

# Vandtryk bag indfatningsvægge

Søren Gundorph  
Geo Kompagniet

# Indhold og formål

## 1. Vandfyldte trækrevner bag indfatningsvægge - 9.6 (5)P

**Formålet** er at præcisere, hvornår og hvorledes der skal/kan regnes med vandtryk i vandfyldte træk- eller svindrevner bag indfatningsvægge.

## 2. Grundvandssænket byggegrube - vandtryk fra afsænket vandspejl bag indfatningsvægge

**Formålet** er at anvise en realistisk og økonomisk metode til beregning af vandtryk bag indfatningsvægge, hvor trykket fra grundvand er aflastet.

## 3. Lidt om Dimensioneringshåndbogen og beregning iht. EC7-1

# Vandfyldte træk-/svindrevner - normer

- DS/EN 1997-1, afsnit 9.6 Vandtryk

“(5)P Når der ikke er truffet særlige foranstaltninger til dræning eller forhindring af tilløb, skal de mulige virkninger af vandfyldte træk- eller svindrevner tages i betragtning.”

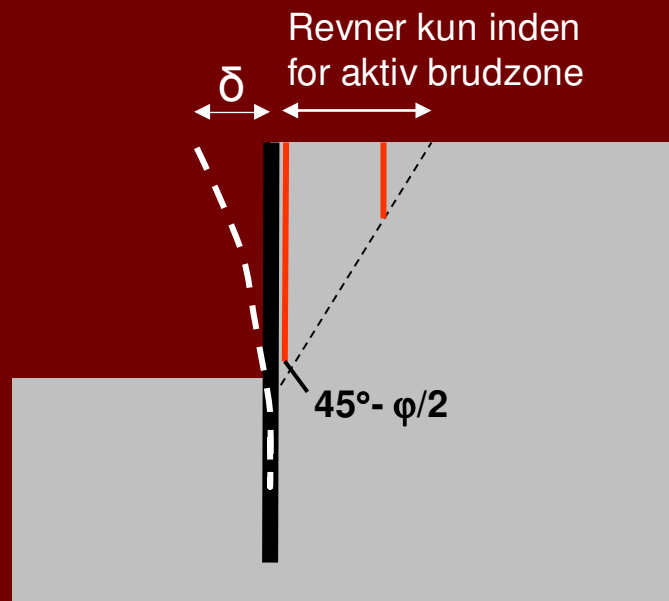
- DS 415 (4.1), afsnit 4.3 Vandtryk

“(4)P Hvor der ikke træffes særlige foranstaltninger til vandafledning eller forhindring af vandtilstrømning, skal der uanset beliggenheden af grundvandsspejlet regnes med, at revner i den øvre del af kohæsionsjord er vandfyldte.”

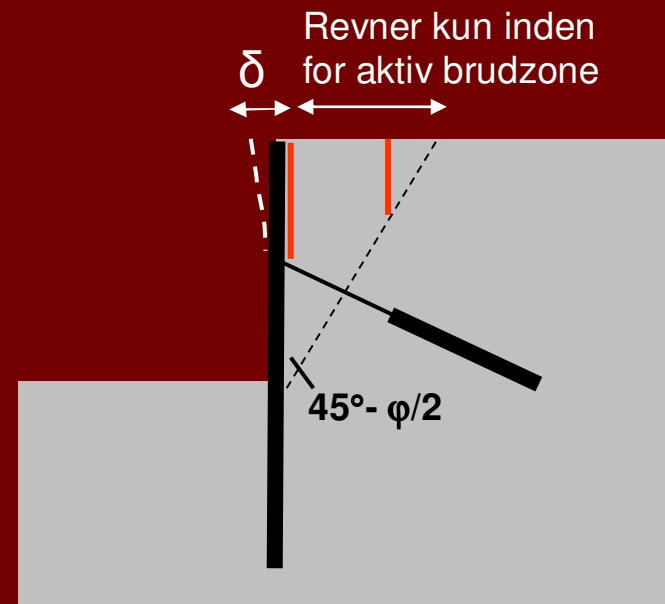
“(5) Indflydelse fra vandfyldte revner bør specielt overvejes i forbindelse med dimensionering af jordtrykspåvirkede konstruktioner og ved stabilitet og ved stabilitetsanalyser af skrånninger, afgravninger etc.”

