* **Waarom is er door klimaatverandering in ons rivierengebied en kustgebied steeds meer gevaar voor overstromingen?**
Sinds de watersnoodramp van 1953 is in het kustgebied en het rivierengebied de veiligheid door versterking van de waterkeringen sterk toegenomen. Nederland is wel kwetsbaarder geworden; door de gegroeide bevolking en het grotere economische risico. Door de klimaatverandering wordt het warmer en natter, waardoor er hoge waterstanden komen. Ook de zeespiegel stijgt, wat de afvoer van de rivieren belemmert, meer veiligheid is dus nodig.
* **Waarom is het vermogen tot waterberging van de rivieren in de loop van de tijd afgenomen?**
Door de bedijkingen werd alleen beperkte waterberging mogelijks tussen de dijken. De loop van rivieren werd vastgelegd en er werden naast de rivierbedding uiterwaarden opgebouwd. Er is een efficiënt landbouwlandschap landelijk ontstaan. Via sloten en waterloopjes moet het water z.s.m. weggevoerd worden. Veel natuurgebieden die water konden bergen zijn verdwenen.
* **Door welke maatregelen wordt ons rivierengebied en kustgebied in de toekomst veiliger?**Bijv. de Maeslantkering bestrijdt het sterk opdringen van zeewater via de riviermonding bij hoge vloedstanden. ‘Ruimte voor de Rivier’, is het vergroten van de ruimte die kan worden gebruikt voor opslag van rivierwater.

**Paragraaf 2 Waterafvoer in het stroomgebied van Rijn en Maas**

2.1 De sponswerking van het landschap

* De Rijn heeft een enorm stroomgebied. De rivier krijgt in de bovenloop en middenloop vanuit het middelgebergte in Duitsland en vanuit het hooggebergte van de Alpen in Zwitserland veel neerslagwater en smeltwater toegevoerd.
* Het stroomstelsel van de Rijn is sterk vertakt met kleine riviertjes die water naar de hoofdrivier voeren.
* Op de hoge delen in de Ardennen ligt de waterscheiding met het aangrenzende stroomgebied van de Maas.
* Het stroomgebied van de Maas is kleiner dan die van de Rijn en voert vooral water uit het middelgebergte van Noord-Frankrijk en België aan.
* De afvoer van een rivier gaat in 3 stappen:
1. **Vasthouden (retentie) in of op de bodem met zijn begroeiing**
Het regen- en smeltwater zakt langzaam de grond in als grond- of bodemwater vastgehouden. Het kan ook op de bodem oppervlakte blijven liggen of worden opgeslagen in veenlagen.
2. **Bergen in oppervlaktewater**
Het water wat niet op of in de bodem wordt vastgehouden, stroomt naar het oppervlakte water als tijdelijke opslag in het langzaam stromende water van sloten en plassen.
3. **Afvoer door de rivierbedding**
Wateroverschot komt in de hoofdloop van snelstromende rivieren en zijrivieren terecht.
* Het vasthouden en bergen van water buiten de rivierloop gaat via de sponswerking van het landschap. Het vermogen van het landschap om net als een spons water vast te houden en te bergen, en vervolgens weer vertraagd af te geven. De tijd hiertussen heet de vertragingstijd.
* Bij het cultuur brengen en ontwateren van gebieden wordt de sponswerking en de vertragingstijd kleiner.
* Deze zijn groot bij aanwezigheid van natuurlijk bos, veenlagen en natte laagten.
* Door het aanbrengen van steenachtige materialen – zoals bij verstedelijking - is de sponswerking slechter.
* De sponswerking van het landschap in de bovenstroom gelegen gebieden van Rijn en Maas is een belangrijke factor ten aanzien van de hoogte van de afvoer in Nederland.

