

# Studiewijzer aardrijkskunde 11VWO

## Klimaat (PTA T4)

Klas: 11 VWO

Blok: 1

Datum: september 2016

Als een les wegens ziekte uitvalt dan kan je zelfstandig door werken.

Zorg voor een groot schrift (A4-formaat) waarin je duidelijke aantekeningen kunt maken en schema's kunt tekenen. Bewaar je aantekeningen goed. Deze heb je de komende jaren in de lessen en voor het Centraal Examen ook weer nodig.

Maak altijd de opgaven met de atlas deze zijn van wezenlijk belang voor het oefenen van de (geografische) vaardigheden.

Leer de begrippen goed. De begrippen zijn de basis voor het verkrijgen van inzicht in de geografische vraagstukken. Dus leer niet alleen de betekenis van de begrippen, maar ook de context waarin de begrippen worden gebruikt.

	Datum	Lesinhoud	Jaaragenda
34	22 t/m 28 aug	Introductie; Leer steeds de begrippen voor de volgende les. Aarde Hoofdstuk 3 §2 uitleg HW: 4 t/m 11 en lezen §3 & §4	Di: 9.30 begin school & periode Wo: Begin lessen Do: schoolfoto's
35	29 aug t/m 4 sept	Do: §3 uitleg en drie vormen van neerslag HW: 12 t/m 16  Vr: §3&4 uitleg HW: 17 t/m 22	Do: Algemene ouderavond
36	5 t/m 11 sept	Do: §4 uitleg HW: 17 t/m 25  Vr: Herhalen en oefenen uit studiewijzer Zelf werken in de aula. Arnoud is niet aanwezig.	Ma: Voorlichting Michaelactie 11 <sup>e</sup> kl om 12.30 & 10 <sup>e</sup> kl om 13.00 & 9 <sup>e</sup> +12 <sup>e</sup> kl om 13.30. Ma/Di: 12H/V, na per geen les, oefenpresentaties Wo t/m Vr: 12H/V t/m 6u les & eindpresentaties om 19.00 uur
37	12 t/m 18 sept	Vr: El Nino, extra oefeningen & opdrachten uit studiewijzer  Vr: §5 uitleg HW: 26 t/m 32	Wo: inhaalmoment 9 t/m 12 kl.
38	19 t/m 25 sept.	Do: §6 uitleg HW: 33 t/m 39  Vr: §7 uitleg HW: 40 t/m 46	Wo: Voorlichting 10M/H om 19.30.

39	26 t/m 2 okt	Meenemen Zuidoost Azië en samengevat Do: Geen les Vr: Hoofdstuk 1§2 HW: opdr. 3 t/m 8	Wo: Michaëlectie na 4 u. kl. 7/9/11 & na periode schoolplein kl. 8/10/12. Do. 12h/v hebben les Do. Michaëlectie na 4 u. kl. 8/10 & na periode schoolplein kl. 7/9/11.
40	3 t/m 9 okt	Do: Atlas van de ondergrond van Nederland. zelfwerken aan opdracht  Vr: Bespreken van de opdrachten. Beginnen aan nieuwe opdracht. De zevenplagen van de delta's Zelfstandig maken in kleine groepjes	Toneelweek 11C Ma: ouderavond 9 <sup>e</sup> kl. Wo: ouderavond 10 <sup>e</sup> kl. Toneelweek 11C, opvoering vr. Do&Vr: kunstreis 12 <sup>e</sup> klassen
41	10 t/m 16 okt	Afronden delta's & Vr: Verdieping ZO Azië	Kunstreis 12 <sup>e</sup> klassen Landmeten 10 <sup>e</sup> kl. Di: Kickstart 11B (1t/m 3 u.) Wo: Kickstart 11C (1t/m 3 u.) Do: Kickstart 11D (1t/m 3 u.) Wo: inhaalmoment 13.30 u. Wo: ouderavond 11e kl.
42	17 t/m 23 okt	Herfstvakantie	
43	24 t/m 30 okt	Herhaling en oefening	
44	31 okt t/m 6 nov	<b>Toetsinhoud</b> <b>Aarde 1</b> • Hoofdstuk 3 <b>Zuidoost-Azië</b> • Hoofdstuk 1§2 (inclusief de verschijnselen, zoals erosie en verwerking die horen bij tropische klimaten) • PowerPoint van de diverse onderwerpen. <b>Zevenplagen van de Delta's</b> <b>Lesaantekeningen</b>	Toetsweek 1 klas 9 t/m 12 Eindeblok 1
45	7 t/m 13 nov		Di: sportdag 9t/m12 na periode Do: 13.30 studiemiddag
46	14 t/m 20 nov		Wo: 13.30 inhaalmoment Do: ouderavond 5 <sup>e</sup> &6 <sup>e</sup> kl ouders
47	21 t/m 27 nov		Di: 19.30 Buitenland Buitenkans in Cals College Wo: cijfers ingevoerd
48	28 nov t/m 4 dec	<b>??t/m 4<sup>e</sup> uur les??</b>	Ma: Rap.verg. 11e kl. Di:Rap.verg. 12e kl. Wo: rap verg 9e kl Do: rap verg 10e kl. Vr: rapverg 9 <sup>e</sup> kl.

49	5 nov t/m 11 dec	<b>Wo: Rapporten en examendossier eruit</b>	Toneelweek 11B Vr: toneelopvoering 11B
50	12 t/m 18 dec		Di: vakouderavond 7 t/m 12 vanaf 17.30 uur Wo: inhaalmiddag v. 13.30u
51	19 t/m 25 dec		Ma/Di/Wo: Toetsweek 10&12 (Niet voor talen) Vr: kerstspel + afsluiting
52	26 dec t/m 1 jan	<b>Kerstvakantie</b>	
1	2 t/m 8 jan	<b>Kerstvakantie</b>	
2	9 t/m 15 jan		Ma: leerlingen vrij/studiedag Do: Driekoningenopvoering
3	16 t/m 22 jan		Za: opendag 10.00-14.00 u
4	23 t/m 29 jan		luistertoetsen 12/10M/H in de les Di: ouderavond 9 <sup>e</sup> kl. Do: ouderavond 10 <sup>e</sup> kl.
5	30 jan t/m 5 feb		Drama examen 12V Za: Opvoering Drama Ma: ouderavond 11 <sup>e</sup> kl.
6	6 t/m 12 feb		
7	13 t/m 18 feb		Wo: 13.30 inhaalmoment Vr: 13.30 studiemiddag Vr: Toetsweek 9/10/11/12 (11 <sup>e</sup> geen talen)
8	20 t/m 26 feb	<b>Toetsweek</b>	Toetsweek 9t/m12 Vr: begin krokusvakantie
9	27 feb t/m56 mrt	<b>Krokusvakantie</b>	
10	6 t/m 12 mrt		Mondelingen 12H/V-10M/H examenklassen gewoon les Stage 9 <sup>e</sup> klas Do: Sectorwerkstuk 19:30-21.00 u Einde blok 2
11	13 t/m 19 mrt		Ma/Di/Wo/Vr Mondelingen 12H/V-10M/H examenklassen gewoon les Stage 9 <sup>e</sup> klassen Wo: 13.30 inhaalmoment Do: Bovenbouwconferentie Vr: cijfers ingevoerd 9 t/m 11
12	20t/m 26 mrt		Toneelweek 11D Vr: opvoering 11D

