



Workshop bodemstructuurvorming bij dijken

Rekenen aan dijken met structuurvorming

Werner Halter

2 oktober 2024

Grove bodemstructuur



Markermeerdijk



Regionale waterkering Delfland

Fijne bodemstructuur

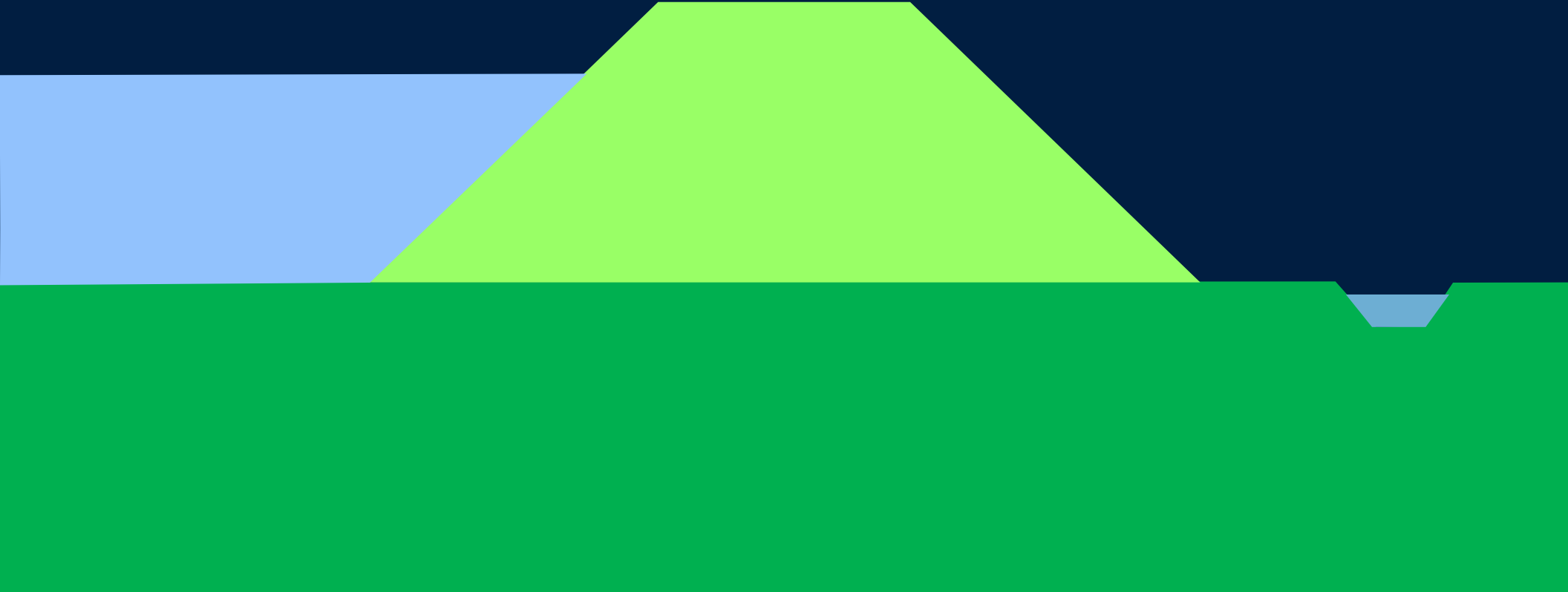


Dubbele Dijk Groningen

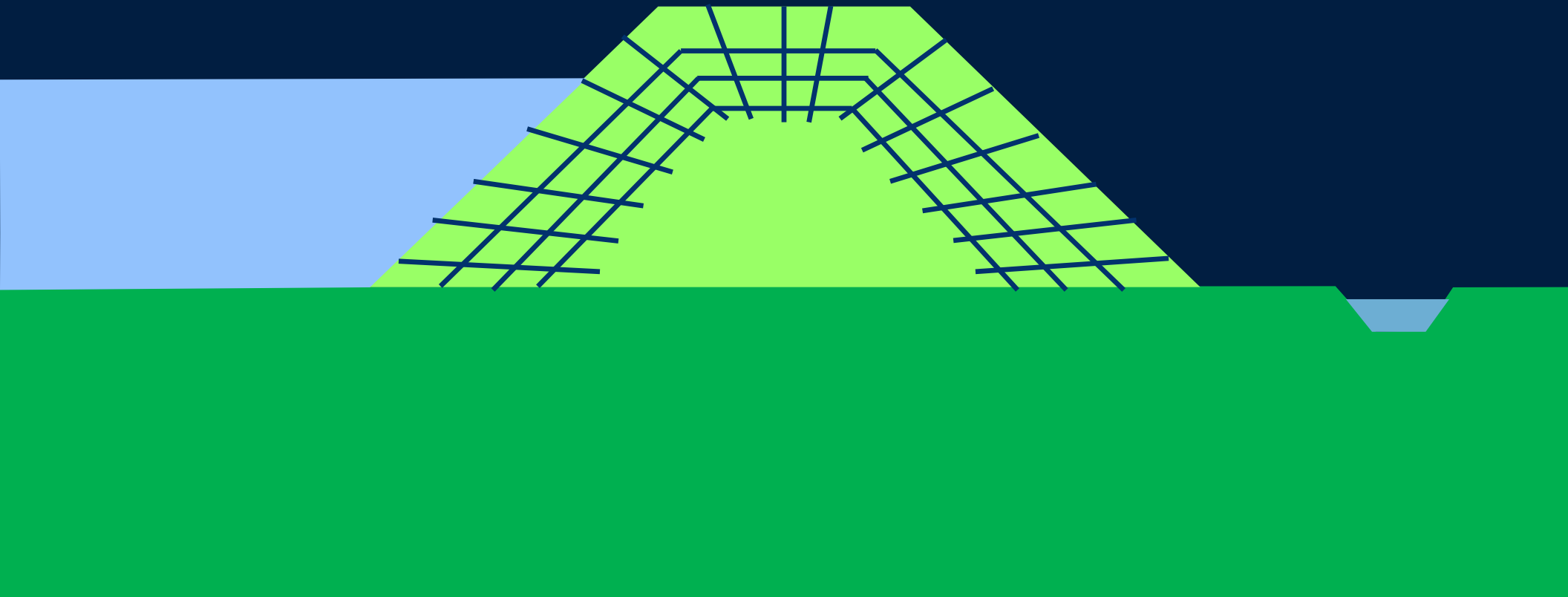


Tennetdijk Wateringen

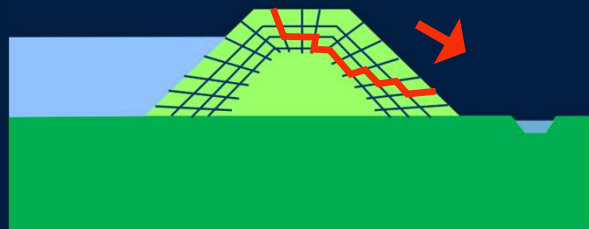
Dijk zonder structuur



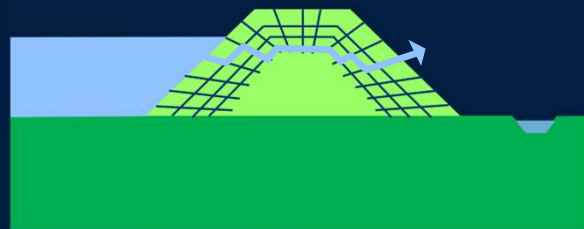
Dijk met structuur