2.2 Het onbedijkte rivierenlandschap

* Het rivierenpatroon van de Rijn en de Maas lag vast. De afvoer was redelijk gelijkmatig, omdat er in het dwarsprofiel van de rivieren veel ruimte was.
* Door de aanwezigheid van niet ontgonnen veengebieden was de sponswerking van het omringende landschap groot.
* Alleen in natte perioden of door veel smeltwater overstroomden de rivieren en spoelden zand en klei uit de bedding, water werd door begroeiing afgeremd, waardoor een mengsel van zand en klei naast de bedding bezonk.
* Hierdoor ontstond in het bovenrivierengebied langgerekte zandige oeverwallen die elk jaar hoger werden.
* In het benedenrivierengebied bestonden de oeverwallen uit smalle stroken klei. Zand bleef bij een overstroming in de bedding, omdat de stroomsnelheid van het rivierwater bij vloed sterk afgeremd wordt.
* Achter de oeverwallen zijn er laaggelegen kommen met afzetting van klei door overstromingswater. In het westelijk deel is ook veen te vinden.

2.3 De vastlegging van de rivieren door dijken.

* Men begon vanaf 800 met ontginning van bossen en veengebieden en ontwatering van sloten. Door de afname van het sponskarakter werd de afvoer van de rivieren onregelmatiger.
* De eerste rivierdijken werden aangelegd in het natte benedenriviergebied. Voor waterberging werden ze op enige afstand van de rivierbedding op de oeverwallen aangelegd. De rivier werd vastgelegd in een winterbed (tussen de winterdijken).
* Er ontstonden uiterwaarden waar bij elke hoge waterstand een laagje zandige klei werd afgezet. De uiterwaarden werden hoger dan het binnendijkse komgebied dat door ontwatering en inklinking een lage ligging heeft.
* Door bedijking van het benedenrivierengebied kon rivierwater minder snel wegstromen, waardoor het bovenrivierengebied ook ingedijkt moest worden.
* In de uiterwaarden zijn diepe en ondiepe plassen door winning voor de baksteenindustrie.

2.4 Dijkdoorbraken.

* Bij een hoge afvoer kan na bedijking alleen nog maar zand in de bedding of op de uiterwaarden worden afgezet. De bedding van de rivier groeit hierdoor omhoog, wat de waterstand laat stijgen.
* Op lage delen of zwakke plekken in dijken kan dan een gat ontstaan waardoor het neervallende water achter de dijk kolkte en een wiel vormde. Dijken zijn nu een stuk verbeterd maar de beheerskosten van dijken zijn hierbij ook sterk toegenomen.

2.5 Regeling van de waterafvoer

* In de zomer hebben de rivieren een lage afvoer, het stroomt dan alleen in de rivierbedding die het zomerbed vormt. De uiterwaarden zijn geschikt voor landbouw.
* Om de uiterwaarden in de zomer te beschermen zijn er zomerdijken aangelegd.
* De hoofdgeul van de rivier werd vastgelegd door loodrecht op de rivieroever in de rivier korte dammen (kribben) aan te leggen, waardoor de rivier beter bevaarbaar werd. De bedding van de rivier werd smaller en dieper. Kronkels in de rivier werden afgesneden in sommige plaatsen in de rivier (kanalisatie). Het water stroomt dus steeds sneller door de rivieren.
* D.m.v. stuwen kan het waterpeil in een riviertraject worden verhoogd of verlaagd. Het wordt ook gebruikt om de waterstroom van de Rijn te verdelen in diverse riviertakken:
* **Bij hoge waterafvoeren van de Rijn**: stroomt het meeste water door de Waal, wat noodzakelijk is voor de scheepsvaart en ook voor het voorkomen van verzilting in het kustgebied. De grote uitstroom van zoet rivierwater bij de Nieuwe Waterweg dringt namelijk opkomend zeewater bij vloed terug.
* **Bij lagere waterafvoer van de Rijn**: moet er relatief veel water door de Waal stromen voor scheepsvaart. De IJssel moet voldoende water hebben om het waterpeil in het IJsselmeer in stand te houden. Aanvoer van zoetwater vangt het IJsselmeer via kanalen en sloten en dat is noodzakelijk om verdroging van de landbouwgronden in Noordoost-Nederland en Noord-Holland te voorkomen. Dit water wordt gebruikt voor beregening en om het waterpeil in de sloten voldoende hoog te houden.