Literatuur bij Aarde 1, hoofdstuk 3:

<http://www.keesfloor.nl/weerkunde/index.htm>

<http://www.kennislink.nl/bronnen/kees-floor>

<http://www.kennislink.nl/publicaties/weerkunde-meteorologie-voor-iedereen-straling-warmte-temperatuur>

<http://www.keesfloor.nl/>

- Een animatie over de coriolis kracht. Het laat mooi zien wat er bij een vlucht in Noord-Zuid richting gebeurt zonder en met coriolis kracht  
<http://home.planet.nl/~kalsb004/geobronnenbb/animaties/coriolis.htm>
- De volgende animatie laat niet alleen zien wat er bij een vlucht in Noord-Zuid richting gebeurt zonder en met coriolis kracht maar ook wat er gebeurt bij een vlucht van oost naar west. <http://www.ukdivers.net/flash/coriolis.swf> , geraadpleegd 22 november 2010.
- Animatie El Nino  
[http://esminfo.prenhall.com/science/geoanimations/animations/26\\_NinoNina.html](http://esminfo.prenhall.com/science/geoanimations/animations/26_NinoNina.html)
- Zelfstandig leren over El Nino  
[http://www.begeleidzelfstandigleren.com/aardrijkskunde/vijfdes/atmosfeer/8\\_enso.html](http://www.begeleidzelfstandigleren.com/aardrijkskunde/vijfdes/atmosfeer/8_enso.html)
- <http://ilo.publication-archive.com/public?fn=lookup&repository=6&string=Web%20opdracht>
- <http://kingfish.coastal.edu/marine/Animations/Hadley/hadley.html>

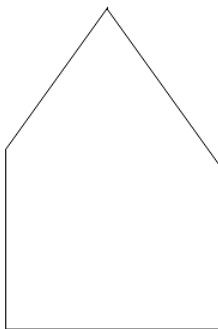
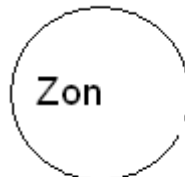
## Extra oefenmateriaal over klimaten en landschapzones, leerkatern aarde

Maak de onderstaande vragen na het afronden van alle opdrachten uit het werkboek en zonder hulpmiddelen. Wel is het gebruik van de Atlas toegestaan.

### Opgave 1 (kennisvragen)

Teken nauwkeurig de werking van het (natuurlijk) broeikaseffect.

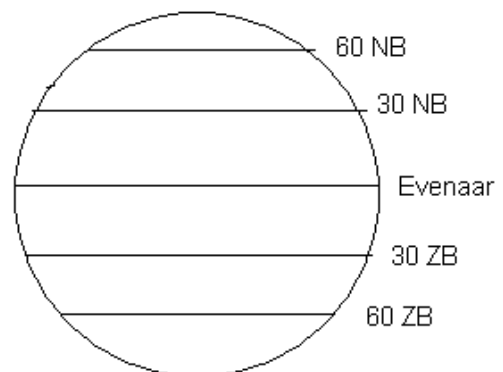
- UV-straling (kortgolvlige straling)
- Infraroodstraling (langgolvlige straling)



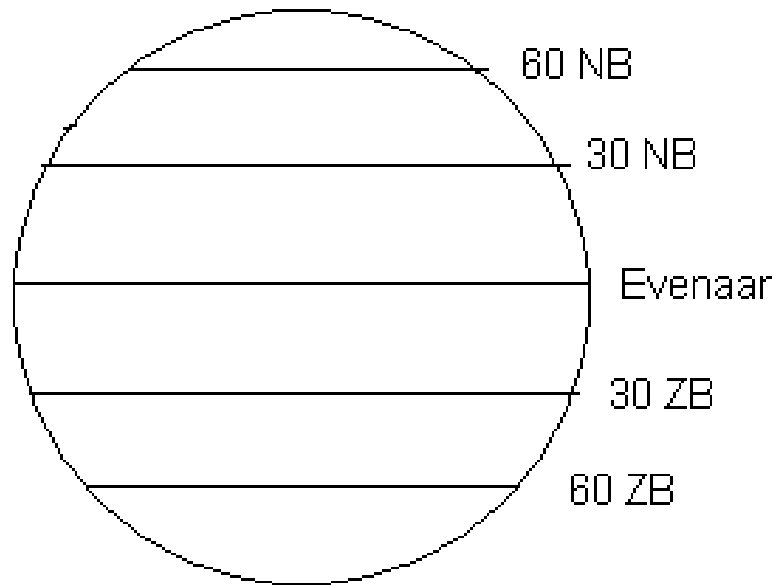
- Teken nauwkeurig de werking van het (natuurlijk) broeikaseffect.
- Wat is het verschil tussen het versterkt en natuurlijk broeikaseffect?
- Hoe heet de sfeer waar het broeikaseffect plaats vindt?
- Wat is het belangrijkste natuurlijke broeikasgas?
- Wat zijn de vier stoffen die het meest bijdragen aan versterkt broeikaseffect?

### Opgave 2 (kennisvragen)

- Wat is de definitie van de stralingbalans?
- Geef in het figuur hier naast aan het stralingsoverschot (+) en het stralingstekort (-).
- Verklaar bij deelvraag b het stralingstekort? *Je mag één verklaring geven, maar er is ook een tweede verklaring mogelijk.*
- Wat zijn de gevolgen van deze verdeling van stralingstekorten en stralingsoverschotten?



Hoofdstuk 1 §3  
**Opgave 3**



Teken nauwkeurig de circulatiecellen en de luchtstromingen in het bovenstaande kaartje. Geef dus ook aan of een luchtstroming stijgend of dalend is en bij de winden de afwijkingen door de Corioliskracht.

1. Hogedrukgebied (meerdere gebieden, gebruik de letter H)
2. Lagedrukgebied (meerdere gebieden, gebruik de letter L)
3. Hadley cel
4. Ferrel cel
5. Polaire cel
6. ITCZ
7. NO-passaat
8. ZO-passaat
9. Westenwind
10. Polaire wind
11. Doldrums
12. Paardebreedte

Mogelijke toetsvragen zijn (**inzichtvragen**):

a) De windrichting voor 75% van de tijd Zuidwest in Nederland? Verklaar de Zuidwesten wind in Nederland met de wet van Buys Ballot

Of

b) GB 194B&D. Verklaar de ligging van de gebieden waar de stiltegordels voorkomen.

#### Opgave 4 (kennisvragen)

- a) Geef de zes factoren die de temperatuur bepalen op aarde bepalen
- I. Warmte transport door wind & water, zie ook paragraaf 2 & 3
  - II. Stralingsdichtheid (breedte ligging)
  - III. .
  - IV. .
  - V. .
  - VI. .

De Geo Geordend Topboek (aanwezig in de mediatheek): tekstnummer 230; 231;232.  
Ook is er bij één van de bovenstaande punten een algemene regel. Wat is deze regel?