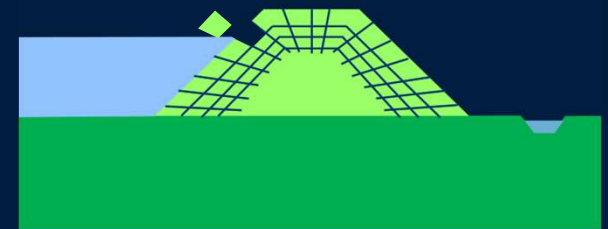
Faalmechanismes door structuurvorming



Macro-instabiliteit



Micro-instabiliteit



Erosie

Hoe stop ik het in mijn som?



Analogie met gesteente

Table 1: RQD classification index

RQD	Rock mass quality
<25%	very poor
25-50%	Poor
50-75%	Fair
75-90%	Good
90-100%	Excellent

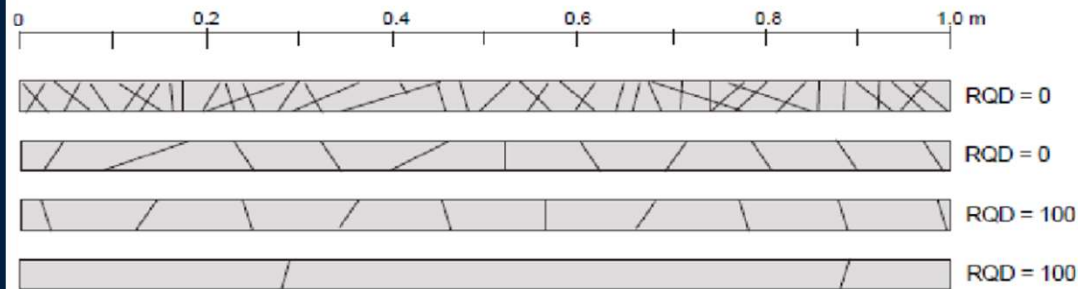
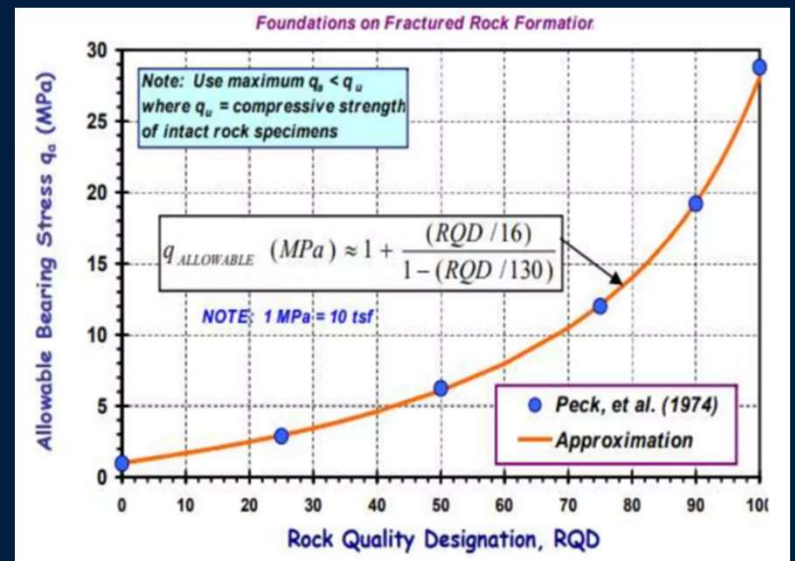


Figure 2: RQD values for various joint densities along drill cores (Deere, 1989).



