**AARDWETENSCHAPPEN HOOFDSTUK 13: Massabewegingen**

1. Catastrofale voorbeelden

* Massabeweging
  + = aardmateriaal in beweging gebracht door zwaartekracht
  + = een grote massa aardmateriaal komt spontaan in beweging & w hellingsafwaarts getrokken door Fz
  + Eens een aardmassa in beweging komt => kan ze op weg naar beneden al het ander materiaal meesleuren
  + NIET door erosieve kracht van stromen fluïdum (water, ijs, wind)
* Massabeweging: rechtstreekse vernieling van infrastructuur + dodelijke slachtoffers
  + Vb: Mount Huascaran, Peru, Andes: puinlawine
    - Aardbeving => rotsblok Huascaran los => viel op helling => door impact werd ganse helling onstabiel & ging als 1 massa schuiven
    - => veroorzaakte enorme puinlawine (debris avalanche)
    - => wegen, huizen, bomen enz. vernield + 25.000 doden
    - 1000-den tonnen materiaal verplaatst, max verplaatsing 16km, gem. snelheid van 435km/u
  + Vb: La Conchita, Californië: grondverschuiving (Landslide)
* Massabeweging: onrechtstreekse vernieling + dodelijke slachtoffers door vloedgolf
  + Wanneer verplaatste aardmassa plots in watermassa terecht komt vb zee, meer
    - => veroorzaakt plotse verplaatsing van water onder vorm van vloedgolf
  + Vb: Vaiont, stuwdam, Italië: vloedgolf
    - Bouw stuwdam => vorming stuwmeer => stijgend waterpeil => stijging grondwater in valleiflanken => helling onstabiel => landslide: materiaal schuift in meer => 60m hoge vloedgolf over de dam naar dorpen => 3000 doden
  + Vb: Lituya Bay Alaska: tsunami/ vloedgolf
    - Landslide: steenlawine op valleiflanken vd fjord => materiaal schuift in Fjord => tot 500m hoge vloedgolf (tsunami) => alle bomen op fjord hellingen afgeknapt + weggespoeld door vloedgolg
    - Geen doden
  + Vb: la Palma, Canarische eilanden: tsunami/vloedgolf
    - Hypothese: hellingen van La Palma eiland onstabiel
      * Bovendien eiland vulkanisch => trillingen v/e uitbarsting zijn voldoende om grote massabeweging te veroorzaken
    - Wat indien landslide?
      * Materiaal schuift in oceaan => > 100m hoge vloedgolf (tsunami) => plant zich zeer snel voort over Atlantische oceaan => vernietigende tsunami N- en Z-Amerika (NYE, Rio,..) => miljoenen doden??
* Conclusie: massabewegingen zijn vaak zeer snelle verplaatsingen, maar ku ook traag gaan & kunnen gebeuren op versch. manieren

2. Wat doet massa’s bewegen?

2.1 Factor of safety

* Welke factoren liggen aan basis van ontstaan massabewegingen?
  + Zwaartekracht = drijvende kracht achter massabewegingen
  + Hellingshoek & wrijvingskracht = factoren die bepalen of massabeweging al dan niet optreedt => kan vb weerstand bieden
* Factor of safety (F)
  + = maat voor de stabiliteit v/e helling
  + = kans op massaverschuiving berekenen
  + => zo weten of helling onstabiel is en massabeweging kan veroorzaken

* + - R= de weerstandbiedende of hellingopwaartse kracht
    - D= drijvende of hellingafwaartse kracht
    - D= = shear stress door zwaartekracht (N/m²) = drijvende kracht
    - R= f = shear strength van aardmateriaal (N/m²) = weerstandsbied kracht
  + Voorspellen wnnr massabeweging optreedt
    - Als F>1 (dwz R>D) => helling stabiel => geen massabewegingen
    - Als F<1 (dwz R<D) => helling onstabiel => wel massabewegingen
  + Afleiding formule
    - Drijvende kracht
      * g= stress door zwaartekracht (N/m²)
      * = hellingshoek
    - Weerstandbiedende kracht
      * R= (coulomb vgl)
      * C= cohesie (Nm-2)
      * n = normal stress door zwaartekracht (N/m²)
      * U= poriënwaterdruk (Nm-2)
      * = interne wrijvingshoek vh aardmateriaal (gr)
    - Normal stress is de normaal component van Fz dus:
      * R= =
    - Vergelijkingen invullen in F= R/D:
      * F=
      * Hiermee nagaan welke factoren aan de basis liggen voor ontstaan van massabewegingen: hellingshoek, aardmateriaal, poriënwaterdruk, vegetatie, aardbevingen

