerd. Deze kustwal-eilanden bieden dan bescherming voor de kust, een plek voor seagriculture, een leefgebied voor dieren en een plek voor het zogenoemde tidal-tourism. Hoewel er maatregelen worden genomen om de kust te beschermen door middel van oesterriffen bij de Zeelandbrug, zal dit volgens Shared Concepts niet genoeg zijn en moeten de nieuwe zandbanken gestimuleerd worden om uit te groeien tot kustwal-eilanden.

Gedurende het project hebben we de taken zo eerlijk mogelijk verdeeld en ook rekening gehouden met ieders interesses en sterke kanten.

Wij zouden graag onze opdrachtgevers dhr. Jean-Paul Janse en Idco Duijnhouwer willen bedanken voor de leuke en interessante opdracht. Daarnaast bedanken we ook Idco Duijnhouwer, de expert die ons heeft geholpen tijdens dit project. Ook willen we onze docenten de heer Groot en mevrouw Robyn bedanken voor hun goede begeleiding tijdens dit project.

## Inhoud

1. Inleiding .....	5
2. Vooronderzoek .....	7
3. Onderzoeksvragen en hypothese .....	8
3.2 Onderzoeksvragen .....	8
3.2.1 Hoofdvraag .....	8
3.2.2 Deelvragen .....	8
3.3 Hypothese .....	8
4. Literatuuronderzoek .....	9
4.1 Zandwinning willen we graag uitvoeren met zo veel mogelijk meerwaarde voor de plek waar we het winnen. Wat is hiervoor een goede keuze? .....	9
4.2 Zandwinning en zandopspuiten wordt traditioneel uitgevoerd met machines die niet CO <sub>2</sub> -neutraal werken, wat bijdraagt aan het klimaatprobleem. Kunnen we hiervoor alternatieven inzetten? .....	10
4.3 Wat voor invloed heeft helmgras op de groei en vorming van duinen? .....	12
4.4 Hoeveel efficiënter is het om de duinvorming handmatig te bevorderen dan dat we de natuur haar eigen gang laten gaan? .....	13
5. Methode en materialen .....	14
Hoe en waar moeten de duinen zich bevinden? .....	14
6. Eindproduct .....	15
5.1 Techniek achter de interactieve kaart .....	15
6.2 werking van de interactieve kaart .....	16
5.3 Ontwerpkeuze .....	17
7. Conclusie .....	18
6.1 Deelvragen .....	18
6.1.1 Zandwinning willen we graag uitvoeren met zo veel mogelijk meerwaarde voor de plek waar we het winnen. Wat is hiervoor een goede keuze? .....	18
6.1.2 Zandwinning en zandopspuiting wordt traditioneel uitgevoerd met machines die niet CO <sub>2</sub> -neutraal werken, wat bijdraagt aan het klimaatprobleem. Kunnen we hiervoor alternatieven inzetten? .....	18
6.1.3 Wat voor invloed heeft helmgras op de groei en vorming van duinen? ....	18
6.1.4 Hoeveel efficiënter is het om de duinvorming handmatig te bevorderen dan dat we de natuur haar eigen gang laten gaan? .....	19
7.2 Hoofdvraag .....	19
7.2.1 Kunnen wij op kustwaleilanden de duinvorming bevorderen? .....	19
8. Discussie .....	20
9. Aanbevelingen .....	21

Nawoord .....	22
Bibliografie.....	23
Bijlagen - Bijlage 1 – Planning.....	0

## 1. Inleiding

Wij zijn studenten van Pontes Het Goese Lyceum. Doordat we een Technasium-opleiding op onze school volgen, is ons een project toegewezen door dhr. Jean-Paul Janse en Idco Duijnhouwer.

Voor de kust van Zeeland ligt een bijzonder gebied. Tussen de Roompot en de Banjaard bevonden zich vroeger zandbanken die maar net boven de zeespiegel uitkwamen. Deze zandbanken boden bescherming tegen de zee en lagen dwars op de kust. Na overstromingen en een alsmaar stijgende zeespiegel verdwenen deze zandbanken echter weer en kwamen ze lange tijd niet meer terug. De kust was niet meer natuurlijk beschermd en er was dus meer gevaar. Nu, na vele jaren, komen de zandbanken weer terug voor de Zeeuwse kust.

De zandbanken die nu ontstaan zijn echter van een andere vorm. Ze liggen nu parallel aan de kust en zijn veel smaller. Voor de brouwersdam vormt zich nu een zandbank die zou kunnen uitgroeien tot een kustwaleiland. Dit gebeurt voor een groot deel door stranddrift en de wind. Deze zandbanken zouden in de toekomst, als ze groot genoeg zijn, de Zeeuwse kust kunnen beschermen. De aangroei van deze kustwaleilanden gaat alleen niet zo snel als nu gewenst is. Shared Concepts heeft nu als doel om deze zandbanken versneld te laten uitgroeien tot kustwaleilanden door middel van 'Building with Nature' en heeft ons gevraagd om hier onderzoek naar te doen. Hogeschool Rotterdam en de TU Delft doen ook mee met deze opdracht van Shared Concepts.

Building with Nature is een bouwtechniek die gebruik maakt van natuurlijke materialen en bouwmethoden. Deze bouwtechniek wordt voornamelijk toegepast bij projecten met water en ecosystemen, zodat diezelfde ecosystemen beter beschermd kunnen worden. Een voorbeeld waar Building with Nature is toegepast is voor de kust van Ter Heijde. Daar is in 2011 veel zand gestort dat met behulp van natuurlijke stroming en de wind de Nederlandse kust moet versterken.

In een tijd dat het klimaat verandert en de zeespiegel stijgt wordt vooral de situatie voor Zeeland steeds risicovoller. Nu de kustwaleilanden terugkomen kan dit een blijvende oplossing bieden voor het probleem van een kust die nu nog niet goed genoeg is beschermd voor de toekomst. Het aangroeien van deze kustwaleilanden zal versneld moeten worden om zo snel mogelijk Zeeland beter te beschermen. Om deze reden hebben dhr. Jean-Paul Janse en Idco Duijnhouwer bij ons de opdracht neergelegd om onderzoek te doen naar de aangroei van duinen op de kustwaleilanden m.b.v. 'Building with Nature'.

