

Groeve Argex Kruibeke - Extractie Boom Klei met emmerladder

De nodige dikte klei te bewaren onder de uitgraving om waterdoorbraken te vermijden.

Situatie november 2013

1. Gegevens

Alle evaluaties over de kleidikte die in de groeve moet bewaard worden om grondwaterdoorbraken in de toekomst te vermijden moeten gebaseerd zijn op de preciese geometrie van de relevante geologische lagen in de zone van de groeve en op een nauwkeurige kennis van de grondwatereigenschappen.

1.1. Geologische opbouw en topografische hoogte van referentiehorizonten.

De geologische opbouw die voor de uitbating van de kleigroeve en voor de waterhuishouding ter hoogte van de groeve van belang is, is gedocumenteerd in de geologische kaart 1:50 000 en profielen van het kaartblad 15 Antwerpen (<https://dov.vlaanderen.be/dovweb/html/pdf/15Antwerpen%20web.pdf>).

Ter hoogte van de groeve uitbating te Kruibeke kan de geologische situatie beschreven worden volgens figuur 1.

Tussen het maaiveld op ongeveer 10,70 m hoogte en de top van de Boom Klei komt een zandlaag voor die hoofdzakelijk bestaat uit door de wind afgezette Pleistocene gele zanden. De basis ervan snijdt soms enkele meter diep in het relatief vlakke kleioppervlak. Tussen de top van de klei en de basis van de gele zanden zijn op sommige plaatsen ook nog dunne linsen van groene glauconietzanden aanwezig, met dinoflagellaten inhoud zoals in de Miocene Edegem Zanden. Het zandpakket boven de klei is een regionale freatische watervoerende laag die continu door de neerslag gevoed wordt en waarvan de afvoer door de beken rond de akkers gebeurt. Het afgraven van het zand voor de exploitatie van de onderliggende klei doet een belangrijk volume water uitlopen op het contact van de zanden en de klei. Volgens meetgegevens van put VMM 842/35/1 te Kruibeke tussen 2004 en 2012 is de hoogte van de freatische watertafel quasi gelijk aan het topografisch oppervlak (DOV website).

De Boom Klei is de door Argex geëxploiteerde laag. De interne opbouw van de Boom Klei kan de visu in de groeewand vastgesteld worden door de opeenvolging van de siltrijke en de zware kleilagen, door de septaria horizonten en door karakteristieke lagen zoals de dubbele siltrijke horizonten (DB), de grens tussen de grijze (Terhagen Lid) en zwarte (Putte Lid) kleien en de licht roze band (R) (Figuur 1). De basis van de Boom klei situeert zich op ongeveer -38 m TAW en de top ervan op ongeveer + 7m TAW. De exploitatie van de groeve gebeurt tot ongeveer -25m TAW. Wanneer het exploitatie front ongeveer noordoost-zuidwest liep (pre-2009) werd de klei uitgegraven tot de diepte tussen de septaria horizonten S20 en S30. Bij de huidige (2013) noordwest-zuidoost exploitatie wordt tot net onder de septaria horizont S20 geëxploiteerd (Figuur 1).

Onder de Boom Klei komt een relatief dik pakket van lagen voor die afwisselend zanden en kleien zijn, telkens van verschillende meters tot meer dan 10m dik. In volgorde van voorkomen onder de klei (dus van jong naar oud) vinden we: Ruisbroek Zanden (s4), Watervliet Klei (a4), Bassevelde Zanden (s3), Onderdijke Klei (a3), Buisputten Zand (s2), Zomergem Klei (a2), Onderdale Zand (s1), Asse Klei (a1), Wemmel Zand, Lede Zand,

In principe zijn alle zandlagen watervoerend en alle kleilagen afsluitende lagen. Vooral in de Ruisbroek en de Lede Zanden zijn er wateronttrekkingen, respectievelijk Oligocene of Rupel aquifer en Ledo-paniseliaan aquifersysteem genoemd. De top van de Lede Zanden komt voor op ongeveer - 115 m TAW. Nog dieper komen bovenaan zanden en naar onderen toe vooral kleien van Ypresiaan ouderdom voor. Landen Groep afzettingen onder deze Ypresiaan lagen bevatten bovenaan een watervoerend pakket, al dan niet afgesloten van de onderliggende watervoerende krijtlagen. Deze diepere geologische opbouw is getoond in Figuur 2, een gedeelte van een klassiek geologisch profiel tussen de boringen ten noorden van Antwerpen en het Brusselse gebied van de hand van M. Gulinck (1969, Le sondage de Kallo (au nord-ouest d'Anvers). I.- Coupe résumée des terrains traversés au sondage de Kallo et profil géologique NS passant par Woensdrecht-Kallo-Halle. Toelicht. Verhand. Geologische Kaart en Mijnkaart van België, Brussel, nr.11, pp.3-7).