2.2 Factoren die ontstaan massabeweging bepalen/ die F bepalen

* Hellingshoek
  + De drijvende kracht neemt toe met een toenemende hellingshoek (zie formule)
  + De weerstandbiedende kracht neemt af met toenemende hellinghoek
  + Conclusie: Hoe groter de hellingshoek, hoe kleiner de Factor of safety F
    - => Hoe steiler een helling, hoe onstabieler ze is => hoe groter kans op massabeweging
  + Massabewegingen
    - Toename hellingshoek => steiler => massabew. tot helling weer stabiel is
    - Vb: aanleggen van wegen op steile hellingen
      * Deel vd helling w vergraven en steiler gemaakt => versteilde helling gevoelig voor masabewegiingen => hellingsmateriaal verschuift tot nieuwe, kleinere hellingshoek => hellingsmateriaal wel stabiel
    - Vb: erosie door rivieroever
      * Erosie oiv stromend water => oever w steiler tot onstabiel is => afbrokkelen => 1 massa vd oever afvallen => terug stabieler
* Aardmateriaal
  + Steile hellingen erg gevoelig voor massabeweging
    - TOCH soms zeer steile hellingen/ verticale kliffen => type aardmateriaal is !
      * Kliffen in hard gesteente, kleirijke bodems of sedimenten
      * ⬄ Geen kliffen in droog zand
    - Conclusie: Type aardmateriaal is bepalend voor optreden van massabew.
  + Conclusie
    - Factor of safety F is groter naarmate cohesie c & interne wrijvingshoek groter zijn
      * => hellingen bestaande uit aardmaterialen met kleine c en/of kleine => meest gevoelig aan massabewegingen
    - Verwering van hellingsmateriaal zorgt voor afname van c &
      * => bepaald moment Factor of safety F < 1 => massabew.
  + Types
    - Harde gesteenten, kleirijke bodems = grote cohesie
      * => steile hellingen zijn mogelijk
    - Losse droge bodem, sediment => kleine c
      * => zwakkere hellingen
    - Los droog materiaal vb: grint, zand => geen cohesie c=0
      * Reden: bevat bep. mineralen met geen elektrost. Aantrekking F
      * => stabiliteit van los droog materiaal is enkel bep. door
      * **=> vgl 8: c-0, u=0**
        + Dan max hellingshoek

= interne wrijvingshoek

= valhelling/ rusthoek

F=1= =tan

* + - * Vb: zandduinen: lijzijde (zijde weg van wind) helling ca 40°
        + Reden: Zandkorrels via wind al rollend over loefzijde vh duin getransporteerd

Aan lijzijde vallen korrels => vormen valhelling/ rusthoek

* + - * Vb: puinhelling aan voet van rotskliffen
        + Reden: verwering klifgesteente => cohesie c en nemen af tot F<1 => brokken vallen naar beneden => komen tot rust onder valhelling/ rusthoek => bouwen puinhelling op
* Poriënwaterdruk u
  + = heeft invloed op shear strength, en dus op Factor of safety F, en dus op de stabiliteit van hellingen
  + Conclusie
    - Langdurige regens kunnen massabewegingen veroorzaken
      * => bodem volledig verzadigd => hoge poriënwaterdruk => shear strength vh bodemmateriaal vermindert
    - Hellingen waarvoor F dicht bij 1 is => zal na langdurige regens onstabiel w
  + Vb: stuwmeer Italië: poriënwaterdruk hoge pos. waarden => onstabiel
  + Grafiek: water in zandkorreltjes => capillaire zuigkracht => grotere shear strength
    - Teveel water => waterverzadigd => kleinere shear strength
* Vegetatie
  + Invloed vegetatie op hellingstabiliteit is niet lineair
  + Verschillende invloeden van vegetatie op de parameters voor bosvegetatie:
    - 1) vegetatie verhoogt de zwaartekracht g uitgeoefend op bep. bodemopp.
      * Effect van grotere g op Factor of Safety is afh. van
      * Zwakke helling: wordt stabieler door gewicht van vegetatie
      * Steile helling: wordt onstabiel door gewicht van vegetatie
      * => ontbossing van een zwakke helling verhoogt instabiliteit => kan leiden tot massabewegingen
      * => ontbossing van steile helling verhoogt stabiliteit => kans op massabeweging daalt
    - 2) Vegetatie verhoogt cohesie c
      * Reden: wortels houden de bodem bij elkaar
    - 3) Vegetatie verhoogt shear stress
      * Reden: de wind kan de vegetatie doen doorbuigen => extra shear stress uitoefenen => stabiliteit neemt af => kans massabeweging neemt toe
    - 4) Vegetatie verlaagt poriënwaterdruk u
      * Reden: interceptie van neerslagwater (= opvangen op bovengrondse plantendelen) & evapotranspiratie
      * => Verlaagde u, verhoogt de hellingsstabiliteit aanzienlijk
  + Conclusie
    - Totale effect van vegetatie op stabiliteit van hellingen & veroorzaken/ voorkomen massabew. is complex
    - Na ontbossing zal helling onstabieler w => lagere F => massabew.
      * Gewicht & normaal stress w kleiner, poriënwaterdruk u stijgt , cohesie daalt als gevolg van decompositie wortelstelsel
      * => op zwakke helling: vegetatie positief effect!
    - Ontbossing op hellingen in vb: tropische en subtropische streken is de oorzaak van grote massabewegingen
* Aardbevingen
  + Vb: rock slide => enorme tsunami in Alaska zie 3.1
  + Aardbeving/ trilling veroorzaakt een op en neergaande beweging vh aardopp.
    - Gevolg van de neergaande beweging: afname van zwaartekracht g
      * => effect van kleinere g op factor of safety is afh. van
      * => vooral relatief zwakke hellingen w onstabiel door afname van g => en dus gevoeliger voor massabewegingen tijdens aardbevingen
  + Aardbevingen/ trillingen veroorzaken ook liquefactie van bodems en sedimenten met vrij hoog poriënwatergehalte
    - Gevolg trilling: stapeling vd bodem & sedimentkorrels kan wijzigen naar compactere stapeling => plots alle poriën waterverzadigd = drijfzandeffect
      * Vb: op nat strandzand stampen me voeten => zand kan door liquefactie plots waterverzadigd geraken => slap worden
    - Conclusie: indien liquefactie voordoet op helling door aardbeving => plots hoge pos. poriënwaterdruk => stabiliteit bodem verminderen => massabeweging
      * Vb: landslide na aardbeving in Alaska
* Ppt p102
  + Zwarte lijnen = rivieren
  + Massabewegingen komen dicht bij rivieren voor
    - Reden: dichter is het vochtiger => bodemwatergehalte heeft effect op stabiliteit
* Ppt p104
  + Stroomgebied volledig onder bos zetten => voorkomen massabewegingen
  + Stroomgebied volledig ontbossen => veel onstabiele hellingen

