

Bijlage F Ecosysteemprocessen

F.1 Water- en sedimenttransportprocessen in zee

In het BNZ zijn de getijden, in combinatie met wind- en golfstromingen, de belangrijkste drijfveer voor het water- en sedimenttransport ter hoogte van het banken- en geulensysteem.

Het getij in het BNZ is semi-diurnaal waardoor er tweemaal daags een hoogwater en laagwater optreedt. De getijgolf is afkomstig uit de Atlantische Oceaan en passeert de Vlaamse kust in tegenwijzerzin vanuit de Britse kust, met een kleine bijdrage vanuit het Kanaal. Dit verloop zorgt er onder meer voor dat het hoogwater in Nieuwpoort een half uur eerder optreedt dan dat in Zeebrugge (Vlaamse Hydrografie, 2018). Onder invloed van de getijgolf treedt er een verandering op in de waterstand of getijdenamplitude (verticaal getij) die varieert tussen 3 (doodtij) en meer dan 5 m (springtij), en langsheen de kust met een afname richting noordoosten (Devriese L. *et al.*, 2018). Naast het verticaal getij treedt er ook een horizontaal getij op langsheen de kust dat leidt tot sterke getijdenstromingen gaande van 0.5 tot 1.5 m/s (Mathys, 2010). De getijdenreststromingen - en in mindere mate de door de wind veroorzaakte stromingen en golven - zijn de stuwende parameter voor veel fysische processen. Zo zorgen ze voor het transport van watermassa's en andere bestanddelen in suspensie in de waterkolom (zout, nutriënten, polluenten, sedimenten, zuurstof, etc.; (Devriese L. *et al.*, 2018)). Daarnaast zijn ze samen met de golf- en windwerking verantwoordelijk voor de vorming van de kust- en zeebodem morfologie.

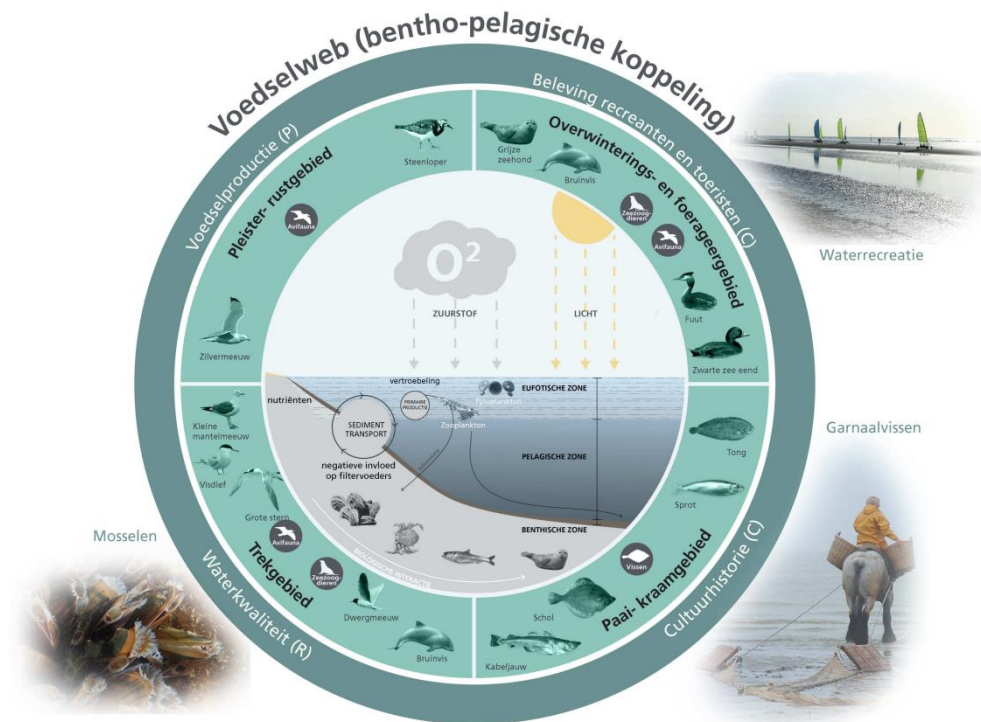
Ter hoogte van het BNZ is de vloedstroming over het algemeen sterker dan de ebstroming, waardoor de netto stroming richting noorden plaatsvindt. Dichter bij de kust speelt ook de invloed van de golven een rol in het transport, en deze komen het vaakst uit zuidwestelijke richting. Door de combinatie van enerzijds de getijdenreststromingen en anderzijds de golfwerking, is er bijgevolg een netto sedimenttransport van zand en slib vanuit het zuidwesten naar het noordoosten.

Het feit dat het BNZ gekenmerkt wordt door sterke getijdenstromingen en een niet te negeren getijdenamplitude, in combinatie met de voorraad zand op de bodem van het BNZ, maakt dat dit gebied de ideale omstandigheden herbergt voor de vorming en instandhouding van zanderige getijdenbanken. Doordat de banken een hoek vormen met de getijdenstroming wordt één kant meer blootgesteld aan de vloedstroming en de andere kant meer aan de ebstroming. Dit zorgt voor een ronddraaiende of circulaire stroming rond de banken waardoor zand er ophoopt en de bank stabiliseert of verder aangroeit.

Naast het typerende reliëf van banken en geulen in het BNZ, kunnen er ook meer lokale reliëfvariaties optreden onder de vorm van zandduinen en megaribbels boven op de banken. Deze worden gevoed door zandgolven die voorkomen in de dieper gelegen delen van het BNZ. Ze ontstaan door het hoogteverschil tussen de geulen en de top van de zandbanken (5-20 m), en lopen vanuit de geulen via de flanken tot over de toppen van de zandbanken. Dit resulteert in een reliëf van zandduinen boven op de banken; zandheuvels van 2-8 meter hoog en tientallen meters lang. In tegenstelling tot de zandbanken, die de voorbije tweehonderd jaar redelijk stabiel zijn gebleken, verplaatsen zandduinen zich constant en worden ze vervormd onder de heersende getijdenstroming en bij stormen. De verschillende stromingspatronen aan weerskanten van zandbanken (zie vorige paragraaf) hebben ook hun invloed op de zandduinen, die steeds naar de kam van de bank toe zijn gericht (Mathys, 2010).

Al deze fysische processen geven het subtidaal van het BNZ een uitgesproken dynamisch karakter en liggen aan de grondslag van de ecosysteemkarakteristieken (bv. type sediment, korrelgrootte, voedselininput) die bepalend zijn voor de benthosgemeenschappen en de daarmee samenhangende fauna. Op de bodem van het BNZ komt zand, slib en grind voor. Slibrijk sediment komt vooral in het oostelijk deel van de kust en nabij de kust voor (Devriese L. *et al.*, 2018). Verder in zee wordt het sediment grover van fijn tot grof zand. In de geulen tussen de zandbanken bevindt zich ook grind (Mathys, 2010). Dicht bij de kust komt slib eveneens in suspensie voor en is er een belangrijk slibtransport. Dit heeft een invloed op de troebelheid van het water en bijgevolg de lichtpenetratie en primaire productie in de eufotische zone. De concentraties zijn over het algemeen het hoogst tussen Oostende en de Scheldemonding, maar variëren sterk op tijdschalen van een getij, doortij-springtij cyclus en seizoenen (Fettweis M. and Van den Eynde D, 2001; Fettweis *et al.*, 2007).

F.2 Instandhouding voedselweb (bentho-pelagische koppeling)



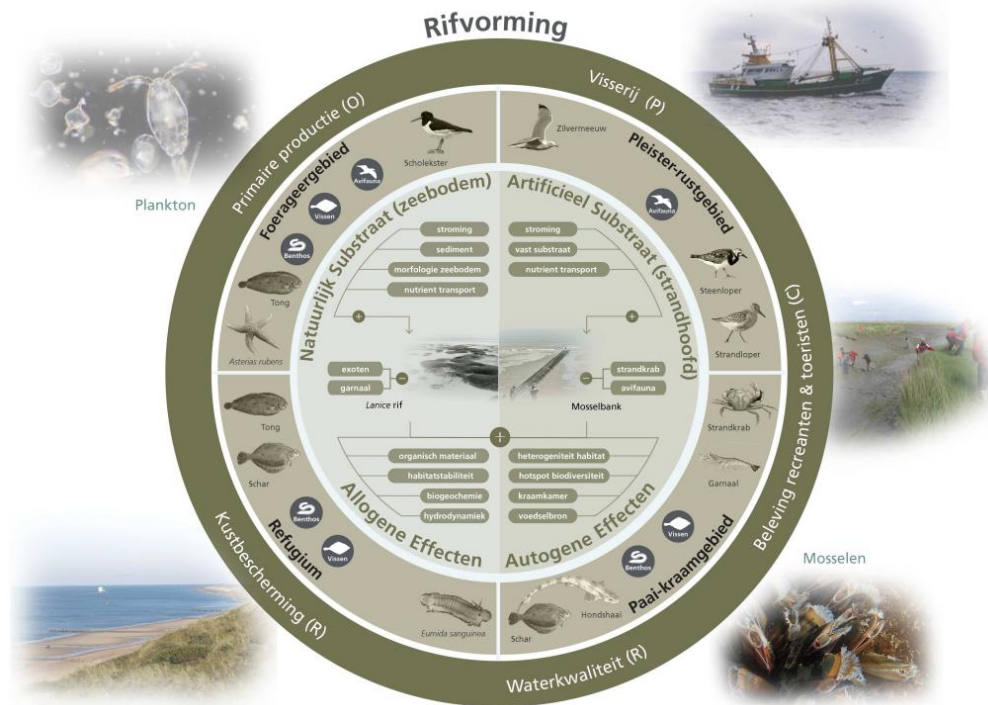
Figuur F-1: Voedselweb (bentho-pelagische koppeling)