# Trækrevner: Design-situation

Fri væg



Forankret væg



# Afgrænsning: Jord- og vægtype

Første afgrænsning: **Jordtypen**      Kun revner i kohæsionsjord!

Anden afgrænsning: **Konstruktionen**

<b>Vægtype</b>	<b>Er trækrevner mulige?</b>	<b>Bemærkning</b>
Københavnervæg	Ja	Gælder for alle vægudfyldninger: Stålplader, (sprøjte-) beton, tømmer mm.
Spunsvæg	Ja	
Sekantpælevæg	"Nej"	Svindrevner : Ja. Trækrevner: Ikke muligt i realiteten. Vægtypen har stor stivhed, stor indspænding (stor dybde) i levetiden som "fri væg" og er derefter forankret/afstivet.

# Afgrænsning: Fri og afstivet væg

Fri eller afstivet væg	Er trækrevner mulige?	Bemærkning
Fri væg	Ja	Væggens udbøjning tillader dannelse af trækrevner.
Forankret/afstivet - forspændt/ueftergivelig	Ja, men kun ned til øvre ankerniveau	Den ueftergivelige forankring/afstivning sikrer mod, at trækrevner udvikles i og under anker-/afstivningsniveau.
Forankret/afstivet - let eftergivelig - eftergivelig/afstivning	Muligvis Ja	Væg deformerer med stigende (aktivt) jordtryk bag anker/afstivning; herved åbnes mulighed for trækrevne. Deformationsberegning kan indgå i grundlag for valg af "revne/ikke revne"

# Afgrænsning: Fri og afstivet væg

Eftergivelig forankring (definition iht. R 67, EAB 2008):

## Eftergivelig afstivning:

- Afstivning/anker og understøtningspunkt på væggen kan give efter for øget belastning; dette gælder for afstivninger/ankre, der ikke er forspændt, eller kun er let forspændt.

## Let eftergivelig afstivning:

- Afstivning og væg er mindst tæt forbundne ved friktionskræfter (f.eks. ved opkiling).
- Jordankre prøvet iht. Metode 1 i EN 1537, og er forspændt til mindst 80 % af den samlede last på ankret i den efterfølgende konstruktionsfase.

# Praksis i DK

Hvad er praksis i DK?

- At regne med hydrostatisk vandtryk fra terræn og nedefter, kombineret med sædvanligt aktivt jordtryk (Brinch Hansen), hvor der er anvendt reduceret rumvægt  $\gamma' = \gamma_m - \gamma_w$  for jorden?
- At modellere hydrostatisk vandtryk fra terræn og til bund af trækrevne som et vandret tryk på væggen kombineret med sædvanligt aktivt jordtryk (Brinch Hansen), hvor der ikke er anvendt reduceret rumvægt ( $\gamma' = \gamma_m$ )?
- At lade ingeniørens software afgøre beregningsproceduren ...?
- Eller gøre det frække ... se bort fra den vandfyldte revne ... nejda!

... Jeg er faktisk ikke helt sikker på, hvad praksis er ...!

# Forslag til designmodel: Vandfyldt trækrevne

## Beregningsmodellen kan være:

1) at påføre et vandret tryk svarende til hydrostatisk vandtryk fra terræn til bund af trækrevnen ( $W = \frac{1}{2} \gamma_w h_t^2$ )