De geometrische gegevens in Figuur 1 zijn gebaseerd op de gemeten diktes van de individuele lagen in de klei op de groeewand, het omzetten naar verticale diktes en het integreren van de individuele diktes; deze gegevens werden specifiek uitgevoerd voor het bekomen van accurate diktes (Van Echelpoel, 1991 Kwantitatieve Cyclostratigrafie van de Formatie van Boom (Rupeliaan, België), doctorate Dissertation, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, 164p). De controle op de diepte van de basis van de klei kon gebeuren door een boring in de groeve in juni 2013 voor rekening van NIRAS voor een geofysisch experiment. Stalen op 45 m diepte vanaf de bovenkant van de klei (Figuur 1) tonen de overgang van klei naar zand en het staal op 50 m is een volledig zandstaal. Deze put werd afgewerkt met een onderaan gesloten PVC verbuizing boven bezonken klei schilfers ('cuttings'), bentonietkorrels in de annulus en binnenin de PVC werden nog 20m bentonietkorrels aangebracht na afloop van het experiment (boring info vooraf aan Ine.vlaanderen, maart 2013).

1.2. Hydrogeologie

1.2.1. De regionale benadering in het rapport 'Waterdoorbraak in de kleigroeve Argex te Kruikebe-Burcht, mei 2009'.

Aanvang 2009 waren geen concrete hydrogeologische gegevens beschikbaar van de groeve site. Daarom hebben N. Vandenberghe & M. Huysmans (2009) zich in hun bovenvermeld rapport over de waterdoorbraak gebaseerd op de regionale hydrogeologische gegevens.

Op de regionale geologische schets in Figuur 2 kan de voedingszone van de Ruisbroek Zand aquifer onder de Boom Klei afgeleid worden; de aquifer wordt gevoed ten zuiden van de ontsluiting van de basis van de Boomse Klei. De voedingszone situeert zich ten zuiden van Sint-Niklaas op een topografische hoogte van ongeveer 20 m TAW. Deze hoogte werd gebruikt in de waterdrukberekeningen in het rapport maar dat levert zeker een conservatief resultaat omdat ten westen en ten oosten de voedingszone zich eerder op een hoogte van +10 m TAW bevindt. Concreet betekent dit dat de berekening van de hoeveelheid water die door de klei onder de uitgraving in de put te Kruikebe kan toestromen, zoals dat gebeurde in het rapport van 2009, een maximale hoeveelheid is.

De basisformulering in de hydrogeologie is de Darcy formulering. Deze Darcy formulering stelt dat het debiet Q per oppervlak A dat van onder de klei naar de bovenkant van de klei op de groevebodem kan doorstromen gelijk is aan het product van de hydraulische conductiviteit K van de klei en de verhouding van het drukverschil in het water boven en onder de kleilaag (ΔH) over de dikte van de kleilaag (d) waar het water door moet :

$$Q/A = K \cdot (\Delta H/d)$$

In de situatie van de groeve te Kruikebe zijn deze parameters: $K = 10^{-10}$ m/s wat een grootte orde grotere doorlatendheid is dan de zware Boom Klei en eerder de siltige lagen van het Lid van Belsele-Waas karakteriseert (figuren 1 & 2), $\Delta H = 45$ m wat het hoogteverschil is tussen de intrekhoogte van het water op het peil +20m TAW, die dus de maximale druk bepaalt die op het water kan bestaan onder de kleibasis, en de vloer van de put op het peil -25m waar het water vrij kan uitlopen, $d = 14$ m wat de dikte is tussen de basis van de Boomse Klei en de basis van de put in Kruikebe pre-2009 onder het septaria niveau S30.

