

---

# Een methode voor landsdekkende berekening van gevolgen door maaiveld daling veroorzaakt door veenoxidatie

Wim J de Lange  
Ivar O. Peereboom

---

## Inleiding

Al rijdend in de trein door het Hollands landschap zie je het lage land met het water in de sloten tot aan maaiveld. Komend vanuit Delft, een stad met de rijkdom van de Gouden Eeuw komt de gedachte op dat dit landschap er toen 400 jaar geleden heel anders uitzag. Het land lag toen meters hoger waardoor de op zand gebouwde kerkdorpen nog niet zo boven het landschap uitstaken. Verder filosoferend, vraag je je als grondwater betrokkene dan af of dit landschap ook over 400 jaar nog zal bestaan. Hoe lang zal de waterdruk vanuit de diepte nog tegengehouden kunnen worden? Hoe ver kan het maaiveld nog zakken voordat er zoveel gaten in de bodem zijn dat de we het niet meer droog kunnen houden?

We beschrijven in dit artikel onze ideeën voor een methode voor (landsdekkende) berekening van gevolgen – in termen van stabiliteit van de toplaag – door maaiveld daling veroorzaakt door veenoxidatie. We laten wat resultaten zien als een ‘proof of concept’ en geven aan welke verdere stappen nodig zijn om tot goed onderbouwde voorspellingen te komen.

## Probleemstelling

Door de drooglegging van veengebieden komt er zuurstof bij de bovenste laag en oxideert (verbrandt) het veen. Deze veenlaag vormt vaak samen met een onderliggende kleilaag een afsluitende deklaag. Het peil in de sloten zakt mee met het maaiveld. De deklaag biedt weerstand aan de opwaartse grondwaterstroming naar de sloten. Het opwaartse drukverschil in het grondwater wordt in de tijd steeds groter omdat het peil in de sloten sneller daalt dan de stijghoogte in de diepe ondergrond. Bovendien neemt het gewicht van de toplaag steeds verder af door de oxidatie.

Als de opwaartse druk van het grondwater groter wordt dan het gewicht van de bovenliggende deklaag wordt de zaak instabiel. Er zullen scheuren in de deklaag gaan optreden; het opbarsten is begonnen. Het grondwater zoekt zijn weg door de scheuren waarin de

---

Wim J. de Lange en Ivar O. Peereboom zijn werkzaam bij RIZA, Postus 17, 8200 AA Lelystad.

weerstand is verminderd; dit is veelal herkenbaar in de vorm van wellen in sloten. In de polder Groot Mijdrecht is dit bijvoorbeeld reeds te zien. Ook op andere plaatsen in Nederland is dit verschijnsel bekend. In die gebieden komt de waterhuishouding en het landgebruik onder druk te staan.

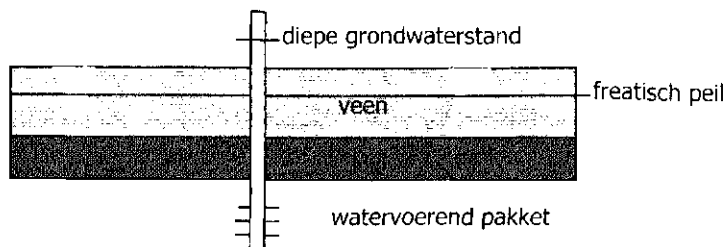
Omdat er vragen in de richting van gevolgen van veen-oxidatie op ons afkwamen werd recentelijk een jarenoud idee bij RIZA uit de kast gehaald. Op basis van eenvoudige rekenregels uit de grondmechanica en praktijkkennis over veenoxidatie werd met behulp GIS een eerste beeld van de ontwikkelingen van de instabiliteit gegenereerd. De kaart van de resterende dikte van de veenlaag (bodemdaling tot instabiliteit figuur 2) geeft de kwetsbaarheid van het gebied aan voor vergravingen en bijvoorbeeld peilverlagingen. De kaart van de tijd tot aan opbarsten (figuur 3) geeft een indicatie van de termijn waarop de problemen zich zullen voordoen bij ongewijzigd blijvende waterhuishouding.

## De methode

In de grondmechanica bestaat een klassieke benadering voor het berekenen van veiligheid in bouwputten tegen het opbarsten van een laag onder invloed van opwaartse grondwaterdruk. Deze methode kan eenvoudig worden vertaald voor het geval van opbarsten van een deklaag in een polder gebied naar:

*Het gewicht van alle lagen boven het eerste watervoerende pakket moet voldoende zijn om de overdruk van de stijghoogte ten opzichte van het ontwateringspeil tegen te houden.*

Daarbij moet rekening worden gehouden dat het gewicht van grond onder water lager is dan boven water (vergelijk de voetbelasting van een mens staand in een zwembad met die van een mens op de kant). In figuur 1 is het schema van de berekening aangegeven; aangenomen is dat de veenlaag op een kleilaag ligt. Dit is een vaak voorkomend situatie in west Nederland.