Effect bodemstructuur op macro-instabiliteit

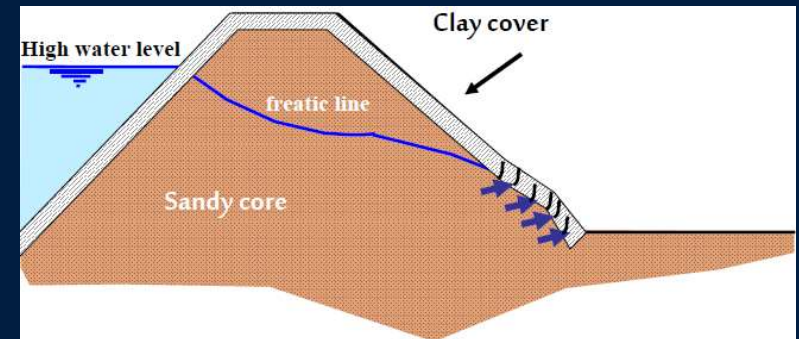
Zone	Grondgedrag bij klei	Scheurvorming in klei
(Initieel) onverzadigde zone tot maximaal 1,0 à 1,5 m beneden maaiveld ($S_r < 1$)	Ongedraineerd bij relatief hoge S_r en gedraineerd met invloed zuigspanning bij relatief lage S_r	Diepe en brede scheuren in klei reduceren de mobiliseerbare schuifsterkte (schuifsterkte van gescheurde klei is 25% tot 50% van de schuifsterkte van niet-gescheurde klei)
(Initieel) onverzadigde zone dieper dan 1,0 à 1,5 m beneden maaiveld ($S_r < 1$)	Ongedraineerd bij relatief hoge S_r en gedraineerd met invloed zuigspanning bij relatief lage S_r	Kleine en smalle scheuren hebben geen invloed op mobiliseerbare schuifsterkte
Capillaire zone ($S_r = 1$)	Ongedraineerd	In principe geen scheuren aanwezig
Onder de dagelijkse gemiddelde grondwaterstand ($S_r = 1$)	Ongedraineerd	Geen scheuren aanwezig

Geldt voor klei met lutumgehalte tussen 20% en 50%

Bron: Handelingsperspectief Schuifsterkte Onverzadigde Zone

Effect bodemstructuur op micro-instabiliteit

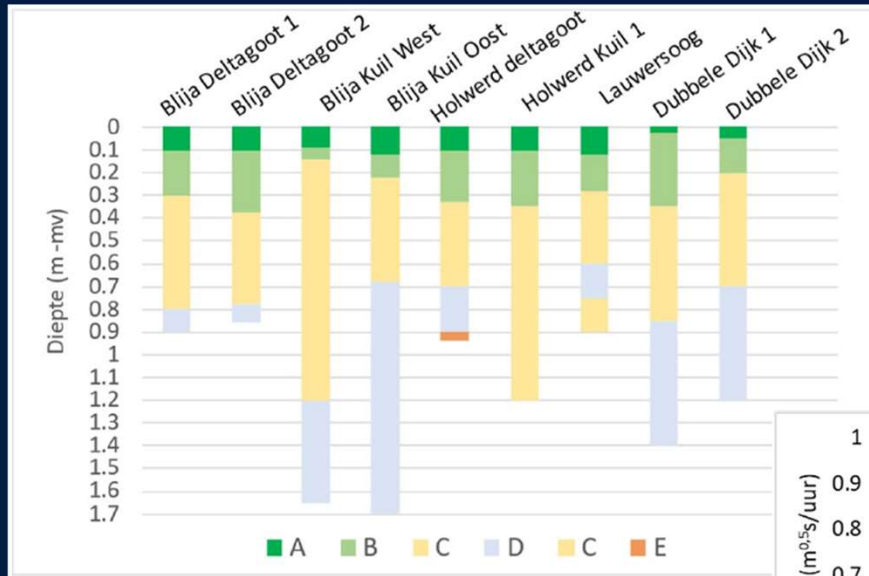
	Diepte		Doorlatendheid
	top	basis	k_s
	[m -mv]	[m -mv]	[m/s]
beste schatting	0,0	0,3	1,0E-04
	0,3	0,8	2,0E-05
	0,8	1,2	1,0E-05
lage doorlatendheid	0,0	0,3	3,0E-05
	0,3	0,8	2,0E-06
	0,8	1,2	2,0E-06
hoge doorlatendheid	0,0	0,3	3,0E-04
	0,3	0,8	8,0E-05
	0,8	1,2	2,0E-05



Geldt voor onverzadigde zone zonder zand- en stoorlagen

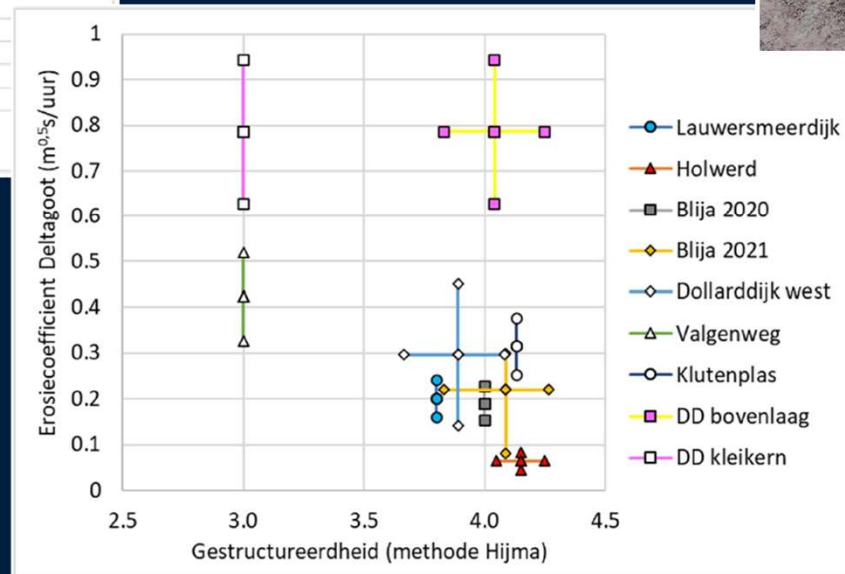
Bron: Vier quick wins grond en klei

Effect bodemstructuur op erosie buitentalud door golfaanval

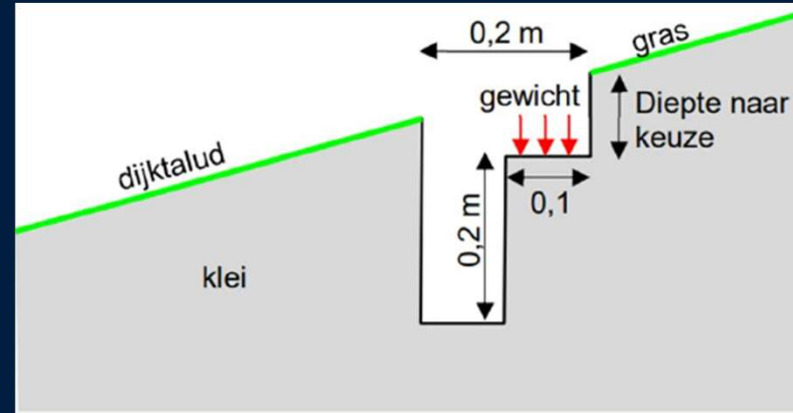


- A = dichtgewortelde zodelaag **6**
- B = losse fijne structuur **5**
- C = matig dichte fijne/grove structuur **4**
- D = dichte fijne/grove structuur **3**
- E = dichte grove structuur **2**