Naast de 45m drukwaarde is ook de waarde van K die hier gebruikt wordt een conservatieve waarde. Uit de verzameling van alle meetwaarden van hydraulische conductiviteit van Boom klei, die beschikbaar waren door het onderzoek naar een mogelijke geologische berging van radioactief afval (Huysmans, M., 2006. A geostatistical methodology for modelling groundwater flow and transport in low-permeability media. Doctoral thesis, K.U.Leuven, 229p) is een gemiddelde waarde van de conductiviteit van 1×10^{-10} m/sec een goede aanname. Dit blijkt uit de beschikbare detail cijfers. Voor de grijze Terhagen Klei die voorkomt onder de basis van de groeve (Figuur 1): $K(\text{vert}) = 7.10^{-13}$ m/s tot 7.10^{-12} m/s met gemiddelde $= 3.10^{-12}$ m/s en $K(\text{hor}) = 3.10^{-12}$ m/s tot 10^{-11} m/s met gemiddelde $= 6.10^{-12}$ m/s en dus een anisotropie van $K(\text{hor})/K(\text{vert}) = 2$ à 3 .

Voor de twee siltige Belsele-Waas kleilagen onderaan de Boom klei : $K(\text{vert}) = 6 \cdot 10^{-12}$ m/s tot 10^{-9} m/s met gemiddelde $= 6 \cdot 10^{-11}$ m/s, $K(\text{hor}) = 3 \cdot 10^{-11}$ m/s tot $2 \cdot 10^{-8}$ m/s let gemiddelde $= 10 \cdot 10^{-10}$ m/s en een variabele anisotropie $K(\text{hor})/K(\text{vert})$.

Het gebruik van deze conservatieve waarden levert $Q/A = 3,2 \cdot 10^{-10}$ m³/sec. m² of $2,77 \cdot 10^{-5}$ m³/dag.m² of 0,0277 lit/dag.m².

We wegen dit resultaat af tegenover het water dat op natuurlijke wijze uit de groeve verdampt (evapotranspiratie). De gemiddelde evapotranspiratie in Vlaanderen bedraagt 476 mm/jaar of 1,3 liter/dag.m² en er kan dus besloten worden dat eventueel doorbrekend water veel sneller verdampt dan dat het zich eventueel kan opstapelen. Ook de dikte reduceren van de klei onder de groeve tot bv de dikte van de siltige Belsele-Waas Klei (d=6m) heeft geen noemenswaardige invloed : het doorsijpelend water bedraagt dan 0,065 lit/dag.m² en is nog steeds 20 maal minder dan de natuurlijke verdamping.

Omdat de aanwezigheid van spleten in de klei bekend is, werd in het rapport van mei 2009 ook nagerekend of de horizontale aanvoer via de meer doorlatende silt lagen naar één enkele verticale spleet het debiet zou kunnen leveren dat waargenomen werd aan één bron op de vloer van de put. Het toen (april 2009) oppervlakkig gemeten debiet van de bron bedroeg 11,9 m³/uur terwijl een meting in augustus 2011 door de groeve uitbater op basis van het uitpompen van een opvangkoker (med. Argex) 8 m³/uur bedroeg. Uit een berekening met 12 m³/uur in het rapport bleek dat een onrealistisch hoge doorlatendheid in de siltlagen, namelijk $7,3 \cdot 10^{-3}$ m/s, nodig zou zijn om over een voldoende groot oppervlak water te verzamelen en dat naar een spleetbron te leiden. Ook voor een debiet dat 1,5 maal kleiner is blijft een nog even onrealistisch hoge doorlatendheid van $4,7 \cdot 10^{-3}$ m/s nodig. Met deze gegevens kan de spleethypothese dus verlaten worden.

1.2.2. Nieuwe gegevens uit peilputten in de groeve in de watervoerende Ruisbroek Zanden onder de Boom Klei.

Verspreid in de vier uithoeken van de groeve te Kruibeke zelf werden door Argex peilbuizen geplaatst in de Ruisbroek Zanden (Formatie van Zelzate) onder de klei (Figuur 1) en de meest recent gemeten stijghoogte van de peilen bedraagt in drie putten – 15,24m (november 2013, med. Argex). Dat betekent dat in de berekeningen in 1.2.1. de waarde van ΔH in plaats van 45m nu slechts een 10 tal meter bedraagt (-25 m groeve bodem tot -15,24 m stijghoogte water) waardoor nog ongeveer 4,5 maal minder water door de klei naar boven kan doortrekken dan eerst al berekend.