**Paragraaf 3 Klimaatverandering en veiligheid**

3.1 Het klimaatscenario voor de toekomst.

* Door de versterking van het broeikaseffect heeft de huidige klimaatverandering gevolgen voor de veiligheid in het rivierengebied en het kustgebied.
* Het KNMI heeft een aantal scenario’s voor de toekomst gemaakt. Afhankelijk van de stijging van de wereldtemperatuur (+1 of +2 graden in 2050 en +2 of +4 graden in 2100) is er een gematigd (G) en een warm (W) scenario. Hun varianten zijn G+ en W+ rekening houdend met verandering van de luchtstroming boven Europa:
* **Winter**: meer westenwinden, dus de winters worden zachter en natter
* **Zomer**: meer oostenwinden, dus de zomers worden warmer en droger.
* De gemeenschappelijke kenmerken van ons nieuwe klimaat zijn:
1. **Temperatuur**: In de zomer en winter is er een temperatuurstijging. Zachte winters en warme zomers.
2. **De neerslag**: Nederland krijgt een onregelmatiger neerslagregiem. In de winter is er kans op extreme hoeveelheden van regen en er is veel droogte in de zomer. Maar als er neerslag in de zomer valt, wordt dit een stuk heviger.

3.2 Meer waterafvoer door Rijn en Maas

* Het natter en warmer worden van het klimaat in Nederland en West-Europa heeft gevolgen voor de hoeveelheid water die de Rijn en de Maas per tijdseenheid moeten afvoeren (debiet). De verdeling van de waterafvoer over het jaar (regiem) van beide rivieren verschilt en is afhankelijk van het soort voeding:
* **Rijn**: 70% (bij Lobith) gevoed door smeltwater van gletsjers in Zwitserland. Deze gecombineerde smelt- en regenwater rivier zal in de winter en het vroege voorjaar meer water moeten afvoeren, door meer neerslag in Nederland en Duitsland en het warmere klimaat in de Zwitserse Alpen. Het sneeuw gaat smelten door de hogere sneeuwgrens, en er komt meer neerslag in de vorm van regen. In de zomer zijn er hogere temperaturen, waardoor er meer verdamping is en er sprake is van een lagere waterstand.
* **Maas**: Als een regenrivier heeft de Maas gelijke gevolgen van de klimaatverandering. In de Winter en het voorjaar zal door meer en hevigere neerslag de afvoer groter zijn. In de zomer is er ook een lagere afvoer te verwachten.
* Bij de Rijn en de Maas zal de waterstand tijdens perioden met een piekafvoer in de toekomst hoger worden. Dit zijn factoren die kunnen zorgen voor hoogwater:
1. **Een periode met hevige en langdurige neerslag**: Het stroomstelsel van een rivier krijgt veel water toegevoerd dat vooral over de oppervlakte toestroomt. Spreiding van neerslag bepaalt welke zijrivieren opzwellen. De Maas heeft een klein stroomgebied waar overal tegelijk dan veel neerslag valt, waardoor de waterstand in de hoofdloop snel kan stijgen.
2. **Een periode met een grote toevoer van smeltwater**: In het voorjaar zorgt de overgang van koude winter naar natte zomer voor veel smeltend sneeuw.
3. **Geen wateropslag in de bodem**: De bodem in een stroomgebied waar het veel heeft geregend, kan verzadigd raken, met als gevolg toestroming naar de rivier. Ook zo bij: bevroren bodem en een rotsachtige sterk hellende grond.