#### Mogelijke toetsvragen (inzichtvragen)

- b) Bekijk GB 196. De stad Quito ligt in Polaire klimaat. Dit zou je niet verwachten als je kijkt naar de geografische breedte ligging van de stad. Geef een verklaring voor het polaire klimaat van Quito.
- c) Bekijk GB 17D. Het Aralmeer is aan het verdrogen. In welk klimaatgebied licht het Aralmeer volgens het systeem van Köppen? Geef aan welke kaart je hebt gebruikt voor je antwoord.
- d) Bekijk GB 17D. Het Aralmeer is aan het verdrogen. Met het verdwijnen bijna het hele Aralmeer zal ook het klimaat in dit gebied veranderen. Leg uit welk gevolg het verdwijnen van het Aralmeer heeft op de temperatuur? *Je uitleg moet een oorzaak-gevolg relatie bevatten.*

#### Opgave 5

### waterkringloop

Twee dingen zijn kenmerkend voor de waterkringloop:

- a) Het water (H<sub>2</sub>O) gaat over van de ene toestand in de andere.
- b) Het water gaat van het ene reservoir naar het andere.

M.b.t. punt a)

- Over welke drie toestanden gaat het hier?
- Welke (natuurkundige) processen zorgen ervoor dat het water van de ene (aggregatie)toestand overgaat in de andere?
- Sommige mensen denken dat wolken bestaan uit waterdamp. Waarom klopt dat niet? Waaruit bestaan wolken? Hoe ontstaan wolken?
- Hoe ontstaat neerslag? (3 manieren)

M.b.t. punt b)

- Het water op aarde bevindt zich in verschillende reservoirs. Noem enkele reservoirs? (zie bron 13 van het boek blz. 61)

### Opgave 6

In de hydrologische kringloop spelen de volgende begrippen een belangrijke rol:

Condensatie

Evaporatie (= oppervlakte verdamping, zie leerkatern)

Transpiratie

Evaporatie

Infiltratie

Bovengrondse afstroming/oppervlakkig afstromen

Ondergrondseafstroming via grondwater

Teken een hydrologische kringloop met de bovenstaande begrippen.

### Mogelijke toetsvraag

Een bos op de helling zorgt dat een beekje in het dal na een regenbui niet gelijk hard gaat stromen (piekafvoer), maar een meer geleidelijk verloop kent van het debiet. Dit komt door dat er een minimale oppervlakkige afstroming plaats vindt.

a) Op welke manieren zorgen de bomen voor een minimale oppervlakkige afstroming van het regenwater?

Het bos op de helling wordt gekapt. Hierdoor ontstaat een nieuwe situatie op de helling, o.a. het infiltratie vermogen van de grond neemt af tot praktisch nul.

b) Leg uit dat door de ontbossing de infiltratie afneemt. *Je uitleg moet een oorzaak-gevolg relatie bevatten.*

c) Leg uit dat door de ontbossing op de helling tot overstromingen van de beek zal leiden. *Je uitleg moet een oorzaak-gevolg relatie bevatten.*



### Opgave 7 (behandeld voor de kerstvakantie)

Klimaat Systeem van Köppen	jaartemperatuur	Jaarlijkse neerslag	Luchtdruk (H of L)	Globale geografische breedte ligging bij een aarde,*
Af				
Aw				
BS				
BW				
C				
D				
E				

\*Waarvan de aardas rechtstaat en geen onderscheid is tussen land en water.

- Zet bij de klimaten in de tabel het cijfer dat de juiste volgorde aangeeft wat betreft de hoogte van de temperatuur en de hoeveelheid neerslag (1 t/m 7)
- Zet ook bij elk klimaat of er sprake is van overheersend Hoge druk (H), overheersend Lage druk (L) of een combinatie (H/L).
- Zet ook bij elk klimaat de globale breedte ligging.
- De werkelijkheid wijkt af van bovenstaande tabel. Welke andere factoren bepalen mogelijk de temperatuur in een gebied.

### Opgave 8

Bekijk GB 194 E5. De klimaatsgrafiek van Cherrapunij. De neerslag in juni en juli worden aangevoerd door een natte moesson

- Wat is het klimaat van Cherrapunij volgens het systeem van Köppen?
- In welke gebergte ligt Cherrapunij?
- Hoe heet de wind die in juni en juli waait naar Cherrapunij?
- Geef de verklaring voor natte periode in Cherrapunij en omgeving. *Je verklaring moet een situatiebeschrijving en een algemene regel bevatten.*

### Opgave 9

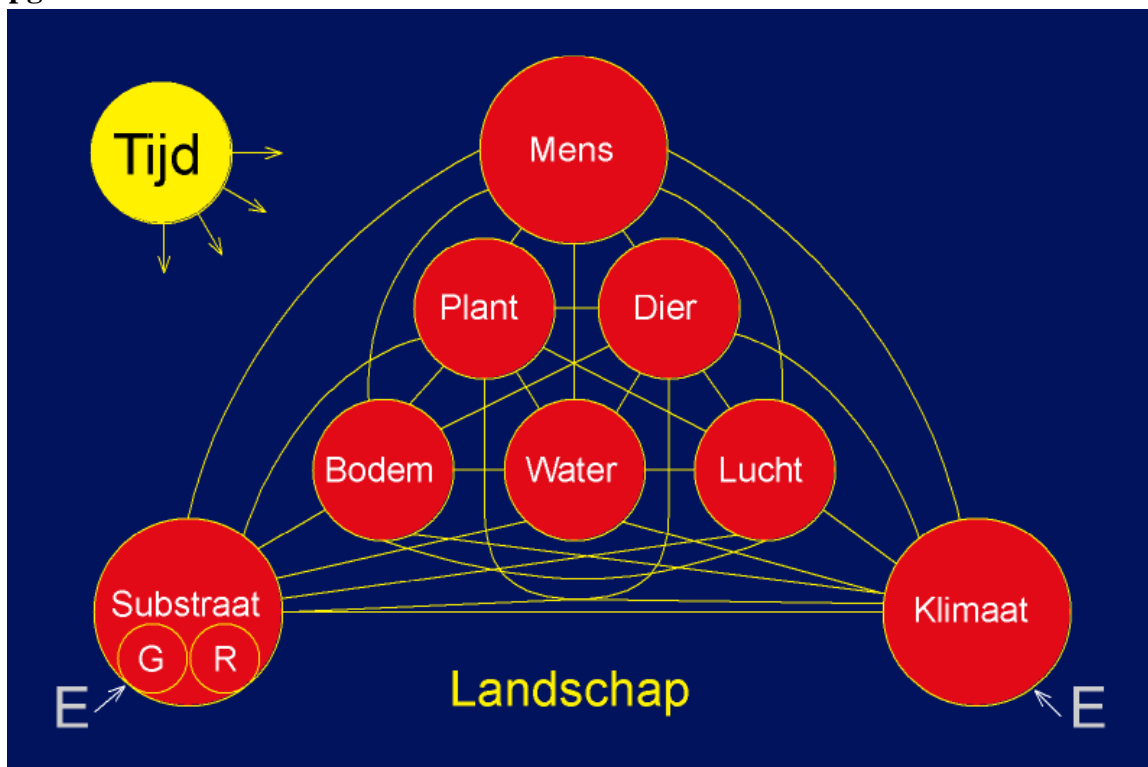
- Welk klimaat heeft Michigan (VS)?
- Welke geografische breedte heeft Michigan?
- Welke streek of stad in Europa heeft dezelfde geografische breedte als Michigan?
- Welke klimaat heeft de stad of streek uit vraag c)?
- Geef een verklaring voor het verschil in klimaten tussen Michigan en de stad/streek in Europa?