Deze peilwaarden gemeten in de groeve zelf zullen het uitgangspunt vormen van de berekeningen in punt 2. Aangezien ze in de groeve zelf gemeten worden zijn ze te verkiezen boven een peilmeting op ongeveer 3km van de groeve te Kruibeke, in VMM put 4-0049, waar een waterpeil van -8m TAW gemeten werd tussen 1992 en 2000, daarna gestegen tot het peil - 5,5m TAW in 2009 wat waarschijnlijk mogelijks overeen met het effect van een stilgelegde winning van 20m³/dag.

De conclusie over de oorsprong van het water dat doorbreekt in de groeve zoals die in het rapport van mei 2009 gesuggereerd werd blijft dus geldig: een onbekende en wellicht oudere, niet terug afsluitend gemaakte, boring doorheen de klei moet verantwoordelijk zijn voor een lokale kortsluiting met de watervoerende laag onder de klei.

Een mogelijkheid dat het water van een nog dieper gelegen watervoerende laag afkomstig zou zijn wordt hieronder in punt 1.2.3. besproken.

1.2.3. Kan de oorsprong van het in de groeve doorbrekende water gezocht worden in aquifers dieper dan de Ruisbroek Zanden onder de Boom Klei?

In opvolging van Elektro-Magnetische metingen in de groeve heeft D. Van Mechelen in de winter 2009-2010 infrarood thermometer metingen op afstand kunnen doen (rapport Temperatuurmetingen Aggregate Consultants bvba). Bij sterk vriesweer bleef de zone van de opwelling boven de bron open met een temperatuur van +12,5°C terwijl het er rond dichtgevroren was en -6°C liet opmeten. Er waren meerdere warme cirkelvormige spots te zien. Een temperatuurmeting in VMM peilput 4-0050 te Kruibeke op 119,08 m t.o.v. het maaiveld op 9,32 m of op - 109,76 m TAW, bedraagt 15,6 ° C. Deze diepte komt overeen met de Lede aquifer op die lokatie . De 14m dikke Boom kleilaag is echter voldoende om tijdens de winter de temperatuur van de onderliggende Ruisbroek zanden af te schermen van de oppervlakteschommelingen. Het is bekend dat temperaturen vanaf ongeveer 20 m diepte geen seizoensschommelingen meer vertonen. Temperaturen van de freatische waterlaag boven de Boom klei zijn gegeven voor de VMM peilput 842/35/1 en schommelen over een volledig jaar tussen 8,1 en 16,5 °C.

Ook de chemische samenstelling van het water uit de Ruisbroek zanden is gelijkaardig aan deze van het water uit de bron in de groeve. Het bronwater in de groeve werd door Argex genomen in september 2012 en geanalyseerd in de laboratoria van de Geologie KU Leuven. Het water uit de Ruisbroek zanden werd genomen in de peilputten en geanalyseerd door Servaco via Talboom Milieu in opdracht van Argex (2010).

Bron groeve peilput D peilput B peilput A peilput C (in mg/l)

Na+	163,2	167	168	171	176
K+	16,9	6,5	7,1	13,9	7,4
Ca++	5,8	8,8	4,9	17,9	5
Mg++	3,3	3,22	3,04	10,7	2,74
HCO3-	470				

SO ₄ 2-	8,6	3,4	< 3	10,8	< 3
Cl-	24	24,5	28,7	52,7	26,2
pH		8,76	8,72	8,41	8,63

De pH van het Ruisbroek aquifer water is in evenwicht met carbonaat wat overeenstemt met schelp kalkbrokjes in de stalen op 45 en 50 m uit de NIRAS-boring op de site en een kalkgehalte 18,5 % op 45m en 1,8% kalk op 50m.