3.3 Zeespiegelstijging versterkt de problemen.

* In de benedenloop van de Rijn en Maas is de waterafvoer in het lengteprofiel (stroomrichting) van beide rivieren onder invloed van getijdenwerking. Bij vloed stroomt er zoutzeewater landinwaarts, wat zorgt voor opstuwing van het rivierwater, met als gevolg verzilting in het aangrenzende kustgebied.
* Een zeespiegelstijging zorgt voor het afnemen van het verhang (de gemiddelde helling van een rivier in de richting van de stroomrichting) en vrije verval (het hoogteverschil tussen twee punten langs de rivier) in de benedenloop van de rivier.
* Het peil van het IJsselmeer zal omhoog moeten om nog water op een vrije wijze naar zee te kunnen lozen, in de toekomst zal dus de uitstroom van het water van de IJssel moeilijker gaan.
* De stijging van de waterstand in de Noordzee zal doorgaan door het uitzetten van zeewater door het warmere klimaat en het verder afsmelten van gletsjers en ijskappen. Dit zorgt dus voor een absolute zeespiegelstijging.
* Naast de absolute zeespiegelstijging is er bodemdaling. De Nederlandse ondergrond daalt hier heel langzaam (West- en Noordwest-Nederland) en de veenlagen en kleilagen zakken door ontwatering in.
* De zeespiegel stijgt hierdoor eigenlijk relatief sterker. Het gecombineerde effect van stijging van de zeespiegel en de daling van het land heet relatieve zeespiegelstijging. = absolute zeespiegelstijging + daling van het oppervlakte.

3.4 Strengere veiligheidsnormen

* Er wordt een afweging gemaakt voor veiligheid tussen de omvang van de schade en de kosten van veiligheidsmaatregelen. Drie factoren zijn belangrijk:
1. **De kwetsbaarheid voor overstroming**: Het aantal inwoners en de economische waarde van bedrijven, gebouwen en infrastructuur van een gebied geeft aan hoe kwetsbaar dat gebied is voor overstromingen. Vooral de Rijn-Maasdelta met grote bevolkingsconcentraties in steden als Rotterdam en Dordrecht is een kwetsbaar gebied.
2. **De veiligheidsnormen**: Het gaat erom hoe frequent een overstroming met schade acceptabel wordt gevonden. In het benedenrivierengebied is de veiligheidsnorm scherper, omdat er meer mensen wonen, de polders lager liggen en de economische waarde groter is.
3. **De maatgevende afvoer**: Dit is de maximale hoeveelheid water die een rivier kan afvoeren zonder dat het achterland overstroomt (aanbevolen afvoercapaciteit). Verdere verhoging van de maatgevende afvoer van de Rijn en de Maas zal in de toekomst noodzakelijk zijn.

**Paragraaf 4 Meer veiligheid voor het rivierengebied**

4.1 Internationale samenwerking: het Actieplan Hoogwater

* Hoge waterstanden in het internationale stroomgebied van de Rijn en Maas is sinds 1900 duidelijk toegenomen:
1. De ruimte voor rivierwater is door bedijkingen en kanalisatie fors verminderd.
2. De toestroming van water naar de rivier gaat door afname van het sponskarakter van het landschap steeds sneller. Door het landbouwbeleid van de EU is het landelijk gebied steeds beter ontwaterd. Ook heeft de ontbossing, verstedelijking, aanleg voor wegen en toename van recreatie geleid tot verstening (verharding) van het landschap. Hierdoor is er een steeds kortere vertragingstijd van toestromend water naar de rivieren, wat leidt tot hoge waterstanden.
* 1993: Maas moest de grootste waterafvoer ooit verwerken, mensen moesten hun huis ontvluchten.
* 1995: de Rijn had de één na hoogste afvoer, evacuatie van mensen den dieren was nodig.
* De miljardenschade en de gevaarlijke situatie van 1995 waren de aanleiding voor samenwerking tussen de regeringen van de langen langs de Rijn (intergouvernementele samenwerking).
* In 1998 werd tijdens een Rijnconferentie het Actieplan Hoogwater goedgekeurd, Zwitserland, Duitsland, Frankrijk, Luxemburg en Nederland werden het eens over een aantal actiedoelen om schade door hoge waterstanden van de Rijn te voorkomen:
1. **Vergroten van het bergingsvermogen (retentie) voor water bij de Rijnwaterloop**: Het rivierwater moet meer ruimte krijgen door het verleggen van dijken, het in gebruik nemen van vroegere overstromingsgebieden en de aanleg van retentiebekken.
2. **Vergroten van het bergingsvermogen (retentie) voor water in het Rijnstroomgebied**: Het sponskarakter van het landschap moet verbeterd worden. Door herbossing, herstel van natuurlijke waterlopen en het bevorderen van infiltratie van regenwater in de grond.
3. **De aanleg van betere waarschuwingssystemen ten aanzien van hoogwater**: De voorspellingstermijn van hoogwater moet 100% vergroot zijn.

