**AARDWETENSCHAPPEN HOOFDSTUK 18: Werking van wind**

1. Stroming van lucht

* Stroming van lucht
  + Wind = een stroming van lucht
  + Stroming verloopt volgens dezelfde fysische wetmatigheden als waterstroming
    - Toch aantal verschillen tussen lucht en waterstroming
* Verschillen tussen lucht en waterstroming: stroming van lucht
  + 1) de stroomrichting en -snelheid van luchtstroming wordt nauwelijks of niet beïnvloed door het relief
    - Reden: luchtstroming is onbegrensd in hoogte
      * De troposfeer (onderste gedeelte vd atmosfeer waarin weerpatronen afspelen vb wind) is 10km hoog
    - Gevolg: luchtstroming w slechts weinig geconcentreerd naar diepe delen in het landschap vb valleien
      * Maar wind kan makkelijk over heuvels e.d heen stromen
    - Stroomsnelheid en richting wordt bepaald door drukgradienten s403
      * Voorkomen: in diepe onbegrensde stromingen vb lucht
      * S403: gem situatie van hoge en lagedrukgebieden in januari
        + Bevat isobaren
      * Drukgradienten creëren windstromingen van hoge naar lagedrukgebieden
        + Hierbij is windsnelheid sterker naarmate de luchtdrukgradient steiler is of naarmate de luchtdruk over een bep afstand sneller verandert

Op s403: windsnelheid groter in zones waar isobaren dichter bij elkaar liggen

* + - ⬄ water: sterke interactie tussen relief en waterstroming
      * water stroomt steeds naar de diepste punten in het landschap => ontstaat geconcentreerde stroming die in staat i kanalen te eroderen (geulen, ravijnen, beken, rivieren, getijdengeulen,…)
    - ⬄ water: waterstroming is beperkt in diepte
      * mm op hellingen tot meters in rivieren & 10-100m langs kusten
      * gevolg: vooral op hellingen & in rivieren w de stroomsnelheid & richting van water duidelijk bepaald door relief
    - = water: ook de stroomrichting en snelheid wordt bepaald door drukgradienten, MAAR enkel in diepe oceanen & ook zo bij ijs
  + 2) Lucht heeft een veel lagere dichtheid & veel lagere viscositeit
    - Gevolg: de windstroming is altijd turbulent (zie 4.4.2 en ppt p150 nieuw)
      * Reynoldsgetal = maat voor neiging tot laminaire of turbulente stroming
        + Groter naarmate viscositeit stromend medium kleiner is
        + Groter naarmate de diepte vd stroming (hydraulische stroom) groter is
        + Conclusie: reynolds getal gaat zeer groot zijn
      * Dus voor windstroming Reynolds getal veel groter dan 2000 => turbulent
    - Gevolg: luchtstroming oefent kleinere shear stress uit op bodempartikels

2. Erosie en sedimentatie door wind

* Erosie en sedimentatie door wind
  + Idem erosie en sedimentatiemechanismen als voor water
* 1) wind oefent de laagste shear stress uit op bodemopp
  + Volgorde: wind laagste < water < ijs hoogste shear stress
    - Reden: Shear stress => lage viscositeit => dan lage shear stress
  + Erosie: Wind kan enkel fijn los droog materiaal eroderen vb stof en fijn zand
    - ⬄ water
    - Grotere partikels vb grof zand en grind en nat bodemmateriaal (nat zand, silt en klei) hebben shear stress groter dan shear stress uitgeoefend door wind (door de cohesie) => kunnen niet geërodeerd & getransporteerd w door wind
    - Reden: de shear stress door stromend medium ~ de viscositeit
      * Hoe lager viscositeit, hoe kleiner shear stress
      * => lucht kleine viscositeit => windstroming oefent geringe shear stress uit
        + Gevolg: wind kan enkel droog stof (klei en silt) en fijn zand eroderen
  + Transport:
    - Eenmaal geërodeerd wordt droog stof (klei en silt) in suspensie vervoerd
      * Fijn zand eerder door saltatie rollen en glijden
* 2) Abrasie kan ook optreden van hard gesteente
  + Abrasie => erosie van hard gesteente mogelijk => door schurende werking van zand meegevoerd door wind
  + Oorzaak: door de schurende werking van zandpartikels die door de wind worden getransporteerd