Daar slechts één analyse van water uit de Lede zanden beschikbaar is, in peilput VMM 4-0050 /analyse M2006, en geen significante verschillen laat zien, misschien een groter sulfaat gehalte (36,2m mg/l), en ook niet in overeenstemming is met de samenstelling die kan verwacht worden op basis van de studie meer naar het westen van K. Walraevens (1990. Hydrogeology and Hydrochemistry of the Ledo-Paniseliaan semi-confined aquifer in east and west Flanders , Mededelingen Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren, en Schone Kunsten van België , Klasse der Wetenschappen ,Jg 52,Nr3 . 63p.) moet gesteld worden dat met deze gegevens geen definitieve uitspraken kunnen gedaan worden over de relatie tussen Lede zanden water en het bronwater in de groeve.

Aangezien er echter nooit sporen van een oude put verbuizing gevonden werden in de groeve bij de doorbrekende waterbron is het weinig waarschijnlijk dat Lede water rechtsreeks tot in de groeve zou kunnen komen doorheen de Ruisbroek zanden aquifer onder Boom klei.

Voorzichtigheidshalve beschouwen we toch de drukken die vanuit de Lede zanden aquifer zouden kunnen gegenereerd worden. De waterpeilen voor de Lede zanden zijn volgens een meting in VMM 4-0050 peilput met filter op 119,08 m onder maaiveld, tussen -24 en -36 m TAW . Deze druk levert dus minder kans voor doorbraken door de klei in de groeve dan de drukken uit de Ruisbroek zanden, met stijghoogte van -15m TAW. In 1920 zou de stijghoogte in rust eerder +6m zou geweest zijn volgens figuur 9 in het reeds vermelde werk van K. Walraevens. Zelfs met deze stijghoogte van +6m echter zou de druk op de kleilaag nog steeds geringer zijn dan in de eerste berekeningen voor de Ruisbroek Zanden met een potentiële stijghoogte gelijk aan de intrekhoogte in de voedingszone op +20m (zie bespreking in 1.2.1) .

In conclusie moet gezegd worden dat de oorsprong van de bron in de klei put meer dan waarschijnlijk een oude boring is, zonder verbuizing en zonder afdichting bij het stopzetten van de winning. Ook de anomale EM metingen door D. Van Mechelen wijzen op een verticale verstoring (rapport Aggregate Consultants). De boring door de klei eindigde naar alle waarschijnlijkheid in de Ruisbroek zanden. Meer hydrochemische gegevens van de Lede zanden zijn nodig om deze definitief te kunnen uitsluiten. Het is bovendien zeer waarschijnlijk dat deze bron ook vroeger al actief was in de put wanneer die steeds onder

zowat een meter water stond; er werden immers soms concentrische uitdeinende golfringen in het water waargenomen (eigen en ook Argex waarnemingen).

Een belangrijke opmerking bij dit punt over de gegevens is dat de nauwkeurigheid waarmee de cijfers voor de waterpeilen, de dieptes van referentiehori­zonten en de diktes van de klei hier gegeven zijn zeker een speling van een meter toelaat. Dat heeft o.a. te maken met het destructief karakter van de boring in de groeve.

2. Nodige dikte van de klei te bewaren onder de groeve om waterdoorbraak te vermijden.

Er kunnen drie redenen onderscheiden worden waarom de kleilaag boven de watervoerende Ruisbroek Zanden een zekere dikte moet behouden na de uitgraving: 1) om het debiet van de doorbraakbronnen onder controle te houden 2) om normale diffuse waterdoorstroming door de klei beperkt te houden 3) om fysische opstuwing en doorbreken van de kleilaag door de opwaartse waterdruk te verhinderen.

Deze drie redenen worden hierna afzonderlijk behandeld.

Er wordt vooraf op gewezen dat in alle omstandigheden eventuele pollutanten afkomstig van uit in de groeve gestort materiaal, de onderliggende aquifer niet kunnen bereiken aangezien de waterbewegingen steeds opwaarts gericht zijn vanuit de Ruisbroek zanden naar de uitgraving toe.

2.1. Het onder controle houden van de bronnen.

Een benadering om de waterdoorbraak te stoppen is ter hoogte van de waterdoorbraken in de groeve een boorput te maken tot in de Ruisbroek zanden en daaruit een voldoende debiet af te pompen om de druk in de aquifer zodanig te verlagen dat de stijghoogte de vloer van de groeve niet meer bereikt. Bij een dergelijke oplossing moet men wel bedenken dat het precies de opwaartse waterdruk is die de pollutanten verhindert om vanuit de groeve naar de onderliggende aquifer te bewegen.

