



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# **Apmācību semināru cikls** **«Datoraprēķini būvkonstrukciju projektēšanā»**

ID Nr. EM 2020/46

**Rīga, 2020**



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

**Training seminar / Apmācību seminārs**  
**Good Practice in Retaining Wall Design**  
**Laba prakse atbalstsienų projektēšanā**

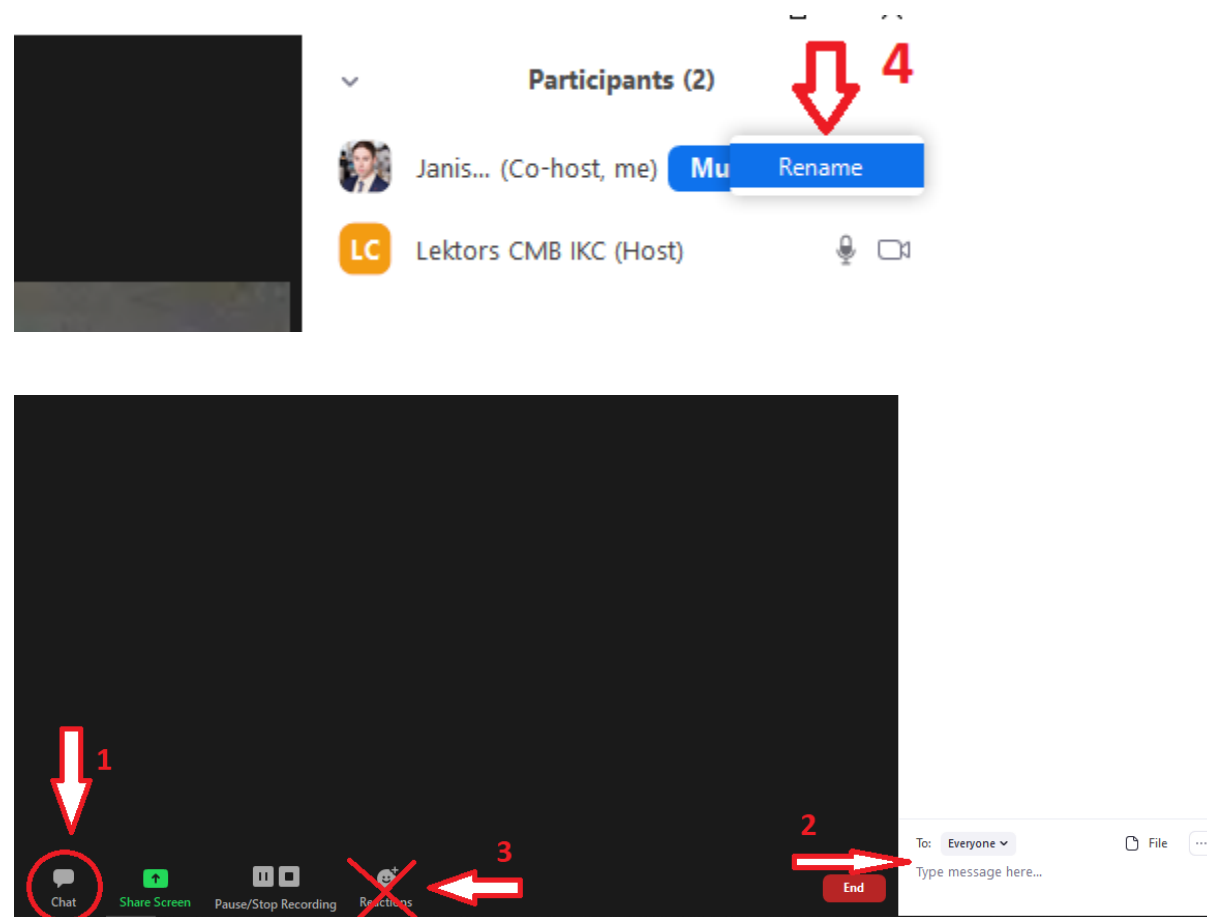
**October 28, 2020, Riga**  
**Dr Andrew Bond (United Kingdom)**

# Programma

<b>09:00 – 10:00</b>	<b>Reģistrācija</b>
10:00 – 11:30	Ievads atbalstsienu projektēšanā. Atbalstsienu izvēle Ģeotehniskās projektēšanas pamatprincipi
11:30 – 12:00	Kafijas pauze
12:00 – 13:30	Atbalstsienu projektēšanas pamatprincipi
13:30 – 14:00	Pusdienu pārtraukums
14:00 – 15:30	Atbalstsienu robežstāvokļu pārbaudes
15:30 – 16:00	Jautājumu un atbilžu sesija

# Jautājumu uzdošana

1. Jautājumus uzdot tikai sarakstē
2. Jautājumus uzdot sarakstes logā – labajā pusē
3. Neizmantojot emociju ikonas
4. Norādīt savu pilno vārdu/uzvārdu





# Lektors...

## Dr Andrew Bond

- ▶ **Vadītājs Geocentrix Ltd**
  - ▶ Ģeotehniskās konsultācijas
  - ▶ Līdzautors, 'Earth pressure and earth retaining structures, 3<sup>rd</sup> ed., 2014
- ▶ **Aprēķinu programmu izstrādātājs:**
  - ▶ ReWaRD (atbalstsienu aprēķini) 1992-pašlaik
  - ▶ ReActiv (nogāžu pastiprināšana) 1994-pašlaik
  - ▶ Repute (pāļu pamati) 2002-pašlaik
- ▶ **CEN TC250/SC7(7. Eirokoda komiteja) vadītājs**
  - ▶ Līdzautors, 'Decoding Eurocode 7' (2008)
  - ▶ Līdzautors, 'How to design concrete structures using Eurocode 2' (2006)
  - ▶ Līdzautors, PPI990 'Extracts from the Structural Eurocodes' (2004/2007/2010)
- ▶ **BSI komitejas B/526 Ģeotehnika biedrs**
  - ▶ BS 8004:2015 'Code of practice for foundations' autors
  - ▶ BS 8002:2015 'Code of practice for earth retaining structures' autors
- ▶ **Vieslektors sekojošās institūcijās:**
  - ▶ BGA, NCE, IStructE, Highways Agency, Health and Safety Executive, Singapore Building Control Authority, University of Cape Town, Singapore Land Transport Authority, BSI China, North China Power Engineering, Moscow State University



## **Ievads atbalstsienas projektēšanā ([link](#))**

- ▶ Atbalstsienas izvēle (dažādu atbalstsienas tipu apskats)

## **Ģeotehniskās projektēšanas pamatprincipi ([link](#))**

- ▶ Vispārīgie noteikumi (nosacījumi)
- ▶ Robežstāvokļu projektēšanas principi
- ▶ Galvenie mainīgie
- ▶ Pārbaude ar parciālo faktoru metodi
- ▶ Pārbaude, kuras balstītas uz vispārīgajiem nosacījumiem un praktisko pieredzi
- ▶ Pārbaude ar testēšanu
- ▶ Pārbaude ar novērošanas metodi
- ▶ Projektēšana, izmantojot testēšanu

## Kafijas pauze / 11:30 - 12:00



# Programma / 12:00 - 13:30

## **Atbalstsienų projektēšanas pamatprincipi ([link](#)) ([link](#))**

- ▶ Materiāli (grunšu parametri, betons, tērauds, utt.)
- ▶ Pazemes ūdens
- ▶ Ģeotehniskie aprēķini
- ▶ Aprēķinu metodes (robežstāvokļu, grunts gulsnes (reakcijas), galīgo elementu metodes)
- ▶ Grunts spiediena noteikšana (Coulomb, Rankine, Brinch-Hansen, Kerisel un Absi)
- ▶ Grunts spiediena robežvērtības, miera stāvokļa vērtības un robežvērtības
- ▶ Blīvēšanas spiediens
- ▶ Ūdens spiediens
- ▶ Testēšana
- ▶ Izbūve
- ▶ Datu apstrāde

## Pusdienu pārtraukums / 13:30 - 14:00



## Programma 14:00-15:30

### **Atbalstsienu robežstāvokļu pārbaudes ([link](#))**

- ▶ Nestspējas robežstāvokļi
- ▶ Kopējā stabilitāte
- ▶ Nogāžu un ierakumu stabilitāte
- ▶ Konstrukciju noturības zudums
- ▶ Lietojamības robežstāvoklis
- ▶ Pārvietojumi
- ▶ Grunts spiediena mobilizācija