3. Eolische landvormen

* Eolisch
  + = geomorfologische processen oiv wind en de resulterende landvormen
  + = wijst naar windwerking
* Eolische landvormen
  + = Resultaat van erosieve processen, of erosieve als sedimentaire processen, of uitsluitend sedimentaire processen, oiv wind
  + Voorkomen: in gebieden waar fijn bodemmateriaal voorkomt (klei, silt, zand) dat droog is & waar weinig of geen vegetatie aanwezig is
    - Reden: nat bodemmateriaal verhoogt de cohesie & dus shear strength van dit bodemmateriaal
    - Reden: vegetatie remt de winderosie af doordat
      * 1) ruwheid vd vegetatie de windsnelheid en shear stress uitgeoefend door de wind afremt
      * 2) de wortels de shear strength van het bodemmateriaal verhogen
    - Gevolg: gebieden waar **fijn, droog en schaars begroeid bodemmateriaal** voorkomen zij gevoelig voor eolische processen
      * Vb: gebieden in woestijngebieden, langs zandstrandkusten, langs rivieren met zandige bedding die periodiek droog valt ( vlechtende smeltwaterrivier zie deel VI)

3.1 Erosieve landvormen

* Eolische landvorm: erosieve landvormen:
* 1) Paddestoelrotsen
  + Voorkomen: in rotsachtige woestijngebieden
  + Ontstaan: abrasie van hard gesteente leidt tot de vorming van paddestoelrotsen, door de schurende werking van zandpartikels die door wind worden getransporteerd dicht tegen de bodem (door proces van saltatie: zandpartikels niet in lucht door suspensie!)
  + Verklaring paddestoelvorm:
    - 1) Paddestoelrosten w aangetroffen in rotsachtige woestijnen => hier is transport van zand door de wind eveneens actief (vb bep delen vd Sahara)
    - 2) Zand door wind w getransporteerd in saltatie
      * Door saltatie springen zandpartikels niet hoger dan enkele m
      * Transport van zand door wind is dus beperkt tot enkele m boven het oppervlak
      * Gevolg: rotsen worden enkel in deze onderste paar meer geërodeerd door abrasie => dit leidt tot paddestoelvormen
* 2) Desert pavement (woestijnkeienvloer)
  + = restant van eolische erosie
  + Voorkomen: in droge woestijngebieden met stenige ondergrond
  + Ontstaan: ontstaat op ondergrond die oorspronkelijk bestaat uit mengeling van sedimentpartikels met versch korreldiameter (van klei, silt, zand tot grind en/of keien)
    - Deze ondergrond ontstaat in woestijnen als gevolg van verwering vh moedergesteente (vb zandsteen, kwartsiet, graniet), als gevolg van periodieke verhotting & afkoeling vh gesteente
      * !!!Oiv wind w de fijnere deeltjes (klei, silt, zand) geërodeerd => enkel de grovere keien blijven over => keien vormen de keienvloer
    - Keienvloer beschermt de diepere ondergrond tegen verdere winderosie
  + Kenmerk: keien in desert pavement zijn erg hoekig en weinig afgerond (want geen transport ondergaan) & slecht gesorteerd (want niet selectief afgezet)
    - => hierdoor onderscheidt met grindafzettingen door rivier of langs strand
      * Bij strand: wel afgerond (door schuren bij transport) & gesorteerd ( door selectieve afzetting bij een bep stroomsnelheid of golfintensiteit)
* Deflatie
  + = eolische landvormen die ontstaan door winderosie van een fijnkorrelige ondergrond (meestal zand)
  + Vb: deflatiekom= holle, door de wind geërodeerde depressie, meestal op ondergrond bestaande uit zand
    - Oorzaak vd lokale erosie: vb een lokale verstoring in vegetatie => hierdoor zandondergrond meer onderhevig aan winderosie
      * Reden: vegetatie remt normaal de wind af => minder erosie