Het mechanisme van de doorbraken is niet natuurlijk maar meer dan waarschijnlijk aan oude niet gedichte boorgaten te wijten. Men zou daarom kunnen denken aan het opleggen van een te bewaren kleidikte die alle mogelijke doorbraken van eventuele niet gedichte boringen zou tegenhouden. Het is echter zeer onwaarschijnlijk dat er zich nog een dergelijke ongewone situatie zal voordoen bij de verdere uitgraving en dergelijke maatregel lijkt dan ook overdreven. Deze voorwaarde is ook moeilijk in overeenstemming te brengen met de vereiste om bij een groeve uitbating zo veel mogelijk grondstoffen per oppervlakte eenheid te ontginnen.

Deze voorwaarde zou vereisen om 22,76 m (38 m-15,24 m) waterdruk te compenseren (zie 1.2.2.). Dat komt overeen met 11,38 m Boom Klei van 2 ton/m³ dichtheid voor dubbel zoveel water hoogte (22,76m) met 1 ton/m³ dichtheid. Deze dikte is momenteel bij de exploitatie trouwens voldaan en

toch is er een doorbraak (Figuur 1). De reden ligt voor de hand , namelijk de doorbraak is te wijten aan een artificiële open kortsluiting terwijl de berekeningen uitgaan van een ongestoorde klei . Wellicht zou er door deze open kortsluiting water in de groeve doorbreken zolang de groeievloer dieper is dan -15,24 m TAW , de natuurlijke stijghoogte van het water (Figuur 1). Dat zou vereisen dat er boven de huidige vloer van de groeve nog ongeveer iets meer dan 10m klei zou moeten worden bewaard. Omwille van het concurrerende belang van het efficiënt gebruik van de natuurlijke rijkdommen en van de onwaarschijnlijkheid dat het fenomeen zich nog zal voordoen , lijkt dit een te vermijden benadering.

Een ongestoorde ondoorlatende laag aanleggen na de exploitatie, daar waar eventueel een doorbraak werd vastgesteld lijkt een pragmatischer benadering, zoals trouwens zal gebeuren ter hoogte van de huidige waterdoorbraak.

2.2. Faling door diffuse waterdoorbraken.

Het principe hiervan werd besproken onder 1.2.1.

Zeer penalisierende voorwaarden kunnen opgelegd worden zoals een druk aannemend van 22,76 m ,de druk aan de onderkant van de klei in plaats van aan de basis van de groeve uitgraving, en een criterium van toelaatbare diffuse doorsijpeling van 1/10 van de gemiddelde evapotranspiratie in België, leidt naar de berekening van een benodigde dikte van slechts 1,5 m klei , volgens :

$$Q/A = 1,3/10 \text{ lit./dag.m}^2 \text{ of } 0,13 \cdot 10^{-3} / 24 \times 3600 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{sec}$$

$$0,13 \times 10^{-5} / 24 \times 36 = 10^{-10} \times \Delta H/d$$

$$\text{met } \Delta h = 22,76 \text{ m}$$

$$\text{wordt } d = 1,51 \text{ m .}$$

Hieraan is uiteraard voldaan in de situatie te Kruibeke.

2.3. Faling door fysische opstuwing en doorbreken van de klei.

Men kan de opheffing van een kleivloer bij een uitgraving berekenen volgens de benadering gegeven in standaard teksten over grondmechanica zoals in Muni Budhu 2011 (Soil Mechanics and Foundations , Wiley ,p. 424 example 1 , Heaving) :

Opheffing zal gebeuren indien $I > I_{(cr)}$, met :

$I_{(cr)} = G_s / (1 + e)$ met G_s = specifiek gewicht van droge klei en e = void ratio , wordt voor de Boom klei $= 2,7 - 1 / (1 + 0,66) = 1$, met e berekend voor de Boom klei bij verzadiging 20 gewicht% water of 0,4 porositeit.

l (gemiddeld) = $\Delta H / d$ met $\Delta H = h - d$ waarin d de dikte van de kleilaag is en h de absolute stijghoogte van het water met in het geval van Kruibeke $h = 22,76$ m .

Dus $1 = (22,76 - d) / d$ levert voor minimale dikte van de klei $d = 11,38$ m .