Programma 15:30 -16:00

Jautājumu un atbilžu sesija





Ministry of Economics  
Republic of Latvia

**Training seminar / Apmācību seminārs**  
**Good Practice in Retaining Wall Design**  
**Laba prakse atbalstsienų projektēšanā**

**October 28, 2020, Riga**  
**Dr Andrew Bond (United Kingdom)**





Ministry of Economics  
Republic of Latvia

## **Training seminar / Apmācību seminārs**

**Introduction to retaining wall design.**

**Basis of geotechnical design.**

**Ievads atbalstsienu projektēšanā.**

**Ģeotehniskās projektēšanas pamati.**

**Dr Andrew Bond (United Kingdom)**



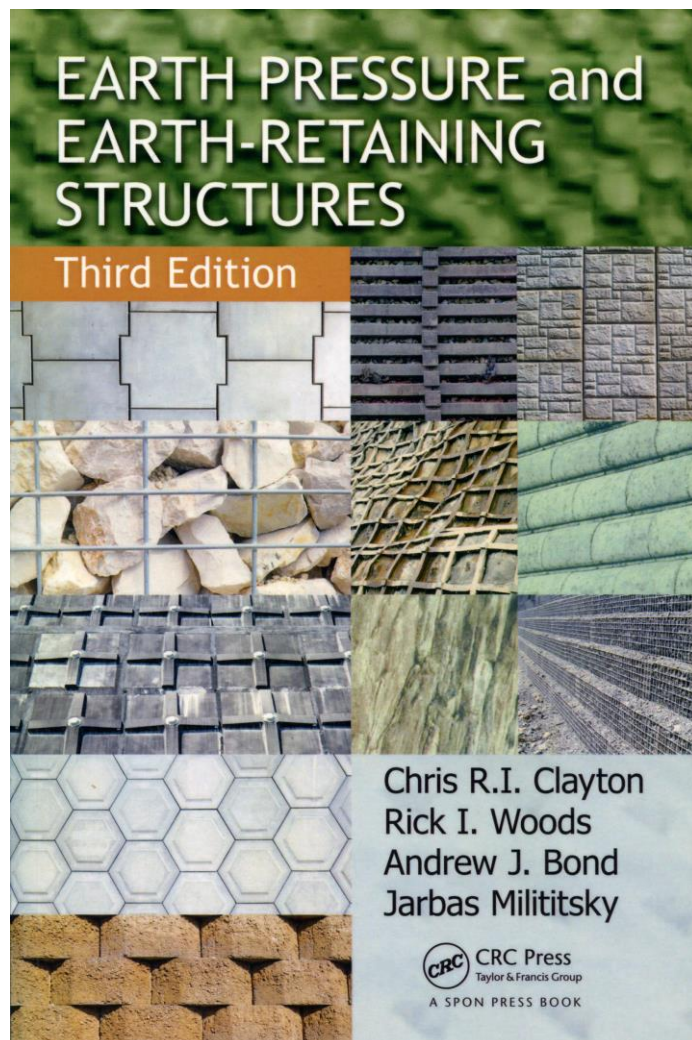
Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Ievads atbalstsienų projektēšanā

**Dr Andrew Bond (Geocentrix)**  
**Immediate-Past Chair TC250/SC7 Geotechnical design**

# Ievads atbalstsienu projektēšanā

- ▶ Atbalstsienu izvēle
- ▶ Gravitācijas tipa atbalstsienas
- ▶ Gruntī iedziļinātas atbalstsienas
- ▶ Kompleksās atbalstsienas un citas atbalstu sistēmas
- ▶ Atslēgas punkti
- ▶ Jautājumi un atbildes



- ▶ 1ais izdevums (1986)
- ▶ 2ais izdevums (1993)
- ▶ 3ais izdevums (2013)
- ▶ Autori : Chris Clayton, Rick Woods, Andrew Bond, Jarbas Milititsky
- ▶ Galvenās nianšes
  - ▶ Apraksta gravitācijas, gruntī iedziļinātu un komplekso atbalstsienu ģeotehniskās projektēšanas principus
  - ▶ Palīdz nespeciālistiem saprast iespējamās ģeotehniskās problēmas
  - ▶ Apraksta parametru un parciālo faktoru problēmas esošajos normatīvajos dokumentos (piemēram, 7. Eirokods)
- ▶ Publicēts CRC Press
- ▶ ISBN: 978-1-4665-5211-1



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Konkrētas atbalstsienas izvēle

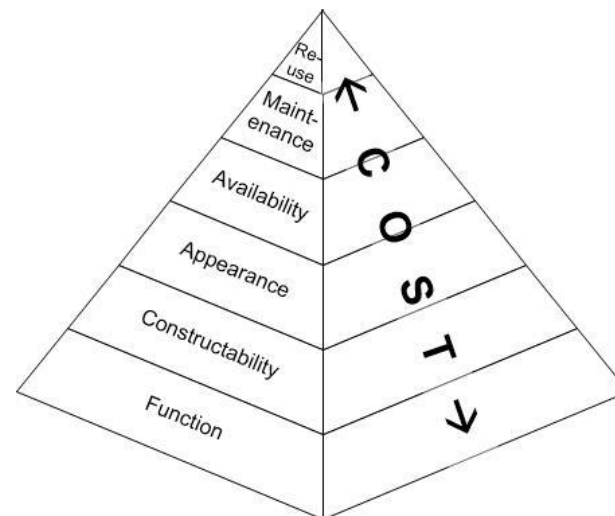
## Ievads atbalstsienu projektēšanā

# Atbalstsienas izvēles iemesli

*Grunts materiāls tiek uzskatīts par atbalstītu, ja tas atrodas stāvākā nogāzē, kā tas dabīgi varētu atrasties bez atbalst-konstrukcijas*

EN 1997-1, 9.1.1(I)P Eurocode 7

ležu ierakumos vai nogāzēs nav nepieciešams būtiskas atbalst-konstrukcijas, piemēram, Honkongas MTRC Ziemeļu Punkts būve ekskavācijas laikā (pa kreisi, Geo Publication 1/2007)  
Projektēšanas apsvērumu hierarhija (pa labi, Clayton et al., 2013)



# Atbalstsienu veidi

## EN 1997-1, 9.1.2

- ▶ **Gravitācijas atbalstsienu sienas**
  - ▶ Atbalstsienu sienas no akmens, betona, dzelzsbetona ar dažāda veida ģeometriju – ar vai bez izvirzījumiem sienas priekšpusē vai aizmugurē, ar vai bez kontrforsiem (piem. betona gravitācijas atbalstsienu sienas, dzelzsbetona atbalstsienu sienas ar izvirzījumiem sienas pamatnē, kontrforsu sienas)
  - ▶ **Atbalstsienu sienas masai ir liela nozīme, lai nodrošinātu grunts atbalsta funkciju**
    - ▶ piem. betona gravitācijas atbalstsienu sienas, dzelzsbetona atbalstsienu sienas ar izvirzījumiem sienas pamatnē, kontrforsu sienas
- ▶ **Gruntī iedziļinātas atbalstsienu sienas**
  - ▶ Relatīvi plānas metāla, dzelzsbetona vai koka atbalstsienu sienas, kas atbalstsienu sienas noturību nodrošina ar grunts enkuriem, atgāžņiem un/vai tikai ar grunts pasīvo spiedienu
  - ▶ **Atbalstsienu sienas stingumam ir liela nozīme, lai nodrošinātu grunts atbalsta funkciju**
    - ▶ piem. tērauda rievsienu sienas (bez atbalstiem, enkurotas, atbalstītas ar atgāžņiem; diafragmas sienas)
- ▶ **Kompleksas atbalstsienu konstrukcijas**
  - ▶ **Atbalstsienu sienas, kas kombinētas no abiem augstākminētajiem atbalstsienu veidiem**
    - ▶ piem. dubulto tērauda rievsienu kesoni; grunts konstrukcijas, kas stieģotas ar atsevišķiem stinguma elementiem, ģeorežģiem vai grunts injekcijām; konstrukcijas, kas sastāv no grunts enkuru rindām
- ▶ Dažāda veida tvertnes netiek uzskatītas par grunts atbalsta konstrukcijām



## Sākotnējā atbalstsienas izvēle (atbilstoši Clayton et al., 2013)

Sākotnējie projektēšanas apsvērumi ir sekojoši:

- ▶ Atbalstsienas vajadzība, slodzes un/vai blakusesošas konstrukcijas
- ▶ Konstrukcijas ģeometrija
- ▶ Pamatnes grunts un pazemes ūdeņu nosacījumi
- ▶ Pieejamās būvniecības metodes

Faktori, kas ietekmē atbalstsienas izvēli:

- ▶ augstums gruntij, kuru nepieciešams nostiprināt
- ▶ grunts apstākļi aiz plānotās atbalstsienas
- ▶ grunts apstākļi zem plānotās atbalstsienas
- ▶ pazemes ūdens režīms
- ▶ blakus esošās konstrukcijas
  - ▶ ārējo slodžu līmenis
  - ▶ pieļaujamās deformācijas
- ▶ pieejamā vieta būvlaukumā
- ▶ lokālā būvniecības prakse un pieredze
- ▶ pieejamie standarti un normatīvi
- ▶ pieejamās būvniecības metodes un aprīkojums
- ▶ cena





Ministry of Economics  
Republic of Latvia

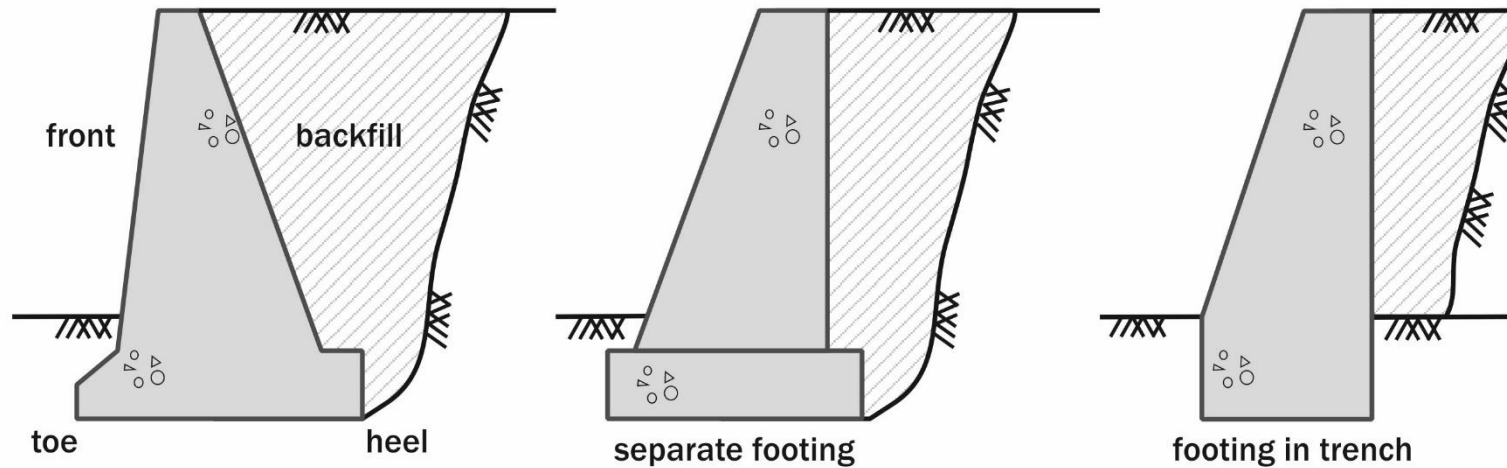
# Gravitācijas tipa atbalstsienas

## Ievads atbalstsienu projektēšanā

# Gravitācijas tipa atbalstsienu veidi (atbilstoši Clayton et al., 2013)

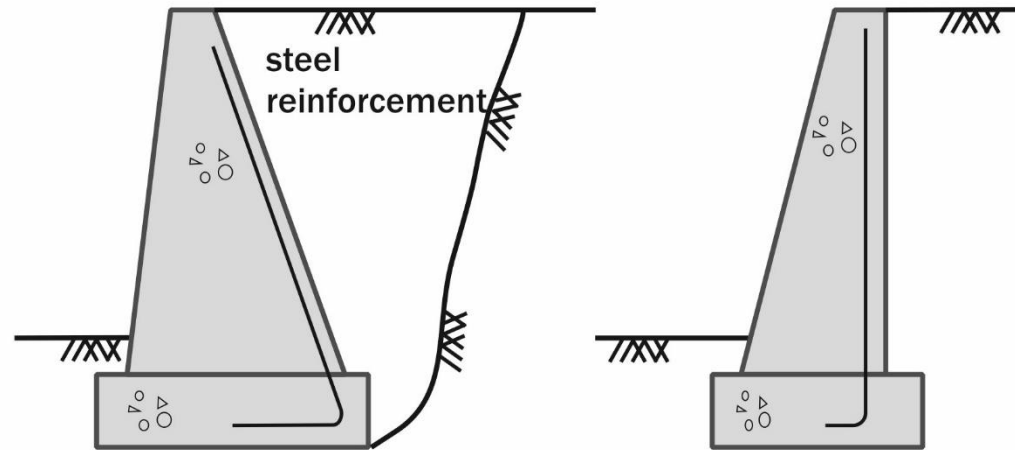
- ▶ Masīvās betona gravitācijas atbalstsienas
- ▶ Daļējas gravitācijas dzelzsbetona atbalstsienas
- ▶ Dzelzsbetona atbalstsienas
- ▶ Gabioni
- ▶ Spraišļu atbalstsienas
- ▶ Bloku atbalstsienas
- ▶ Mūra atbalstsienas
- ▶ Iekšējo kontrforsu atbalstsienas
- ▶ Ārējo kontrforsu atbalstsienas

# Masīvās betona gravitācijas atbalstsienas



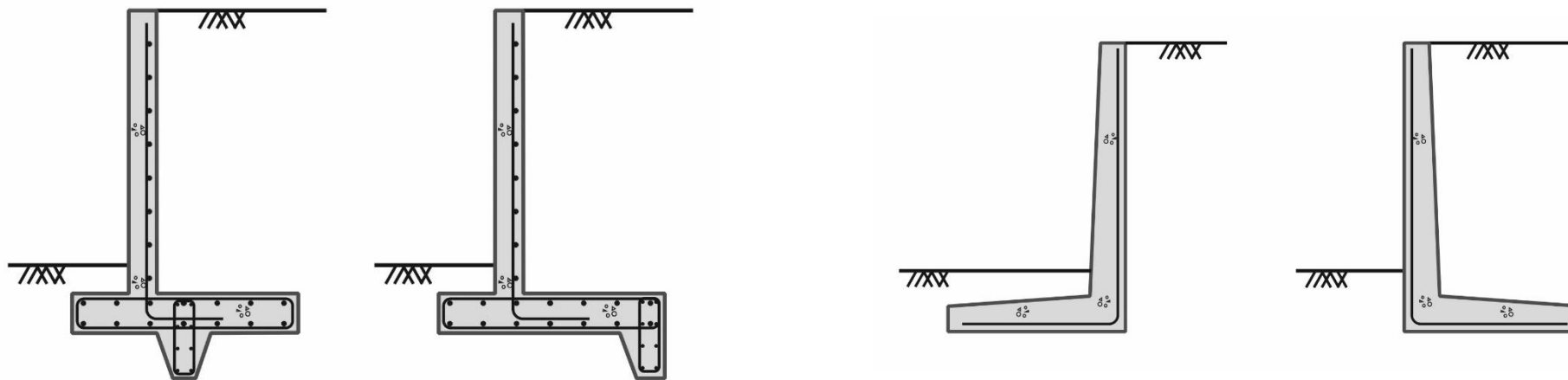
- ▶ piemērotas līdz 3m augstumam
- ▶ Sienas ģeometrijai jānodrošina grunts spiediena sadalījums, kurš nerada sienā stiepes spriegumus
- ▶ iespējams projektēt arī augstākas, bet tad citi atbalstsienas veidi kļūst ekonomiski izdevīgāki

# Daļējas gravitācijas dzelzsbetona atbalstsienas



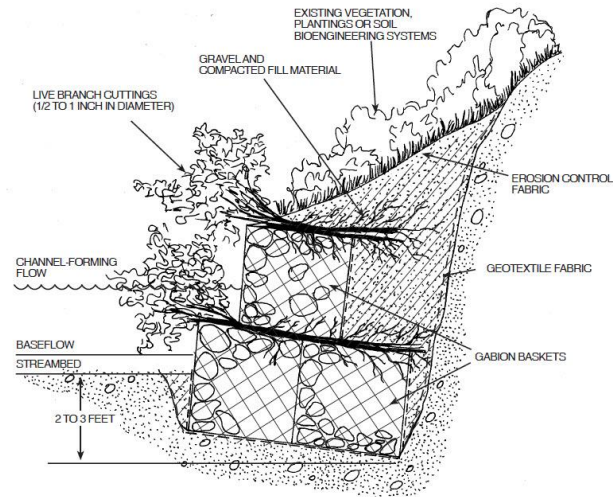
- ▶ Noteicošais ir lieces un bīdes pretestība – pašsvars nav tik svarīgs kā masīvās betona gravitācijas atbalstsienas gadījumā
- ▶ Stiegrojums atbalstsienas aizmugurē savieno vertikālo sienas daļu ar apakšējo pamata daļu
- ▶ Stiegrojums ļauj izmantot slaidāku atbalstsienas vertikālo daļu
- ▶ Apvieno masīvā betona atbalstsienas vienkāršumu ar neliela stiegrojuma apjoma nepieciešamību
- ▶ Nepieciešams cenu salīdzinājums starp ietaupītā betona un papildus stiegrojuma apjomu
- ▶ Masīvās betona gravitācijas sienas ilgmūžība varētu būt vieglāk nodrošināt un tādēļ dzīves cikla izmaksas bieži varētu būt zemākas
- ▶ Slaidākas konstrukcijas iespējams vieglāk reciklēt