De opdrachtgever voor dit project is Jean-Paul Janse. Hij is architect-filosoof.

In dit verslag vermelden wij de literatuurstudie die aansluit bij het project. Daarnaast kunt u hier de resultaten van dit project, de conclusie, de discussie en de aanbevelingen vinden. Dit verslag wordt afgesloten door het nawoord, een lijst met de gebruikte bronnen en de bijlagen.

De hoofdvraag van dit project luidt: "Kunnen wij op kustwal-eilanden de duinvorming bevorderen?" We hebben deze hoofdvraag onderverdeeld in meerdere deelvragen,

die later in dit verslag behandeld zullen worden. De resultaten van het project zullen worden gepresenteerd in de vorm van een presentatie en een verslag.

## 2. Vooronderzoek

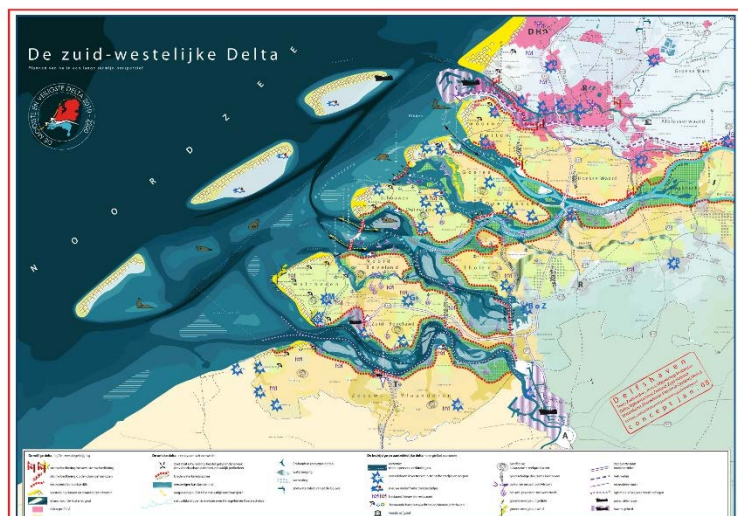
De Banjaard is een stelsel zandplaten in de Noordzee, dat zich voor de Zeeuwse kust bevindt. Het bevindt zich ten noorden van Walcheren en ten zuidwesten van de kop van Schouwen.

Enkele zandbanken voor de Zeeuwse kust zijn aangegroeid tot eilanden. Ook zijn de duinen verbreed, om de Delta nog veiliger te maken. Het is belangrijk dat we de Delta zo inrichten dat het water een vriend is. Dit betekent dus dat we het water kunnen gebruiken maar in gevaar van nood het ook als een vijand in de boeien kunnen slaan. Qua veiligheid worden er geen concessies gedaan.

Eerder is er al een toekomst maakt gemaakt van Zeeland door architectenbureau West 8 in opdracht van Rijkswaterstaat. Op deze kaart uit 2200 zijn de Deltawerken aangepast. Er zijn nog veel grotere gaten dan in de stormvloedkering in aangebracht, zodat de overgang van zout en zoet water minder scherp zijn.

De Deltawerken, hoe die er nu zijn hebben grote

ecologische nadelen. Dit zeiden de natuurbeschermers al lang, maar nu zeggen de ingenieurs van Rijkswaterstaat het hen na. Er zijn meerderen nadelen aan hoe de Deltawerken er nu bij staan. Voor de mensen die er wonen is het niet prettig om te wonen aan een meer dat er uit ziet als een slecht schoongemaakt weer, waarin je niet kan zwemmen. Ook kunnen er momenteel geen mossels en oesters gekweekt worden. Er moet veel veranderen, maar in de praktijk gebeurt er weinig. (Schreuter, 2008)



Figuur 1 Plan architectenbureau West 8



## 3. Onderzoeksvragen en hypothese

### 3.2 Onderzoeksvragen

#### 3.2.1 Hoofdvraag

Kunnen wij op kustwaleilanden de duinvorming bevorderen?

#### 3.2.2 Deelvragen

- Zandwinning willen we graag uitvoeren met zo veel mogelijk meerwaarde voor de plek waar we het winnen (zodat we werk met werk maken). Wat is hiervoor een goede keuze?
- Zandwinning en zandopsputten wordt traditioneel uitgevoerd met machines die niet CO<sub>2</sub>-neutraal werken, wat bijdraagt aan het klimaatprobleem. Kunnen we hiervoor alternatieven inzetten?
- Wat voor invloed heeft helmgras op de vorming en groei van duinen?
- Hoeveel efficiënter is het om de duinvorming handmatig te bevorderen dan dat we de natuur haar eigen gang laten gaan?

### 3.3 Hypothese

We denken dat we op een duurzame manier de duinvorming op kustwaleilanden kunnen bevorderen. De zandwinning kan uitgevoerd worden op plekken waar zich te veel zand bevindt, zoals in rivieren die moeten worden leeggehaald om plek te maken voor het water. Dit zou kunnen met zandwinninginstallaties. We verwachten dat we met elektrische schepen het zand CO<sub>2</sub>-neutraal kunnen vervoeren en de eventuele uitstoot zou bijvoorbeeld gecompenseerd kunnen worden. Ook verwachten we dat we door een goede aanplant van helmgras de duinbevordering kunnen versterken. We onderstellen dat de zandbanken boven zeeniveau kunnen komen door het zand voor de zandbank te storten en dat de zee en wind de rest van het werk doen. Ten slotte denken we dat het efficiënter, maar ook risicovoller kan zijn om de duinvorming handmatig te bevorderen in plaats van de natuur haar gang te laten gaan.

## 4. Literatuuronderzoek

### 4.1 Zandwinning willen we graag uitvoeren met zo veel mogelijk meerwaarde voor de plek waar we het winnen. Wat is hiervoor een goede keuze?