4.2 De drietrapsstrategie in de Nederlandse stroomgebieden

* Samenwerking tussen de beheerders van water moet onveilige watersituaties door de klimaatverandering gaan voorkomen. In natte perioden moet het water eerst zo veel mogelijk in het eigen gebied worden vastgehouden. Water moet vertraagd naar de rivierloop stromen via het hanteren van de drietrapsstrategie:
1. **Retentie (vasthouden) van water in of op de bodem.**
2. **Bergen in oppervlaktewater.**
3. **Afvoeren naar de hoofdrivier.**
* Het water moet zoveel mogelijk in eigen gebied in de bodem zakken 🡪 overtollig water moet voldoende bergingsgebied hebben in sloten, waterlopen en meertjes 🡪 afvoer van water naar rivierdelen benedenstrooms.
* De drietrapsstrategie voorkomt ook verdroging van gebieden. Een hulpmiddel hierbij is de watertoets (verplichte toets bij ruimtelijke plannen van de overheid waarin aandacht moet worden besteed aan veiligheid, wateroverlast, waterkwaliteit en verdroging).
* Er moet in een vroeg stadium bij een plan nagedacht worden wat de gevolgen zijn voor de watersystemen. Er moet sprake zijn van integraal waterbeleid dat gericht is op het goed kunnen functioneren van watersystemen voor gebruik door mensen, planten en dieren. Bijv.: voor de veiligheid zou het noodzakelijk kunnen zijn om ruimte te reserveren voor waterberging in natte tijden en tijdens droge perioden moet het waterpeil voldoende hoog zijn in de sloten om verdroging te voorkomen.

4.3 De Maaswerken: ruimte voor de onbedijkte Maas

* De Maas heeft in Limburg grotendeels geen dijken. De rivier is bovenstrooms diep ingesneden in de omringende afzettingen, waardoor hij aan beide zijden een winterbed van 3 à 5 km heeft.
* In dit winterbed werd gebouwd ook al kwam het soms onderwater. Maar in de loop van de tijd nam de bebouwing van het winterbed toe. Bij hoge waterstanden zorgden de overstromingen voor veel schade.
* Het project Maaswerken moet zorgen voor een betere veiligheid:
1. Aan de rand van het winterbed worden op onveilige plaatsen kades gemaakt. Bij woonkernen gaat het vaak om demontabele kades die bij dreiging van hoogwater snel kunnen worden geplaatst.
2. Het Maaswater moet meer ruimte krijgen. Via verdieping van de bedding door grind- en zandwinning. Door het maken van een geul naast de rivierloop kan de waterberging bij hoogwater plaatselijk vergroot worden. Dit kan ook d.m.v. een overloopgebied (Roermond).