Het voedselweb in ondiepe kustgebieden (en estuaria) is een complex samenspel tussen alle organismen in de zee, waarbij vele organismen bijdragen tot de consumptie van organisch materiaal. De bentho-pelagische koppeling, d.i. de intensiteit van de interactie tussen benthische (bodem) en pelagische (waterkolom) processen, speelt hierbij een belangrijke rol en is sterk afhankelijk van de diepte en de structuur van de waterkolom. De basis van de productiviteit van het kuststelsel wordt gevormd door de productie van algen in de eufotische zone van de waterkolom (het fytoplankton). Deze primaire productie wordt bepaald door de aanwezigheid van algen, nutriënten, beschikbaarheid van CO_2 en (zon)licht. Verschillen in primaire productiviteit zijn dan ook toe te schrijven aan verschillen in beschikbaarheid van nutriënten, aan de verhouding waarin de nutriënten beschikbaar zijn en aan de troebelheid van het water. Fysische processen, i.e. water- en sedimenttransport, zijn cruciaal in de aanvoer van deze elementen. In de winter is bijvoorbeeld licht de beperkende factor. Als in het voorjaar de daglengte toeneemt en er voldoende nutriënten aanwezig zijn neemt de primaire productie snel toe en ontstaat een planktonbloei. Aan deze planktonbloei komt een einde wanneer één of meerdere nutriënten uitgeput raken. In de zomerperiode wordt de planktonproductie meestal beperkt door een tekort aan nutriënten. In sommige gebieden kan door troebelheid van het water, door opgewerveld slib of zeer hoge algenconcentraties, ook in de zomer licht de beperkende factor zijn (Van der Biest *et al.*, 2017a).

In ondiepe, goedgemengde systemen zoals het Belgische kustgebied (en de IJzer en Westerschelde), is rechtstreeks transport van organisch materiaal mogelijk tussen de eufotische zone (waar primaire productie van fytoplankton gebeurt) en het benthos. Andere processen die bijdragen tot de flux van organisch materiaal zijn sedimentatie (dominante proces in diepe systemen), 'bedload transport' (transport van deeltjes in een laag vlak boven de bodem; in ondiepe kustgebieden en estuaria), transport van materiaal in erosie-redepositie cycli (bv. onder invloed van getijdebeweging). Verder kan op de droogvallende delen van kusten en estuaria (stranden, slikken, zandplaten) het microfytobenthos (met name kiezelwieren), maar ook macroalgen, een belangrijke bron van organisch materiaal zijn. Het organisch materiaal dat het benthos bereikt kan worden gerespireerd, geresuspendeerd, of begraven in het sediment. Voor al deze processen is de menging van de bodem door organismen (bioturbatie) van groot belang.

Elk organisme heeft dus een specifieke rol in het voedselweb. Dit begint met fyto-benthos (ééncellige algen die op de bodem leven) en fytoplankton (ééncellige algen die in het water leven) zoals verschillende soorten kiezelwieren. Deze algen vormen het voedsel voor bodemdieren zoals wormen, kleine kreeftachtigen en schelpdieren. Op hun beurt vormen die het voedsel voor krabben, vissen en vogels. Daarnaast zijn krabben en vissen ook voedsel voor vogels en voor zeezoogdieren.

F.3 Natuurlijke rifvorming (ecosysteem ingenieurs)



Figuur F-2: Rifvorming

Naast de zachte substraten komen in het BNZ ook biogene riffen voor, dit zijn riffen die gevormd worden door organismen die geclassificeerd worden als **ecosysteem- of habitatingenieurs**. Deze organismen kunnen op een directe of indirecte manier de beschikbaarheid van bronnen voor andere soorten beïnvloeden door hun fysische omgeving te veranderen. Op die manier vormen ze een gemeenschap of habitat die sterk verschilt van de omgeving.

Zowel op zachte substraten van de zeebodem als op harde artificiële substraten zoals strandhoofden kunnen rifbouwers zich vasthechten en op die manier aanleiding geven tot een unieke gemeenschap en lokaal erg verhoogde soortenrijkdom ('**biodiversiteit hotspot**'). De riffen op zachte substraten worden gevormd door schelpkokerwormen (*Lanice conchilega*) en bevinden zich in ondiep water, dicht bij de kust. Deze aggregaties maken deel uit van de macrobenthische gemeenschap *Abra alba*. Door samen te klitten vormen deze diertjes hun eigen micro-habitat waarbij ze in staat zijn de biogeochemische en fysische eigenschappen van het sediment te veranderen dat op die manier interessant wordt voor andere soorten. De riffen opgebouwd door *L. conchilega* zijn belangrijk vanuit natuurbehoudstandpunt aangezien ze zorgen voor een opmerkelijke toename in de biodiversiteit in een anders relatief soortenarm milieu.

Lanice wordt aangetroffen in verschillende types sediment, maar heeft een voorkeur voor eerder fijne tot medium korrelgrootte (100-500 µm) met een relatief hoog slibgehalte (10-40%). Schelpkokerwormen bouwen hun koker (max. 65 cm, maar typisch eerder 20 cm lang) uit schelpengruis en zandpartikels, en steken die ongeveer een 4-tal cm boven de zeebodem uit. Het zijn in de regel detritusvoeders die zich voornamelijk voeden met organisch materiaal op de zeebodem (bv. microfytobenthos, gefragmenteerde macroalgen, in mindere mate bacteriën), maar ook de mogelijkheid hebben om met behulp van een tentakelkrans op een passieve manier kleine voedseldeeltjes en plankton uit het water te filteren (De Smet, 2015).

Lanice conchilega is een voorbeeld van een ecosysteem ingenieur die zowel op autogene als op allogene manier zijn omgeving zal beïnvloeden (De Smet, 2015). **Allogene effecten** zijn structurele en abiotische modificaties uitgevoerd door de ecosysteem ingenieur op zijn omgeving, die onrechtstreeks andere biota zullen beïnvloeden. Zo zal *Lanice* de biogeochemische eigenschappen van zijn nabije omgeving en sedimenten wijzigen, voornamelijk door bio-irrigatie (uitwisseling van water tussen de koker en het water net boven de zeebodem). Tijdens dit proces zal *L. conchilega* zuurstofrijk water vanuit de waterkolom in het sediment pompen en op die manier zorgen voor een diepere zuurstofpenetratie waar verschillende benthosgemeenschappen van profiteren. Onrechtstreeks worden er op die manier ook processen als benthische respiratie, mineralisatie en gerelateerde vernieuwing van de nutriëntenpool in de waterkolom, en denitrificatie door bacteriën beïnvloed (Degraer *et al.*, 2010; De Smet, 2015).



Figuur F-3: Voorbeeld van een *Lanice conchilega* aggregatie en detail van afzonderlijke kokers in het BNZ (Bron: (Degraer et al., 2010); Foto's: Marijn Rabaut)

Autogene effecten zijn veranderingen die rechtstreeks te maken hebben met de aanwezigheid van de ecosysteem ingenieur zelf, en op die manier geassocieerde biota gaan beïnvloeden. Schelpkokerwormen kunnen door hun aanwezigheid lokaal enorm dense aggregaties vormen van wel enkele duizenden individuen per m² en op die manier aanleiding geven aan een reliëf van kleine heuvels (tot ongeveer 80 cm hoog) met daartussen ondiepe depressies. Dit doen ze door zand- en slibpartikels als het ware te 'vangen' en lokaal vast te houden tussen hun kokers wat de habitatstabiliteit ten goede komt. Samen met het sediment wordt ook het organisch materiaal dat aanwezig is tussen de zandkorrels mee vastgehouden wat aanleiding geeft tot een verhoogde hoeveelheid voedsel die beschikbaar is voor allerlei bodembewonende organismen. Door de veranderde micro-topografie van het sediment ter hoogte van de riffen zal ook de stroming in en rond het rif (hydrodynamiek) gedeeltelijk worden beïnvloed.

Al deze zaken maken van de biogene *Lanice* riffen een aantrekkelijk habitat dat helpt in de rekrutering en instandhouding van verschillende groepen organismen en aanleiding geeft aan een rijke gemeenschap. Onder de groepen geassocieerde biota vallen onder meer het benthos met o.a. micro-organismen, algen, meiofauna, macrofauna en epifauna, alsook daarvan afhankelijke fauna zoals (juvenile plat-)vissen en vogels (De Smet, 2015; Passarelli et al., 2018). Enkele soorten die vaak in associatie met de *Lanice*-aggregaties voorkomen zijn de borstelwormen *Phyllodoce* spp. En *Eumida sanguinea*, en het hongerijsdertje (vlokreeftje *Pariambus typicus*). Op Noordzee-schaal bleek dat 52 % van de benthische soorten die algemeen aanwezig zijn in ondiepe fijn zanderige sedimenten, gecorreleerd zijn met *L. conchilega* (Van Hoey, G. et al., 2008). Dit benadrukt het belang van deze riffen voor de bodembewonende gemeenschappen van de Noordzee.