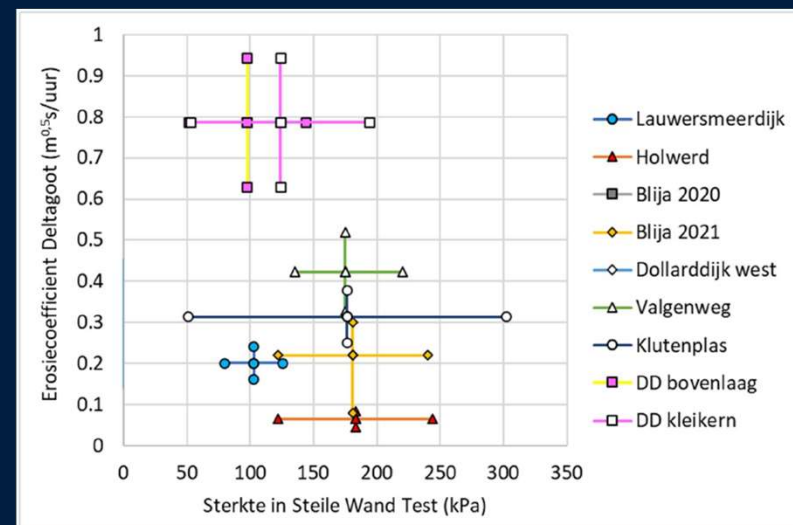
Bron: Onderzoek Erosie Klei



Effect bodemstructuur op erosie buitentalud door golfaanval