3. Types massabewegingen

* Massabeweging
  + = verplaatsing van aardmateriaal gebeurt oiv Fz, steeds hellingsafwaarts
  + Verschillende classificatiesystemen om massabewegingen in types te verdelen
    - Obv aard vh materiaal (vast gesteente, losse bodem of sediment) & snelheid vd beweging
* Types massabewegingen
  + Creep
    - = het traag hellingsafwaarts bewegen (kruipen) van opp. bodemmateriaal
    - Oorzaak: cyclisch uitzetten en krimpen vd bodem door afwisseling van vorst (uitzetten) en dooi (inkrimpen) OF de afwisseling van bevochtiging (zwellen) en uitdroging (krimpen) in kleirijke bodems
      * Uitzetten loodrecht op opp.
      * Krimpen verticaal oiv Fz
      * Resultaat: netto hellingafwaartse beweging van bodemmateriaal
    - Voorkomen: in los bodemmateriaal (en sediment)
    - Snelheid: minder dan cm per jaar
    - Vb: scheef zakken weipalen, barsten in muren, kromgroeien bomen = indicaties
  + Slump
    - = verschuiving
    - = hierbij w een massa als 1 blok verplaatst volgens rotatiebeweging
      * De inwendige structuur & het bodemopp. Vd verplaatste massa w nauwelijks verstoord
    - Voorkomen: in bodemmateriaal & sediment, in cohesief kleirijk materiaal
    - Snelheid: trage massabewegingen (dm tot enkele m per jaar)
  + Debris flow
    - = puinstroom
    - = hierbij w massa niet als 1 blok verplaatst, maar materiaal w door elkaar gemengd
      * De inwendige structuur w door elkaar gemengd
    - Materiaal slecht gesorteerd
      * dwz grote brokken en fijner materiaal door elkaar
    - Bouw: puin bestaat uit grof materiaal (gesteentebrokken), weinig afgerond, maar zeer hoekig (korte transportafstand)
    - Snelheid: snellere massabeweging
  + Mud flow
    - = modderstroom
    - = hierbij w materiaal door elkaar gemengd ~ structuur zoals Debris flow
    - Materiaal slecht gesorteerd ~ Debris flow
    - Bouw: meer fijn materiaal (zand, silt, klei) betrokken met kleine fractie van grof puin ⬄ Debris flow
    - Voorkomen: na periodes van langdurige regen zodat bodem volledig waterverz. Is & als grote massa begint te stromen
    - Snelheid: cm tot dm per seconde
    - Gevolgen: catastrofaal + dodelijke slachtoffers
  + Landslide
    - = verglijding
    - = hierbij w verplaatste materiaal slechts gedeeltelijk door elkaar gehaald
    - Voorkomen: bij aardbevingen, als gevolg van wegconstructie etc
    - Snelheid: snelle verplaatsing (van versch m per seconde)
  + Rockslide
    - = idem als landslide, maar bij gesteente
    - = afglijden van gesteente
    - Voorkomen: langs vlakken met zwakke shear strength (gelaagdheid, druksplijting,…)
  + Rock fall
    - = het vallen van gesteente, in slechts kleine hoeveelheden tegelijkertijd
    - Oorzaak: door de geleidelijke verwering v/e klif of steile rots => stukken brokkelen af => vallen vrij naar beneden & w afgezet aan voet helling onder hun rusthoek
      * Gevolg: een zeer egale puinhelling aan de voet van steile helling
  + Rock avalanche
    - = steenlawine
    - = plotse verplaatsing van grote massa gesteentemateriaal
    - Oorzaak: trillingen vb aardbevingen
    - Snelheid: grote snelheid (km per uur)
      * Gevolg: geen mooie egale puinhelling ⬄ rock fall