**Figuur 1:** Schematisch profiel.

In deze situatie kan de evenwichtsvoorwaarde tegen opbarsten uitgeschreven worden (blok 1) en de grensdiepte van het maaiveld waarop de bovengrond nog net de overdruk van het water kan weerstaan kan worden afgeleid.

In blok 1 is ook aangegeven welke waarden van de verschillende parameters zijn gehanteerd. Daarbij geldt de volgende aanvullende informatie.

- De dikte van de kleilaag is arbitrair op 2 meter dikte gesteld. Deze waarde geldt natuur-

lijk niet overal, maar is uit de weerstand van de deklaag in west Nederland afgeleid in de voor deze berekeningen belangrijkste gebieden.

- De diepe stijghoogte is gehaald uit het model NAGROM en geldt voor een gemiddeld jaar rond 1990.
- De waarden voor de soortelijke massa zijn verkregen door op internet te 'googlen' naar recente metingen (rapport zetting onderzoek Betuwelijn).

In sommige gebieden kunnen de aannamen relevant afwijken van de realiteit en daarom is nadere, lokale studie nodig (zie aanbevelingen).

### Berekening kritische maaienveld diepte

Evenwichts vergelijking:

opwaartse waterdruk  $\leq$  neerwaartse gronddruk

$$\rho_w g (\varphi - mv_{gruut} + p) \leq (\rho_w g) d_k + (\rho_w g) (mv_{gruut} - p - b_w) + (\rho_w g) (p) \quad (1)$$

uitwerken levert:

$$(\rho_w g (\varphi + p) - \rho_w g d_k + \rho_w g (p + b_w) - \rho_w g p) / (\rho_w g + \rho_w g) \leq mv_{gruut} \quad (2)$$

betekenis van symbolen en herkomst parameter waarden:

$p$  = peil van oppervlakte water / freatisch peil (m NAP)

$\rho_w g$  = 1000 = soortelijke massa water (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_g$  = 1600 = soortelijke massa klei onder water (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_v g$  = 1050 = soortelijke massa veen onder water (nat) (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_{v,d} g$  = 150 = soortelijke massa veen boven water (droog) (kg/m<sup>3</sup>)

$mv_{gruut}$  = grensdiepte maaienveld waar druk van onder gelijk is aan bovengewicht (m NAP)

$b_w$  = bovenkant kleilaag (m NAP); geïnterpoleerd op basis van matige diepe boringen uit DINO

$\varphi$  = stijghoogte onder de kleilaag (m NAP); berekend met NAGROM

$d_k$  = dikte kleilaag (m); aangenomen als 2 meter (verreken "taaiheid" tegen opbarsten)

## Resultaten

In onze ogen is het van belang om met deze methode beeld te geven van hoever het maaienveld nog kan dalen, voordat waarschijnlijk de instabiliteit optreedt. Daaraan verbonden lijkt het ons belangrijk om een idee te krijgen hoe lang het duurt voordat onder niet veranderende omstandigheden deze toestand kan gaan optreden.

### *De resterende dikte van de veenlaag*

In figuur 2 is de resterende dikte weergegeven tussen het huidige maaiveld en de berekende grensdiepte, de diepte waarop opbarsten kan plaatsvinden. De berekeningen zijn uitgevoerd in de gebieden waar de bodemkaart (GIS-bestand) veen op en nabij maaiveld geeft. Daarin zit natuurlijk een zekere mate van ruis. In sommige gebieden zoals aan de oostkant van polder Groot Mijdrecht wordt een dikte kleiner dan nul berekend, hetgeen betekent dat de situatie nu al niet meer stabiel is. In het geval van Groot-Mijdrecht klopt dit ook met de waargenomen wellen in de poldersloten. Onze toch wel 'onvoldragen' methode brengt dus toch al plausibele resultaten.

### *De resterende tijd tot opbarsten*

De tijd die resteert tot aan het moment van opbarsten (wellen), dus dat het maaiveld is gezakt tot de grensdiepte, wordt bepaald door de oxidatiesnelheid te relateren aan de diktes van figuur 2. Die snelheid is direct gerelateerd aan de dikte van de laag waarin de zuurstof bij het veen kan komen, de drooglegging. Daar waar tot grote diepte wordt ontwaerd is de oxidatie groot en gaat de maaiveldddaling snel. In natte, drassige gebieden vindt vrijwel geen oxidatie en dus maaiveldddaling plaats. In de berekening is geen rekening gehouden met veengroei leidend tot maaiveldverhoging, zoals dat zou kunnen plaatsvinden in natte natuur gebieden zoals de Weerribben en Wied, n in de kop van Overijssel.