De riffen op artificiële harde substraten (AHS) worden doorgaans gevormd door **aggregaties mosselen** (*Mytilus edulis*) die zich vasthechten door middel van byssusdraden (baarddraden) op de harde oppervlakken van bijvoorbeeld strandhoofden. Net als alle harde substraten in zeewater, worden de artificiële constructies in het BNZ geleidelijk aan bezet met allerlei flora en fauna. Naast mosselen worden er ook veel wieren en kleine ongewervelden aangetroffen. Vissen en vogels maken dan weer gebruik van deze constructies als rust-, schuil- en/of voedingsplaats. De gemeenschappen die geassocieerd met de harde substraten voorkomen, zijn vaak beperkter in hun voorkomen in de omliggende omgeving (strand en/of zachte zeebodemsedimenten) waardoor ook deze riffen op artificiële substraten de biodiversiteit lokaal verhogen. De strandhoofden kunnen min of meer vergeleken worden met kunstmatige mini-rotskustjes. Soorten die er voorkomen moeten bestand zijn tegen tijdelijke uitdroging door de wisselwerking van eb en vloed. Daardoor treedt eveneens een verticale zonatie op van soorten die grotendeels ondergedompeld leven (onderaan strandhoofden) tot soorten die tijdelijk droog komen te staan (bovenaan strandhoofden) tussen twee getijden in. Langsheen deze zonatie wordt de bovenste zone gekenmerkt door een gemeenschap die voornamelijk bestaat uit een weinig complex wiertapijt met onder andere darmwier, zeesla (*Ulva*) en purperwier (*Porphyra umbilicalis*) dat water vasthoudt en zeer glibberig kan zijn. In de spleten tussen de betonblokken vindt men onder meer de ruwe alikruik (*Littorina saxatilis*). Meer naar laagwater toe komt een zone voor van dicht op elkaar zittende zeepokken. Pas meer zeewaarts in de nattere zone komen de mosselbedden (*Mytilus edulis*) voor. Recent worden ook steeds meer oesters (*Ostrea edulis*) aangetroffen op onze strandhoofden, voornamelijk op de meer beschutte plaatsen. Deze was historisch gezien belangrijk als rifbouwer in het BNZ, maar is quasi volledig verdwenen door de virusinfectie *Bonamia*. De mosselen zijn dikwijls begroeid met wieren (darmwier, zeesla, purperwier), mosdiertjes (Bryozoa) en zeepokken. Tussen de baarddraden van de mosselen kunnen er heel wat andere organismen voorkomen zoals borstelwormen, vlokreeftjes, (zee)pissebedden en kleine krabbetjes. De zeester (*Asterias rubens*) voedt zich met de mosselen en zeepokken en wordt dus vaak aangetroffen in associatie met de mosselbanken. Verder kunnen er nog sponzen, zakpijpen, anemonen, alikruiken, etc. gevonden worden in deze artificiële riffen.

F.4 Morfologische evoluties van strand en duin

Onder normale, kalme weersomstandigheden zal de vorm van het strandprofiel niet veel veranderen. Tijdens stormweer echter zijn de veranderingen meestal plots en soms heel ingrijpend omdat de factoren van het dynamisch evenwicht aanzienlijk veranderen. Tijdens een storm vergroot de golfhoogte en stijgt het waterniveau (lage luchtdruk en een grotere hoeveelheid water die naar de kust toe opgestuwd wordt). Tijdens de storm wordt het pre-storm strandprofiel gewijzigd: het strandprofiel wordt vlakker gemaakt doordat de golven de hogere delen van het strand (de zeereep of voorduin) eroderen en het sediment afzetten op de zeebodem van de vooroever, waardoor deze wordt opgehoogd. Zo wordt een nieuw strandprofiel gecreëerd dat de destructieve stormgolven in kracht doet verminderen door progressief de golven te laten breken en ze te hervormen, nog voor ze het droge strand bereiken. De onderwater gelegen brandingsbanken van de vooroever worden op die manier stormbanken die de grootste stormgolven al een flink stuk zeewaarts laten breken.

Dit mechanisme vereist een aanzienlijk sedimenttransport (de gehele zeebodem is in beweging). De enige plaats vanwaar het zand vandaan kan komen, is het droge strand en de zeereep of voorduin die bijgevolg geërodeerd worden. Tijdens deze erosie wordt een verticale klif gevormd in de voorduin en grijpt een herverdeling van sediment plaats van de duin naar dieper water. Een mooi voorbeeld van klifvorming is zichtbaar ter hoogte van de duinreep aan het Zwin te Knokke-Heist (Figuur F-4). Deze kliffen ontstonden door de zgn. Nieuwjaarsstorm van 2 jan 2018. Het is duidelijk dat de zeereep zeer functioneel is in dit proces en moet beschouwd worden als een reservoir van zand om het strandprofiel te kunnen in stand houden. Na de storm zal het zand geleidelijk aan terug van de stormbanken naar het droog strand en voorduin gebracht worden door respectievelijk de golven en de wind. De hoeveelheid zand die verplaatst wordt, of de graad van erosie, hangt af van de kracht en duur van de storm, maar wordt vooral gedetermineerd door de toestand van de vooroever. Wanneer de vooroever "in slechte staat" is, d.w.z. onvoldoende zand heeft en dus te diep ligt (niet in dynamisch evenwicht is), zal niet alle geërodeerde zand teruggebracht worden naar het droog strand en voorduin en is het fenomeen van structurele erosie, een niet-omkeerbaar proces, in gang geschoten wat leidt tot blijvende achteruitgang of afslag van de eerste duinenrij. Tenzij de mens ingrijpt en een zeeweringsdijk bouwt.



Figuur F-4: Klif in zeereep t.h.v. Zwin (Knokke-Heist) na Nieuwjaarsstorm van 2 jan 2018 (Foto: D. Libbrecht).

Het strand te De Panne is een schoolvoorbeeld van de nefaste invloed van een zeeweringsdijk. Door het bouwen van een zeeweringsdijk wordt het zand van de voorduin vastgelegd. Het is dus niet meer beschikbaar om de vooroever op te hogen bij stormcondities. Daardoor zal geleidelijk aan het strandprofiel in het zeevaartse gebied steiler en steiler worden, zodanig dat er meer en meer zand nodig zal zijn om bij de volgende stormen de vooroever op te hogen. Iedere storm zal ook hogere golven veroorzaken omdat de waterdiepte steeds groter wordt. Gezien de voorduin niet meer beschikbaar is, wordt het noodzakelijke zand genomen van het droge strand. Dit verplaatste zand wordt bij normale weersomstandigheden echter niet meer teruggebracht naar het droge strand met als gevolg dat dit steeds smaller wordt en uiteindelijk volledig verdwijnt. Het eindresultaat is dat alle golven, groot en klein, met volle energie tegen de zeedijk gaan beuken. De golfenergie is thans geconcentreerd en wordt niet meer verspreid op het strand, maar wordt teruggekaatst, wat de kritische situatie nog eens verergert. Zeeweringsdijken zijn dus paradoxaal. Wat beschouwd wordt als bescherming of als verdediging om erosie te stoppen, leidt op lange termijn tot volledige vernietiging van droog strand en voorduin.

Aan de voet van het duinreservaat De Westhoek werd in 1976 tussen De Panne en de Franse grens een betonnen zeewering gegoten over 3 km. Deze werd tijdens de winterstorm van hetzelfde jaar stukgeslagen en twee jaar later hersteld. Het droog strand is thans volledig verdwenen.

F.5 Eigenschappen van het zoet grondwatersysteem in de duinen

De **watertafelhoogte** in de duinen kan lokaal veel invloed ondervinden van ondiepe slecht doorlatende klei- en veenlagen, waardoor de grondwatertafel tot enkele meters hoger kan staan. Dit is onder andere het geval in de Houtsaegerduinen en Noordduinen in Sint-Idesbald en het oosten van de Oostvoorduin (Provoost *et al.*, 2020).

In het eindrapport van de periode 2015-2019 van Beheerevaluatie kust verzamelen (Provoost *et al.*, 2020) **kenmerkende cijfers voor het duinengrondwatersysteem** (Tabel 8-2). Daaruit blijkt dat de grondwatertafel binnen 60% van de door ANB beheerde gebieden gemiddeld tussen 80 en 110 cm fluctueert. Daarnaast kunnen grotere schommelingen optreden in grote natte duinvalleien waar veel verdamping optreedt of in bodems met een geringer waterbergend vermogen (bv. klei of slibhoudend zand). Er kunnen ook kleinere schommelingen zijn door de temperende invloed van de zee, oppervlaktewater of kwel (Provoost *et al.*, 2020).

Tabel F-1: Kenmerken grondwatersysteem duinen (Provoost *et al.*, 2020)

| | |
|---|---------------|
| Gemiddelde seizoenale fluctuatie grondwatertafel (binnen 60% van de door ANB beheerde gebieden) | 80 – 110 cm |
| Porositeit | 0.33 |
| Hydraulische doorlatendheid fijn zand | 8 – 12 m/dag |
| Hydraulische doorlatendheid grof zand | 14 – 18 m/dag |
| Verhang grondwatertafel: noordelijke pannengordel Westhoek | 1 – 2 mm/m |
| Verhang grondwatertafel: binnenduinrand Westhoek | 5 mm/m |
| Stroomsnelheden Westhoek | 1 – 10 cm/dag |

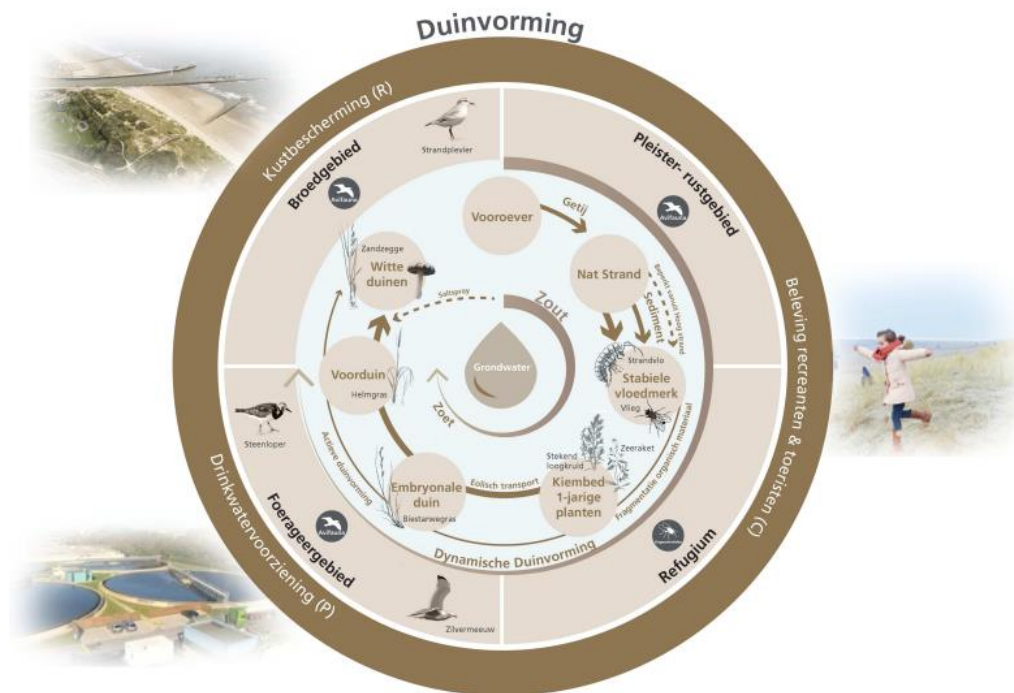
Menselijk te beïnvloeden factoren die de netto-neerslagvoeding in het duingebied bepalen zijn de breedte van het duingebied en de hoeveelheid grondwater die uit het duingebied onttrokken wordt, zij het door een waterwinning of door een randdrainage nabij de landwaartse duinzijde (meestal in functie van landbouw). Het Westhoekreservaat zit bijvoorbeeld vervat in een brede duingordel (> 1,5 km). Er is in dit duingebied een zoetwateraanwinst aanwezig die de watervoerende laag volledig afsluit en het achterland beschermt tegen verzilting. Meer dan 10 jaar geleden werden een tweetal sluffers aangelegd in dit duingebied, waardoor zeewater vrij het gebied kon inlopen bij springvloed. Normaliter is het watersysteem robuust genoeg om verzilting van het grondwater tegen te gaan. De IWVA¹-winning in dit gebied (nu Aquaduin) kon de robuustheid van dit systeem doen kantelen afhankelijk van hun windebiet. Momenteel is nog één kleine grondwaterwinning vergund in het duingebied van het Westhoekreservaat (tot 2024).