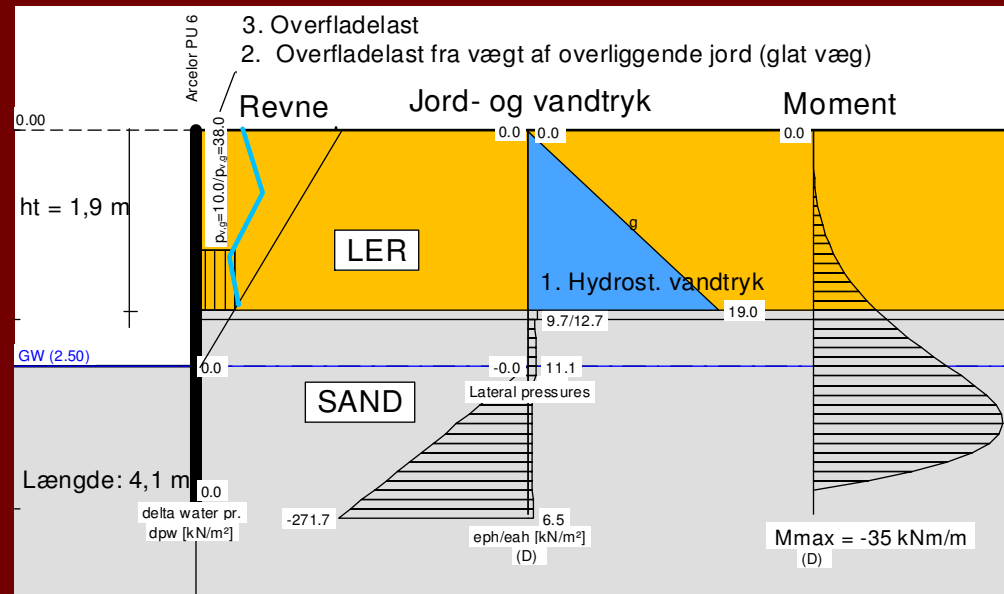
2) at lade evt. overfladelast og total vægt af jorden fra terræn til dybden  $h_t$  virke som en overfladelast ( $q_k = \gamma_m h_t$ ), der påføres i dybden  $h_t$ ; ( $\gamma_m$  er ikke reduceret)

3) at regne aktivt jordtryk fra niveau  $h_t$  og nedefter.

Den maksimale dybde ( $h_t$ ) af revnen vælges som den mindste værdi af:  
Enten: Grænselinien for den aktive brudzone.

Eller:  $h_t = 2c'/\gamma_m K_a^{1/2}$

12-03-2009



# Traditionel designmodel: Evt. sådan ...

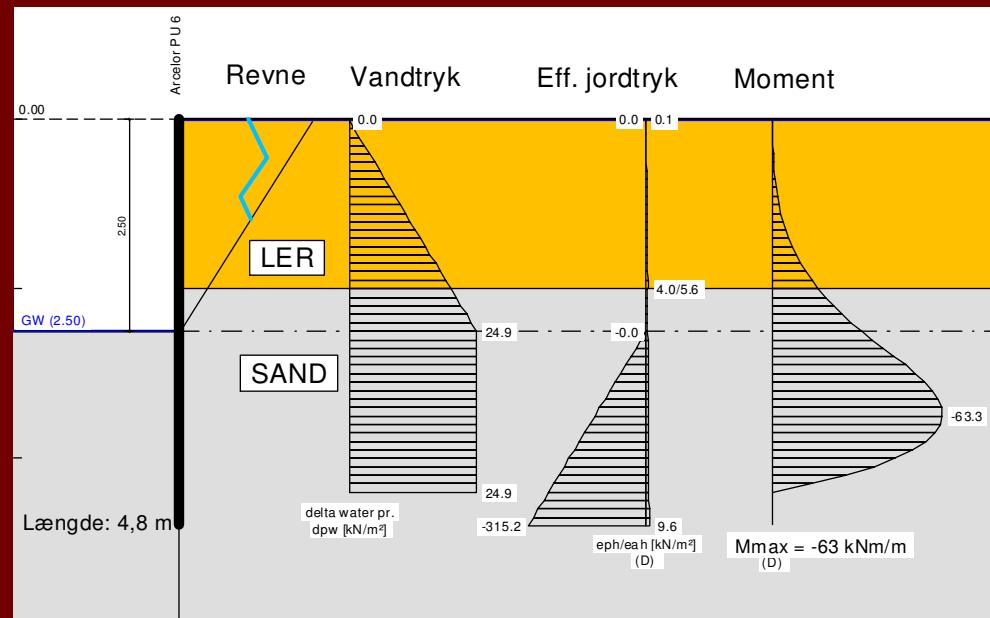
## Beregningsmodellen kan være:

1) at påføre væggen et hydrostatisk vandtryk fra terræn og nedefter:

$$W = \frac{1}{2} \gamma_w h^2$$

2) at påføre aktivt jordtryk fra terræn; effektivt jordtryk ( $K_a$ ) fra terræn og tryk fra overfladelast ( $K_p$ ) til dybden  $h$ :