4.4 Ruimte voor de Rijn en de bedijkte Maas

* Om de veiligheid i.v.m. klimaatverandering te waarborgen heeft de overheid een planologische kernbeslissing vastgesteld: Ruimte voor de Rivier: maatregelen die langs de IJssel, Neder-Rijn, Lek, Waal en het bedijkte deel van de Maas bescherming moet bieden tegen overstromingen, maar ook voor het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit van het rivierengebied.
* In 2015 moet het veiligheidsniveau in de Rijn en de Maas overeenstemmen met de afgesproken waterafvoer.
* Dit wordt niet meer behaald door dijkverzwaring (verhogen en verbreden van dijken), dit gebeurt alleen op plaatsen waar ruimtegebrek is, zoals bij de Lek. Het risico aan dijkverzwaring is dat het water binnen de dijken steeds hoger komt te staan en bij een dijkdoorbraak zal de kracht van het water extra groot zijn.
* De oplossing tegenwoordig is rivierbedverruiming: het rivierwater bij de rivierbedding moet meer ruimte krijgen en de ruwheid van de rivierbedding wordt vermindert.
* Een ruw zomerbed (door hoge kribben) of winterbed (begroeiing of obstakels in de uiterwaard) remt de afvoer van water en stuwt de waterstand op. Dit is alleen effectief in het bovenrivierengebied. In het benedenrivierengebied worden hoogwaterstanden te veel gedomineerd door zee- of IJsselmeerwater.
* Belangrijke soorten maatregelen in het project Ruimte voor de Rivier zijn:
1. **Maatregelen in de uiterwaard (het winterbed)**
* **Uiterwaardvergraving:** Door het afgraven van de afgezette kleilaag worden de uiterwaarden lager. In de uiterwaard kan evenwijdig aan de rivier een nevengeul aangelegd worden, die vergroot bij hoogwater de afvoercapaciteit van de rivier, ook biedt het mogelijkheden voor natuurontwikkeling en verhogen dus de kwaliteit van het landschap.
* **Obstakels verwijderen**: Door voorwerpen of bouwwerken te verwijderen die de stroming van water belemmeren, gaat de waterafvoer sneller en daalt het hoogwaterpeil.
* **Uiterwaardverbreding door dijkverleggingen**: Door de verbreding van uiterwaarden door dijkverlegging wordt huidig droog binnendijks gebied dan buitendijks gebied.
1. **Maatregelen in de rivierbedding (zomerbed)**
* **Kribverlaging**: door uitschuring va de vaargeul zijn de kribben wat hoger te komen liggen. Kribverlaging (door afgraving) kan bij hoog water zorgen voor een betere doorstroming van het rivierwater en een daling van de waterstand.
* **Verdieping**: Het dieper maken van de vaargeul van een rivier. Door het uitdiepen van de rivierbedding wordt de afvoercapaciteit groter. Het zal wel invloed hebben op de grondwaterstand in het aangrenzende binnendijkse gebied.
1. **Aanleg van hoogwatergeulen**
Een hoogwatergeul is een door dijken omgeven gebied dat bij hoogwater een deel van het rivierwater afvoert. Zorgt voor extra afvoercapaciteit en lagere waterstand van de rivier. De brede uiterwaarden van de rivier zullen door de aanwezigheid van veel waardevolle natuur niet worden vergraven, daarom liggen de hoogwatergeulen binnendijks.
2. **Aanwijzen van noodoverloopgebieden**
Noodoverloopgebieden/ retentiebekkens zijn gebieden die bij hoge waterstanden tijdelijk gebruikt kunnen worden om water te bergen. Het kan gaan om landoppervlak of gebied met open water.
3. **Dijkverzwaring**
Vooral langs de Lek is gekozen voor verhoging en versterking van de dijken. Die liggen dicht langs de uiterwaarden die vaak niet aanwezig zijn of heel smal zijn. Waterstanddaling is dus niet mogelijk. Een probleem is dat de dijken een slappe ondergrond van veen hebben. Ook ligt de bebouwing over grote lengten tegen de dijk aan.