Bemerk dat deze formulering dezelfde redenering formuleert die stelt dat het gewicht van de bovenliggende kleimassa voldoende moet zijn om de opwaartse waterdruk van het water er onder te compenseren.

Deze redenering kan geformuleerd worden als volgt :

- De waterdruk die moet gecompenseerd worden is 22,76 m water of 2,28 bar of 2,28 kgf/cm².
- De druk van 1m klei met een densiteit van 2 gr/cm³ compenseert 0,2 kgf/cm².
- Dus om 2,28 kgf/cm² waterdruk te compenseren moet 11,4m klei bewaard worden.

of nog anders geformuleerd : 1m³ klei van 2 ton/m³ geeft een neerwaartse druk van 2000kg x 9,81m/s² = 19,62 kPa , en dus is 11,6 m kleidikte nodig om de waterdruk van 2,276 bar of 227,6 kPa te compenseren).

Beide formuleringen en redeneringen leveren 11,5 ± 0,1 m dikte van de klei. Daaraan wordt voldaan bij de huidige exploitatiepraktijk.

In feite berekenen deze beide redeneringen een maximale te bewaren dikte. Inderdaad de benadering houdt enkel rekening met het gewicht van een vrij bewegende plaat en houdt geen rekening met de interne cohesie en sterkte van de klei die de kleiplaat die door het water opgestuwd wordt toch aan zijn randen nog enigszins zal vast houden. Ter vergelijking, de uniaxiale druksterkte van de Boom Klei varieert tussen 2,2 tot 2,8 Mpa en de waterdruk van 2,27 bar (22,7 m hoogte) stelt 2,27 x 0,1 MPa voor of zowat tien maal minder dan de breeksterkte van de klei. De cohesie van de klei bedraagt 0,8-1 MPa en is dus ook verschillende malen groter dan de waterdruk van 0,227 Mpa.

De momenteel in Vlareem ingeschreven voorwaarde onder “Artikel 5.18.2.9.3.” formuleert:

“De afstand tussen de bodem van de ontginning en de bovenkant van een dieper gelegen watervoerende laag is minstens gelijk aan de stijghoogte van die watervoerende laag boven de bovenkant ervan, gedeeld door 1,6.” .

Met de waarden gemeten in de peilputten (basis Boom Klei of bovenkant watervoerende laag op -38m TAW , stijghoogte water tot -15,24 m TAW) wordt $d > (38-15,24)/1,6$ of $d > 14,2\text{m}$. Deze waarde bedraagt 2,7 m meer dan de reeds conservatieve voorwaarde van 11,5 m, hierboven berekend.

In de huidige ontginningspraktijk wordt 13 à 14 m klei onder de groeievloer bewaard aangezien er tot net onder de S20 septaria horizont wordt uitgebaat (Figuur 1 en foto 1, juni 2013).

Rekening houdend met de speling van zeker een meter op de gebruikte cijfers (zie punt 1) en met het feit dat deze norm conservatief is in vergelijking met analoge redeneringen in de berekeningen hierboven die leiden tot 11,5 m te bewaren dikte, kan gesteld worden dat de exploitatie zoals ze vandaag gebeurt ook de Vlare norm nauwelijks overschrijdt.

Een kanttekening hierbij is toch ook dat de indien deze Vlare norm tot doel heeft het doorbreken van water via spleten in de klei onder controle te houden, het onderscheid toch moet gemaakt worden tussen dergelijke eventuele vervormingspleten door de opheffing van de klei en de waterdoorbraken die nu voor problemen hebben gezorgd. De reden is dat de huidige waterdoorbraken zich situeren tegen de vroegere groeewand en duidelijk een puntbron hebben . Vervormingspleten door rek van een opgeheven kleimassief zoals de Vlare norm waarschijnlijk wil tegengaan zullen zich eerder in het centrum van de opgeheven kleiplaat voordoen waar de rek het grootst is en zullen wellicht ook water geven langs een lijn die overeenkomt met de spleet eerder dan uit één punt. Dergelijke waterdoorbraken werden nooit geobserveerd gedurende de jarenlange exploitatie tot net boven septaria horizont S20.

Opgesteld op 20 november 2003,

Em. Prof.Dr. Noël Vandenberghe