# Dzelzsbetona atbalstsienas



- ▶ Piemērotas līdz 6 m augstumam (augstākām sienām nepieciešams izmantot iekšējos vai ārējos kontrforsus)
- ▶ Bieži tiek izmantotas apgriezta T- formas (pa kreisi) vai L-formas (pa labi) dzelzsbetona atbalstsienas
- ▶ Sienas vertikālā daļa norobežo grunti; stabilitāti nodrošina grunts pašsvars, kurš balstās uz sienas horizontālā izvirzījuma («papēža»)
- ▶ Slīdēšanas pretestība var tikt paaugstināta, ja tiek izmantota bīdes elements («atslēga»)
- ▶ Iespējams izmantot rūpnieciski izgatavotus elementus, kas ļauj ātru izbūvi objektā
- ▶ Ārējā vertikālās sienas daļa var tikt sagatavota speciālā tekstūrā, lai padarītu to vizuāli pievilcīgu
- ▶ Rūpnieciski izgatavotu elementu dzelzsbetona kvalitāti ir augstāka kā betonējot uz vietas objektā, bet rūpnieciskos elementus nepieciešams piegādāt un ierīkot, kas sadārdzina to izmaksas

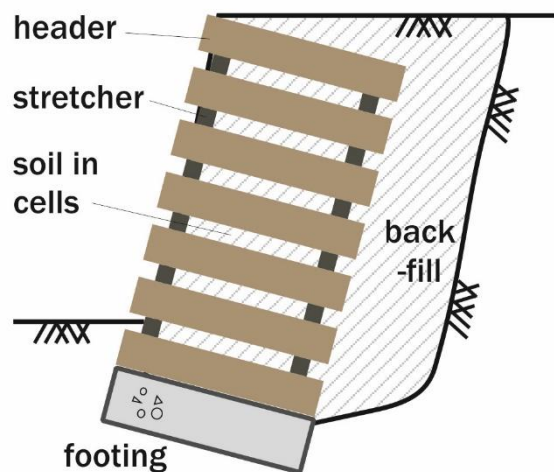
# Gabioni



- ▶ Gabions sastāv no metāla vai plastmasas kastes, kura piepildīta ar rupju minerālmateriālu
- ▶ Galvenā sistēmas priekšrocība ir tās pielāgojamība
- ▶ Būvējot nomaļās vietās, objektā nepieciešams piegādāt tikai kasti. Lai izveidotu gabionu, iespējams izmantot vietējo darbaspēku un materiālus
- ▶ Īpaši labi nodrošina triecienu enerģijas slāpēšanu un tiek izmantoti kā akmeņu nobiru barjeras
- ▶ Vizuāli pievilcīgas (sapūst ar apkārtējo vidi)
- ▶ Viegli uzturēt un labot, ja tiek bojāti
- ▶ Īpaši viegli reciklēt un izmantot vēlreiz

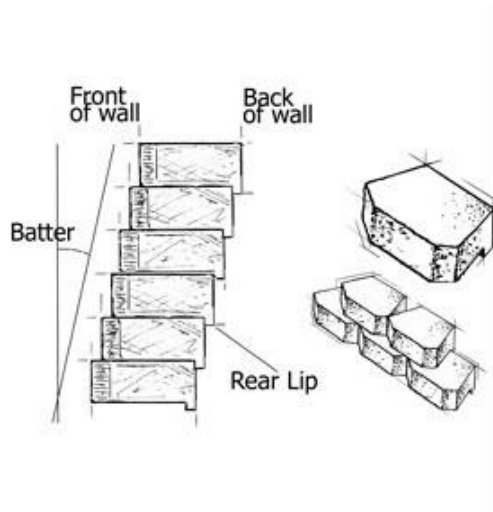


# Spraišļu atbalstsiena



- ▶ Piemērota 6 – 9 m augstumam, ja grunts spiediens ir vidējs vai zems
- ▶ Gatavo no koka elementiem, ja izmanto labiekārtojuma un pagaidu darbiem; gatavo no betona, ja izmanto pastāvīgās konstrukcijās
- ▶ Spraišļu sistēmu aizber ar blīvētu minerāl-materiālu
- ▶ Konstrukcija ir padevīga un atļauj lielas deformācijas
- ▶ Uzstādīšana ir vienkārša un nav nepieciešami speciāli mehānismi
- ▶ Izmantojot ūdens filtrējošu minerāl-materiālu, tiek uzlabota grunts drenēšanas spēja
- ▶ Vizuāli pievilcīga (īpaši ja uz virsmas aug veģetācijā)
- ▶ Viegli uzstādīt un noņemt, vēlreiz izmantot, kā arī uzturēt

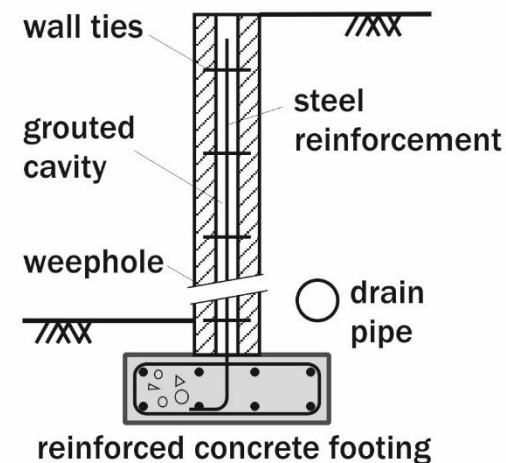
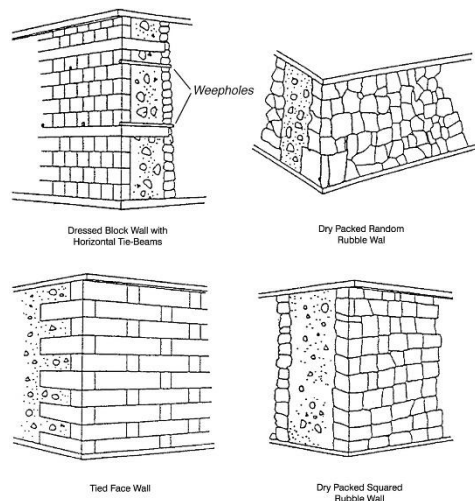
# Bloku atbalstsienas



- ▶ Piemērotas līdz 3 m augstumam (izmantojot augstākas, nepieciešams pielietot papildus stiprinājums)
- ▶ Sienas priekšpusi iespējams izbūvēt 68-73°
- ▶ Bloki parasti tiek sastiprināti ar speciālām detālām bez javas nepieciešamības
- ▶ Parasti rūpnieciski ražoti dažādās formās
- ▶ Savienojums starp elementiem tiek nodrošināts ar speciālām bloku detālām
- ▶ Vienkārši izbūvēt un nojaukt, kā arī atkārtoti izmantot
- ▶ Vizuāli pievilcīgā (atgādina akmens sienu)
- ▶ Augsti kvalitātes kontroles standarti ražojot šos elementus ļauj nodrošināt drošu konstrukciju atbilstoši ražotāja rekomendācijām



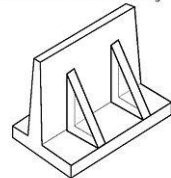
# Mūra sienas (attēls pa kreisi atbilstoši Bishop un Koor, 2000)



- ▶ Izmantojamas līdz 4 m augstumam
- ▶ Masīvās mūra sienas parasti izmantojamas tikai līdz 1 m augstumam
- ▶ 330 mm bieza ‘*quetta bond*’ siena var tikt izmantota līdz 3 m augstumam
- ▶ Šīs sienas var būt ekonomiski izdevīgas
- ▶ Projektēšanas rekomendācijas atbilstoši Brick Development Association (Haseltine and Tutt, 1991)
- ▶ No abām pusēm apmūrētas dzelzsbetona un javas dobumu sienas var tikt būvētas augstāk