---

#### **Berekening tijd tot opbarsten**

$$T = (mv - mv_{\text{grens}}) / dmv$$

Waarin

$$dmv = 0.02 * DI$$

DI = drooglegging; grondwaterstand p (m beneden maaiveld), bepaald op basis van GT

dmv = daling maaiveldhoogte in veengebied; algemene stelregel: 0.02 m/jaar per m drooglegging

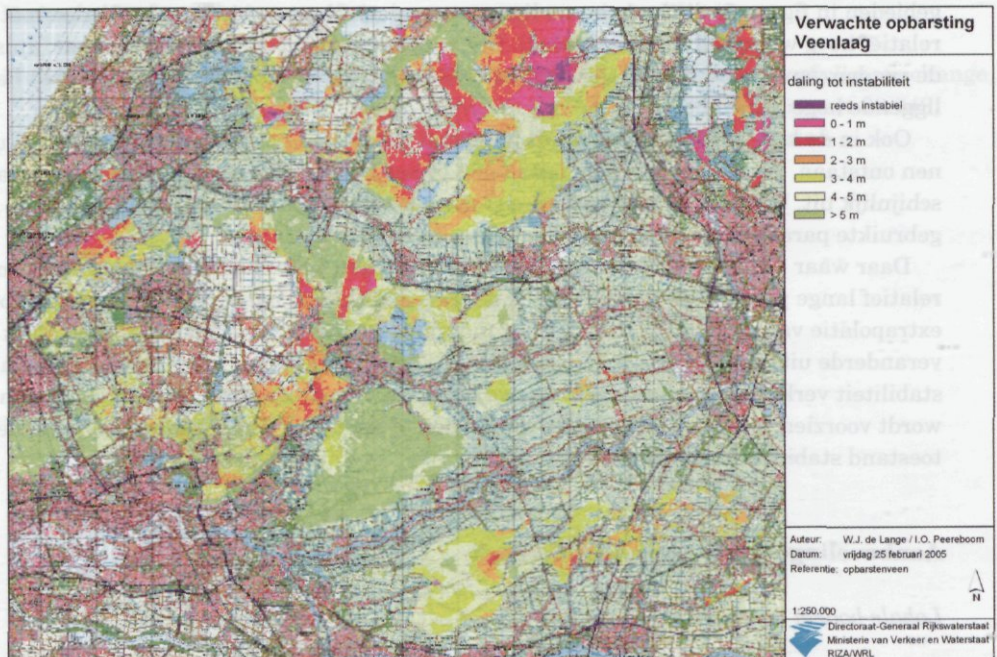
---

In figuur 3 is aangegeven, wanneer – onder de hier gekozen aannamen – de bovenlaag zal gaan opbarsten. Uit de vergelijking met figuur 2 valt duidelijk het niet lineaire karakter – door de variatie in de drooglegging – tussen de aanwezige veilige dikte en de tijd tot opbarsten af te leiden.

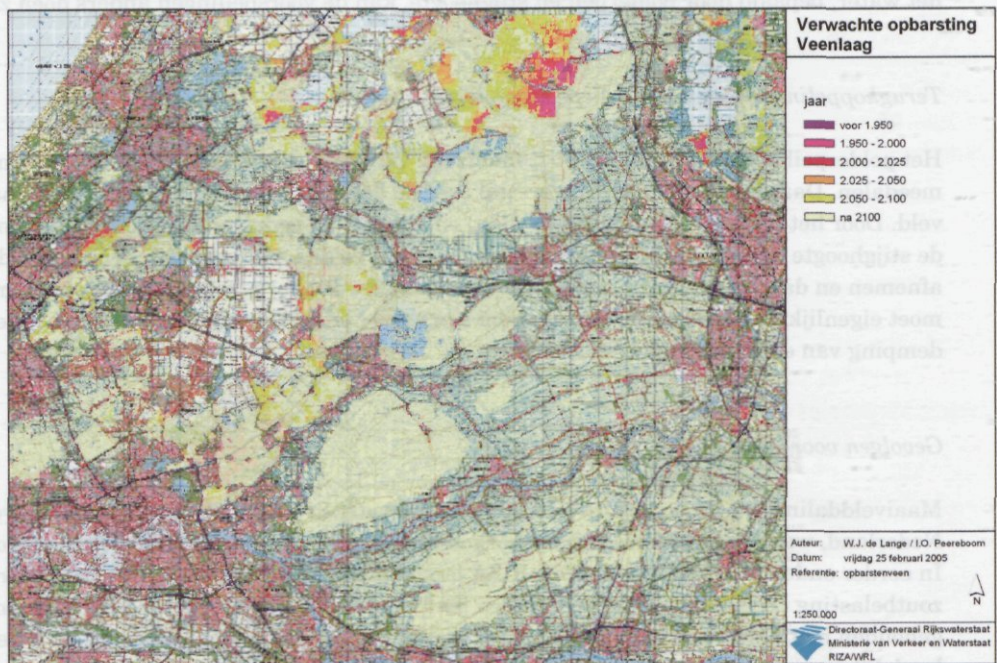
### **Een interpretatie van de resultaten**