Zandwinning is, zoals de naam al zegt, het winnen van zand op een plek waar het niet direct nodig is. Het gewonnen zand kan worden getransporteerd naar een locatie waar ze het wel nodig hebben om daar een nieuwe functie uit te voeren, zoals het ophogen van nieuwe woonwijken en wegen.

Zand is een korrelig materiaal dat is afgebroken van gesteenten. Dit kan gebeurd zijn door middel van erosie door de wind of het water. Ook kan zand of gesteenten worden meegenomen met ijskappen die zich tijdens ijstijden tot aan Nederland bevonden, of met rivieren. Door transport door bijvoorbeeld zo'n rivier botsen stenen weer op elkaar en kunnen er weer stukken afbrokkelen. Dit zorgt uiteindelijk ook voor het ontstaan van zand.

Er zijn veel verschillende soorten zand. Dit heeft onder andere met de grootte van het zand te maken. Op stranden en duinen langs de Nederlandse kust, maar ook in de rivieren door Nederland bevindt zich voor het overgrote deel kwartzand. Toch zijn er verspreid over de wereld veel verschillende soorten zand te vinden. Zo bevindt zich bij vulkanische activiteiten een heel ander soort zand. Dit zand is zwart en komt van het vulkanische gesteente af. (Vries W. d., 1994) (Natuurinformatie, z.d.)

Zandwinning gebeurt op verschillende plekken. Zo wordt zand in Nederland in groeven of afgravingen en onder de waterspiegel gewonnen. Op plekken als een groeve of afgraving is er geen voordeel van het winnen van zand voor dat gebied.

Een voorbeeld van een zandwinningsplek is in het rivierengebied, specifiek de rivier de Waal. Dit gebeurt daar al heel lang, maar vanaf de vorige eeuw pas met machines als zandzuigers. Het zand lag in de Waal niet direct aan de oppervlakte, maar onder een rivierkleilaag. Onder die rivierklei lagen grote hoeveelheden zand en grind van tientallen meters dik. Dit zou in ijstijden afgezet zijn door vlechtende rivieren. Niet alleen in de rivierbedding was zand te vinden, maar ook in de uiterwaarden. Hier was het winnen veel makkelijker. Op deze plekken ontstonden zandwinputten. Deze zijn nog steeds zichtbaar als een grote plas. Door moderne technieken zijn deze



*Figuur 2: Langs de Nederlandse kust bevindt zich kwartzand.*



*Figuur 3: De samenstelling van kwartzand nabij Wijk aan Zee.*



*Figuur 4: Strand met zwart vulkanisch zand.*

putten tot wel 40 meter diep geworden. Sommige van deze plassen zijn nu in gebruik als recreatieplassen met zandstranden, andere als overnachtingshaven en weer andere als natuurgebied.

Het is tevens ook niet heel gek dat veel zandwinplaatsen zich langs een rivier bevinden. Als het om transport gaat heeft een rivier voordelen. Het transport van zand over een rivier is veel goedkoper dan via de weg of het spoor. Met zo'n put langs een rivier kan het zand zo in het schip worden ingeladen en naar de eindbestemming worden vervoerd.

De beste manier voor zandwinning is om het zand te winnen langs een rivier. Zo ontstaat er een zandwinput waar je veel nieuwe dingen mee kan creëren, zoals een recreatie- of natuurgebied. Ook zijn de vervoermogelijkheden het goedkoopst en is de plek goed bereikbaar.



*Figuur 5: Een overnachtingshaven (links) gemaakt in een zandwinput langs de Waal.*

#### 4.2 Zandwinning en zandopspuiten wordt traditioneel uitgevoerd met machines die niet CO<sub>2</sub>-neutraal werken, wat bijdraagt aan het klimaatprobleem. Kunnen we hiervoor alternatieven inzetten?

Zandwinning gebeurt net als zandopspuiten op verschillende plekken. Op het water worden hiervoor speciale schepen ingezet. Dit zijn zogenaamde sleephopperzuiger. Oudere sleephopperzuigers zijn echter vrij vervuilend en dragen dus bij aan het klimaatprobleem. De laatste jaren investeren verschillende bedrijven in nieuwe schepen die veel minder CO<sub>2</sub> uitstoten.

Zo heeft het bedrijf Van Oord in de zomer van 2019 opdracht gegeven aan Keppel FELS Limited om al de derde nieuwe sleephopperzuiger te laten bouwen. Deze nieuwe schepen zouden de CO<sub>2</sub>-voetafdruk van het bedrijf moeten verkleinen, doordat ze elektrisch aangedreven onderwaterbaggerpompen krijgen. Ook wordt het klimaatregelsysteem beter, doordat deze gebruik gaat maken van de koel- en verwarmingsbronnen van het schip zelf. (Van Oord, 2019)

Van Oord heeft in maart van dit jaar al een valpijpschip aangepast door er een verbrandingssysteem op te installeren dat draait op waterstof en methanol. Hierdoor wordt zowel het brandstofverbruik als de schadelijke uitstoot van dieselmotoren sterk gereduceerd. Zo is er een sterke vermindering te zien in de uitstoot van koolstofdioxide, stikstofoxide, fijnstof en roet. Van Oord heeft hiervoor gekozen, omdat ze in 2050 klimaatneutraal willen zijn. Alle schepen van de vloot van het bedrijf zullen dus worden aangepast. Ook de schepen die worden ingezet voor zandwinning en zandopspuiting. (Van Oord, 2021)



*Figuur 6: De nieuwe sleephopperzuiger van Van Oord.*

Eind maart werd ook het ontwerp voor een op waterstof aangedreven sleephopperzuiger goedgekeurd. Het bedrijf Royal IHC onderzoekt samen met Rijkswaterstaat een schip genaamd 'LEAF' (low energy adaptive fuel). Royal IHC begon in 2019 met het ontwerpen hiervan en nu is het dus tijd voor een volgende stap. De nieuwe sleephopperzuiger moet in 2024 al in bedrijf zijn. Rijkswaterstaat wil in 2030 al CO2-neutraal zijn. Dit betekent dat er de komende jaren dus meer sleephopperzuigers op waterstof moeten worden aangedreven, wat alleen waterdamp uit zal stoten. Op de wat langere termijn is een sleephopperzuiger op waterstof dus de beste optie. (Alles over waterstof, z.d.) (Royal IHC, 2021)