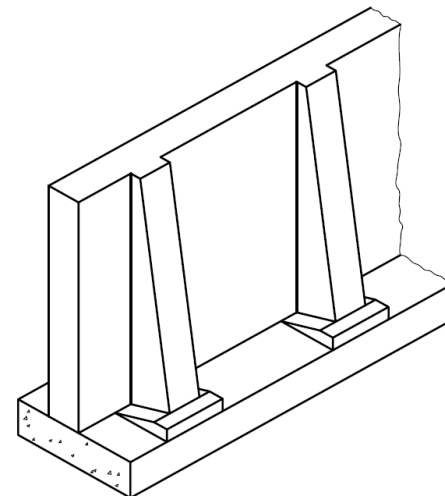
# Iekšējo kontrforsu atbalstsienas

Counterfort or Buttress Retaining Wall

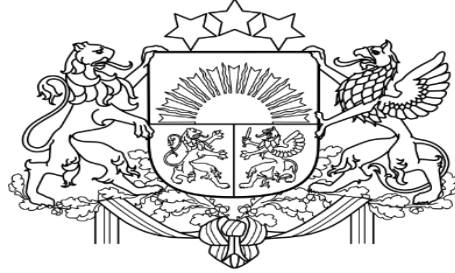


- ▶ Piemērotas 10-12m augstām atbalstsienām ar augstu aktīvo spiedienu aiz sienas
- ▶ Dzelzsbetona atbalstsiena, bet ar iekšējo kontrforsu (apbērts aktīvajā gruntī pusē), kas savieno sienas vertikālo un pamata daļu
- ▶ Kontrfors samazina lieces momentu un bīdes spriegumus sienas vertikālā daļā
- ▶ Mūsdienās izmantotas maz (biežāk izmanto diafragmas sienas vai sekantējošo pāļu sienas)
- ▶ Kontrfors sarežģī sienas izbūvi

# Ārējo kontrforsu atbalstsienas



- ▶ Zināmas, kā apgriezta kontrforsu sienas
- ▶ Līdzīgas iekšējo kontrforsu sienai
- ▶ Kontrfors tiek pakļauts spiedei nevis stiepei
- ▶ Var tikt būvētas no mūra
- ▶ Izbūve grūtāka nekā citiem daļējo gravitācijas sienu veidiem
- ▶ Populāras (Lielbritānijā) iepriekšējos gadsimtos, bet reti izmantotas mūsdienās



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Gruntī iedziļinātas atbalstsienas

## Ievads atbalstsienu projektēšanā

# Gruntī iedziļināto atbalstsienų veidi (atbilstoši Clayton et al., 2013)

- ▶ Tranšeju sistēmas
- ▶ Rievsienas
- ▶ Urbto pāļu atbalstsienas
- ▶ Diafragmu atbalstsienas
- ▶ «Berlīnes» tipa atbalstsienas
- ▶ Strūklas cementācijas atbalstsienas

# Tranšeju sistēmas

- ▶ Ļoti izplatītas apdzīvotās vietās, lai izbūvētu, labotu un mainītu ieraktās komunikācijas
- ▶ Tranšeju atbalstsistēmas parasti ir pagaidu un tiek izmantotas atkārtoti
- ▶ Parasti izmanto šauros ierakumos, bet var vairākus metrus dziļas
- ▶ Saliekamas sekcijas var tikt paceltas un iestumtas, kad nepieciešams
- ▶ Atsevišķās metāla plāksnes un koka vairogi nepieciešams nostiprināt ar spraišļiem un izkliedsijām
- ▶ Vizuālais izskats nav būtisks





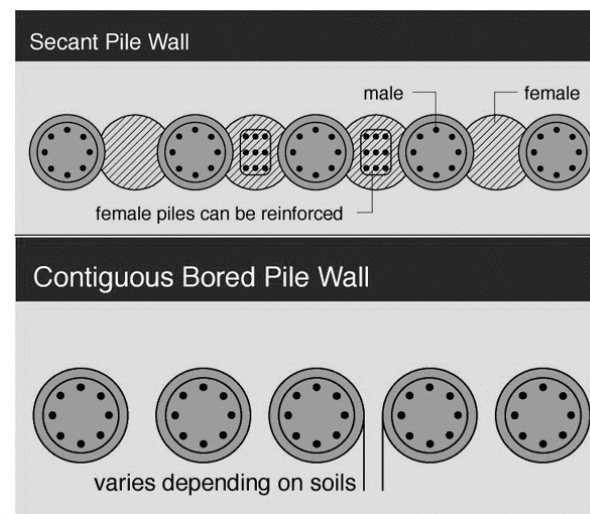
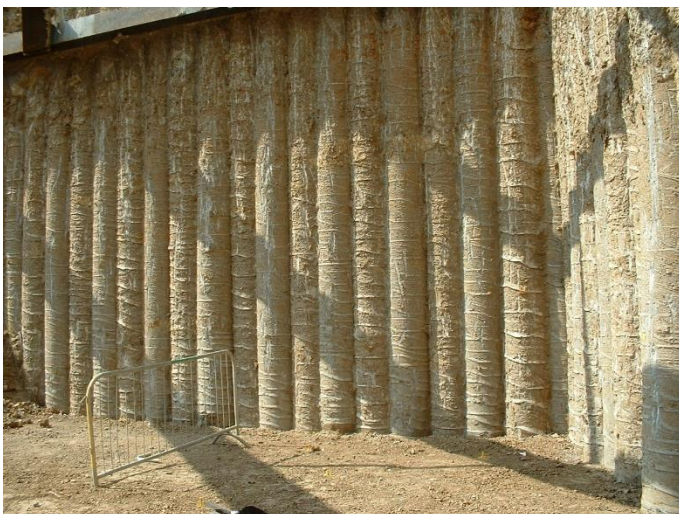
# Rievsienas

- ▶ Plaši izmantotas, lai nodrošinātu padevīgas atbalst-konstrukcijas sistēmas kā krastmalas nostiprināšanas vai pagaidu kontrakciju norobežojošās sistēmas
- ▶ Bieži izmantotas nelabvēlīgos ģeotehniskajos apstākļos (piem. plūstošas konsistences mālos), jo nav vajadzīgs pamats
- ▶ Viegli izbūvējamas no esošās grunts līmeņa un būvniecība ir nepārtraukta pat ja tā notiek ūdenī
- ▶ Tiek izmantoti metāla, koka vai rūpnieciski ražoti betona elementi
- ▶ Iespējams izbūvēt sarežģītas formas ģeometrijā neradot būtiskas grunts deformācijas izbūves laikā
- ▶ Izbūves ātrums nodrošina augstu efektivitāti
- ▶ Var būt dārgi, ja izmanto kā paliekošu konstrukciju
- ▶ Tikai modernākās tehnoloģijas nodrošina zemu trokšņu līmeni iebūvējot – tradicionālās metodes var radīt ļoti lielu trokšņu līmeni
- ▶ Sienas izbūves dziļums ir ierobežots atkarībā no profila garuma, slodzēm, grunts apstākļiem, bet var tikt palielināts ar ieskalošanu un priekšurbšanu



# Pāļu sienas

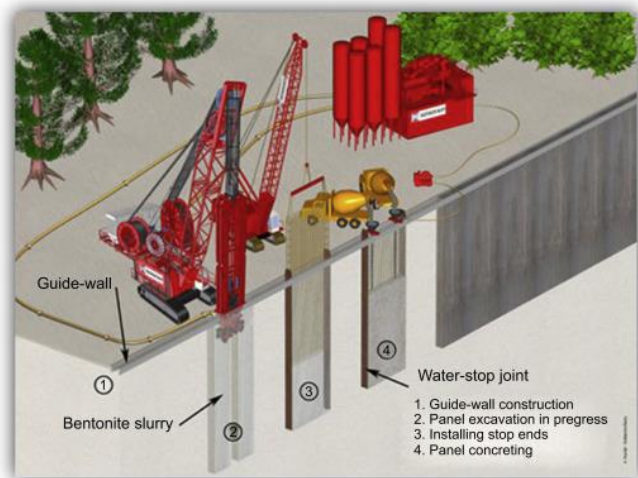
- ▶ Var tikt izbūvētas no dažāda diametra elementiem un gandrīz jebkādā ģeometriskajā izvietojumā plānā un gandrīz jebkādos ģeotehniskajos apstākļos
- ▶ Izbūves radītā skaņa un vibrācijas ir salīdzinoši zemas, kas atļauj izbūvi tuvu blakusesošajām konstrukcijām
- ▶ Var uzņemt lielas vertikālās slodzes, kā arī grunts aktīvo spiedienu
- ▶ Urbto pāļu sienas var būt Pārtrauktas (izbūves solis pārsniedz diametru), Blakus-stāvošas (solis sakrīt ar diametru) vai Sekantējošas (pāļi pārklājas)
- ▶ Parasti tiek piebetonēta pašnesoša dzelzsbetona siena
- ▶ Parasti nav izdevīgi urbto pāļus izrakt
- ▶ Horizontālās deformācijas var tikt ierobežotas līdz 1-2% no ierakuma augstuma, kad nostiprināta ar enkuriem
- ▶ Dārgāka kā rievsienu vai «Berlīnes» tipa siena, bet lētāka kā diafragmas siena