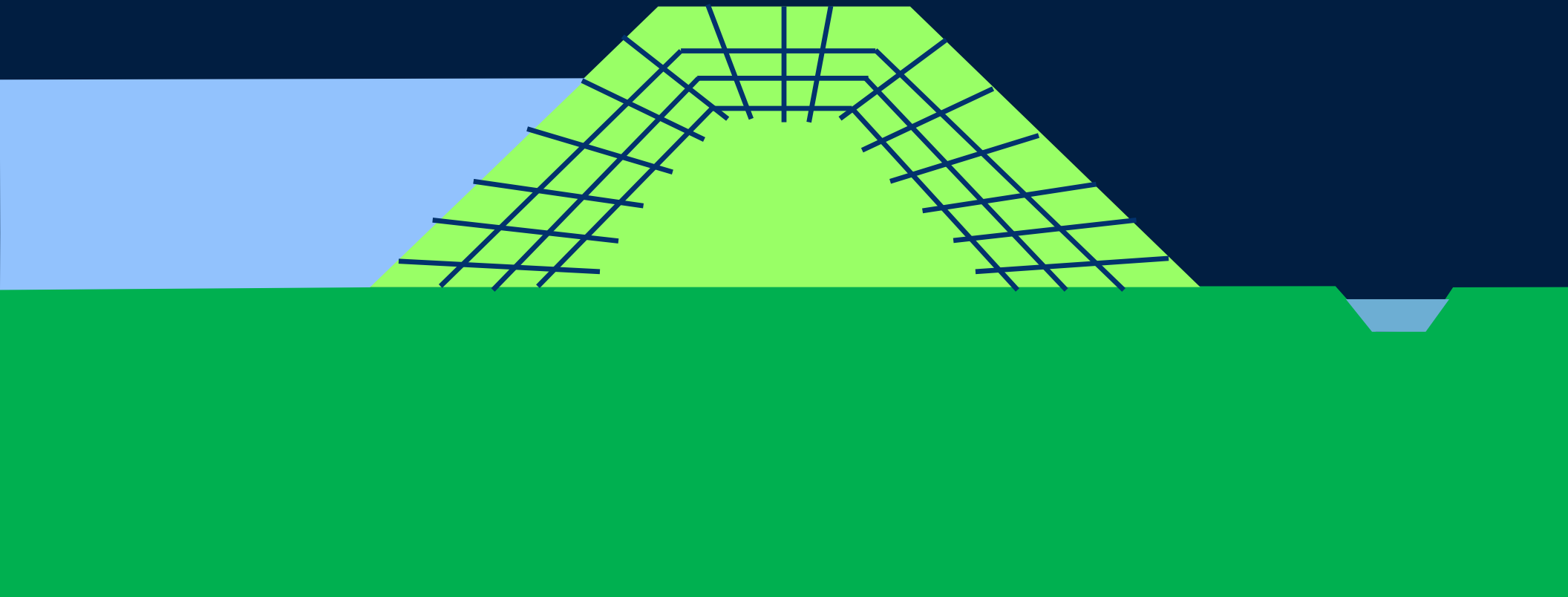


Bron: Onderzoek Erosie Klei

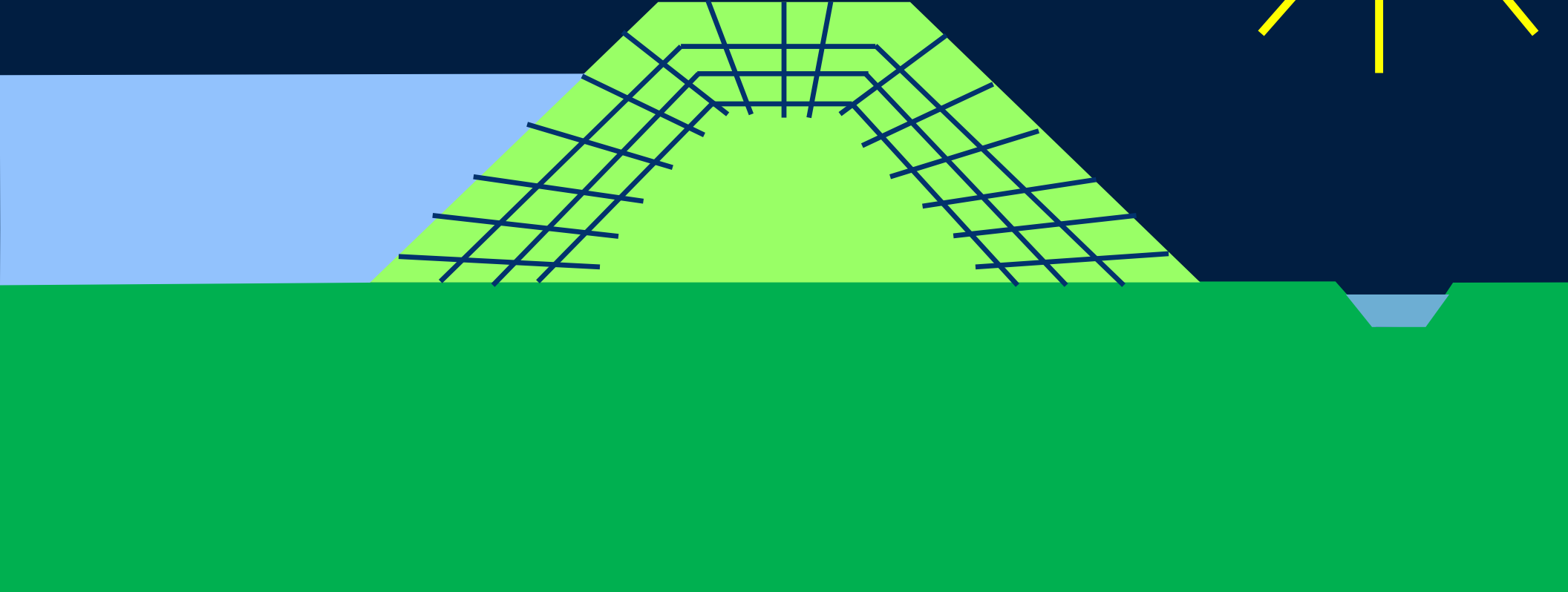
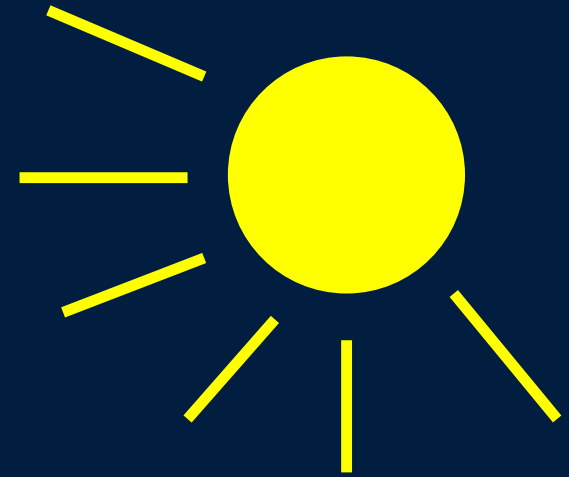