We onderscheiden drie verziltingsprocessen:

- Verzilting van het oppervlaktewater: het zoute grondwater komt naar de oppervlakte via de bodem van de poldergrachten, via de drainagebuizen en via de zandige lagen in de oppervlakkige bodem. Deze “zoute kwel” wordt dus in eerste instantie opgevangen in de grachten. Traditioneel verdunt de aanvoer van zoet water het zoute water in de polders en wordt het zoute water uiteindelijk geloosd in de zee. Een proces dus van verdunnen en doorspoelen. Dit doorspoelen vraagt grote hoeveelheden zoet water, wat in de toekomst steeds minder voorradig zal zijn. Verzilting van het oppervlaktewater is in essentie een probleem voor de drinkwatervoorziening van vee en voor het gebruik van oppervlaktewater voor beregening van gewassen.
- Verzilting van de bodem kan optreden als de grens zoet water – zout water zo kort bij het maaiveld komt te liggen dat het zoute water in de wortelzone van de planten terechtkomt. Afhankelijk van het gewas ligt die wortelzone natuurlijk dieper. Het kan m.a.w. zijn dat dit problematisch is voor bv. bomen maar niet voor aardappelen. Ook via de grachten kunnen bodems verzilten: als het zoute water, opgevangen in de grachten via drains of via zandige delen van de bodem zich vanuit de grachten verspreid naar de omliggende bodems. Dit is een relatief beperkt fenomeen. Verzilting van de bodem kan ook veroorzaakt worden doordat zout water op de bodem terechtkomt. Beregening van landbouwgewassen met zilt water kan leiden tot verzilting van de bodem. Verzilting van de bodem is meestal een structureel probleem dan verzilting van het oppervlaktewater: de fenomenen die verzilting van de bodem veroorzaken kunnen tijdelijk zijn, de effecten blijven langer duren (zout “verdwijnt” niet zomaar uit een bodem).
- Verzilting door dijkdoorbraken: door een dijkbreuk kan zeewater tijdelijk delen van de polders overstromen. Hierbij krijg je natuurlijk een zeer drastische verzilting van zowel oppervlaktewater, grondwater als bodem. Zo kennen De Moeren in Veurne nog steeds een verziltingsproblematiek die minstens deels veroorzaakt is door de onderwaterzetting van De Moeren tijdens de tweede wereldoorlog. In sommige landen wordt bewust de keuze gemaakt om niet alle kustregio's te beschermen tegen 1000-jarige stormen en wordt het risico op dijkbreuken ingecalculeerd.

¹ Intercommunale Waterleidingmaatschappij van Veurne-Ambacht

F.6 Duinvorming in mobiele duinen



Figuur F-5: Duinvorming

De vooroever en het intergetijdengebied (zone van het strand tussen hoogwater en laagwater) zijn belangrijke leveranciers voor zandtransport. Tijdens hoogwater woelen de golven het zand om en wordt de sedimentlaag telkens aangevuld. Deze omwoeling brengt een nieuwe fractie erodeerbaar materiaal in de toplaag. Bij laagwater droogt de toplaag op en kan de zandfractie (onder invloed van wind) worden getransporteerd. Het is dus hoofdzakelijk het **natstrand** die **zandleverancier** is, waarbij de fijne korrels worden opgepikt en kunnen verstuiwen. Ter hoogte van het droogstrand wordt de toplaag zelden omgewoeld. De fractie door wind erodeerbaar materiaal in de toplaag is na enige tijd reeds verstoven, waardoor de toplaag alleen nog bestaat uit moeilijk erodeerbaar materiaal: de afpleisterlaag. Alleen bij stormopzet wordt deze laag opnieuw omgewoeld en komt weer sediment beschikbaar voor verstuiwing.

De initiële duinvorming speelt zich af op het droogstrand, net landwaarts van **het vloedmerk**. Het vloedmerk en de duinvoet zijn nauw gelinkt met elkaar, en dat in beide richtingen: het vloedmerk vormt het aanknopingspunt voor zandophoping, en de ongewervelden die het vloedmerk afbreken tijdens springvloeden zoeken hun toevlucht in de duinvoet.

De ontwikkeling van terrestrische biota op het droogstrand start ter hoogte van de vloedmerken, die ontstaan door de aanvoer van **aangespoeld organisch materiaal** (o.a. wieren). De strandvlo speelt een belangrijke rol bij de fragmentatie van dit materiaal, al zijn het vooral vliegen die voor een verdere afbraak zorgen. Dit is de meest abundante en ecologisch belangrijkste insectengroep van het droogstrand (Grootaert and Pollet, 2004).

Op de ontbonden en licht overstoven vloedmerken kan vervolgens **kieming** plaatsvinden van **typische éénjarige plantensoorten** als zeeraket en stekend looekruid. Kenmerkend is hun tolerantie voor zout en de grote drijfkraft van de zaden waarmee ook zij door de zee worden aangevoerd. De vestiging van planten in het vloedmerk gebeurt ter hoogte van stabiele of sedimentaire kuststroken; bij kusterosie worden de vloedmerken weggeslagen alvorens vestiging plaatsvindt. Ook onder natuurlijke evenwichtsomstandigheden vertonen stranden fasen van aanwas en erosie. Deze fasen voltrekken zich over perioden van enkele decennia en doen zich voor als grote, in oostelijke richting migrerende golven (De Moor, 2006). Dit betekent dat de kustlijn onder natuurlijke omstandigheden een ruimtelijke zonering van erosie en aanwas, en dus ook van vloedmerkvegetaties, vertoont.

De fixatie van stuifzand gebeurt initieel door de kolonisatie met **biestarwegras** welke zich vestigt in de vloedmerken en geassocieerde vegetaties. Door het uitgebreide ondiep wortelnetwerk kan deze soort zowel horizontaal als verticaal meegroeien bij matige overstuiwing en zo overblijvende **embryonale duintjes** genereren (Figuur F-5). Onder invloed van eolische en getijdenwerking kunnen deze echter vernietigd worden en elders opnieuw gevormd. Een aandachtspunt bij initiële verstuiwing is ook de mogelijke uitvloeit van zoet grondwater uit een bestaand duinmassief. De uitvloeit van zoet grondwater over het droogstrand vanuit een duinmassief met sterk ontwikkelde zoetwaterlens legt de eolische werking volledig lam (bijvoorbeeld geobserveerd te Lombardsijde). Dit gebeurt voornamelijk in het vroege voorjaar onder invloed van de verhoogde regenval en daarmee gepaard gaande hogere watertafel.

Op plaatsen waar deze zoetwateruitvloeit significant is, zal er tijdelijk geen verstuiwing kunnen aangrijpen en dus ook geen embryonale duinvorming. Indien er veranderingen optreden in de dikte van de zoetwaterlensen in de

duinengordel onder invloed van een toenemende zeespiegel, zal de uitvloeï van zoet water richting het strand afnemen. Echter, een stijging in het zeewaterpeil zal algemeen inhouden dat er mogelijk onvoldoende nat- en droogstrand aanwezig is om initiële verstuivingsprocessen en duinvorming optimaal te laten doorgaan.