**Hoofdstuk 5 Veiligheid in het kustgebied**

5.1 De opbouw van onze kustlijn

* De dijken en duinen aan onze kust vormen samen een kustverdediging die veiligheid aan Nederland moet bieden. Deze waterkering die de zee moet weerstaan (primaire waterkering) kent i.v.m. de zeespiegelstijging een paar zwakke schakels die verbeterd moeten worden.
* Onze waterkering bestaat uit een zachte kust opgebouwd uit duinen op basis van een natuurlijke of door de mens georganiseerde toevoer van zand (onderhoudt zichzelf, sprake van natuurlijke veerkracht met in de tijd een afwisseling van opbouw en uitbreiden tegenover afslag en terugtrekken) en een harde kust met zeedijken, die moeten worden onderhouden met bouwmaterialen en indien nodig verhoogd en verbreed moeten worden.
* De aard van de kustlijn bepaalt het voorkomen van zachte of harde kusten:
1. **Zuidwest-Nederland** heeft een estruariumkust. De zee heeft tijdens inbraken zeearmen met ertussen eilanden doen ontstaan. Door eb en vloed is de Schelde trechtervormig verbreed tot estuaria met een duidelijk getijverschil. Alleen de Westerschelde is nog een natuurlijk estuarium. Langs de oevers van de estuaria liggen overal zeedijken. Op kop van de eilanden vinden we door de grote zandaanvoer een zachte kust met duinen.
2. **Centraal West-Nederland** heeft door de grote zandaanvoer een gesloten kust met duinen. Alleen bij Petten ligt een zeedijk door een vroegere inbraak van zee.
3. **Noord-Nederland** heeft een waddenkust met aan de zeezijde Waddeneilanden met duinen. De zee stroomt bij vloed via grote wadgeulen de hierachter liggende Waddenzee binnen. Bij eb stroomt het water weer terug en vallen grote zandplaten naast de wadgeulen droog: de wadden. Aan de landkant van de Waddenzee die erachter ligt, wordt de kust beschermd door zeedijken, o.a. de afsluitdijk.

5.2 Harde kustverdediging

* De zeedijken worden gebouwd op de hoogste waterstand. Die wordt bepaald door een hoge vloedstand (springvloed) en extreme winden uit het noordwesten. Als veiligheidsnorm voor de hoogte van de zeedijken en de duinen wordt voor Noord-Holland en Zuid-Hollland, i.v.m. de omvangrijke bevolking en de grote aanwezige economische waarden, uitgegaan van een extreme hoogwaterstand die eens in de 10.000 jaar wordt overschreden. Bij de rest van Nederland is de veiligheidsnorm minder scherp.
* Bij een aantal badplaatsen met een zandkust wordt om de historisch gegroeide bebouwing te beschermen, harde kustverdediging toegepast. Dit kan bestaan uit echte zeedijken, maar ook uit hulpdijken van beton of basalt, die de basis vormen van natuurlijk lijkende duinen die erop liggen.
* De harde kustverdediging zorgt bij de badplaatsen voor een goede bescherming tegen erosie. Deze kustverdediging steekt vaak wat verder uit in zee dan aangrenzende zachte kustdelen die door erosie terugwijken: er is sprake van bolwerkvorming.