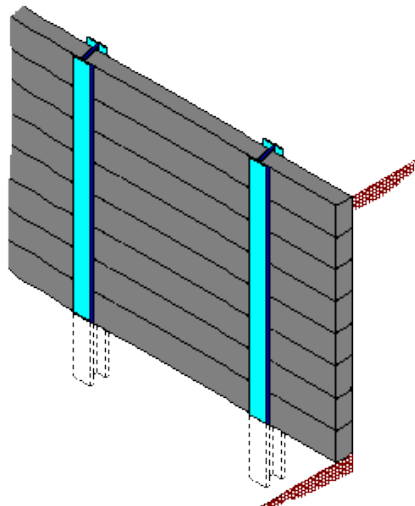
# Diafragmas sienas (attēls, pa kreisi, Heath, 2016)

- ▶ Var tikt izmantotas gan kā atbalst-konstrukcijas gan slodzi uzņemoši elementi (baretes) dziļajos pamatos :
  - ▶ ēkas, transporta šķērsojumi, pazemes stacijas
  - ▶ cut-and-cover tuneļi, autostāvvietas, pazemes industriālās būves
  - ▶ doki un krastmalu nostiprinājumi
- ▶ Ekonomiski gan kā pagaidu, gan pastāvīgās grunts atbalst-konstrukcijas
- ▶ Var izvairīties no blakusesošo ēku pamatu pastiprināšanas
- ▶ Nodrošina pazemes ūdeņu kontroli
- ▶ Atļauj izmantot maksimāli daudz teritoriju blīvi apbūvētos būvlaukumos – var būt gandrīz tieši blakus esošajām būvēm
- ▶ Var tikt būvēts lielā dziļumā, tādēļ nodrošinot lielāku atbalstu blakusesošajām konstrukcijām
- ▶ Cena atkarīga no dažādiem faktoriem, kā, piemēram, sienas konfigurācija un tās ģeometrija un citi



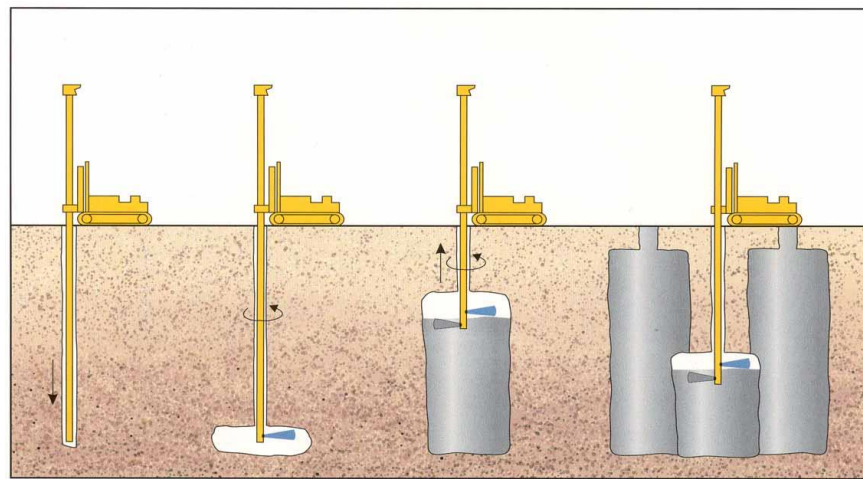
## «Berlīnes» tipa atbalstsienas (attēls, pa labi, aarsleff.co.uk)

- ▶ Parasti izbūvē, izmantojot vertikālus tērauda H-profilus, iedziļinot gruntī noteiktā solī
- ▶ Kā atdalošie horizontālie elementi kalpo rūpnieciski izgatavoti betona vai betonēti uz vietas betona elementi
- ▶ Šie elementi pārnes grunts aktīvā spiediena horizontālo slodzi uz vertikālajiem elementiem, kuri uzņem vertikālo slodzi un nodrošina atbalstu liecē
- ▶ Vertikālie elementi var tikt atbalstīti ar spraišļiem, grunts enkuriem un/vai grunts aktīvajā pusē (tur, kur tie ir iedzīti zem grunts)

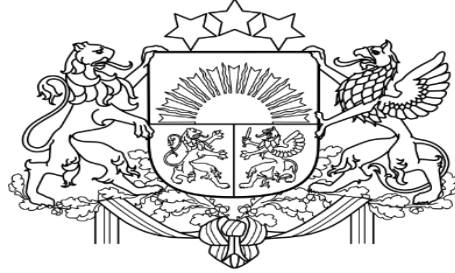


# Strūklas cementācijas atbalstsienas

- ▶ Ar rotējošu speciālu uzgali, caur kuru tiek padota augsta spiediena cementa javas sprausla, tiek radīta grunts-cementa kolonna
- ▶ Izbūvējot kolonnas vienu otrai blakus, tiek izveidota siena, kas līdzīga sekantējošo pāļu sienai (bet ar daudz zemāku materiāla stiprību)
- ▶ Uzgalis tiek sākotnēji ieurbts līdz nepieciešamajam dziļumam
- ▶ Kolonnas tiek izbūvētas no apakšas uz augšu, sākotnēji izbūvējot tās pamīšus, tad izbūvējot sekundāro kolonnu starp primārajām
- ▶ Labvēlīgos grunšu apstākļos, process ir gan lētāks, gan ātrāk kā urbto pāļu sienai
- ▶ Gala produkts ir nav vizuāli pievilcīgs un to grūti vēlreiz izmantot, kā arī nenodrošina ilgspējīgumu



Hayward Baker



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Kompleksās atbalstsienas un citas atbalsta sistēmas

## Ievads atbalstsienu projektēšanā

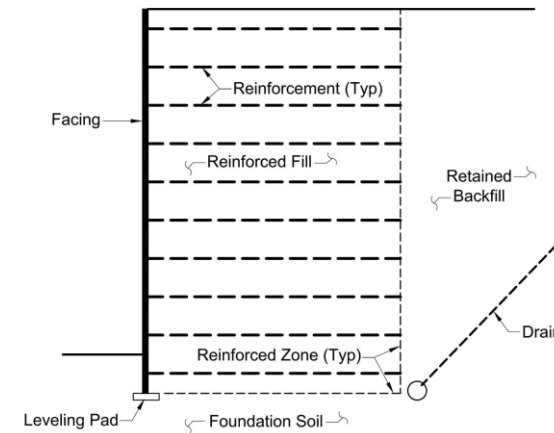
# Kompleksās atbalstsienas un citas sistēmas (atbilstoši Claytonet al., 2013)

- ▶ Kesonu
- ▶ Stiegrotas grunts konstrukcijas
- ▶ Enkurotas grunts konstrukcijas
- ▶ Atbalsts, izmantojot grunts enkurus
- ▶ Grunts enkurošana