Voor het vervoer van het zand is de beste optie om dit te doen met een binnenvaartschip. Het bedrijf Kesteleyn vervoert het zand dat ze hebben gewonnen op zee met een binnenvaartschip naar hun klanten. Op die manier halen ze jaarlijks 73.000 vrachtwagens van de weg die veel meer CO2 uitstoten. (Klerk, 2008)

Tevens zijn er in 2018 ook elektrische binnenvaartschepen verschenen. Deze kunnen worden opgeladen of de batterij kan worden vervangen. Ook varen deze schepen volledig automatisch zonder bemanning. Er is berekend dat zes elektrische schepen per jaar 18.000 ton CO2 besparen in vergelijking met dieselschepen. De schoonste vervoermogelijkheid zal dus via zo'n schip kunnen. (RTL Nieuws, 2018)



*Figuur 7: Een elektrisch binnenvaartschip.*

### 4.3 Wat voor invloed heeft helmgras op de groei en vorming van duinen?

Helm (*Ammophilla arenaria*) is een belangrijk gras welke een grote rol speelt bij de duinvorming. Het is de meest kenmerkende duinplant aan de Nederlandse kust. Het houdt het zand vast en heeft een snelle groeisnelheid en voortplantingskracht. Helm is erg bestand tegen vele dingen, wat het een geschikte plant maakt voor in de duinen. Zo verdraagt helm de scheurende werking van het zand, een bloot liggende wortel en de droogte. In de droogte rolt het blad tot een rolletje op. Hierdoor zijn dan de huidmondjes door meerdere lagen blad beschermd tegen verdamping. (Ribot, 2011) Helmgras maakt lange wortelstokken die diep in het zand doordringen. De plant kan per jaar een toename van een meter stuifzand aan. Zo groeit het gras steeds weer boven het zand uit. (Van Aalsburg, sd)



Figuur 8: Helmgras tekening

Helmgras overleeft dus door stuivend zand op te vangen en hiervan een duin te bouwen. Er is echter wel een verschil in helmgras. Zo worden de duinen in Europa tot wel 15 meter hoog, terwijl de duinen in Amerika, die gebruikmaken van de Amerikaanse tegenhanger van ons helmgras, niet hoger dan 6 meter. (Reijers, 2019) In Amerika wordt helm echter gezien als een vervelend soort onkruid. Er is ooit iemand geweest die wat helm heeft ingevoerd, en sindsdien is het al over het hele land verspreid. Hier verdrong het andere plantensoorten als het Amerikaans strandgras. Daardoor wordt het helmgras nu actief bestreden in Amerika. (Vries F. d., 2011)

Helmgras is een van de eerste soorten planten die zich in de duinen vestigt. Het kan eigenlijk niet tegen zout, dus er moet wel eerst zoetwater in de grond zitten. Stuivend zand is eigenlijk een van de dingen die helm in leven houdt. Dit zorgt er namelijk voor dat er minder vretende insecten aan de plant gaan zitten waardoor het dood kan gaan. Als het ergens minder stuift, bijvoorbeeld door de groei van andere planten, heeft het minder kans om te overleven. (Ecomare, n.d.)

Gegevens Helmgras	
Afmetingen	50 tot 120 centimeter
Kleur	Grijs-groen
Bloeitijd	Juni en juli
Voortplanting	Zaad, wortelstok
Levensduur	Overblijvend
Verspreiding	Langs de kusten van Zuid- en West-Europa, ingevoerd in Noord-Amerika en Australië

#### 4.4 Hoeveel efficiënter is het om de duinvorming handmatig te bevorderen dan dat we de natuur haar eigen gang laten gaan?

Duinen ontstaan langs zanderige kusten met ondiepe zee, waarbij de wind meestal uit zee komt. In Nederland is de meest voorkomende windrichting zuidwest. De wind komt 30% van de tijd uit deze hoek. Hierdoor heeft de wind in Nederland een grote invloed op de vorming van de duinen, aangezien het westen van ons land grotendeels aan het water ligt. (Janssen, 2021)

**Voorkomen van windrichting per maand**



	Noord	Noordoost	Oost	Zuidoost	Zuid	Zuidwest	West	Noordwest
Januari	3	10	9	10	19	31	11	7
Februari	5	10	8	10	17	27	14	8
Maart	8	12	10	9	11	23	17	9
April	13	14	10	9	13	18	12	12
Mei	15	15	10	7	7	19	13	14
Juni	13	11	5	7	8	25	17	15
Juli	9	9	6	5	8	29	19	13
Augustus	9	7	7	9	11	29	17	11
September	7	11	8	11	15	25	13	10
Oktober	4	10	10	13	22	25	10	6
November	4	6	8	14	26	26	10	6
December	4	10	9	9	21	31	12	5

windrichting per maand in %

*Figuur 9 Windrichtingen Nederland*

Zoals al besproken bij deelvraag drie, helpen planten mee bij het ontstaan van duinen. Ze houden het stuivende zand vast met hun bladeren. In deelvraag drie hebben we het over Helmgras gehad, maar ook Biestarwegras is erg goed in het helpen van het vormen van duinen. Deze plant groeit ook op zout zand en heeft erg veel blad, waarmee het zand tegengehouden kan worden. (Ecomare, n.d.)

In de natuur groeit er vaak eerst Biestarwegras op een duin, omdat dit tegen het zoute zand kan. Later als de duinen al wat gegroeid zijn, tot ongeveer een meter hoog, kan er door de regen een zoetwaterbel ontstaan in de duinen. Hierna neemt het Helmgras de duin over, omdat dit snel groeit en nog meer zand vasthoudt. (Ecomare, n.d.)