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma' h^2 K_a + p K_p h$$



# Konklusion

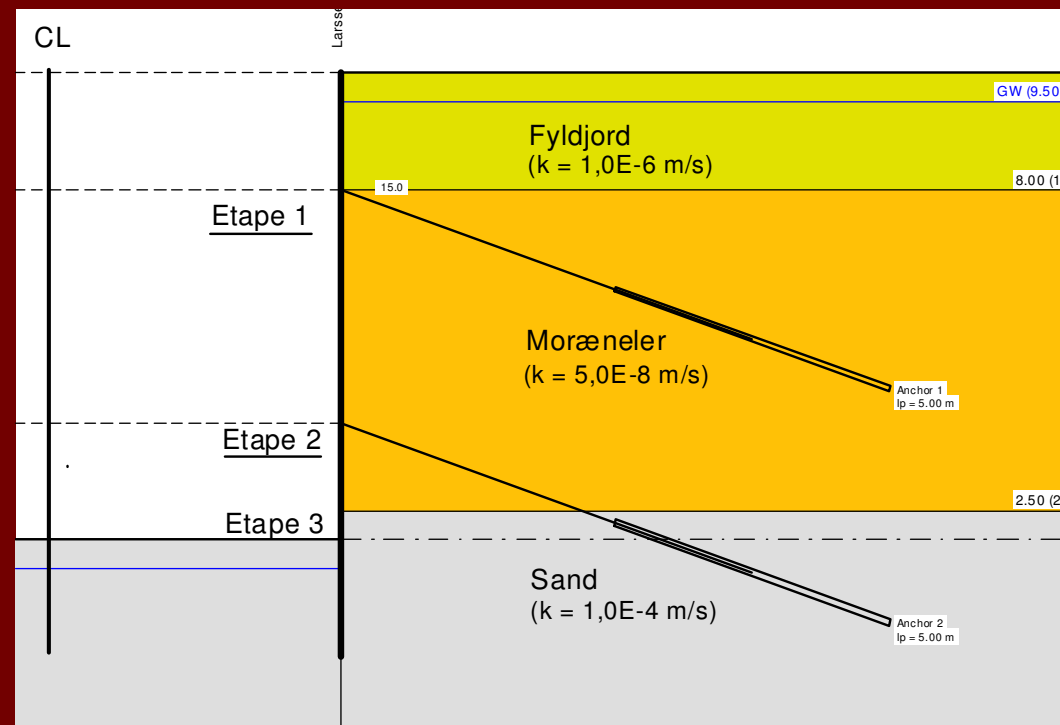
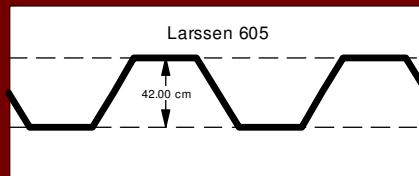
1. Trækrevner (og svindrevner) er kun relevant i kohæsionsjord  
- og kun inden for den aktive brudzone.
2. Trækrevner kan optræde i forbindelse med både spunsvægge og  
"københavnervægge" med alle typer vægudfyldninger.
3. Påstand: Trækrevner findes kun over de øvre forspændte  
(ueftergivelige) ankre og afstivninger.
4. Forslag: Udstrækning af trækrevner under (let) eftergivelige  
ankre/afstivninger bør vurderes ved:
  - eftergiveligheden af afstivningen, og
  - deformationsberegninger af væggens udbøjninger.... på den sikre side: Revnen regnes vandfyldt.

SLUT – Del 1

## 2. Grundvandssænket byggegrube

**Formål:** At anvise en realistisk og økonomisk metode til beregning af tætte indfatningsvægge, hvor trykket fra grundvand er aflastet.

Fuldstændig afsænkning af grundvandsspejlet er ofte ikke muligt i lagdelt jord med "tætte" lerlag.