### Opgave 10

Vul de tabel in.

Landschapszone	Klimaat volgens systeem van Köppen	Natuurlijke planten groei
Poliare zone		
Boreale zone (koud gematigde zone)		
Gematigde zone		
Subtropische zone		
Aride zone		
Semi-aride zone		
Tropische zone		

### Opgave 11



- De afbeelding laat de samenhang zien tussen de verschillende begrippen. Alle begrippen samen kunnen ook samengevoegd worden in één begrip. Welk begrip is dat?
- De begrippen laten in de afbeelding hun onderlinge relaties zien door lijnen. Welke relatie heeft het bla bla

**Opgave 12**

Maak een begrippenweb over landdegradatie. Plaats als eerste andere begrippen die vallen onder de noemer landdegradatie.

Antwoorden

**Opgave 6**

a.

b.

(Het bladerdek van de bomen is verdwenen) waardoor het regen hard op de grond kan vallen (oorzaak)

waardoor de grond dicht slaat en geen infiltratie kan plaats vinden (gevolg)

c.

De bossen minder water vasthouden (oorzaak) of er minder water verdampt

Waardoor de rivier door piekbelasting het water stijgt (oorzaak) / waardoor er een snellere afstroming plaats vindt.

**Opgave 8c**

Cherrapunij onderinvloed staat van de zuidwest moesson (afkomstig van de zee)

(situatiebeschrijving)

En door het warme water en hoge temperaturen heeft de lucht gigantische hoeveelheden vocht kunnen opnemen.

## Opgave 8 – El Niño

---

*Gebruik bron 12 van het bronnenboekje.*

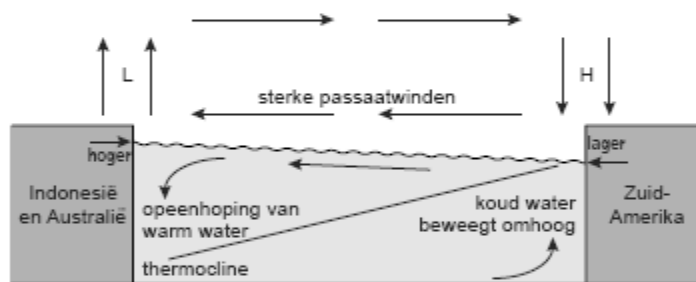
- De temperatuur van het oceaanoppervlak heeft een grote invloed op het ontstaan van hoge en lage drukgebieden boven de Grote Oceaan. Atlaskaart 180B (53e druk: 194B) toont de luchtdrukverdeling in januari.
- 4p 29 Geef in vier stappen de verklaring voor het op deze kaart getoonde verschil in luchtdruk tussen Indonesië en de westkust van Zuid-Amerika.  
*Vergelijk de situatie van het oceaanwater bij Indonesië en de westkust van Zuid-Amerika. Geef op basis van die situatiebeschrijving de algemene regels waarmee je de luchtdruk in beide gebieden kunt verklaren.*
- Tijdens een El Niño stroomt het warme water gedeeltelijk terug richting Zuid-Amerika. De verplaatsing van dit warme water zorgt ervoor dat de oostelijke passaatwinden worden afgezwakt.
- 2p 30 Leg uit waardoor de verplaatsing van het warme water leidt tot het afzwakken van de oostelijke passaatwinden.  
*Je uitleg moet een oorzaak-gevolg relatie bevatten.*
- In een normale situatie (niet-El Niño situatie) is het westelijke kustgebied van Zuid-Amerika erg droog.
- 2p 31 Geef twee oorzaken voor de droogte aan de westkust van Zuid-Amerika in een normale situatie.
- Uit onderzoek is gebleken dat bij een warmer wordend klimaat de effecten van El Niño waarschijnlijk niet veel zullen veranderen. Zo zal een temperatuurverhoging van het oceaanwater via een terugkoppelingsmechanisme in de atmosfeer worden tegengewerkt, waardoor de temperatuurafwijking zichzelf minder lang in stand kan houden. Een eerste stap in dit terugkoppelingsmechanisme is het verdampen van meer water uit de oceaan bij hogere temperaturen.
- 2p 32 Beredeneer hoe de tweede en de derde stap van dit terugkoppelingsmechanisme zouden kunnen werken.

## Opgave 8 – El Niño

bron 12

### Beschrijving van El Niño

Het klimaatverschijnsel El Niño heeft zijn oorsprong in de Grote Oceaan. De oceaan is opgebouwd uit een dunne laag relatief warm water van ongeveer 100 meter dik bovenop 5 kilometer veel kouder water. De scheiding tussen het warme en het koude water noemt men de thermocline. In de atmosfeer erboven waaien voortdurend winden aan weerszijden van de evenaar van oost naar west, de passaatwinden. De belangrijkste variabelen bij het ontstaan van een El Niño zijn de thermocline, de passaatwinden en de temperatuur van het oceanoppervlak.



In een normale situatie staat de thermocline scheef omdat de passaatwind het warme water naar het westen blaast, richting Indonesië. Bij de westkust van Zuid-Amerika welt hierdoor koud water op.

Tijdens een El Niño wordt het evenwicht tussen deze drie variabelen verstoord, bijvoorbeeld door een westerstorm in het westen van de Grote Oceaan. Het warme water vloeit daardoor gedeeltelijk terug naar Zuid-Amerika. Daar stijgt aan het oppervlak de zeewatertemperatuur, waardoor de normale oostelijke passaatwinden afzwakken en er een westenwind over de oceaan waait. De effecten van zo'n El Niño zijn bijna over de hele wereld te voelen.

*vrij naar: Philip, S. & G.J. van Oldenborgh, Alles verandert behalve El Niño, Het Weermagazine, nummer 4, 2006*

## Opgave 8 – El Niño

---

- 29 **maximumscore 4**  
Uit de verklaring moet blijken dat
- bij Indonesië relatief warm oceaanwater is (situatiebeschrijving) 1
  - bij de westkust van Zuid-Amerika relatief koud oceaanwater is (situatiebeschrijving) 1
  - boven warm water lucht zal uitzetten, waardoor de luchtdruk daalt / bij warm water de lucht zal opstijgen, waardoor de luchtdruk daalt (algemene regel) 1
  - boven koud water lucht zal inkrimpen, waardoor de luchtdruk stijgt / bij koud water de lucht zal dalen, waardoor de luchtdruk stijgt (algemene regel) 1
- 30 **maximumscore 2**  
Uit de uitleg moet blijken dat
- door de verplaatsing van warm oceaanwater in oostelijke richting het temperatuurverschil zal afnemen (oorzaak) 1
  - waardoor het luchtdrukverschil boven de Grote Oceaan zal afnemen (gevolg) 1
- 31 **maximumscore 2**  
Voorbeelden van juiste oorzaken zijn:
- de aanwezigheid van een hogedrukgebied
  - afluende wind
  - de aanwezigheid van een koude zeestroom voor de kust
- per juiste oorzaak 1
- 32 **maximumscore 2**  
Uit de redenering moet blijken dat
- 2e stap: als gevolg van meer verdamping er meer wolken kunnen ontstaan 1
  - 3e stap: wolken zonlicht tegenhouden waardoor de oceaan niet nog verder opwarmt 1





# De kwetsbaarheid van delta's:

Zeven plagen in een geologisch perspectief

Iedere leerling krijgt twee nummers van 2-3 of 4-5 en 6-7. Je leest de inleiding (blz. ) en de twee artikelen die overeenkomen met je gekregen nummer.