## 5. Methode en materialen

### Hoe en waar moeten de duinen zich bevinden?

Aangezien de overheersende windrichting zuidwest is, zullen de golven ook vanuit deze richting op de kust slaan. Om de kust het meest van de tijd te beschermen zullen de kustwaleilanden de kust moeten beschermen die naar het zuidwesten ligt. Echter komt de wind ook regelmatig uit het noordwesten, waarbij eventuele stormen grote schade kunnen aanrichten, zoals bij de Watersnoodramp van 1953. De kustwaleilanden zouden dus eigenlijk rond de hele eilanden moeten komen te liggen, met vaargeulen er doorheen voor schepen, maar om het met de Building with Nature techniek uit te voeren, zullen vooral de bestaande zandbanken moeten uitgroeien tot kustwaleilanden en geen nieuwe worden opgespoten.

Toch heeft de wind ook een voordeel voor de eilanden, omdat de wind van grote invloed is op de vorming van de duinen. De wind kan het zand meenemen van een plek waar het los ligt en het dan neerleggen op een ophoging waar het zand voor kan blijven liggen. Dit geldt ook voor het water dat ook zand mee kan nemen. Zo groeit een duin steeds hoger. Om de eilanden goed en op een natuurlijke wijze te laten groeien zal er dus zand voor de nu al bestaande zandbanken neergelegd moeten worden, zodat de wind en golven het zand mee kunnen nemen naar de kustwaleilanden die dan kunnen ontstaan.

Om de kustwaleilanden boven de zeespiegel te laten uitgroeien kan met verschillende grassoorten de duinvorming worden bevorderd. In het begin van het proces zal dit kunnen met Biestarwegras, omdat de zandbanken dan nog zout zijn, maar zodra de kustwaleilanden hoog genoeg zijn en er zoet water aanwezig is kan er Helmgras worden geplant.

## 6. Eindproduct

Ons eindproduct brengen we in de vorm van een interactieve kaart die op de website van de opdrachtgever geplaatst kan worden, zoals aangevraagd door de opdrachtgever. In deze kaart laten wij zien hoe wij tot het eindresultaat zijn gekomen en laten we door middel van afbeeldingen zien hoe het er in de realiteit uit zal komen te zien. Dankzij ons huidige ontwerp wordt de kust van Zeeland beschermd tegen zowel stromen uit noordelijke als zuidelijke richting. Hier leest u verder hoe de interactieve kaart is gemaakt en werkt en hoe we op het ontwerp zijn gekomen.

### 5.1 Techniek achter de interactieve kaart

Het eindproduct is gemaakt in HTML. We hebben hiervoor gekozen, omdat dit erg makkelijk is om via een iframe te doen. Een iframe wordt gebruikt om een HTML document weer te geven in een ander HTML document. Hierdoor kan de opdrachtgever, of iemand die aan de website van Shared Concepts werkt, makkelijk het ontwerp implementeren op de website. Voor de opmaak is er gebruik gemaakt van CSS. Dit is een taal waarin het uiterlijk van het HTML document aangepast kan worden. Hiermee hebben we bijvoorbeeld de knop ontworpen waarmee iemand terug kan, maar ook de tekst opgemaakt.

In de kaarten hebben we 'image maps' aangebracht. Hierdoor kan de gebruiker op een bepaald onderdeel klikken waarna hij of zij naar een ander document doorverwezen wordt. Een probleem waar we tegenaan liepen is dat het nog niet op meerdere computers werkte. De grootte en instellingen van het beeldscherm beïnvloedde de 'image maps' zodat bezoekers van de website niet meer op de juiste plekken konden klikken. Om dit op te lossen hebben we gebruik gemaakt van JavaScript. Door een script te implementeren in de HTML van David J Bradshaw konden we dit oplossen. Dit script is speciaal ontworpen om dit probleem op te lossen.

```
<!DOCTYPE>
<html>
<head>
<style>
.btn {
  position: absolute;
  top: 25px;
  left: 25px;
  border: none;
  background-color: white;
  padding: 14px 28px;
  font-size: 16px;
  cursor: pointer;
  display: inline-block;
}
.btn:hover {background: #eee;}
</style>
</head>
<body>
<button class="btn" onclick="window.location.href='index.html'">Terug</button>

<map name="workmap">
  <area shape="poly" coords="421,282,434,270,455,256,475,239,502,224,524,216,538,215,555,217,564,221,556,227,548,
</map>
<script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.3.1/jquery.min.js"></script>
<script src="ImageMapResizer.min.js"></script>
<script>
$(document).ready(function() {
  $('map').ImageMapResize();
});
</script>
</body>
</html>
```

Figuur 10: Één van de 4 HTML pagina's



## 6.2 Werking van de interactieve kaart

Wanneer iemand de website van Shared Concepts bezoekt zal er dus ergens op de website een ruimte zijn waar ons ontwerp staat. De bezoeker wordt verwelkomd door een tekst die onze opdracht omschrijft, waarna hij of zij op een knop kan klikken om de kaart te openen. Hierna ziet de bezoeker de kaart van Nederland met een vakje om Zeeland heen. Hier kan dan geklikt op worden. Als dit gedaan is kan de bezoeker van dichtbij zien hoe ons ontwerp van de Zeeuwse voordelta er uit ziet. Er kan dan geklikt worden op een aantal van onze nieuw ontworpen zandbanken waarna de bezoeker uitleg krijgt over waarom wij precies voor deze locatie en vorm van de zandbank hebben gekozen.

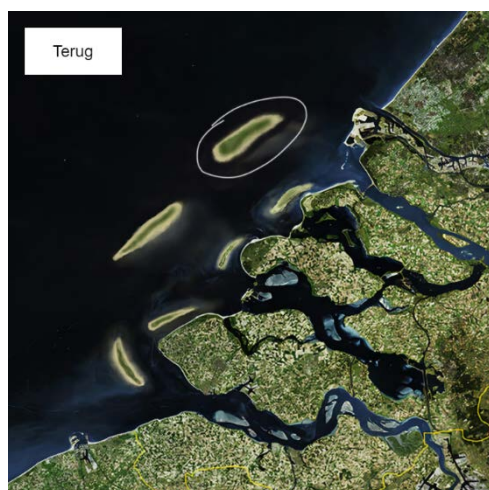
Verder kunnen we nog meerdere klikbare gebieden maken in de kaart. Zo kan de gebruiker dan bijvoorbeeld op de duinen klikken om daar meer informatie over te krijgen of op bepaalde delen van het water voor richtingen en informatie over stromingen.