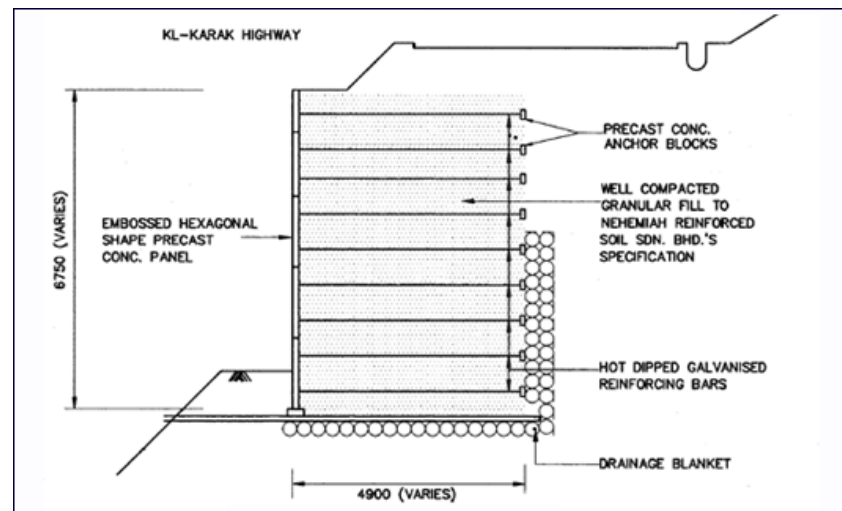


# Stiegrotas grunts konstrukcijas (attēls no Geosynthetics, 2019)



- ▶ Zināmas arī kā mehāniski stabilizēta grunts (MSE) konstrukcijas
- ▶ Stiegrotas grunts konstrukcijas sevī apvieno lentveida pamatu; norobežojošu vienību; stiegrojumu gruntī; izkliedsiju
- ▶ Stiegrotas grunts konstrukcijas ir gravitācijas sienas, kur atbalstsiena veidota no sablīvētas grunts slāņos tos stiegrojot
- ▶ Stiegrojums parasti ir neuzspriegts, slodzi uzņemot tikai tad, kad grunts cenšas deformētiem pašsvara vai ārējas slodzes ietekmē
- ▶ Tā kā stiegrojums mijiedarbojas ar grunti, tik attīstīti stiepes spriegumi gar visu enkurojuma garumu
- ▶ Jau no vēliem 1920itajiem gadiem stiegrotas grunts sistēmas tika patentētas Francijā (Coyne) un ASV (Munster)
- ▶ 1960itajos gados Vidal attīstīja sistēmu, izmantojot saliekamus betona elementus ar tērauda sloksnēm ('La Terre Armée' vai Reinforced Earth®)

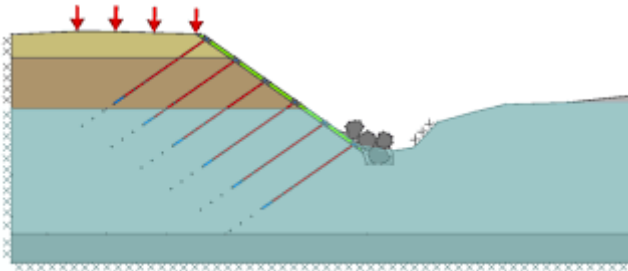
## Enkurotas grunts konstrukcijas (attēls no [www.nehemiahwalls.com](http://www.nehemiahwalls.com))



- ▶ Enkurotas grunts konstrukcijas ir gravitācijas tipa atbalstsienas, kas tiek izgatavotas no sablīvētas grunts un noteiktā skaitā blīvi izvietotiem pasīvajiem enkuriem
- ▶ Enkurotā grunts un stiegrotā grunts nodrošina divas dažādas metodes, grunts nostiprināšanai
- ▶ Enkurotā grunts gadījumā tiek izmantots līdzīgs skaits elementu kā stiegrotas grunts gadījumā, bet kā stiegrojums tiek izmantoti stieņi vai sloksnes ar salīdzinoši nelielu virsmas laukumu, enkurojoties pie fasādes bloka ar speciālu detaļu
- ▶ Enkurotā grunts pārnes lielāko daļu no slodzes uzreiz no fasādes bloka uz stiegrojuma stieni vai strēmeli

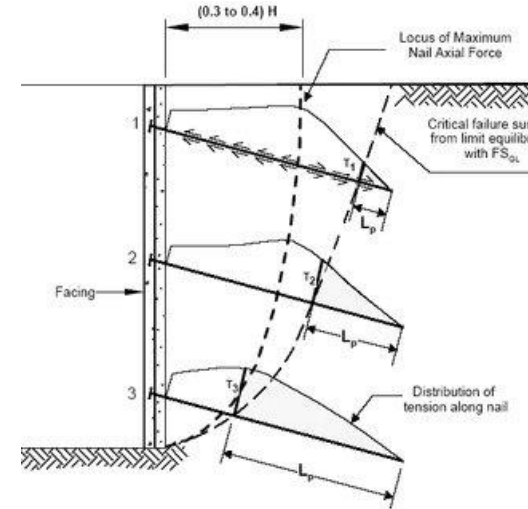


## Nostiprināšana, izmantojot grunts enkurus (attēls no [www.anchorsystems.co.uk](http://www.anchorsystems.co.uk) )

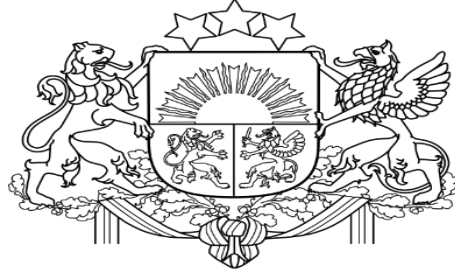


- ▶ Esošās grunts enkurošana var tikt izmantota kopā ar saliekamajiem fasādes elementiem
- ▶ Atsevišķie saliekamie fasādes elementi var tikt izmantoti, lai nostiprinātu nogāzes pēdu, kura varētu apdraudēt zemāk esošo autoceļu
- ▶ Izmantojot grunts enkurus, iespējams nostiprināt atbalstsienas, kas ir atšķirīgi no stiegrotas grunts, kur mērķis ir grunts masīvu nostiprināt vienā veselumā, veidojot gravitācijas konstrukciju
- ▶ Grunts enkuri ir mazāka un retāk izvietotu nekā stiegrotas grunts elementi un tie tiek uzspiegti pirms atbalstsienas nodošanas ekspluatācijā
- ▶ Grunts enkuri pārnes slodzi tieši no atbalstsienas uz nostiprinājuma vietu caur nedaudz noslogoto, tā saucamo brīvo garumu

# Grunts enkurošana



- ▶ Grunts enkurošana ir grunšu pastiprināšanas metode objektā, kur metāla stieņi tiek iedzīti, ieurbti un injicēti vai iešauti nogāzē
- ▶ Enkuru izbūve notiek paralēli top-down ierakuma veidošanai, parasti izmantojot pabetonējumu un stiegrojuma sietu paneļus
- ▶ Tehnoloģija ir piemērota gandrīz pilnībā vertikālās nogāzēs labos grunts apstākļos



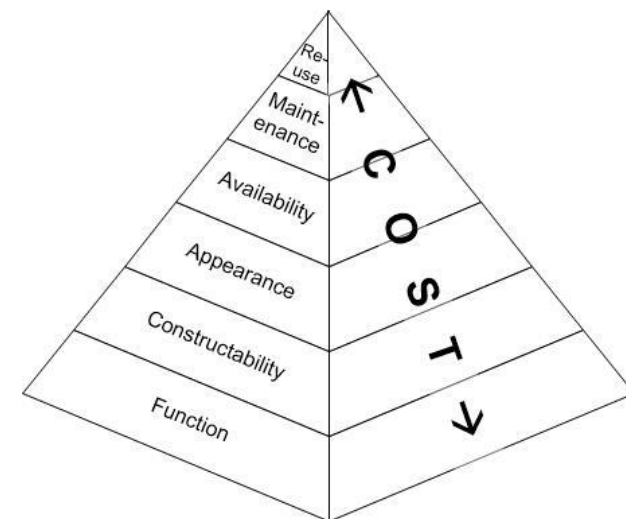
Ministry of Economics  
Republic of Latvia

## Atslēgas punkti

# Ievads atbalstsienų projektēšanā

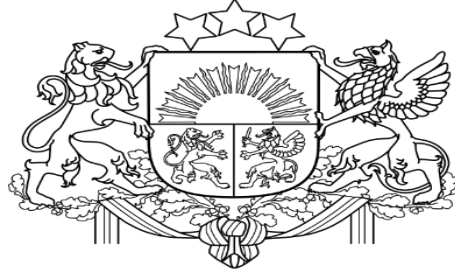
# Atslēgas punkti

- ▶ Atbalstsienas var tikt klasificētas sekojošā veidā:
  - ▶ Gravitācijas sienas
  - ▶ Gruntī iedziļinātas sienas
  - ▶ Kompleksas sienas un citi nostiprinājuma veidi
- ▶ Galvenie faktori, kas nosaka atbalstsienas izvēli ir sekojoši:
  - ▶ Funkcija
  - ▶ Izbūves iespējas
  - ▶ Izskats
  - ▶ Pieejamība
  - ▶ Uzturēšana
  - ▶ Vēlreizēja izmantošana
- ▶ Visi faktori ietekmē cenu