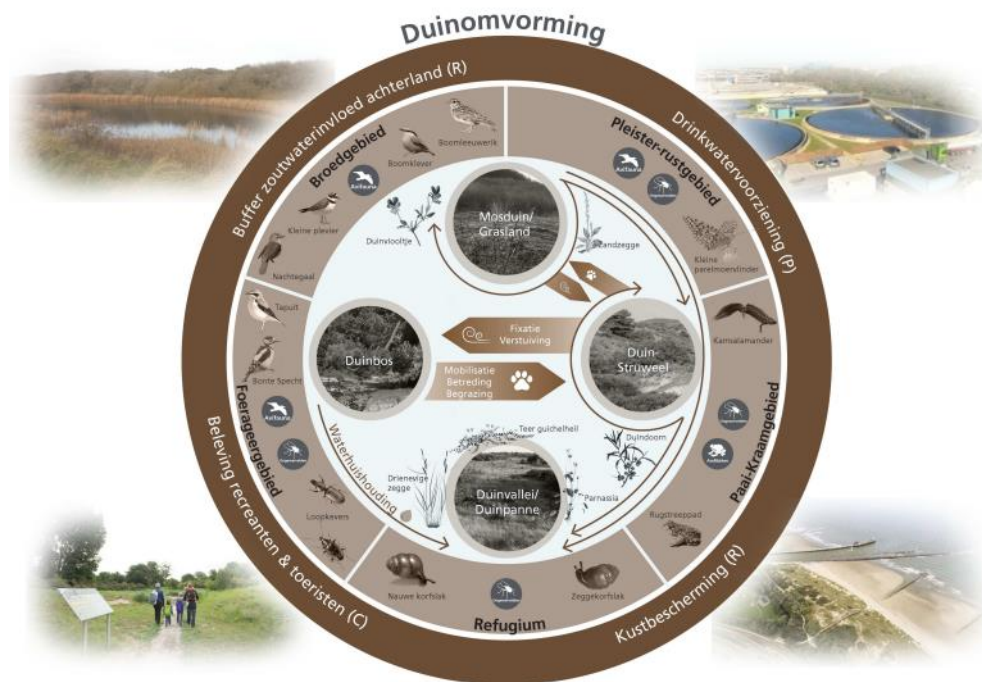
Figuur F-6: Embryonale duinen met biestarwegras

In een tweede fase van de duinvorming kunnen de embryonale duintjes hoger worden (**voorduin**) en start de fixatie met helm. Andere kensoorten zijn o.a. zeepostelein (bedreigd, voornamelijk te vinden in Baai van Heist) en zandhaver. Het habitattype kan enkel als goed ontwikkeld worden beschouwd wanneer natuurlijke processen aan de basis liggen. Echter, op sommige plaatsen langsheen de Vlaamse kust komen deze embryonale duinen voor in een minder sterk ontwikkelde vorm tussen rijshout, waarbij de vegetatie veel soortenrijker is dan in de meeste natuurlijke embryonale duinen op het droogstrand (momenteel beperkt tot de Zeebermduinen in Oostduinkerke en de Baai van Heist).

Daar bij verdere ophoging van de duintjes de zilte invloed vermindert, neemt **helm** de dominantie van biestarwegras dan ook over. Helm is daarmee de voornaamste vegetatievormende en zandfixerende soort van de duinen in de zeereep. Het is in staat om zowel horizontaal als verticaal snel mee te groeien bij overstuïving, en dus om grote hoeveelheden sediment in de duinen vast te leggen. De aanvoer van mineraal, kalkrijk zand is zelfs bepalend voor diens vitaliteit. Dit blijkt vooral een gevolg te zijn van bodemorganismen die de gezondheid van helm aantasten: in de losse minerale bodems van stuifduinen kunnen deze organismen amper gedijen maar bij fixatie van helmduinen komt de bodemontwikkeling op gang en neemt het bodemleven toe. Gezonde helmvegetaties vereisen dus een constante verstuivingsdynamiek. Zeker in onze kalkrijke duinen zien we de vitaliteit van helm na fixatie snel afnemen (Van der Biest *et al.*, 2017a).

Dynamische helmduinen (witte duinen) hebben een zeker 'zelfhelend vermogen' in geval van erosie, omdat kale zandplekken door de snelle groei van wortelstokken weer worden vastgelegd. Zij dragen dan ook in belangrijke mate bij tot de zeewerende functie van het duin. Ook andere soorten kunnen als zandfixeerder in de zeereepduinen fungeren (duinzwenkgras, zandzegge en kruipwilg), doch niet in dezelfde mate als helm. Ook overige bewoners van het helmduin zijn aan deze natuurlijke dynamiek gebonden (bv. blauwe zeedistel, heivlinder, strandzandloopkever, zeeduinchampignon). Het zijn hooggespecialiseerde soorten die door morfologische, fysiologische of andere aanpassingen in het extreme milieu van de stuifduinen kunnen gedijen, maar niet opgewassen zijn tegen concurrenten uit stabielere milieus. Dergelijke soorten maken deel uit van de meest kenmerkende levensgemeenschappen van het kustgebied en vormen daarom een prioriteit voor het natuurbeleid (Provoost and Bonte, 2004). Deze dynamiek moet op een landschappelijke schaal worden gedragen, willen alle functionele types zijn vertegenwoordigd.

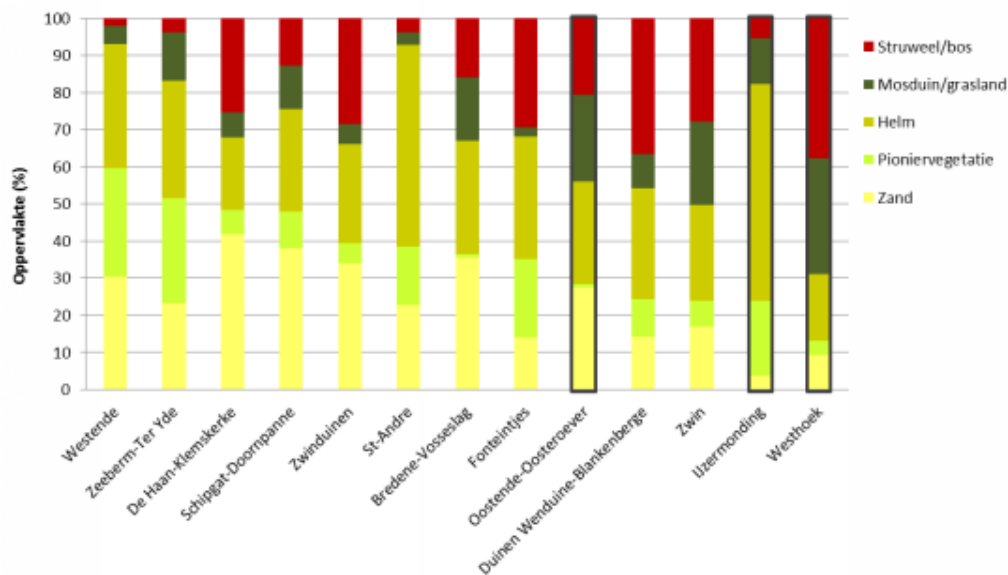
F.7 Duinomvorming in gefixeerde duinlandschappen



Figuur F-7: Duinomvorming

Met verloop van tijd treedt er **natuurlijke fixatie** op in de duingebieden. Hierdoor wordt stuivend zand in toenemende mate vastgezet door de vegetatie die van belang is in de eerste duinvormingsprocessen (zie Bijlage 2.6), en krijgen andere planten de kans om zich te vestigen. De stuifduinen met typische helmvegetaties zullen op die manier evolueren naar de karakteristieke duingraslanden en mosduinen (habitattype 2130), duinstruweelvegetaties (habitattypes 2160 en 2170), en met verloop van tijd naar duinbossen (habitattype 2180). De aanwezigheid van harde constructies op het strand of aan de duinvoet kunnen dit proces echter versnellen door een verhoogde versnippering (fragmentatie) en fixatie van het duinlandschap in de hand te werken. Zij zorgen er immers voor dat de natuurlijke zandtoevoer en verstuiving belemmerd worden. Verdere verstoring van zandverstuivingsprocessen kan optreden als gevolg van zandsuppletie of andere maatregelen die een aanvoer van gebiedsvreemd zand inhouden. Uit onderzoek blijkt dat de fixatie ter hoogte van sommige duingebieden aan de Vlaamse kust in grote mate toeneemt (Figuur F-6; (Provoost et al., 2014b)).

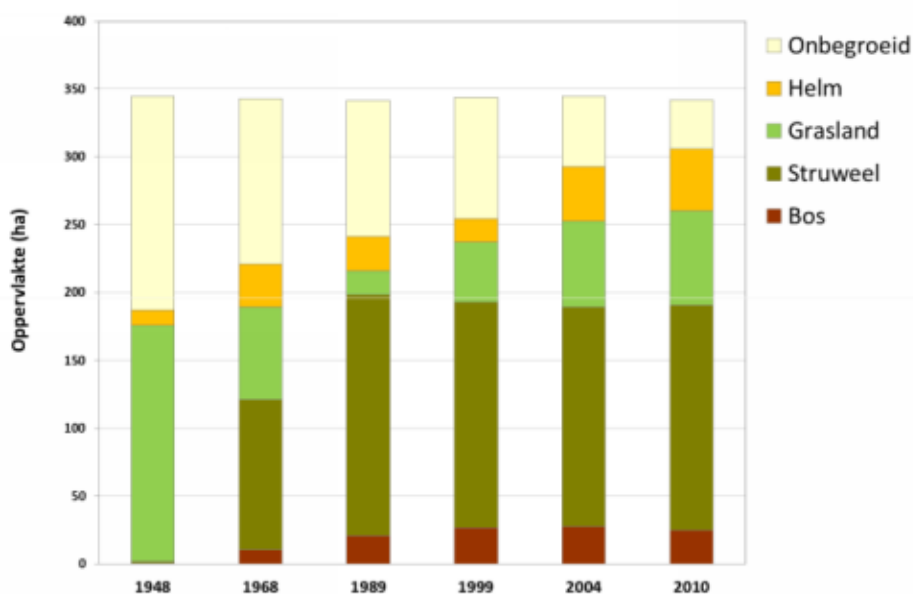
In het mozaïek van duinhabitats treedt er dus een zekere mate van natuurlijke successie op, waarbij de verschillende habitattypes kunnen overgaan in elkaar ten gevolge van natuurlijke processen. Zo zullen duindoornstruwelen (habitattype 2160) bijvoorbeeld overgaan in grauwe wilg- en kruipwilgstruwelen (habitattype 2170) indien de standplaats te nat wordt. Ook kan dit type door spontane successie evolueren naar een duinbos (habitattype 2180) met o.a. zomereik, gewone esdoorn en berk. Kruipwilgstruwelen (2170) gaan bij natuurlijke successie meestal over in duindoornstruweel (habitattype 2160) of duinbos (habitattype 2180). Door overstuiving kunnen ze vervangen worden door wandelende helmduinen (habitattype 2120). In natte pannen met sterk fluctuerende watertafel ontwikkelen hoog uitgroeiende, soortenarme grauwe wilg- of kruipwilgstruwelen, die eveneens tot duinbos (habitattype 2180) worden gerekend.