- Je onderstreept de geologische wetmatigheden en schrijft de kernachtig in volle zinnen de wetmatigheden op in de bijlage.
- Ben je klaar dan lees je ook het afsluitende stuk van het artikel: Hoe nu verder?
- Samen doen we plaag 1

Als ieder het artikel heeft gelezen dan groepjes van 3 vormen, waarbij elk nummer is vertegenwoordigd. Leg aan de andere groepsleden uit wat je hebt gelezen. Iedereen maakt aantekeningen op de bijlage.

Ben je klaar dan maak je als groep de onderstaande opdracht over Venetië

Vloed zet Venetië blank (Bron Metro, 2 december 2008). Het artikel staat op blz.

Vragen bij het krantenartikel.

1. Wat is een lagune? (zie het laatste deel van het artikel: De topografie en vorm van een delta)
2. Waarom is Venetië een lagunestad? Maak dit duidelijk met een schets met behulp van de atlas. Teken ook de bijbehorende rivieren. Je kan een kaartje uitprinten van Google Earth, als je toestemming krijgt van je docent.
3. Verklaar het extreme hoge water in Venetië in december 2008.
4. Verklaar dat de lagunestad moet vrezen voor zijn toekomst in geologisch perspectief. De vraag anders geformuleerd: Welke van de zeven plagen heeft betrekking op de lagunestad Venetië.

Bijlage voor de samenvatting

De kwetsbaarheid van delta's:  
Zeven plagen in een geologisch perspectief

### **1 Bodemdaling en zeespiegelstijging**

- Delta's liggen iets boven zeeniveau door bodemdaling of zeespiegelstijging ontstaan grote problemen. Tegenwoordig hebben Delta's te maken met zeespiegelstijging en bodemdaling
- Zeespiegelstijging door klimaatverandering (mondiaal probleem)
- Delta's liggen in daling gebieden (geologische proces)
- Bodemdaling veroorzaakt door:
  - Compactie van klei en veen
  - Winning van olie en gas

### **2 Kusterosie**

### **3 Verzilting**

### **4 Bodem- en waterverontreiniging**

## **5 Rivierdynamiek**

## **6 Overstromingen vanuit zee**

## **7 Overstromingen vanuit de rivier**

De kwetsbaarheid van delta's:

## **Zeven plagen in een geologisch perspectief**

Door: Bart Makaske

Geografie december 2008 blz. 50-55

**De overstromingen in de Birmese Irrawaddy-delta afgelopen mei en de ontruiming van New Orleans in verband met de orkaan Gustav in september maken ons nog een keer duidelijk hoe riskant bewoning van een deltagebied is. Delta's zijn zeer aantrekkelijk vanwege hun natuurlijke hulpbronnen, maar ook uitermate kwetsbaar. Hoe duurzaam gaan we ermee om?**

Veel delta's zijn dichtbevolkt en kennen een lange bewoningsgeschiedenis. De combinatie van vruchtbare landbouwgronden en goede verbindingen via zee en rivier werd al vroeg aantrekkelijk gevonden. Later ging winning van fossiele brandstoffen een belangrijke rol spelen in de ontwikkeling van veel delta's. De aantrekkelijke natuurlijke hulpbronnen stellen ons voor een dilemma: exploitatie betekent namelijk ingrijpen in een geologisch systeem dat in een delicaat evenwicht verkeert. Verstoring van geologische processen leidt per definitie tot milieuproblemen. Toch zijn we het natuurlijke milieu steeds meer naar onze hand gaan zetten. Maar hoe duurzaam zijn alle ingrepen? Lange tijd hebben we deze vraag voor ons uit geschoven. De verwachtingen rond klimaatverandering gecombineerd met recente rampen in deltagebieden (New Orleans, Birma) plaatsen de vraag nu echter hoog op de agenda. Tijd voor een rondgang langs zeven plagen die de moderne deltabewoner moet zien te overwinnen, en een doorkijkje in drie oplossingsrichtingen.

### **1 Bodemdaling en zeespiegelstijging**

Vrijwel alle grote bewoonde delta's zijn onderhevig aan bodemdaling. Door de ligging nabij zeeniveau kan geringe bodemdaling tot grote problemen leiden, zeker wanneer klimaatverandering de zeespiegel doet stijgen. Op basis van klimaatscenario's verwacht het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) een wereldwijde zeespiegelstijging van circa 20 tot 60 cm in de 21ste eeuw. Bodemdaling in delta's heeft diverse oorzaken. Ten eerste ontstaan delta's meestal in tektonische dalingsgebieden, vaak begrensd door breuken in de aardkorst. Daarnaast drukt het gewicht van de deltasedimenten de aardkorst ter plaatse enigszins omlaag. Ook treedt compactie op van slappe kleiige en venige-lagen onder bovenliggende afzettingen (kader De ondergrond van een delta, pag. 53). In de Mississippi-delta leidt compactie van (geologisch) recente lagen tot een bodemdaling van 5 tot 10 mm per jaar. West-Nederland heeft ook nog te maken met inklinking van oppervlakkig veen door ontwatering. Tot slot kan de winning van olie en gas, waaraan veel delta's rijk zijn, het fundament onder de delta doen wegzakken.

## **2 Kusterosie**

Al bouwen delta's zich in principe zeewaarts uit, toch is kusterosie in veel deltagebieden een probleem. Vaak gaat het om delen van de deltakust: terwijl een actieve deltalob groeit door sedimentatie nabij de riviermonding, vallen verlaten deltalobben ten prooi aan golferosie. Die kusterosie gaat vaak hand in hand met bodemdaling. Beide processen worden in de verlaten delen van de delta niet langer gecompenseerd door sedimentatie. En dan kan het hard gaan: bij de oude riviermonding in de Rhône-delta bedroeg de kustafslag tot 7 meter per jaar; dat was vóór 1990, toen er een harde kustverdediging werd opgetrokken. Wanneer de aanvoer van riviersediment naar de delta volledig wordt stilgelegd door stroomopwaarts gelegen stuwdammen, kan erosie langs de hele deltakust optreden. Zo loopt de Nijl-delta jaarlijks ruim 120 miljoen ton vers sediment mis vanwege de Aswan-dam.