Figuur 11: Beeld 1 Interactieve kaart



Figuur 12: Beeld 1 interactieve kaart



Figuur 13: Beeld na klikken witte vlak

### 5.3 Ontwerpkeuze

Wij hebben gekozen voor de locaties waar de zandbanken zich nu bevinden in het ontwerp, omdat de zandbanken op deze manier het grootste deel wat direct bloot ligt aan de zee beschermd is tegen de kracht van noordwester stormen en golven door de grote eilanden. Ook is Zeeland zo beschermd door de wat minder krachtige maar vaker voorkomende kracht van zuidwester stormen en golven door de kleinere eilanden.



*Figuur 14: De kaart van Zeeland met de ingetekende zandbanken*

De eilanden zijn open voor wadlopers wat er voor zorgt dat het naast beveiliging voor Zeeland ook een toeristische attractie is.

Bij het bedenken van de positie van de eilanden hebben wij geprobeerd rekening te houden met de scheepvaart. Daardoor liggen de eilanden uit de directe weg voor belangrijke scheepvaart routes.

De kleine zandbanken die vlak voor de kust liggen bevinden zich voor het grootste deel op de fundamente van de oude zandbanken die er ooit lagen om daarmee de benodigde hoeveelheid zand te verminderen.

Ons eindproduct brengen we in de vorm van een interactieve kaart die op de website van de opdrachtgever geplaatst kan worden, zoals aangevraagd door de opdrachtgever. In deze kaart laten wij zien hoe wij tot het eindresultaat zijn gekomen en laten we door middel van afbeeldingen zien hoe het er in de realiteit uit zal komen te zien.

## 7. Conclusie

### 6.1 Deelvragen

6.1.1 Zandwinning willen we graag uitvoeren met zo veel mogelijk meerwaarde voor de plek waar we het winnen. Wat is hiervoor een goede keuze?

De beste plek voor zandwinning is in het rivierengebied. Dit kan bijvoorbeeld langs de Waal. Bij rivieren liggen veel sedimenten die zijn meegevoerd met de rivier of vroeger in ijstijden met grote ijskappen. Langs en in de rivier liggen grote hoeveelheden zand die makkelijk gewonnen kunnen worden. Langs de rivier ontstaan dan zandwinputten die later een functie kunnen krijgen als haven, recreatiegebied of natuurgebied. De winning langs een rivier biedt ook voordelen voor het vervoer van het zand, omdat het gelijk over de rivier naar de projectlocatie kan worden getransporteerd wat veel goedkoper is dan over de weg of het spoor.

6.1.2 Zandwinning en zandopspuiting wordt traditioneel uitgevoerd met machines die niet CO<sub>2</sub>-neutraal werken, wat bijdraagt aan het klimaatprobleem. Kunnen we hiervoor alternatieven inzetten?

Voor de zandwinning en zandopspuiting worden sleephopperzuigers ingezet. Veel bedrijven zetten de laatste jaren in op schepen die minder CO<sub>2</sub> uitstoten. Het bedrijf Van Oord heeft in 2019 opdracht gegeven om nieuwe sleephopperzuigers te laten bouwen die veel minder CO<sub>2</sub> zouden moeten uitstoten door een vernieuwd koel- en verwarmingssysteem. Ook heeft Van Oord dit jaar een valpijpschip aangepast door er een motor op te installeren die draait op waterstof en methanol, omdat Van Oord in 2050 klimaatneutraal wilt zijn. Dit zorgt voor een sterke reductie in brandstofverbruik en schadelijke uitstootgassen. De techniek om bestaande schepen aan te passen bestaat dus al.

Het bedrijf Royal IHC werkt samen met Rijkswaterstaat aan een sleephopperzuiger die volledig vaart op waterstof. Het ontwerp hiervan is goedgekeurd en waarschijnlijk is het eerste schip op waterstof in 2024 in bedrijf.

Het vervoer van het zand kan met een elektrisch binnenvaartschip. Deze schepen kunnen worden opgeladen of de accu kan makkelijk en snel worden vervangen. Ook vaart dit schip volledig automatisch en kan het makkelijk bij de zandwinlocatie langs de rivieren komen.

De beste optie voor het zandwinnen en zandopspuiten is dus met een op waterstof varende sleephopperzuiger en voor het vervoer is het de beste optie om dit met een automatisch, elektrisch binnenvaartschip te doen.

6.1.3 Wat voor invloed heeft helmgras op de groei en vorming van duinen?

Helm is kenmerkend voor de Nederlandse duinen. Het houdt het zand goed vast en groeit snel. Helm kan de scheurende werking van het zand, een blootliggende wortel en ook droogte weerstaan. Bij droogte rolt de plant zijn blad op tot een rolletje, waardoor de huidmondjes beschermd zijn tegen de verdamping. Helm heeft lange wortelstokken die tot diep in het zand doordringen en kan per jaar een toename van een meter stuifzand verdragen. Het Europese helmgras kan duinen vormen van tot

wel 15 meter hoog, terwijl de Amerikaanse soort slechts 6 meter hoge duinen kan verdragen. Helmgras vestigt zich vaak als een van de eerste planten in de duinen, maar er moet wel zoet water beschikbaar zijn. Stuivend zand zorgt ervoor dat helmgras geen last heeft van vretende insecten.

#### 6.1.4 Hoeveel efficiënter is het om de duinvorming handmatig te bevorderen dan dat we de natuur haar eigen gang laten gaan?