Figuur F-8: Oppervlakteverdeling van de vegetatietypes uit (Provoost *et al.* 2014b) in de zeeoepgebieden langs de Vlaamse kust. De gebieden worden weergegeven volgens toenemende fixatie van de stuifduinen. Bedijkte zones zijn grijs omkaderd.

Vergrassing, verruiging en verstruweling door gebrek aan beheer en natuurlijke dynamiek binnen het duingebied is een ander proces dat historisch belangrijk is in de Vlaamse duingebieden. Doorheen de jaren is het aandeel struweel en bos fors toegenomen ter hoogte van een aantal duingordels (Figuur F-7).

Wanneer duingraslanden (habitattypen 2130) niet beheerd worden, ontstaan rompgemeenschappen met kruipwilg (habitattypen 2170), duinroosje, glanshaver, zandzegge en/of gewoon struisriet. Andere soorten die wijzen op verruiging en verstoring zijn veldhondstong, jakobskruiskruid, grote brandnetel, koninginnenkruid, kleeftuig en hondsdraf. Duingraslanden (habitattypen 2130) kunnen ook verdwijnen door struweeluitbreiding met onder meer duindoorn (habitattypen 2160), wilde liguster of sleedoorn, en in meer zure omstandigheden in principe ook door struikhei (habitattypen 2150; achteruitgaande soort; (Provoost *et al.*, 2010)), brem of gaspeldoorn.



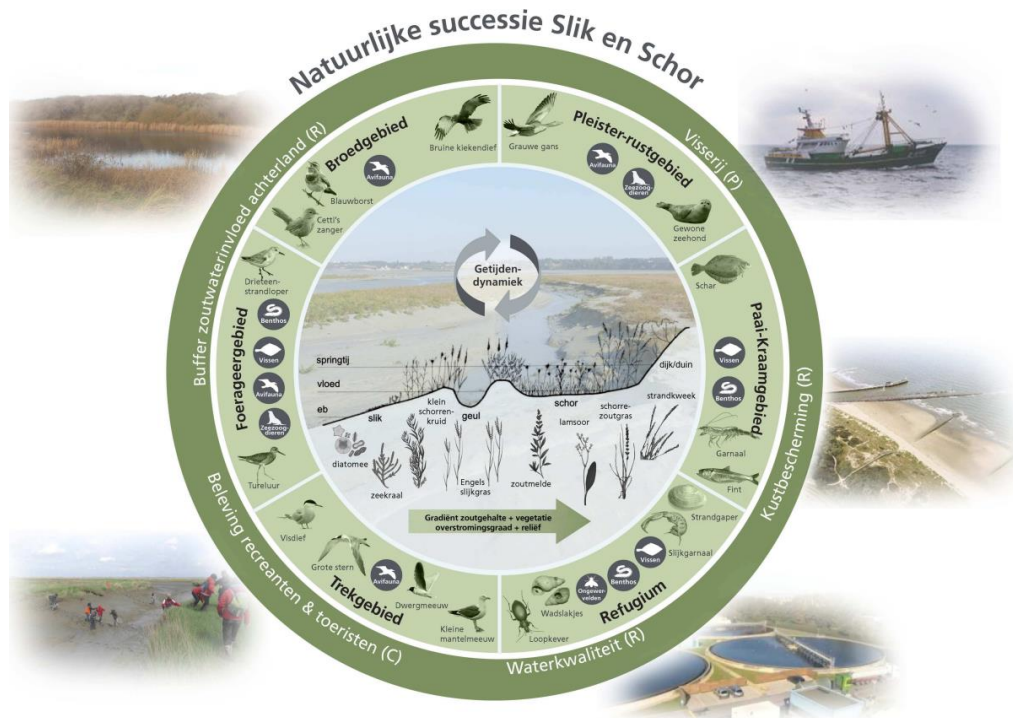
Figuur F-9: Grafische voorstelling van de veranderingen in de vegetatie van de Westhoek (overgenomen uit (Provoost *et al.* 2011b)) ter illustratie van de processen vergrassing, verruiging en verstruweling

Verscheidene habitattypen in de duinomgeving (o.m. vochtige duingraslanden – habitattypen 2130 en duinpannen – habitattypen 2190) zijn gevoelig voor verdroging/verandering in de waterhuishouding. De natuurlijke waterhuishouding van de duinen omvat verscheidene processen. De hoeveelheid atmosferisch water dat het systeem binnendringt (infiltratie) wordt in belangrijke mate gestuurd door evapotranspiratie, waarbij de aanwezigheid en aard van de vegetatie, alsook de diepte van de grondwatertafel, bepalend zijn. Planten dragen op verschillende manieren bij aan de waterbalans, bovenop de in- en uitstoot van water via fotosynthese en respiratie.

Zo pompen zij dieper gelegen water op via hun wortels, wat dan weer kan verdampen aan het bladerdek. Anderzijds functioneert de strooisel- en wortellaag als een waterretentie-oppervlak doordat zij verhinderen dat water snel doorheen het water infiltreert in diepere bodemlagen.

Habitats zoals duinvalleien (habitattype 2190) en habitats aan de binnenduinrand die rechtstreeks afhangen van hoge grondwaterstanden kunnen sterk beïnvloed worden door een kunstmatig verlaagde grondwatertafel of wijzigingen in neerslag- en temperatuurregimes. Ook een aanzienlijk deel van de biodiversiteit in duinen is grondwaterafhankelijk. Dit omvat verschillende soorten van gewestelijk en internationaal belang zoals kruipend moerasscherm (Bijlage II van de Habitatrictlijn) of rode barnsteenslak (IUCN Rode lijst). Historisch gezien kenden grote delen van het kustduingebied een verdroging als gevolg van drinkwaterwinning, polderdrainage of verminderde percolatie van neerslag door urbanisatie. Voor organismen die aan open water gebonden zijn, zoals waterplanten (hogere planten), amfibieën, libellen of kranswieren is de achteruitgang in hun populaties vooral te wijten aan het verdwijnen van biotopen in combinatie met een veranderde waterkwaliteit.

F.8 Natuurlijke successie langsheen een zoet-zoutgradiënt



Figuur F-10: Natuurlijke successie Slik en Schor

Slikken ontstaan wanneer fijnkorrelige sedimenten bezinken boven de laagwaterlijn. Deze sedimenten worden verder vastgehouden en gestabiliseerd ('opslibbing') door het aanwezige microfytobenthos en de eerste pioniersoorten zoals zeekraal op slikken (habitattypen 1310) en Engels slijkgras op de overgang van slikken naar schorren (habitattypen 1320). Op die manier accumuleert het fijnere sediment en vormt er zich geleidelijk aan een stabiel en hoger gelegen gebied. Het slijkgras vormt hier een sleutelsoort doordat het bulten vormt in een soort microreliëf waardoor de ophoging van het terrein versneld wordt en de successie van slik naar schor bevordert. De slikken worden tot tweemaal daags overstroomd bij vloed, waarbij nieuwe aanvoer van fijne sedimentpartikels en de dynamiek tussen sedimentatie en erosie gegarandeerd blijven. De lagere slikken zijn doorgaans onbegroeid, maar bezitten rijke benthosgemeenschappen die een belangrijke voedselbron vormen voor vogels, vissen en zeezoogdieren. Hoger gelegen slikken zijn begroeid met kenmerkende soorten zoals Engels slijkgras. Op de plaatsen waar de invloed van het getij minder merkbaar is (i.e. hoger gelegen zones die enkel bij springtij overstroomd) kunnen zich schorren ontwikkelen uit de pioniervegetaties. Deze bezitten dan een bredere waaier aan hogere plantensoorten en geassocieerde gemeenschappen van ongewervelden en vogels.

F.9 Afwatering van het achterland

De IJzer ontspringt uit verschillende stroompjes in Frankrijk en mondt na ongeveer 78 km uit in zee, in Nieuwpoort. Eén derde van het stroomgebied ligt in Frankrijk (375 km²). Zo'n 47 km van de IJzer loopt over Vlaams grondgebied (834 km²). Bekeken langs de kustlijn loopt het IJzerbekken van de Franse grens tot Oostende (W oever) (Vlaamse Milieumaatschappij, 2016b).

Binnen het **IJzerbekken** kunnen 4 grote afwateringsgebieden onderscheiden worden volgens de richting van waterlozing. Ze worden doorkruist door enkele kanalen. Een tweetal kanalen maken het afwateringsgebied uit richting Frankrijk (Ringslot en Bergenvaart). Het afwateringsgebied richting Ganzenpoot te Nieuwpoort is grotendeels gekanaliseerd. Stroomopwaarts van Fintele strekt het afwateringsgebied zich uit langs rechter- en linkeroever. Tussen Fintele en Diksmuide ligt het afwateringsgebied enkel langs rechteroever. Vanaf Diksmuide monden geen waterlopen meer uit in de IJzer, doordat hij volledig is ingesloten tussen dijken. De IJzer is door middel van een stuw en een sluis (Iepersluis, Ganzenpoot) aan de getijdenwerking van de zee onttrokken. Vlak voor deze sluis bevindt zich een spaarbekken met een oppervlakte van ongeveer 30 ha, dat fungeert als waterberging in perioden waarin niet naar zee kan afgevoerd worden.

De bovenlopen van de IJzer zijn typische neerslag waterlopen die in oorsprong natuurlijk zijn, maar op vele plaatsen, voornamelijk op hun midden- en benedenlopen, zijn rechtgetrokken en gekalibreerd, waardoor hun aandeel in versnelde afvoer richting kust aanzienlijk is.

In Fintele staat de IJzer via een sluis en een stuw in verbinding met het Lokanaal, dat bij hoge debieten kan ingeschakeld worden om een gedeelte van de IJzerafvoer via Veurne en het kanaal Nieuwpoort-Duinkerke naar Nieuwpoort af te voeren.