## **3 Verzilting**

Bodem en grondwater in delta's zijn gevoelig voor verzilting. Het diepere grondwater is er meestal brak of zout. Hierop ligt een laag zoet, door de rivieren aangevuld, grondwater. Als er onvoldoende aanvoer van rivierwater is, bijvoorbeeld door onttrekking voor irrigatie, stijgt het zoute water tot dicht onder de oppervlakte, met enorme gevolgen voor landbouw en natuurlijke ecosystemen. Zeespiegelstijging vergroot de opwaartse druk van het diepere zoute grondwater. Bij onvoldoende tegendruk van rivierwater kan zout water via riviermonden ook landinwaarts dringen. In de droge zomer van 2003 werd in West-Nederland brak water binnengelaten om het grondwater op peil te houden. In delta's in droge gebieden, zoals de Nijl-delta, leidt verdamping tot verzilting van de bodem. Als door bedijking of stuwdammen periodieke overstroming van de deltavlakte uitblijft, worden zouten niet meer uitgespoeld.

## **4 Bodem- en waterverontreiniging**

Veel delta's hebben ernstig te lijden onder verontreiniging van bodem en water. Voor een deel komt dit door de dichte bevolking, waarbij ongezuiverd stedelijk afvalwater in moerasgebieden en lagunes geloosd wordt. Daarnaast neemt rivierslib verontreiniging uit het stroomgebied mee, dat zich door sedimentatie ophoopt in de deltabodem. Zo zit de bodem van Nederlandse uiterwaarden vol zware metalen. Vooral in de eerste helft van de 20ste eeuw bevatte het Rijn-slib veel koper, lood en zink door industriële activiteiten in het stroomgebied. Andere milieuproblemen hangen samen met de winning van olie en gas in delta's. In de olierijke Niger-delta lekten tussen 1976 en 2001 in bijna 7000 incidenten zo'n 3 miljoen vaten olie weg, waarvan 31 procent op land en in moerassen. Ook intensieve landbouwactiviteiten verstoren het milieu. Van nature zijn deltavlakten vruchtbaar door de regelmatige overstroming die de bodem telkens verrijkt met nieuwe nutriënten. Hierdoor is intensieve landbouw in delta's al vroeg tot ontwikkeling gekomen. Bedijking maakt een einde aan de natuurlijke nutriëntenstroom en noodzaakt tot kunstmestgebruik, met een veel grotere belasting voor het milieu.

## **5 Rivierdynamiek**

Vanwege hun omvang zijn deltarivieren vaak moeilijk te beteugelen in hun natuurlijke dynamiek. Een bekend probleem is oevererosie langs een zich langzaam verplaatsende rivierbedding. Dit proces is technisch beheersbaar, bijvoorbeeld door aanleg van kribben. Maar bij zeer grote rivieren vergt dat een enorme investering, die arme landen vaak niet kunnen opbrengen. De afweging van kosten en baten zal ook per land en situatie verschillen. In Bangladesh kan het goedkoper zijn een hele stadswijk te verplaatsen, dan te proberen de enorme geul van de Brahmaputra (ongeveer 10 km breed en 20 m diep) tegen te houden. Deze rivier kan in een piekjaar de oever bijna 800 m afkalven. Een andere vorm van rivierdynamiek is avulsie, waarbij de rivierbedding zich volledig verlegt. Rivierwater is geneigd de steilste, en dus kortste, weg naar zee te nemen. Hoe verder een deltalob in zee reikt, des te langer de route wordt, terwijl er na verloop van tijd kortere alternatieve routes op de deltavlakte zijn. Avulsie wordt ook veroorzaakt door snelle sedimentatie in en nabij de rivierbedding, die ertoe leidt dat de rivier op den duur op een rug boven de riviervlakte komt te liggen. Een natuurlijke deltarivier zal dus periodiek een nieuwe route kiezen. In de afgelopen achtduizend jaar was de gemiddelde levensduur van een rivierloop in de Nederlandse delta, van vorming tot verlegging, circa 1300 jaar. Bedijking belemmert avulsie, terwijl de sedimentatie in en nabij de rivierbedding sterk toeneemt. Sediment dat zich voorheen over de hele riviervlakte verspreidde hoopt zich na bedijking deels op tussen de dijken, die steeds moeten worden verhoogd om de veiligheid te garanderen. Zo komt de rivier met uiterwaarden steeds hoger boven de deltavlakte te liggen en ontstaat een steeds risicovollere situatie. Vooral bij rivieren waar sterke bodemerosie in het ontgonnen achterland optreedt, kan dit probleem dramatische vormen aannemen. In de delta van de Hoangho (Gele Rivier) in China bijvoorbeeld bedraagt de sedimentatie van stroomopwaarts geërodeerde löss decimeters per jaar, zodat eens per twaalf jaar (gecontroleerde) avulsie optreedt.

## **6 Overstromingen vanuit zee**

Alle delta's zijn kwetsbaar voor overstromingen vanuit zee, maar er zijn grote verschillen, afhankelijk van het type delta en de geografische ligging. Zo hebben golfgedomineerde delta's (figuur 5 pag. 55) strandwallen die werken als een natuurlijke kustverdediging. Deze delta's zijn minder kwetsbaar dan getijgedomineerde delta's. In de trechtersvormige riviermonden van dit type delta kan het water bij storm sterk opgestuwd worden, zeker wanneer de water-bewegingen door storm en getij elkaar versterken. Delta's in Zuidoost-Azië en het Caribisch gebied liggen in de baan van tropische cyclonen, zoals Nargis die onlangs in de Irrawaddy-delta huishield (figuur 3 pag. 54). In november 1970 werd de Ganges-Brahmaputra-delta geteisterd door de tropische cycloon Bhola, die in sommige gebieden het waterniveau 10 meter opstuwde. De overstroming eiste 300.000 tot 500.000 slachtoffers, en geldt tot op heden als de grootste ramp die ooit door een cycloon is veroorzaakt. Voor delta's die grenzen aan diepe zeeën in actieve breukzones zijn ook tsunami's een bedreiging.

## **7 Overstromingen vanuit de rivier**

Vergeleken met overstromingen vanuit zee zijn rivieroverstromingen in delta's beter voorspelbaar, geleidelijker en daardoor minder catastrofaal. De

grootste problemen ontstaan in landen die de kosten van bedijking niet kunnen opbrengen. Toch heeft bedijking ook een keerzijde. Periodieke overstroming van de deltavlakte is een natuurlijk proces dat door sedimentatie bijdraagt aan deltavorming en dat hard nodig is om tegenwicht te bieden aan de natuurlijke afbraakkrachten, zoals bodemdaling en kusterosie. De gemiddelde sedimentatiesnelheden op natuurlijke deltavlaktes bedragen 1 tot 3 mm per jaar. Veranderingen in het stroomgebied zijn van grote invloed op de frequentie en omvang van overstromingen. Door de bedijking en kanalisatie van waterlopen worden de piekafvoeren hoger en bereikt het water sneller de delta. Bodemerosie door ontginning van het achterland kan leiden tot het dichtslibben van rivierlopen in de delta en meer overstromingen. Voor de Rijn wordt verwacht dat klimaatverandering zal resulteren in hogere piekafvoeren door een hogere neerslagintensiteit.