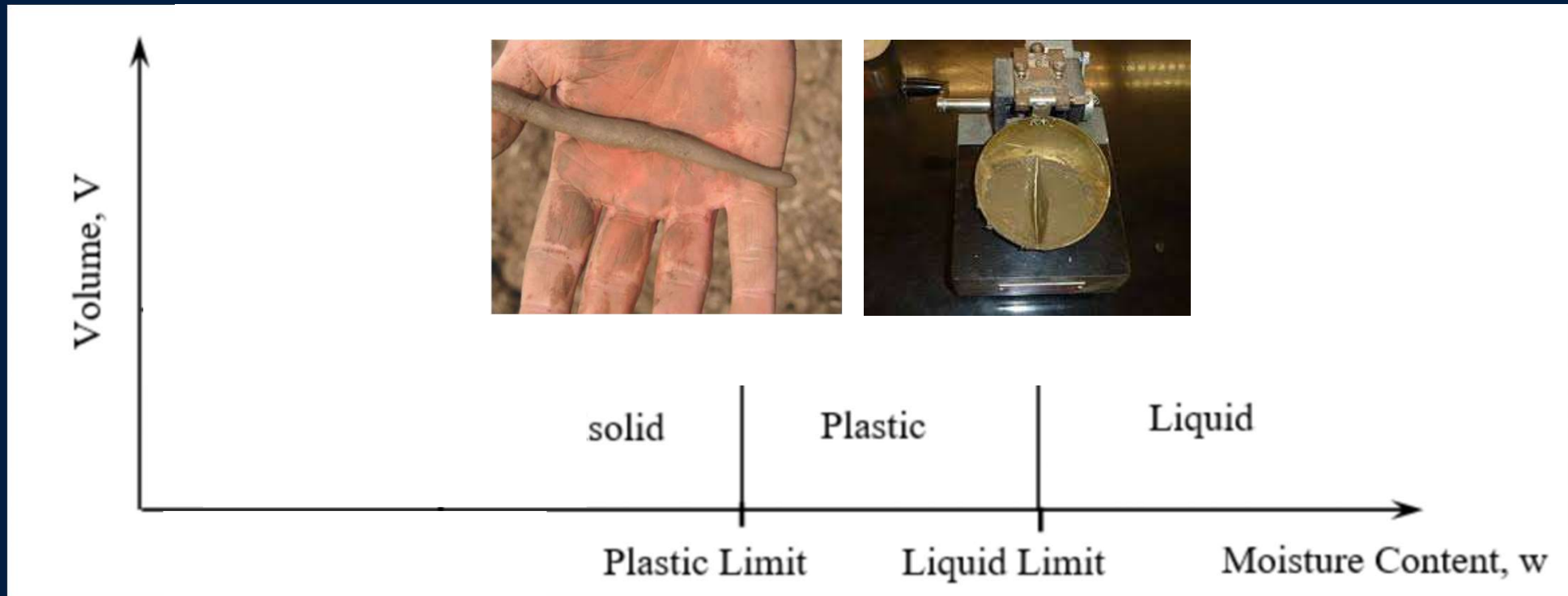
Structuur is momentopname



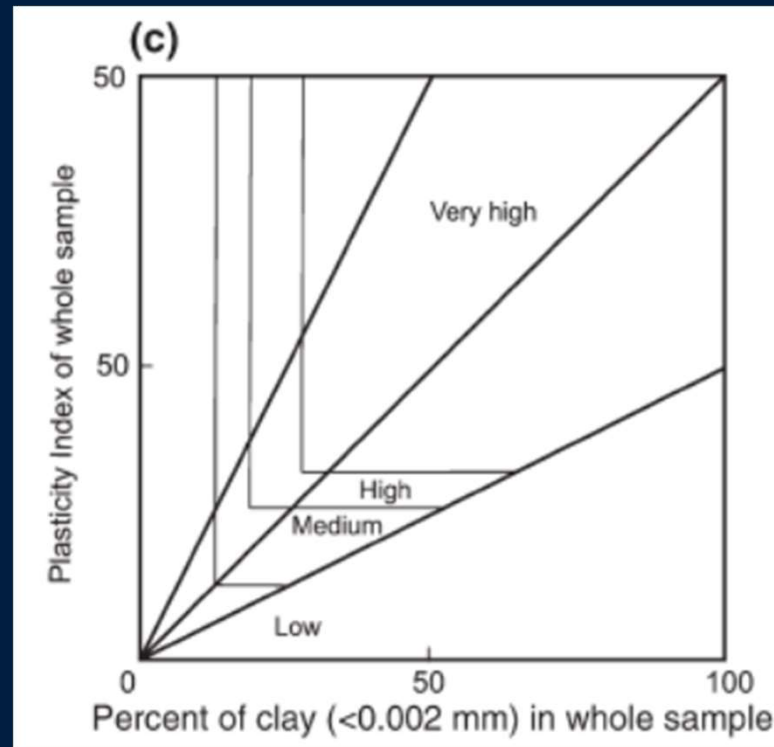
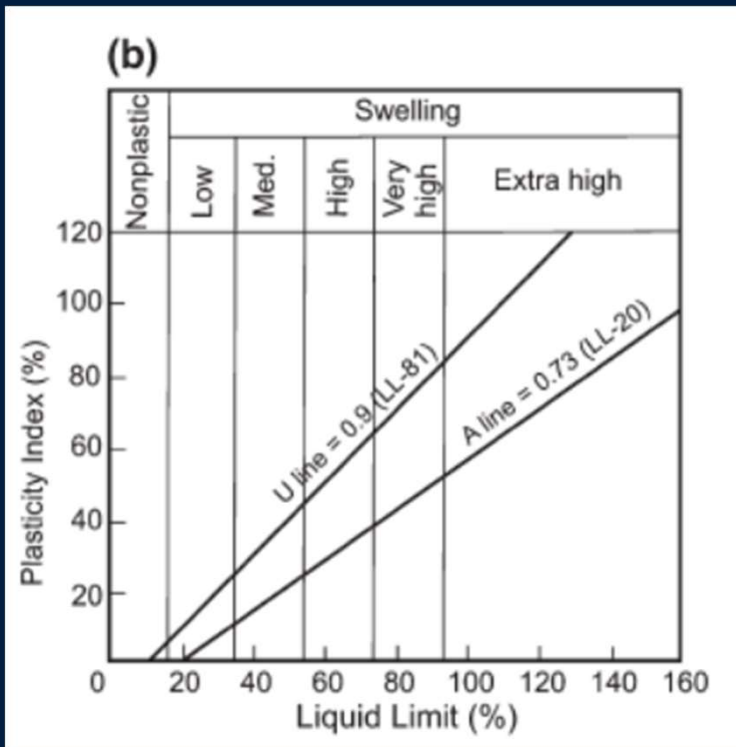
Structuurvorming is veranderend proces