Duinen ontstaan langs zanderige kusten waar ook nog de wind van de zee komt. In Nederland komt de wind vaak uit het zuidwesten. De wind heeft dus veel invloed op duinvorming in Nederland, omdat de meeste kustlijn aan het westen van het land ligt. Bij de duinvorming groeit er vaak eerst Biestarwegras op een duin. Dit soort gras kan tegen het zoute zand. Als de duinen na verloop van tijd weer wat zijn gegroeid tot rond de meter hoog, kan er een zoetwaterbel ontstaan door de regen. Dan kan er helmgras op de duin groeien, omdat deze soort alleen tegen zoet water kan. Concluderend heeft het niet veel meer zin als we de duinvorming handmatig bevorderen dan wanneer we de natuur haar eigen gang laten gaan. Het gaat beide met ongeveer dezelfde snelheid.

## 7.2 Hoofdvraag

### 7.2.1 Kunnen wij op kustwaleilanden de duinvorming bevorderen?

Bij de vorming van kustwaleilanden kunnen we de duinvorming licht bevorderen door zand dat is gewonnen met CO<sub>2</sub>-neutrale schepen in het rivierengebied voor de kustwaleilanden te leggen. De wind komt in Nederland het meest van de tijd uit het zuidwesten tot noordwest, dus de wind en golven zullen het zand meenemen naar de kustwaleilanden waar het kan blijven liggen, door de aanwezigheid van aangeplant biestarwegras. Later kan er helmgras worden aangeplant dat beter bestand is tegen de omstandigheden op de kustwaleilanden, wat zorgt voor een betere bescherming van de kustwaleilanden en dus ook van de Zeeuwse kust.

## 8. Discussie

Terugkomend op onze hypothese die we eerder in dit verslag hebben verwoord, bevestigen de resultaten van het onderzoek deze hypothese voor het grootste gedeelte. De hypothese bevindt zich hieronder nog een keer.

### **Hypothese**

We denken dat we op een duurzame manier de duinvorming op kustwaleilanden kunnen bevorderen. De zandwinning kan uitgevoerd worden op plekken waar zich te veel zand bevindt, zoals in rivieren die moeten worden leeggehaald om plek te maken voor het water. Dit zou kunnen met zandwinninginstallaties. We verwachten dat we met elektrische schepen het zand CO<sub>2</sub>-neutraal kunnen vervoeren en de eventuele uitstoot zou bijvoorbeeld gecompenseerd kunnen worden. Ook verwachten we dat we door een goede aanplant van helmgras de duinbevordering kunnen versterken. We onderstellen dat de zandbanken boven zeeniveau kunnen komen door het zand voor de zandbank te storten en dat de zee en wind de rest van het werk doen. Ten slotte denken we dat het efficiënter, maar ook risicovoller kan zijn om de duinvorming handmatig te bevorderen in plaats van de natuur haar gang te laten gaan.

Onze hypothese is voor het grootste gedeelte uitgekomen, maar onder andere over de zandwinning is de hypothese niet helemaal uitgekomen. De beste plek voor zandwinning blijkt naast de rivier te zijn en niet in de rivier zelf. Ook de manier voor zandwinning en zandopspuiting zal met speciale schepen moeten die zo min mogelijk CO<sub>2</sub> uitstoten. Over de efficiëntie van het handmatig bevorderen van duinvorming dachten we dat het veel verschil zou maken in vergelijking met de natuurlijke wijze. Hier zaten we deels naast. Het handmatig bevorderen is slechts een klein beetje efficiënter dan de natuurlijke wijze.

Onze onderzoeksmethode was eigenlijk vooral via bronnen op het internet. We hebben hier betrouwbare bronnen voor gebruikt. Een groot nadeel in ons onderzoek was de kortere tijd voor dit project. Als we meer tijd hadden gehad konden we ons meer verdiepen in wetenschappelijke bronnen op internet of fysiek. Dat zou een bredere uitkomst kunnen bieden.

## 9. Aanbevelingen

Een mogelijk vervolgonderzoek kan gaan over de machines die zandwinnen in het rivierengebied. Er kan dan onderzoek gedaan worden naar de haalbaarheid en snelheid van de ontwikkeling van op waterstof aangedreven sleeophopperzuigers. In ons onderzoek is niet opgenomen wanneer duidelijk is dat de nieuwe sleeophopperzuigers in bedrijf genomen kunnen worden.

Een ander onderzoek kan gaan over helmgras en hoe lang deze plant nodig heeft om een eiland boven zeeniveau te creëren. Wij hebben in ons onderzoek niet onderzocht hoelang het kan duren totdat een zandbank kan uitgroeien boven het zeeniveau door middel van verschillende soorten helmgrassen. Dat maakt het duidelijker voor de tijd die de uitvoer van het project nodig zou kunnen hebben.

## Nawoord

### **Ben**

In de loop van dit project is het steeds meer mijn interesse gaan trekken. Eerst zag ik het probleem niet echt in, maar na wat onderzoek gedaan te hebben begon ik te zien welk probleem er was en hoe we Building with Nature konden gebruiken om tot een oplossing konden komen. Het project begon ik ook steeds leuker te vinden toen we te horen kregen dat er als eindmodel een interactieve kaart kon komen. Ik vond het dan ook erg leuk en leerzaam om hieraan bezig te zijn en heb hier ook een hoop nieuwe dingen van geleerd. Hier ben ik een groot deel van een project mee bezig geweest, omdat ik graag een zelf ontworpen interactieve tool wilde zonder een programma van iemand anders te gebruiken wat niet goed op de website van de opdrachtgever geplaatst kan worden. De samenwerking binnen het team verliep naar mijn mening goed. Tijdens de periode dat de helft van de klas thuis zat was het wel even wennen en improviseren maar we zijn hier goed doorheen gekomen. De groepjes in ons team hielden ook goed contact met elkaar en we hebben veel informatie met elkaar kunnen uitwisselen. Graag wil ik de opdrachtgever, de expert en de docent nog bedanken voor het helpen bij het onderzoek.