3.2 Erosief-sedimentaire landvormen

* Eolische vormen: erosief-sedimentaire landvormen:
* 1) Duinen
  + Voorkomen: in gebieden waar zandtransport door de wind erg actief is
    - vb in zandwoestijnen, langs zandstrandkusten (BE kust) of langs rivieren met zandige bedding die periodiek droog valt (vb vlechtende smeltwaterrivieren in subarctische gebieden)
  + Ontstaan als gevolg van zowel erosieve als sedimentaire eolische processen
    - 0) Ontstaan in gebieden waar zanddrift (zandtransport) door wind actief is
    - 1) waar klein obstakel is (steen of rots of vegetatie) wordt windsnelheid afgeremd lokaal => zand w afgezet aan lijzijde vh obstakel (= zijde weg van de aankomende wind)
      * Gevolg: ontstaan zandophopingen
    - 2) Wanneer zandophopingen groter worden dan het obstakel => zal de zandophoping aan loefzijde (= zijde gekeerd naar aankomende wind) w onderheven aan winderosie
      * Gevolg: zandkorrels w hier geërodeerd => door saltatie getransporteerd overheen zandophopingen => aangekomen bij lijzijde vd ophoping => winsnelheid valt stil => zandkorrels rollen oiv massabewegingen naar beneden
    - 3) conclusie duinen hebben aan lijzijde steile helling
      * hellingshoek 35-40° = de valhelling = de rusthoek van zand
      * steile helling ontstaat dus oiv massabewegingen (het naar beneden rollen van zand aan lijzijde)
    - 4) conclusie duinen hebben aan loefzijde een zwakke helling
      * Zwakke helling ontstaat door de saltatie van zand door de wind
    - Conclusie: Actieve duinen zijn continu in beweging door saltatie aan loefzijde & massabewegingen aan de lijzijde & verplaatsen zich met de windrichting mee & kenmerk: kruisgelaagdheid
  + Soms kunnen duinen begroeid worden met vegetatie
    - Gevolg: hierdoor valt migratie vh duin stil => duin wordt gefixeerd
      * = een fossiel duin (vb in Antwerpse en Limburgse kempen)
  + Verschillende duintypes
    - Afhankelijk vd hoeveelheid zand die beschikbaar is & de windsnelheid en richting & vd aanwezige vegetatie
    - 1) Barchaan
      * = Wanneer duinlichaam een sikkelvormige vorm heeft, met zwak hellende loefzijde aan de buitenkant vd sikkel & steil hellende lijzijde aan binnenkant vd sikkel
      * Kenmerk: weinig zand, 1 windrichting dominant
      * Voorkomen: gebieden waar weinig zand getransporteerd w door wind & waar windrichting weinig varieert/dominant ui 1 richting & waar geen vegetatie groeit
        + 1) In deze omstandigheden kunnen kleine zandophopingen ontstaan achter obstakels
        + 2) in centrum zandophoping groter dan aan zijkanten want aan zijkanten zakt de hoop in (want kan niet steiler dan rusthoek 45°)
        + 3) zandophoping verplaatst zich volgens proces van saltatie aan zwakkere zijde naar wind gericht & afschuiven aan steile zijde weg vd wind (zie hierboven) => hierdoor migreert duin in richting vd wind
        + 2) Doordat in centrum vd oorspro zandophoping meer zand aanwezig is dan aan zijkanten => zal centrum vh duinlichaam trager migreren dan de zijkanten

Lagere zijkanten verplaatsen zich dus sneller met wind mee => vorming sikkelvormige barchaanvorm

* + - 2) Transversaal duin
      * = langgerekte duinen die loodrecht geörienteerd zijn op de overheersende windrichting
      * Kenmerk: veel zand, 1 windrichting dominant
      * Oorsprong: gerelateerd aan die vd barchanen
        + Enige verschil: voorkomen
      * Voorkomen: in gebieden waar veel zand beschikbaar is
        + In deze omstandigheden ontstaan een aaneenschakeling van barchanen => vorming langgerekte transversale duinen
    - 3) Parabool duinen
      * = opnieuw sikkelvormige/ paraboolvormige duinen, maar met zwak hellende loefzijde aan binnenkant vd sikkel & steil hellende lijzijde aan buitenkant vd sikkel
      * Kenmerk: indien stabilisatie door vegetatie
        + ⬄ weinig vegetatie (droge woestijncondities,..) bij barchanen en transversale duinen
      * Voorkomen: in duinmassieven die gedeeltelijk begroeid zijn met vegetatie
        + 1) Verstoringen of onderbrekingen in vegetatie => ku aanleiding geven tot gaten, erosiekuilen of deflatiekolom (zie hierboven, hier is weinig vegetatie)
        + 2) Materiaal (zand) dat uit deze kolom w geërodeerd (opwaarts gewaaid)=> w door wind getransporteerd tot aan rand vd deflatiezone waar weer vegetatie groeit