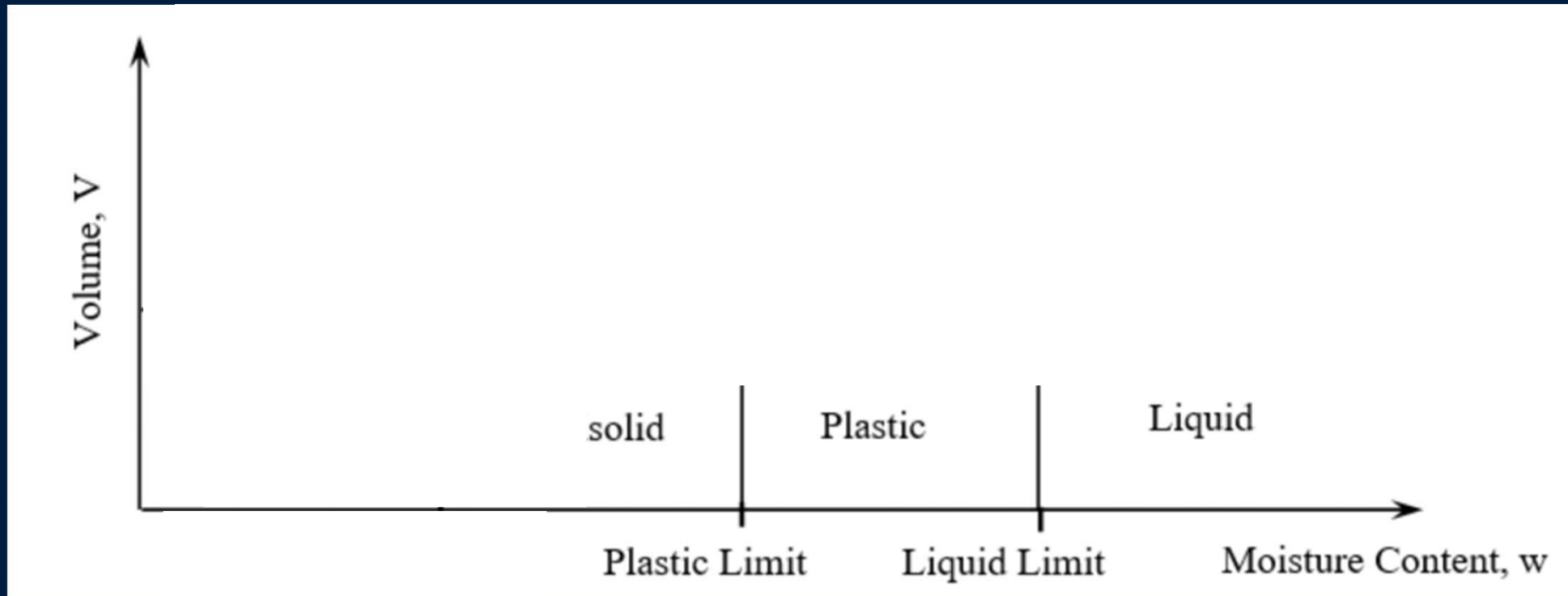
Atterbergse grenzen



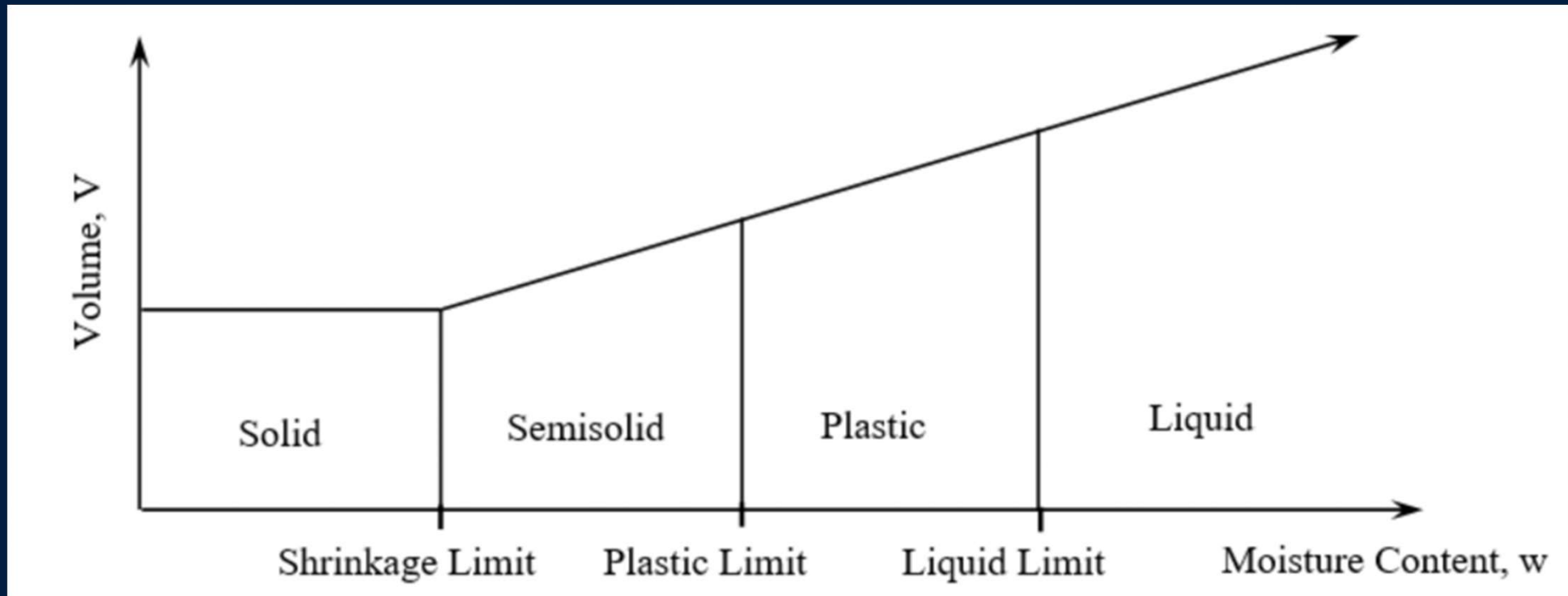
Risico op veroudering



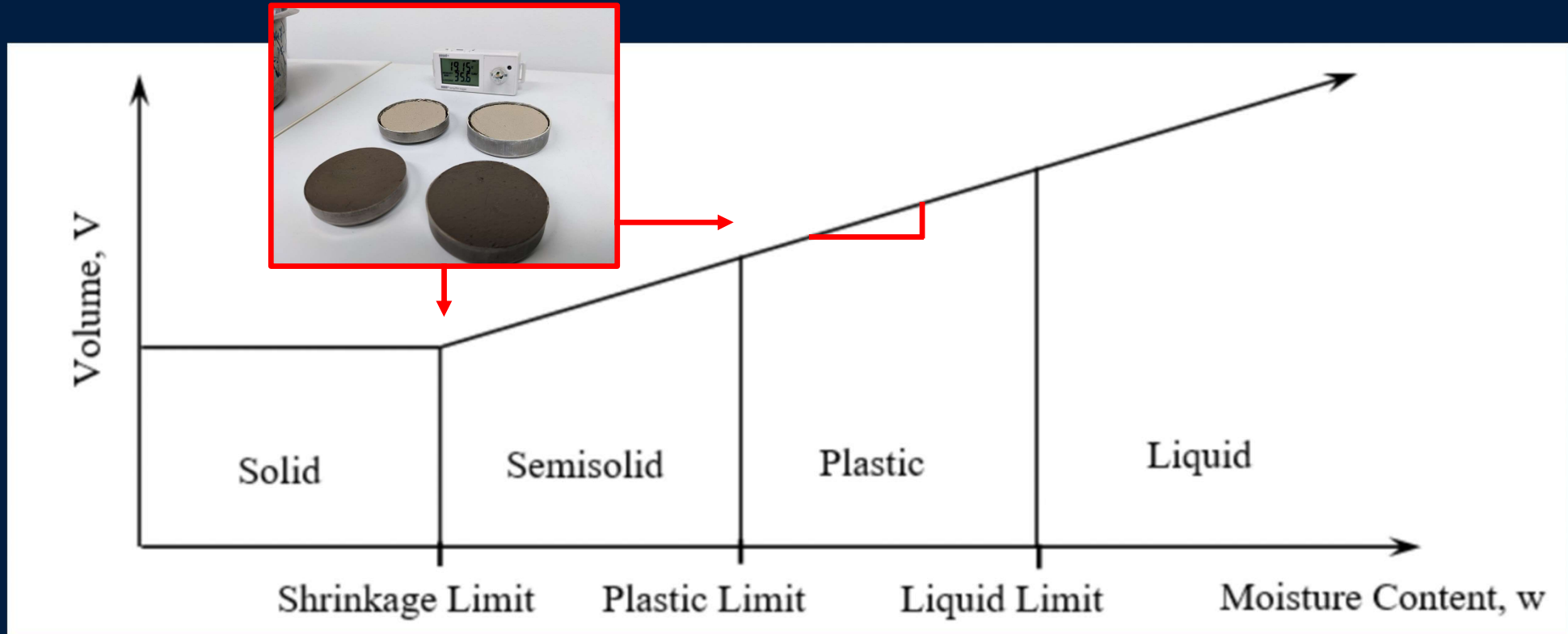
Atterbergse grenzen



Atterbergse grenzen



Atterbergse grenzen



Risico op veroudering

Shrinkage limit as a percentage	Linear shrinkage as a percentage	Degree of expansion
<10	>8	Critical
10-12	5-8	Marginal
>12	0-5	Noncritical

Data from Index Tests*			Probable expansion (% total volume change)	Degree of expansion
Colloid Content (% minus 0.001 mm)	Plasticity index (%)	Shrinkage limit (%)		
>28	>35	<11	>30	Very high
20-31	25-41	7-12	20-30	High
13-23	15-28	10-16	10-20	Medium
<15	<18	>15	<10	Low

Plasticity index (%)	Shrinkage index (%)	Degree of expansion
<12	<15	Low
12-23	15-30	Medium