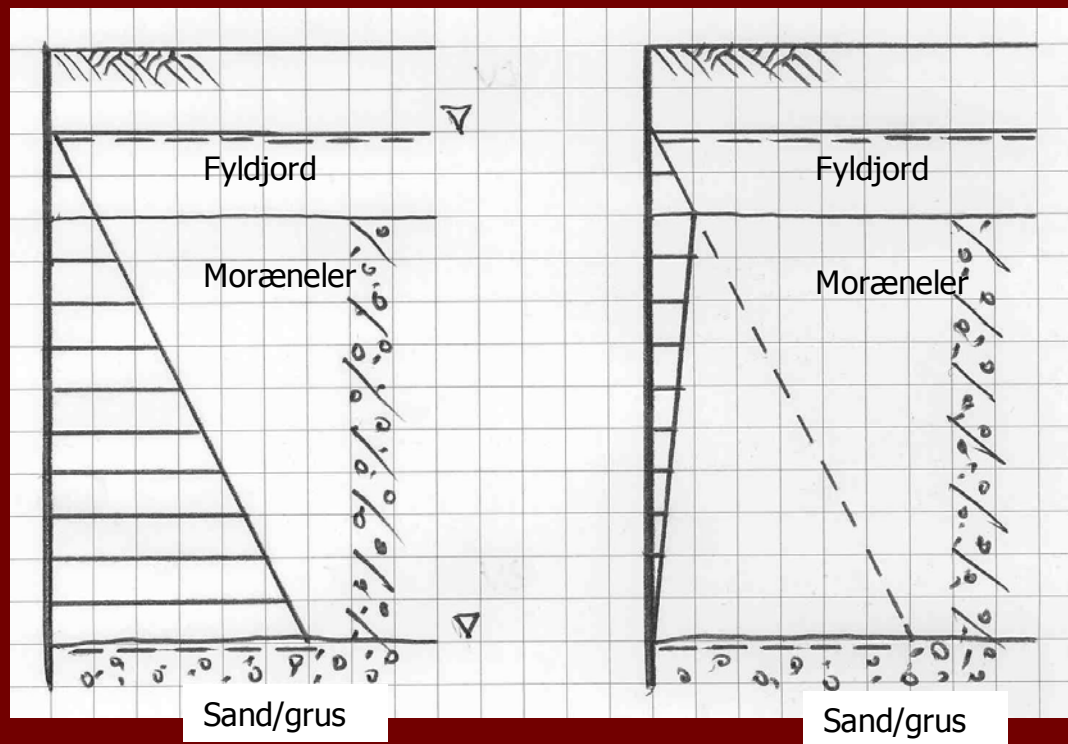
# Aktuelle vandtryk

Hydrostatisk vandtryk:

$t = 0$  ,  $U = 0$  %

Aflastet vandtryk:

$t_{100}$  ,  $U = 100$  %



# Beregning med aflastet vandtryk

**Forudsætninger** for at regne med aflastet vandtryk:

- ✓ Effektiv grundvandssænkning og fuld kontrol, dvs. overvågning med pejleboringer og alarmer
- ✓ Teoretisk kontrol af sænkningstid:
  - Manuelt:  $t_{100}$  (T=2)
  - MIKE SHE-model e.lign.
- ✓ Supplerende visuel kontrol:
  - Ankerhuller i spunsen
  - Utætte låse

**Virkning** af beregning med aflastet vandtryk:

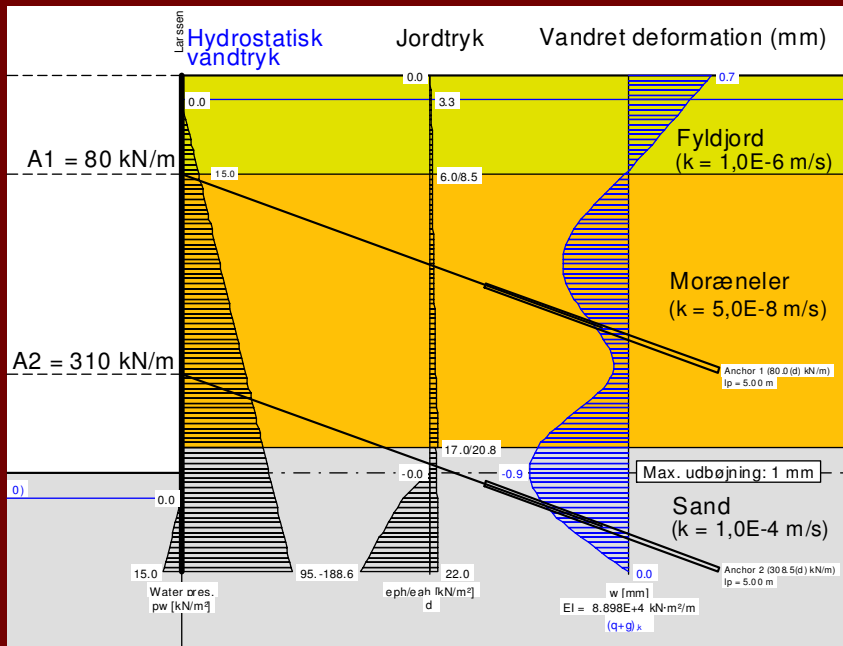
- ✓ Normal hydrostatisk tryk til overflade af tæt lerlag; jordtryk beregnes med effektiv rumvægt
- ✓ Effektiv rumvægt øges i det tætte lerlag (aktiv side):  
 $i = (h+d)/d$  og  $\gamma_r = \gamma' + i \gamma_w$