De gepresenteerde kaarten moeten worden gezien als eerste oefening, een aanzet voor nadere studie. Toch is het wel aardig om er naar te kijken en te zien hoe plausibel de uitkomsten lijken.

De meest in het oog springende gebieden bevinden zich in diepe polders (paarse en rode



Figuur 2



Figuur 3

gebieden in figuur 3) die in de buurt liggen van relatief hoge gebieden of gebieden met een relatief hoog waterpeil (plassengebied). Dat is hydrologisch volledig verklaarbaar: Juist op de randen van de – in hun omgeving relatief – lagere gebieden is de invloed van het naastliggende hoge gebied het grootst.

Ook in de kop van Overijssel wordt berekend dat wellen op relatief korte termijn kunnen ontstaan. De resultaten in de beekdalen in het Drents plateau zien er minder waarschijnlijk uit. Uitspraken hierover vragen meer lokale deskundigheid. Wellicht dat de gebruikte parameters of schematisatie daar niet voldoen.

Daar waar een kleine dikte nog voor zekerheid tegen opbarsten zorgt, maar nog een relatief lange periode wordt voorzien, is de laatste uitkomst natuurlijk wel gevoelig voor de extrapolatie van de huidige situatie. Veranderingen in de water situatie kunnen sterk veranderde uitkomsten geven. Dergelijke veranderingen kunnen zowel de termijn van stabiliteit verkorten als verlengen: bijvoorbeeld, daar waar op korte termijn opbarsten wordt voorzien zou door het opzetten van peilen of het onder water zetten van land, de toestand stabiel kunnen worden gemaakt.

## **Aanbevelingen voor vervolgonderzoek**

### *Lokale bodem opbouw*

Het moge duidelijk zijn dat deze eerste vingeroefening vraagt om verdere lokale verfijningen. Bij een andere bodemopbouw kunnen de uitkomsten anders zijn. Bijvoorbeeld als de dikte van de kleilaag groter is wordt het beeld gunstiger. Ook het lokale drukverschil in het water, bepaald door polderpeil en stijghoogte, kan de voorspellingen anders doen zijn.

### *Terugkoppelingseffecten in de diepe stijghoogte*

Het polderpeil volgt de daling van het maaiveld. De diepe stijghoogte zal slechts gedempt meedalen. Daarom wordt het drukverschil over de deklaag groter bij daling van het maaiveld. Door het opbarsten van lagen (wellen) ontspant de overdruk onder de deklaag - neemt de stijghoogte dus af - en zal in de omgeving van het gebied met opbarstingen de overdruk afnemen en daarmee de kans op nieuwe opbarstingen. Dit terugkoppelings mechanisme moet eigenlijk meegenomen worden omdat het vooral bij grotere dikte afnames voor een demping van effecten zorgen.

### *Gevolgen voor zoute kwel*

Maaiveld dalingen hebben ook invloed op de grondwaterstroming zelf en daarmee in west Nederland, waar veenoxidatie vooral voorkomt, ook op de zoutverdeling in de ondergrond. In eerder onderzoek (Haasnoot) heeft RIZA landelijke inschattingen van gevolgen voor de zoutbelasting door maaiveldveranderingen berekend. Hierbij werd echter geen rekening gehouden met het opbarsten en dus het vergroten van de lokale kwel. Evenals voor die landelijke eerste orde inschattingen zijn in dit geval voor regionale interpretaties waarschijnlijk verfijningen en aanvullende berekeningen nodig.

## **Referenties**

**Haasnoot, M., J.A.P.H. Vermulst en H. Middelkoop (1999)** Impacts of climate change and land subsidence on the water systems in the Netherlands, RIZA report 99.049, RIZA, Lelystad.