### **Hoe nu verder?**

Verreweg de belangrijkste oorzaak voor de geschetste problemen in deltagebieden is het verstoren van de natuurlijke dynamiek van delta's. Iedere delta met vastgelegde, bedijkte rivierarmen zal op lange termijn onbewoonbaar worden omdat bodemdaling en zeespiegelstijging niet gecompenseerd worden door sedimentatie. In de 21ste eeuw zullen deltagebieden wereldwijd dan ook zwaar op de proef gesteld worden. De explosief groeiende wereldbevolking en sterke economische ontwikkeling in Azië betekenen een steeds grotere druk op de natuurlijke rijkdommen van delta's. Stijgende voedsel- en energieprijzen zullen leiden tot uitbreiding en intensivering van de landbouw, toenemende olie- en gaswinning en industrialisatie en urbanisatie in delta's. Koppel dit aan de verwachte effecten van klimaatverandering (zeespiegelstijging en toename van weerextremen) en voortgaande geologische processen zoals bodemdaling, en er ontstaat een weinig rooskleurig toekomstbeeld. Er zijn grofweg drie strategieën om delta's in de toekomst leefbaar te houden. De eerste is het kunstmatig ophogen van vitale delen van de delta, in combinatie met harde kustverdedigingswerken en rivierdijken. Deze strategie omvat ook zandsuppleties op het strand en het opspuiten van nieuw land in zee. Nederland heeft een lange traditie en veel kennis op dit gebied. Vaak wordt gezegd dat deze kennis deltabewoners elders in de wereld voor rampen zou kunnen behoeden, en dus een belangrijk exportproduct zou moeten zijn. Toch past ook enige bescheidenheid. Onze oplossingen zijn specifiek voor de Nederlandse delta. Het is bijvoorbeeld maar de vraag of de Nederlandse dijken bestand zijn tegen een tropische cycloon. Daarbij zijn de Nederlandse oplossingen erg duur. De rijke oliestad New Orleans kan ze nog wel betalen, maar het straatarme Bangladesh zal het zonder moeten doen. Verder moeten we erkennen dat onze technologische oplossingen maar een beperkte houdbaarheid hebben en soms onomkeerbare processen in gang zetten. De bedijking en drainage van de West-Nederlandse veengebieden heeft geleid tot een vicieuze cirkel van steeds verdere maaiveld-daling en steeds harder pompen om niet te verzuipen. Export van de Nederlandse expertise op het gebied van deltabeheer moet dus zeker vergezeld gaan van een waarschuwende bijsluiter! De tweede strategie is het gericht gebruiken van deelprocessen in de natuurlijke deltadynamiek. Voorbeelden zijn het invangen van sediment op kwelders en duinen door beplanting en schermen, en zandsuppleties op strategische plaatsen langs de kust waarna het zand door natuurlijke processen bijdraagt aan de opbouw van de kustverdediging. Ook het herstel van begroeide kustmoerassen (bijvoorbeeld

mangroven) als buffer tegen stormvloeden past in dit denken. Aan de rivierzijde zou men bij toerbeurt beperkte omdijkte gebieden tijdelijk kunnen openstellen voor overstroming en sedimentatie. Na verloop van tijd kan het opgehoogde maaiveld weer in gebruik worden genomen. Periodiek zouden er ook gecontroleerde riviervleggingen kunnen worden toegestaan, zoals gebeurt in de Chinese Hoangho-delta. Voorwaarde is wel dat de rivier voldoende sediment meevoert, en dit niet achterblijft in reservoirs in het stroomgebied. De derde strategie is volledig herstel van de natuurlijke deltadynamiek, met extensief gebruik van de deltavlakte. In feite is dit de enige werkelijk duurzame manier om delta's te bewonen en te gebruiken. Bewoning kan dan alleen nog plaatsvinden op terpen en strandwallen, in paalwoningen of op drijvende constructies. Investerings in de overstromingsvlakte worden tot een minimum beperkt. Goede waarschuwingssystemen moeten voorkomen dat mensen worden overvallen door overstromingen, zoals gebeurde in de Birmese Irrawaddy-delta. In ons Nederlandse perspectief is deze derde strategie op korte termijn sociaal, economisch en maatschappelijk volkomen onhaalbaar. Daarom wordt hier voorlopig ingezet op de eerste strategie, gecombineerd met een klein beetje van de tweede. Geologisch gezien betekent dit dat we nog even doormodderen!

#### **Bronnen**

- Berendsen, H.J.A. 2005. Avulsies; verlegging van de Rijn naar het noordwesten onafwendbaar. *Geografie*, 8: 30-33.
- Berendsen, H.J.A. 2005. New Orleans: gone with the wind and the water. *Geografie*, 9:44-48.
- Galloway, W.E. 1975. Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. In: M.L. Broussard (ed.). *Deltas: Models for Exploration*. Geological Society, Houston.
- Makaske, B. 1998. Anastomosing rivers; forms, processes and sediments. *Nederlandse Geografische Studies* 249, KNAG/Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen Universiteit Utrecht.
- Törnqvist, T.E. e.a. 1996. A revised chronology for Mississippi River subdeltas. *Science*, 273: 1693-1696.



## De topografie en vorm van een delta

Een delta ontstaat waar een rivier uitmondt in een zee of een meer. Door de snel afnemende stroomsnelheid van het rivierwater nabij de monding bezinken hier door de rivier aangevoerde sedimenten. De deltavlakte kenmerkt zich door een aantal geomorfologische verschijnselen.

### Geulen en oeverwallen

In de geulen wordt voornamelijk zand afgezet in de vorm van banken. Direct naast de geul worden zand en klei afgezet wanneer de rivier buiten haar oevers treedt. Dit resulteert in langgerekte oeverwallen langs de rivieren. Vanwege de relatief droge condities, de strategische ligging langs de geul en de goede landbouwgronden, concentreert menselijke bewoning in delta's zich van oudsher op oeverwallen. Bij een rivierverslegging (avulsie) is er sprake van een doorbraak van de oeverwal, waarbij water vanuit de bestaande geul zich een weg baant over de deltavlakte. Hierbij vormt zich langzamerhand een nieuwe geul die de functie van de oude geul overneemt. Zie ook het artikel van Henk Berendsen in *Geografie* van oktober 2005.

### Kommen en lagunes

Verder van de rivier wordt minder en kleiiger sediment afgezet. Hierdoor vormen zich kommen: laagten met een slechte afwatering. In een onbedijkte riviervlakte zijn kommen ongeschikt voor bewoning, terwijl de zware gronden een slechte landbouwkundige structuur hebben. Nog verder van de rivier wordt nauwelijks meer sediment afgezet en kan - als het klimaat er vochtig is - veengroei plaatsvinden. Lagunes zijn komgebieden die onder sterke invloed van de zee staan.