Vegetatie => wind w hier sterk afgeremd => sedimentatie van zand treedt op

* + - * + 3) Sedimentatie: aan lijzijde vd deflatiekom w meeste zand afgezet & aan beide zijkanten vd kom minder zand afgezet

Of andere reden: soms eens in andere richting wind

=> vorming paraboolduin rondom deflatiekom

* + - * Deflatiekom kan zeer diep worden => vorming paraboolduin & deflatie vorming stopt wnnr de bodem vd deflatiekom is geërodeerd tot bij niveau vd grondwatertafel
        + Reden: hierdoor w zandbodem natter => leidt enerzijds tot hogere cohesie (schijnbare cohesie capillariteit 2.3.3) & anderzijds w de begroeiing met planten mogelijk

Beide effecten => fixen stilvallen erosie in kom & dus stilvallen zandtoevoer naar parabool duin

* + 4) Longitudinaal duin of lineair duin
    - = kruinlijnen lopen evenwijdig met de overheersende windrichting & zijn niet assymetrisch, maar bestaan aan beide zijden uit steile helling van 35°-40°
    - Kenmerk: veel zand, ≠ windrichtingen, weinig vegetatie
    - Voorkomen: in gebieden met veel zand, sterke windsnelheden en/of waar wind afwisselend uit verschillende richtingen waait
      * In deze omstandigheden ontstaan 2 steile hellingen

3.3 Sedimentaire landvormen

* Eolische processen: uitgestrekte sedimentaire landvormen
* Vb in Laag BE: aan bodemopppervlak bovenop de tertiaire geologische lagen treffen we overal een mantel van zand aan die varieert in dikte = dekzand
* Vb: In Laag BE: Eerst zone dekzand, dan zandleem en dan loess (bestaat uit silt)
  + - = typisch sedimentaire eolische landvormen
* 1) dekzand en loess
  + = bedekt grote delen van het landschap
  + = ligt bovenop de tertiaire geologische lagen
  + Voorkomen: in Noorden van vlaanderen (Zandig vlaanderen) & in Antwerpse en limburgse kempen
  + Ontstaan:
    - 1) Dit dekzand werd afgezet tijdens de laatste ijstijd (Pleniglaciaal)
      * 1) Grote delen Europa toen een poolwoestijn: zo koud dat er niets kan groeien, dus onbegroeid
        + In BE: wij zitten op scheiding van poolwoestijn & toendra

Weten dit via fossiele stuifmeelkorrels

=> Veenbodems bemonsteren/aanboren=> dateren met C14 methode & conc aan pollen determineren => ku we vegetatie bepalen

* + - * 2) & zeespiegel stond veel lager => hierdoor kwam de bodem vd Noordzee deels droog
    - 2) Bovenop ijskap heerst een polair hogedrukgebied
      * Reden: lucht koelt af boven het koude ijs => hierdoor w lucht denser => ontstaan hogedrukgebied
    - 3) In pleniglaciaal heersten sterke noorderwinden vanaf het polaire hogedrukgebied boven ijskap, naar zuiden
    - 4) Wind blaast dan over de poolwoestijn ten zuide vd ijskap & heeft daar droog zand en silt en klei op ku waaien en meegevoerd naar zuiden tot in gebieden waar (weinige) toendra groeide (vb Laag BE) => remde windsnelheid af => meegevoerd materiaal werd afgezet
      * zwaardere, zandige materiaal eerst afgezet als dekzand in Noorden van Vlaanderen
      * lichtere, fijnere stof (silt, klei) verder getransporteerd en op overgang Laag-Midden BE afgezet als eerst zandleem en dan **loess** (pure leem)
    - conclusie: loess en dekzand vormen continue mantel die landschap van Laag en Midden BE toedekt
  + Voorkomen 424: loessgebieden ten zuiden van vroegere ijskappen
    - gordel van loesafzettingen ook in delen Eurazie, N en Z-Amerika telkens ten zuide vd toenmalige ijskappen