### **Enzo**

Ik vond dit project erg leuk om uit te voeren, omdat we echt bezig waren met het onderzoeken en deels ontwerpen van een groot gebied wat zich ook redelijk dichtbij bevindt. Het onderzoeken van de verschillende dingen die tot een geheel komen vond ik leuk om te doen en ik ben ook trots op het eindresultaat dat we met de hele groep hebben neergezet. Zelf heb ik vooral gewerkt in het verslag, maar daarmee heb ik met onderzoek van bijvoorbeeld zandopspuiting toch bijgedragen aan het eindontwerp. De opdrachtgever en de expert hebben ons erg geholpen bij ons onderzoek en het eindontwerp wat erg fijn was. De samenwerking was goed, maar ik vond het wel jammer dat er steeds om en om een groep thuis werkte, want dat zorgde voor een wat moeilijker communicatie met elkaar.

## Bibliografie

- Alles over waterstof. (z.d.). *Ontwerp voor sleepopperzuiger op waterstof goedgekeurd*. Opgeroepen op mei 12, 2021, van Alles over waterstof: <https://allesoverwaterstof.nl/ontwerp-voor-sleepopperzuiger-op-waterstof-goedgekeurd/>
- Ecomare. (sd). *Duinen*. Opgehaald van Ecomare: <https://www.ecomare.nl/verdiep/leesvoer/landschappen/duinen/>
- Ecomare. (sd). *Helm*. Opgehaald van Ecomare: <https://www.ecomare.nl/verdiep/leesvoer/planten/duinplanten/helm/>
- Janssen, W. (2021, Januari 20). *Wind in Nederland*. Opgehaald van Weerplaza: <https://www.weerplaza.nl/weerinhetnieuws/klimaat/wind-in-nederland/6820/>
- Klerk, R. D. (2008, november 5). *Bouwmachines, Milieuvriendelijke zandwinning*. Opgeroepen op mei 18, 2021, van Bouwmachines: <https://www.bouwmachines.nl/geen-categorie/nieuws/2008/11/milieuvriendelijke-zandwinning-1014273>
- Natuurinformatie. (z.d.). *Natuurinformatie, zand*. Opgehaald van Natuurinformatie: <http://www.natuurinformatie.nl/ndb.mcp/natuurdatabase.nl/i000317.html>
- Reijers, V. (2019, Juni 14). *Kleine stapjes, grote sprongen – hoe helmgras duinen bouwt*. Opgehaald van Rijksuniversiteit Groningen: <https://www.rug.nl/news/2019/06/kleine-stapjes-grote-sprongen-hoe-helmgras-duinen-bouwt>
- Ribot, F. (2011, Juni 6). *Helmgras*. Opgehaald van Waterwereld: <https://www.waterwereld.nu/helmgras.php>
- Royal IHC. (2021, maart 31). *Royal IHC receives approval in principle for hydrogen-fuelled TSHD*. Opgeroepen op mei 12, 2021, van Royal IHC: <https://www.royalihc.com/en/news/royal-ihc-receives-approval-in-principle-for-hydrogen-fuelled-tshd>
- RTL Nieuws. (2018, januari 11). *RTL Nieuws, Hollands glorie: elektrisch binnenvaartschip gaat in de zomer het water op*. Opgeroepen op mei 18, 2021, van RTL Nieuws: <https://www.rtlnieuws.nl/nieuws/nederland/artikel/3808946/hollands-glorie-elektrisch-binnenvaartschip-gaat-de-zomer-het>
- Schreuter, A. (2008, Maart 17). *Zeeland over tweehonderd jaar*. Opgehaald van NRC: <https://www.nrc.nl/nieuws/2008/03/17/zeeland-over-tweehonderd-jaar-11505302-a266626>
- Van Aalsburg. (sd). *Helmgras planten*. Opgehaald van Van Aalsburg: <https://www.vanaalsburgbv.nl/producten/helmgras/>
- Van Oord. (2019, juli 16). *Van Oord, Van Oord versterkt baggervloot met derde nieuwe sleepopperzuiger*. Opgeroepen op mei 11, 2021, van Van Oord,



Marine ingenuity: <https://www.vanoord.com/nl/updates/van-oord-versterkt-baggervloot-met-derde-nieuwe-sleephopperzuiger/>

Van Oord. (2021, maart 15). *Van Oord, Van Oord past innovatieve technologie toe om uitstoot van vloot verder te verminderen*. Opgeroepen op mei 12, 2021, van Van Oord, Marine ingenuity: <https://www.vanoord.com/nl/updates/van-oord-past-innovatieve-technologie-toe-om-uitstoot-van-vloot-verder-te-verminderen/>

Vries, F. d. (2011, April). *Helm*. Opgehaald van Flora van de Wadden: <http://plantenrijk.blogspot.com/2011/04/deel-7-helm.html>

Vries, W. d. (1994). *Natuurtijdschriften, Wat is zand?* Opgehaald van Natuurtijdschriften, Toegang tot tijdschriften over de Nederlandse natuur: <https://natuurtijdschriften.nl/pub/414970>



## Bijlagen - Bijlage 1 – Planning

Weken		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
<b>T a k e n</b>	<b>Vorbereiding</b>																			
	Eerste gesprek		■							✕										
	<b>Verslag</b>																			
	Titelpagina	■									✕									
	Inleiding	■									✕									
	Vooronderzoeken	■	■	■	■						✕									
	Onderzoeksvragen				■	■	■	■	■	■	✕		■	■	■					
	Methode en materialen										✕			■	■					
	Resultaten										✕				■					
	Samenvatting										✕					■	■			
	Conclusie										✕						■			
	Discussie										✕							■	■	
	Aanbevelingen										✕							■	■	
	Nawoord										✕								■	
	Bronnen		■	■	■	■	■	■	■	■	✕		■	■	■	■	■			
	Inleveren										✕							■		
	<b>Overig</b>																			
	Logboek	■	■	■	■	■	■	■	■	■	✕		■	■	■	■	■	■	■	■
	Updategesprek				■						✕			■			■			
	Tussenoverleg								■	■	✕									
<b>Presentatie</b>																				
PP maken										✕								■		
Tekst maken										✕								■		
Presentatie uitvoeren										✕								■	■	

**Legenda:**

- Taken
- Inleveren
- Te plannen