### Strandwallen

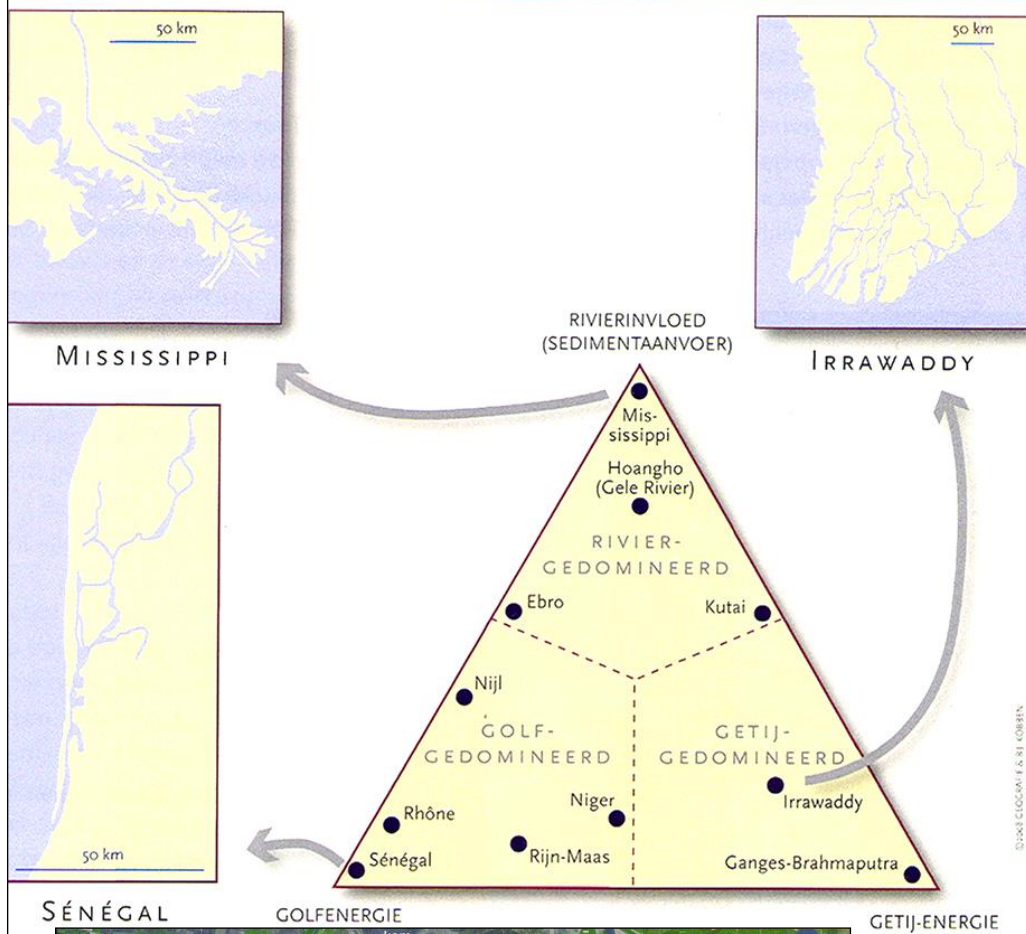
In veel delta's wordt rivierzand bij de monding opgenomen en langs de kust getransporteerd door golfaangedreven zeestromingen. Dit zandtransport voorziet de deltakust van zandige stranden. Verstuiving van het strandzand door aanlandige wind zorgt voor duinvorming. Stranden en bijbehorende duinen (strandwallen) vormen de primaire bescherming van de deltavlakte tegen zeewater. Voortdurende aanvoer van vers zand is een voorwaarde voor het intact houden van deze bescherming.

## Deltatypen

Er is een grote variatie in delatavormen, met grofweg drie basistypen:

- Riviergedomineerde delta's, zoals van de Mississippi, ontstaan waar grote sedimentrijke rivieren uitmonden in een rustige zee. Onder deze condities kan de delta zich ver zeewaarts uitbouwen in langgerekte lobben.
- Golfgedomineerde delta's, zoals de Rhône-delta, worden gevormd langs kusten waar sterke golfslag stromingen aandrijft die door de rivier aangevoerde zand langs de kust transporteren. Deze delta's bouwen zich minder ver zeewaarts uit en vertonen een gladdere kustlijn en goed ontwikkelde strandwallen.
- Getijgedomineerde delta's, zoals de Irrawaddy-delta in Birma, ontwikkelen trechtervormige riviermondingen, estuaria, door de uitschurende werking van getij-stromingen. Deze delta's hebben veelal een sterk vertakt rivierstelsel en een onregelmatig 'gehapte' kustlijn met talloze mondingen van getijkreken en rivierarme.

**Figuur 5:** Het klassieke driehoeksdiagram waarin delta's geomorfologisch worden onderverdeeld aan de hand van het relatieve belang van drie vormende processen: rivierinvloed (sedimentaantoever), golfenergie en getij-energie.



Figuur 4: De Rhône-delta in Zuid-Frankrijk, een golfgedomineerde delta met een gladde kustlijn.

Einde

# Vloed zet Venetië blank

• Lagunestad getroffen door extreem hoog water • Zorgen over waterpeil

Grote delen van Venetië zijn gisteren blank gezet door één van de hoogste waterstanden in de geschiedenis van de Italiaanse stad.

Hoewel hoog water in de lagune rond Venetië niet ongewoon is, baarde de ongewone vloed van gisteren de meeste inwoners van de stad ernstige zorgen. Op het beroemde plein Piazza San Marco stond het water rond het middaguur bijna een meter hoog. In de lagune stond de waterstand uiteindelijk 1,56 meter hoger dan normaal. Als de waterstand in de lagune 1,4 meter hoger is dan normaal bereikt het water ook de hoger gelegen delen van de historische

**“Dit is een uitzonderlijke waterstand.”** Massimo Cacciari, Burgemeester

stad. Talloze Venetianen zaten gisteren dan ook vast in hun huizen. Doordat de waterbussen, de vaporetto's, dankzij een staking in de transportsector niet uitvoeren was het nagenoeg onmogelijk de getroffen inwoners uit hun benarde positie te bevrijden. “Ik wil de stakers graag een medaille geven voor hun verantwoordelijke gedrag”, sneerde gouverneur Giancarlo Galan.

Burgemeester Massimo Cacciari adviseerde toeristen die een trip naar Venetië hebben gepland dringend ‘hier nog eens goed over na te denken’. “Dit is een uitzonderlijke waterstand. Ga alleen de deur uit als je absoluut moet gaan”, waarschuwde hij. Het stadsbestuur was vooraf wel gewaarschuwd voor de



Bijna een meter water op het Piazza San Marco in Venetië.

komst van het water. Het Centro Maree, dat de waterstand in de gaten houdt, had voorspeld dat het peil in de lagune 1,66 meter hoger dan normaal zou zijn. Het zou een evenaring zijn van de stand uit december 1979. Doordat de wind in de middaguren onverwacht draaide, kwam de voorspelling uiteindelijk niet uit.



**RUBEN EG**  
ruben.eg@metronieuws.nl

## Waterproblemen in Venetië

Venetië broedt al sinds de negentiende eeuw op een oplossing om hoog water, ‘acqua alta’ genaamd, buiten de deur te houden. Vijf jaar geleden werd begonnen met een systeem dat de lagune van Venetië kan afsluiten voor de toestroom van meer water uit de Adriatische Zee. De waterkering, genaamd MOSE, moet in 2012 klaar zijn en is vernoemd naar de Italiaanse naam van de Bijbelse figuur Mozes, die de wateren van de Rode Zee wist te temmen. Het in de Middeleeuwen ter verdediging op het water gebouwde Venetië kreeg al in 782 voor het eerst te maken met extreem hoog water dat de stad binnendringt. In 1240 stond het water meer dan manshoog in de straten. In 1966 moesten zo'n vijfduizend Venetianen hun huis verlaten toen het water 1,94 meter hoger stond dan normaal.