5.3 Zachte kustopbouw: zeewerende duinen

* Onze kust is een dynamisch gebied waar drie soorten kustprocessen continu zorgen voor opbouw en afbraak:
1. **De getijdestroming (eb en vloed) die parallel aan de kustlijn loopt;**
2. **De golven die min of meer loodrecht op de kust oplopen;**
3. **De stromingen van lucht door de wind.**
* Deze processen spelen een rol bij vorming van de zeewerende duinenrij. Ze zorgen voor een omvangrijke transport van zand:
* **Zandtransport evenwijdig aan de kust**
Het zand van onze kustduinen is afkomstig van de bodem van de Noordzee of wordt aangevoerd door de rivieren. Door de getijdestroming wordt het zand overheersend van zuid naar noord verplaatst. De kustlijn past zich aan de richting van de zeestroming aan.
De vloedstroming is het meest overheersend door de westenwind, met als resultaat dat er op lange termijn een netto waterverplaatsing is van zuid naar noord.
In een kustvak – een stuk kust loodrecht op de kustlijn – zorgt de reststroming voor zowel een toestroom als een uitstroom van zand. De verhouding tussen toestroom en uitstroom bepaalt of de zandhoeveelheid voor de kust gelijk blijft, groeit of vermindert.
* **Zandtransport loodrecht op de kust**
Waar de zee ondieper wordt, vindt afremming van de golfbeweging aan de onderkant plaats 🡪 zand wordt op de zeebodem losgewoeld en opgenomen in het water 🡪 door afremming gaan de golven overslaan en ontstaat er branding 🡪 de brandingsgolven werpen een deel van het losgewoelde zand bij vloed op het strand 🡪 bij eb droogt het op 🡪 wind verplaats het zand landinwaarts 🡪 zandophoping evenwijdig aan de kust 🡪 zoutminnende planten met hun wortels leggen zich vast in het zand en begint duinvorming 🡪 zeewerende duinenrij: een zeereep.
* Jaarlijks vindt in de zeewerende duinenrij aantasting door erosie plaats. Sterke wind of vertrapping van de plantengroei kan op de duintop zorgen voor wegstuiven van het zand. Bij stormvloed kan kustafslag plaatsvinden, dit moet vaak kunstmatig weer gered worden.

5.4 Dynamisch handhaven van de kust

* Door de klimaatverandering zullen er meer stormen komen en de zeespiegel gaat steeds verder stijgen. De overheid wil zachte kusten gebruiken voor beveiliging en zo min mogelijk harde kusten, zacht waar het kan, hard als het moet.
* Bij de zachte kustverdediging staat het handhaven van de basiskustlijn (BKL) centraal. Dit is de ligging van de gemiddelde kustlijn op 1 januari 1990, dit is de kustverdediging norm.
* Als de kustlijn door erosie landinwaarts is verplaatst, wordt zandsuppletie toegepast: Het kunstmatig toevoeren van op de zeebodem gewonnen zand naar de oever van de kustzone of het strand. Het toegevoerde zand wordt vervolgens op een natuurlijke wijze verspreid en zorgt voor kustherstel. Zo is er sprake van dynamisch handhaven van onze kustlijn.

5.5 De zandbehoefte van ons kustsysteem

* Onze kust heeft op een aantal plaatsen te maken met zandtekort (vooroever). Het zandvolume moet op peil gehouden worden, voor de veiligheid en ook om de mogelijkheden voor natuur, recreatie en drinkwatervoorziening op peil te houden.
* Jaarlijks wordt zand toegevoegd om de basiskustlijn te handhaven, dit gaat op 2 manieren:
* Bij strandsuppletie wordt het zand op de zeebodem opgezogen en via pijpleidingen direct op het strand aangebracht en verdeeld. Het strand wordt hierdoor breder en hoger.
* Bij vooroeversuppletie wordt een lading zand opgezogen en op de zeebodem voor de kust gestort. Er ontstaat hier een zandbank die de golven breekt en die ook zorgt voor een geleidelijke toevoer van zand naar het strand. (meest gebruikt).

5.6 Verhoging van diversiteit door een slufter

* Om het zand goed vast te leggen worden overal uniforme helmplanten ingeplant. Op sommige plaatsen worden betonnen beschermingsconstructies toegepast. Deze kunstmatigheid gaat ten koste van de diversiteit aan soorten planten en dieren.
* Om de ecologische waarden van de duiden te verhogen, is er aandacht voor slufters: Een zoute of brakke duinvallei die via een gat in de zeewerende duinenrij in open verbinding staat met de zee. Bij normale vloed of alleen maar bij springvloed en stormvloed kan hier zeewater binnenstromen.
* Door de hoge dynamiek van het milieu kan alleen een beperkt aantal bijzondere planten in een slufter leven. Gunstig voor de diversiteit is de gevarieerdheid van het milieu.