Het stroomgebied van de Blankaart waterlopen – Stenensluisvaart, Houtensluisvaart en Noordkantvaart – kent zijn oorsprong in Houthulst. Het waterpeil wordt geregeld door middel van een stuw en een vast pompemaal op de Stenensluisvaart.

Het grootste deel van de polderwaterlopen ten westen van de IJzer wordt ontwaterd via de Grote Beverdijkvaart en Koolhofvaart. Beide waterlopen vloeien samen op ongeveer 800 m van de IJzermonding in het afvoerkanaal van Veurne-Ambacht (het perskanaal in Nieuwpoort).

Het noordelijke deel van de polderwaterlopen ten westen van de IJzer watert enerzijds gravitair af via het Langgeleed in de haven van Nieuwpoort ter hoogte van het Kattesas en anderzijds via het kanaal Nieuwpoort-Duinkerke. Het Lokanaal vormt op zich geen onderdeel van het afwateringsgebied van het Veurne-Ambachtgemaal. Een deel van de polderwaterlopen wordt wel ontwaterd via dit kanaal door middel van 3 noodpompemalen.

Het kanaal Nieuwpoort-Duinkerke ontsluit de westkust en vormt een verbinding met de Noord-Franse havensteden. Het kanaal staat in verbinding met het sluisencomplex de Ganzenpoot in Nieuwpoort. In Veurne verzekeren noodpompen bij hoog waterverbinding met het Lokanaal. Via het Sas van Dierendonck is er een doorgang van het kanaal naar het afwateringsgebied Grote Beverdijkvaart– Koolhofvaart.

Het kanaal Plassendale-Nieuwpoort ontsluit het binnenland. In Plassendale sluit het aan op het kanaal Oostende-Brugge. Het kanaal staat in verbinding met het sluisencomplex de Ganzenpoot in Nieuwpoort en sluit aan op de IJzer via de Sint-Jorissluis (verbindingskanaal met IJzer-spaarbekken). Het water dat in het kanaal Plassendale-Nieuwpoort terecht komt kan zowel naar Oostende als naar Nieuwpoort afvloeien. Een gedeelte van de polderwaterlopen ten oosten van de IJzer wordt afgevoerd via dit kanaal. De belangrijkste is de Moerdijkvaart. De voornaamste stroomrichting van het kanaal Nieuwpoort-Plassendale is richting Nieuwpoort.

De hoofdpolderwaterlopen ten oosten van de IJzer, uitwaterend via de Ganzenpoot te Nieuwpoort, zijn het Graningatevliet - Nieuw Bedelf en de Vladslovaart-Kreek van Nieuwendamme.

De hoofdpolderwaterlopen ten oosten van de IJzer die rechtstreeks afwateren via de haven van Oostende zijn Zandvoordegeleed-Provinciegeleed-Dode Kreek, Kameringsgeleed-Gauweloze kreek en Hagebruggeleed-Sluis kreek. Het Caemerlinckscomplex is het uitwateringskunstwerk in de haven van Oostende. De waterlopen zijn hoofdzakelijk ten noorden van het kanaal Plassendale-Nieuwpoort gelegen. Via grondduikers onder dit kanaal wordt ook een deel water van het gebied ten zuiden van dit kanaal afgevoerd via het Hagebruggeleed en het Pierskillegeleed.

Sommige polderwaterlopen ten oosten van de IJzer wateren af in het kanaal Plassendale-Nieuwpoort. De belangrijkste is de Moerdijkvaart. Deze watert gravitair af in het kanaal. De afwatering van de overige waterlopen naar het kanaal gebeurt via een 3-tal vaste pompemalen. Een grondduiker onder het kanaal Plassendale-Nieuwpoort zorgt voor verbinding met het leperleed.

Het **Bekken van de Brugse Polders** (Vlaamse Milieumaatschappij, 2016c) wordt doorsneden door 6 kanalen en kent 7 uitwateringspunten in zee (4 kanalen en 3 polderwaterlopen). Het kan onderverdeeld worden in 7 afwateringsgebieden waarvan sommige nog verder opgesplitst kunnen worden. Geografisch onderscheidt men in het noorden de kustpolders en in het zuiden de zandstreek. De afwatering gebeurt door het nog relatief natuurlijk bekenstelsel in de zandstreek ten zuiden van Brugge, en het kunstmatig slotenstelsel in de polders.

Waterafvoer gaat rechtstreeks of onrechtstreeks via kanalen naar de Noordzee. Op kustlijnniveau loopt het bekken vanaf Oostende (Kanaal Gent-Oostende) tot de Nederlandse grens (Zwinnegeul).

De noordelijke kustpolders worden gekenmerkt door voornamelijk kunstmatig gegraven polderwaterlopen, met quasi geen verval. Het gebied is lagergelegen dan het vloedpeil van de zee. Het peil in de waterlopen wordt kunstmatig op een vast peil in stand gehouden. Voor de waterhuishouding is men afhankelijk van een getijgebonden gravitaire lozing naar zee door middel van schuifconstructies. Er zijn weliswaar 3 gebieden die continu bemalen worden. In de zomer wordt gebiedsvreemd water ingelaten in functie van bevoeiing en het tegengaan van verzilting. In de kustpolders kan men volgende 5 afwateringsgebieden onderscheiden:

- Blankenbergse Vaart die in verbinding staat met de Noordede en die uitmonden in respectievelijk Blankenberge en Oostende;
- Bemalingsgebieden naar kanaal Brugge-Oostende: Kwetshage Paddegat, De Katte, De Stegere;
- Lisseweegse Vaart welke uitmondt in de voorhaven van Zeebrugge;
- Boudewijnkanaal en achterhaven van Zeebrugge (vrij beperkt);
- Leopoldkanaal

De zuidelijke zandstreek wordt gekenmerkt door zogenaamde laaglandbeken die in oorsprong natuurlijk zijn doch op vele plaatsen, voornamelijk op hun midden- en benedenlopen, zijn rechtgetrokken en gekalibreerd. De beken ontspringen op hoogtes tot 50 m en bereiken nabij hun monding hoogtes van 6 à 10 m. Het verval van de beken in hun bovenlopen kan tot 2 m per km bedragen terwijl de benedenlopen vlak zijn met een verval van ca. 10 cm per km. In de zandstreek onderscheidt men volgende kleinere afwateringsgebieden, die elk naar één of ander specifiek kanaal ontwateren:

- Jabbeekse Beek (kanaal Brugge-Oostende);
- Kerkebeek (Leopoldkanaal of kanaal Brugge-Oostende);
- Rivierbeek (kanaal Gent-Brugge);
- 30 beken van beperkte lengte die uitmonden in het kanaal Gent-Brugge tussen Nevele en Oostkamp/Beernem;
- Sint-Trudoledeken – Zuidervaartje (Leopoldkanaal);
- Bemalingsgebied van de Hoofdsloot (o.a. Assebroekse Meersen) (Kanaal Gent-Brugge of Leopoldkanaal via Zuidervaartje);
- Ede (Schipdonkkanaal).

Vermeldenswaardig is de stuifzandrug Oudenburg Stekene die de scheiding vormt tussen de kustpolders en de zuidelijke zandstreek. Het betreft een historische duinengordel van een paar km breed en hoogtes tot 10 m TAW. De zuidelijke beken botsen tegen deze duinengordel aan en vormen depressies met doorbraken ter hoogte van Jabbeke, Brugge en Maldegem.

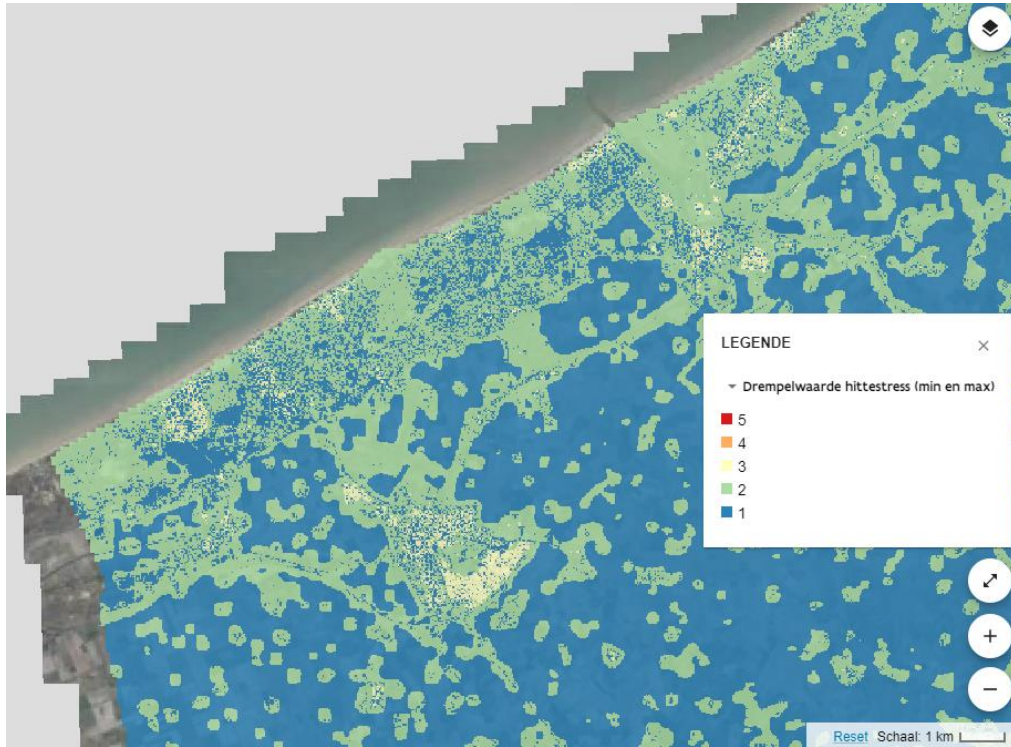
Het kanaal Gent-Brugge-Oostende speelt een rol in de ontsluiting van de havens van Zeebrugge en Oostende en heeft ook de functie van waterafvoer doordat meerdere laaglandbeken erin uitmonden alsook poldergebieden in worden bemaald. Het Leopoldkanaal en Afleidingskanaal van de Leie zijn voornamelijk waterafvoerkanalen. Er werden 2 vijzels geplaatst nabij de uitwatering van het Leopoldkanaal, die in tijden van nood water zal overpompen naar het naburige Schipdonkkanaal welke, omwille van zijn hoger waterpeil, meer mogelijkheden bezit tot gravitair lozen. Het kanaal Brugge-Sluis (Damse Vaart) heeft voornamelijk een recreatieve functie doch staat ook in voor de waterbevoorrading van de langs liggende polders. Het Boudewijnkanaal ten slotte heeft in de eerste plaats een scheepvaartfunctie doch kan uitzonderlijk ingezet worden voor de opvang van wassen op het kanaal Gent-Brugge-Oostende.