**Henvisning:**

Recommendations on Excavations EAB  
German Geotechnical Society, 2008

# Beregning uden/med aflastet vandtryk

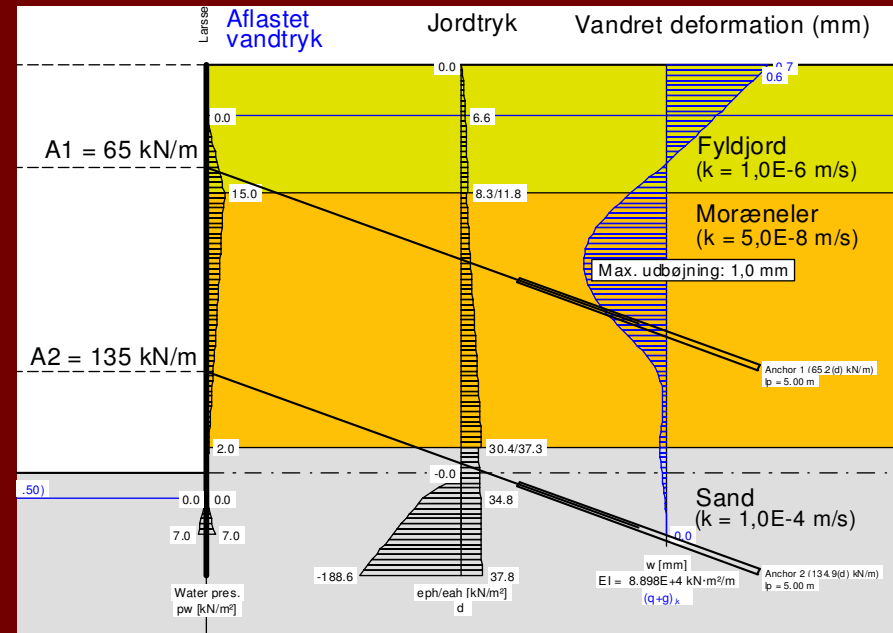
Hydrostatisk vandtryk:



$$L_{tot} = 10,0 \text{ m}$$

$$M_{max} = 93 \text{ kNm/m}$$

Aflastet vandtryk:



$$L_{tot} = 9,5 \text{ m}$$

$$M_{max} = 41 \text{ kNm/m}$$

# Er sikkerheden tilstrækkelig?

Forslag til beregningstilfælde:

1. Beregning iht. Dimensioneringsmetode 3 med aflastet vandtryk
2. Evt. beregning af Ulykkestilfælde med hydrostatisk vandtryk med partialkoefficienter  $\gamma_F = \gamma_E = 1,0$  og  $\gamma_M \geq 1,0$  vælges.

SLUT - Del 2

# Opfyldelse af EC7-1:2007

- Lodret brud af støttevægge (9.7.5):
  - lodret spidsbæreevne
  - lodrette deformationer
- Brud ved udtrækning af ankre (9.7.7):
- Hydraulisk brud (10.2, 10.3):
  - brud ved løftning (UPL)
  - brud ved hævnings – "grundbrud" (HYD)
- Beregning af anvendelsesgrænsetilstande (9.8)

SLUT