23-32	30-40	High
>32	>40	Very high



Maatregelen tegen structuurvorming

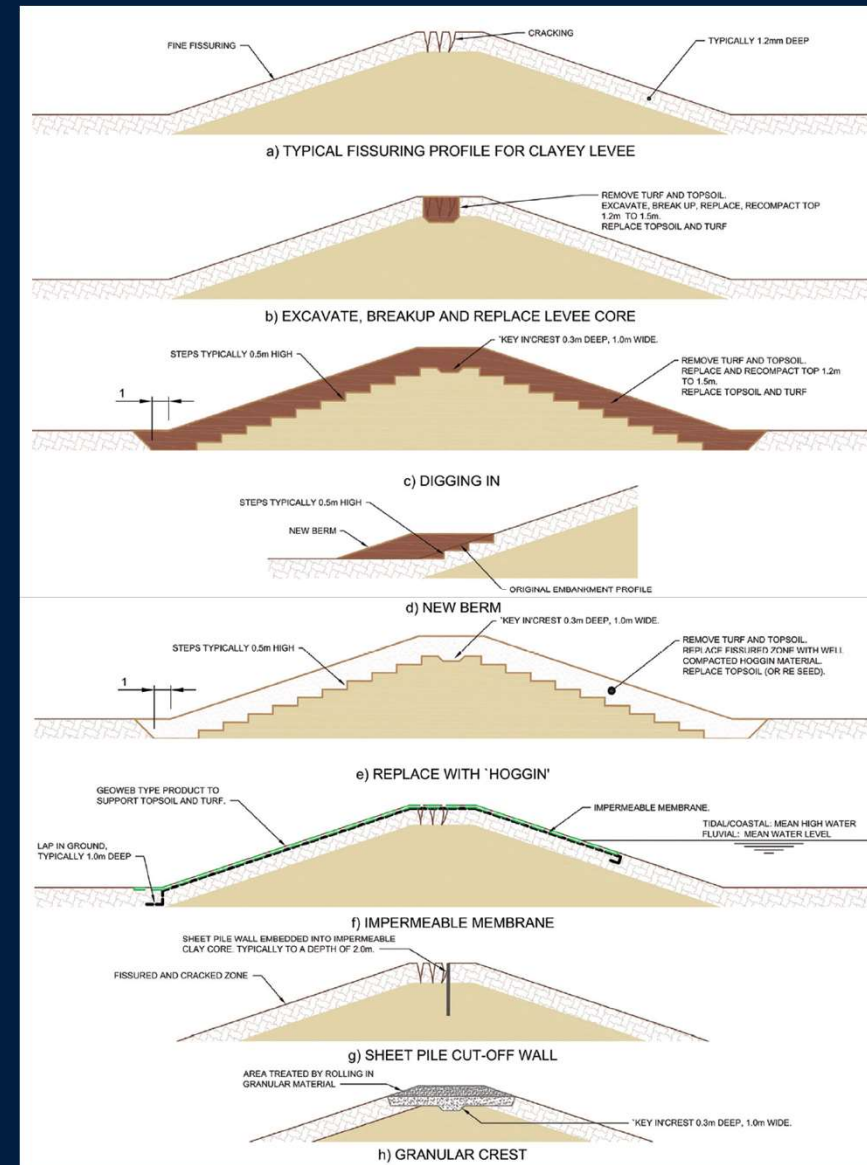
Bekledingen vervangen

- Beter verdichten
- Drogere klei toepassen
- Gegradeerd materiaal
- Goede grasmat
- Kalk in klei
- Geotextiel

Damwand in kruin

Kruin verhogen of verbreden

Bron: International Levee Handbook



Opvullen van droogtescheuren met zwelklei



Heeft dit nut?

The logo for FUGRO features a large, stylized white letter 'F' on the left. The vertical stem of the 'F' is a thick, downward-pointing arrow. To the right of the 'F', the word 'FUGRO' is written in a bold, white, sans-serif font. The background is a dark blue gradient with a subtle grid of small white plus signs.

FUGRO

Unlocking Insights
from **Geo-data**