Het kanaal Gent-Oostende, het Afleidingskanaal van de Leie en het Leopoldkanaal vormen de hydrografische slagaders van het bekken van de Brugse polders. Ze voeren enerzijds gebiedsvreemd water afkomstig van het Bekken van de Leie door. Anderzijds monden in deze kanalen een aantal laaglandbeken en polderwaterlopen uit.

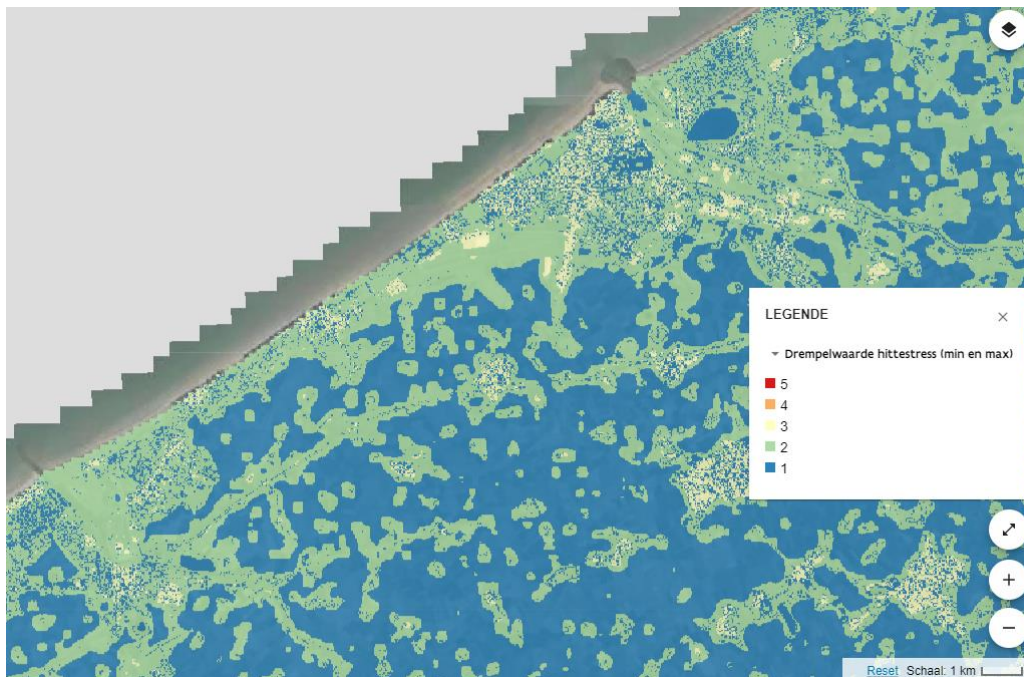
De Spuikom, welke grenst aan de haven van Oostende, vormt een belangrijke plaats voor watersportrecreatie. Daarnaast vindt ook visserij plaats en is De Spuikom is vanuit natuuroogpunt een belangrijke plas voor watervogels in connectie met de nabijgelegen zee. In 2004 werd een beheerplan opgesteld voor de Spuikom.

F.10 Hittestresskaarten

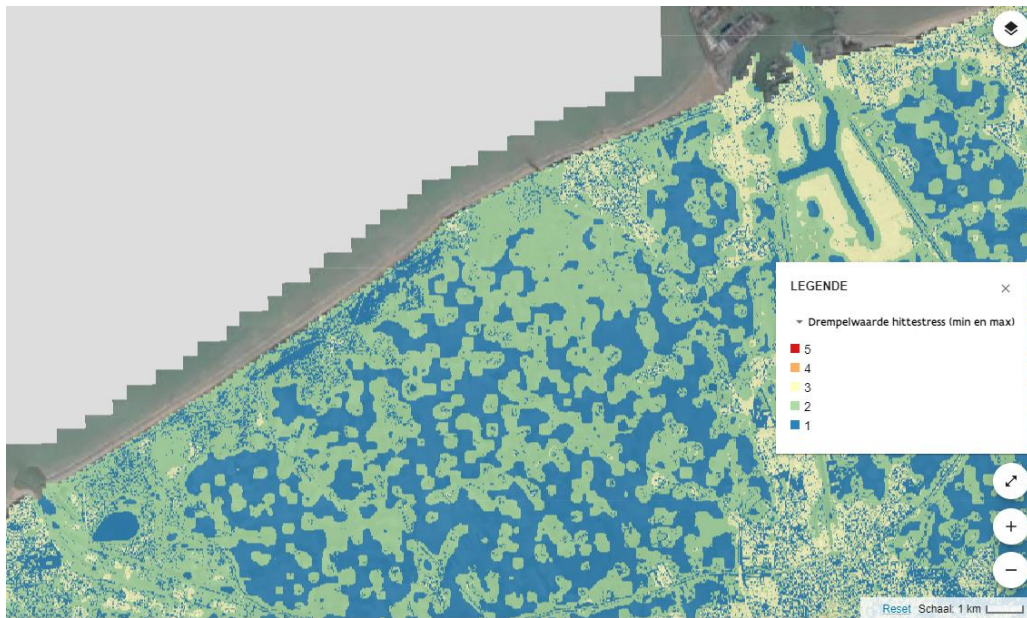
Hogere temperaturen kunnen een belangrijke gezondheidsimpact hebben, zeker in stedelijke agglomeraties die relatief veel warmte vasthouden. Die gezondheidsimpact wordt niet enkel bepaald door de hoogte van de luchttemperatuur, maar ook door de aan-/afwezigheid van schaduw, de luchtvochtigheid en de windsnelheid. De gevoelstemperatuur houdt rekening met al deze parameters. De mate van overschrijding van de drempelwaarden voor dagmaximum en dagminimum gevoelstemperatuur tijdens een extreme hittedag met een terugkeerperiode van 20 jaar, worden weergegeven in 5 klassen. Vanaf score 4 is ernstige gezondheidsschade te verwachten.



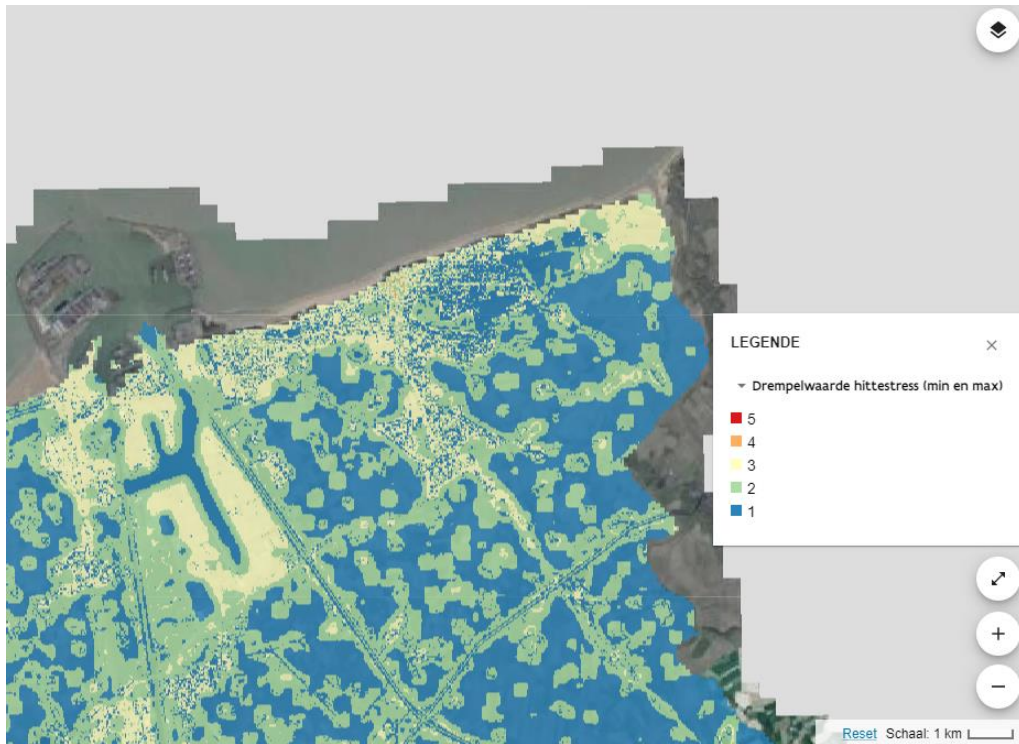
Figuur F-11: Drempelwaarde hittestress (min en max) – huidig klimaat (Bron: (Klimaatportaal VMM, 2023)) – Westkust



Figuur F-12: Drempelwaarde hittestress (min en max) – huidig klimaat (Bron: (Klimaatportaal VMM, 2023)) – Middenkust-West



Figuur F-13: Drempelwaarde hittestress (min en max) – huidig klimaat (Bron: (Klimaatportaal VMM, 2023)) - Middenkust-Oost



Figuur F-14: Drempelwaarde hittestress (min en max) – huidig klimaat (Bron: (Klimaatportaal VMM, 2023)) - Oostkust