Ievads atbalstsienū projektēšanā

# Jautājumi un atbildes



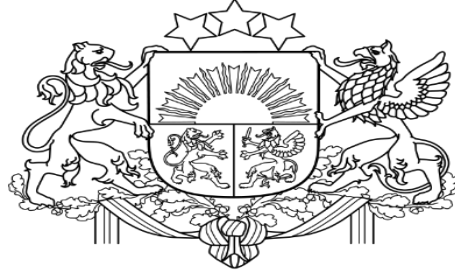
Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Labā prakse atbalstsienū projektēšanā

**[www.geocentrix.co.uk](http://www.geocentrix.co.uk)**

# Literatūras saraksts

- ▶ Chris R.I Clayton, Rick I.Woods, Andrew J. Bond, and Jarbas Militisky (2014), *Earth Pressure and Earth-Retaining Structures*, Third Edition, CRC Press.
- ▶ I. Bishop and N. P. Koor (2000), *Integrated geophysical and geotechnical investigations of old masonry retaining walls in Hong Kong*, Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 33, 335-349, 1 November 2000
- ▶ K. Heath (2016), *Marinas in the Arabian Gulf region*, Marine Concrete Structures, 2016



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Ģeotehniskās projektēšanas pamatprincipi

**Dr Andrew Bond (Geocentrix)**  
**Immediate-Past Chair TC250/SC7 Geotechnical design**

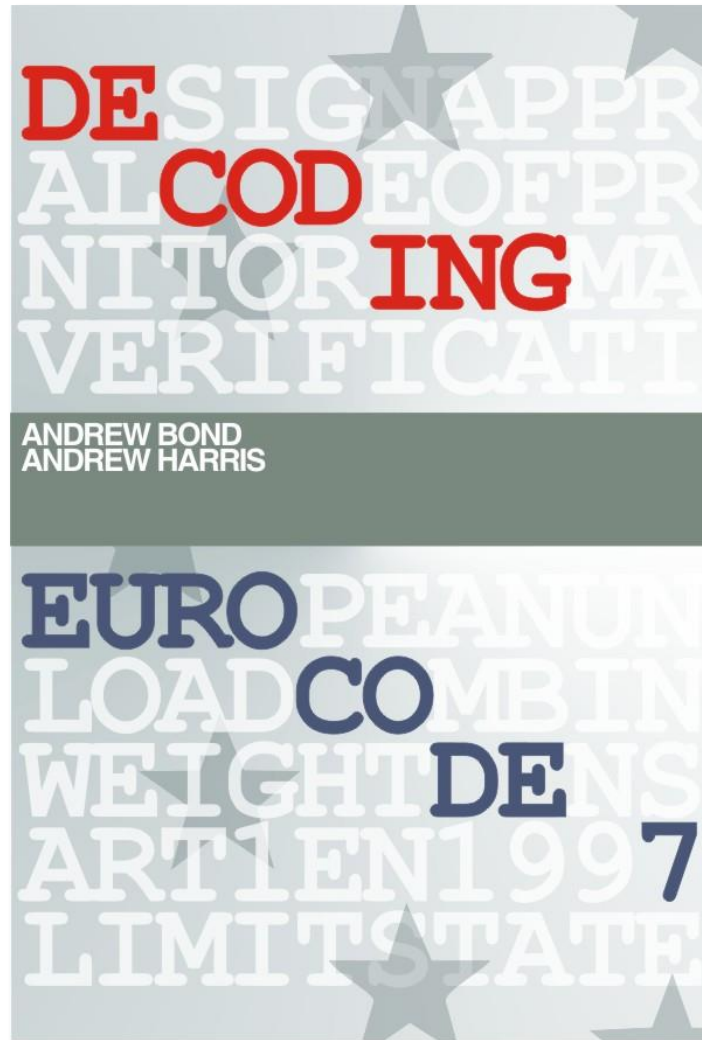


# Ģeotehniskās projektēšanas pamatprincipi

- ▶ Konstrukciju un ģeotehniskās projektēšanas standarti
- ▶ Vispārīgie noteikumi
- ▶ Robežstāvokļu principi
- ▶ Galvenie mainīgie
- ▶ Pārbaude ar parciālo faktoru metodi
- ▶ Atslēgas punkti
- ▶ Jautājumi un atbildes

# Decoding Eurocode 7

[www.decodingeurocode7.com](http://www.decodingeurocode7.com)



Grāmata publicēta 2008. gada augustā

Galvenās nianšes

Apraksta NE 1997-1 un -2, kā arī atbilstošās  
citu Eirokodu daļas

Apraksta izbūves un testēšanas standartus

Skaidro galvenos principus

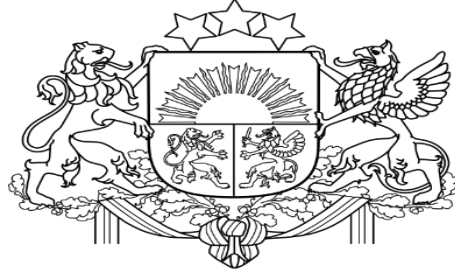
Specifiskos noteikumus attiecina uz reāliem  
aprēķinu gadījumiem un projektiem

Saturs testētsursos vairāk nekā 5 gadus

Autori Andrew Bond un Andy Harris

Publicēts Taylor and Francis

ISBN: 9780415409483

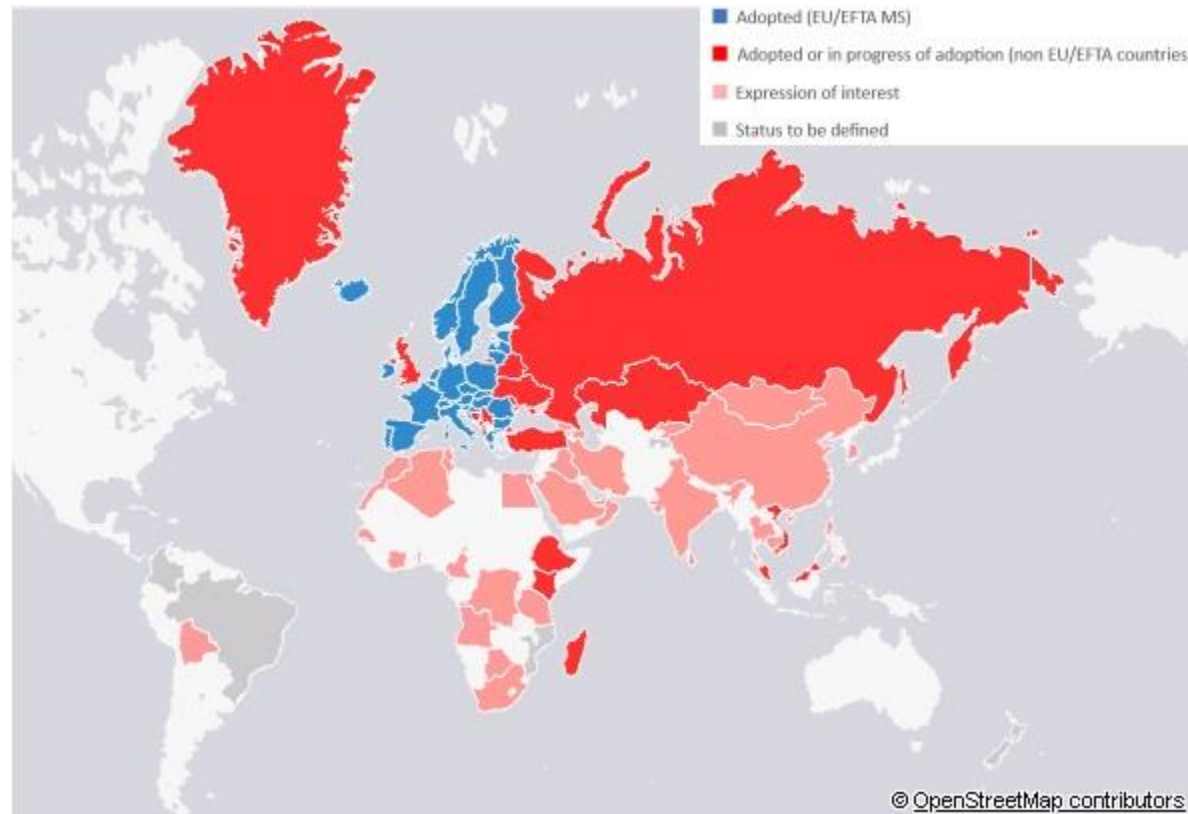


Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Konstrukciju un ģeotehniskās projektēšanas standarti

## **Ģeotehniskās projektēšanas pamatprincipi**

# Pasaules interese par eirokodiem (<https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu>, 2020)

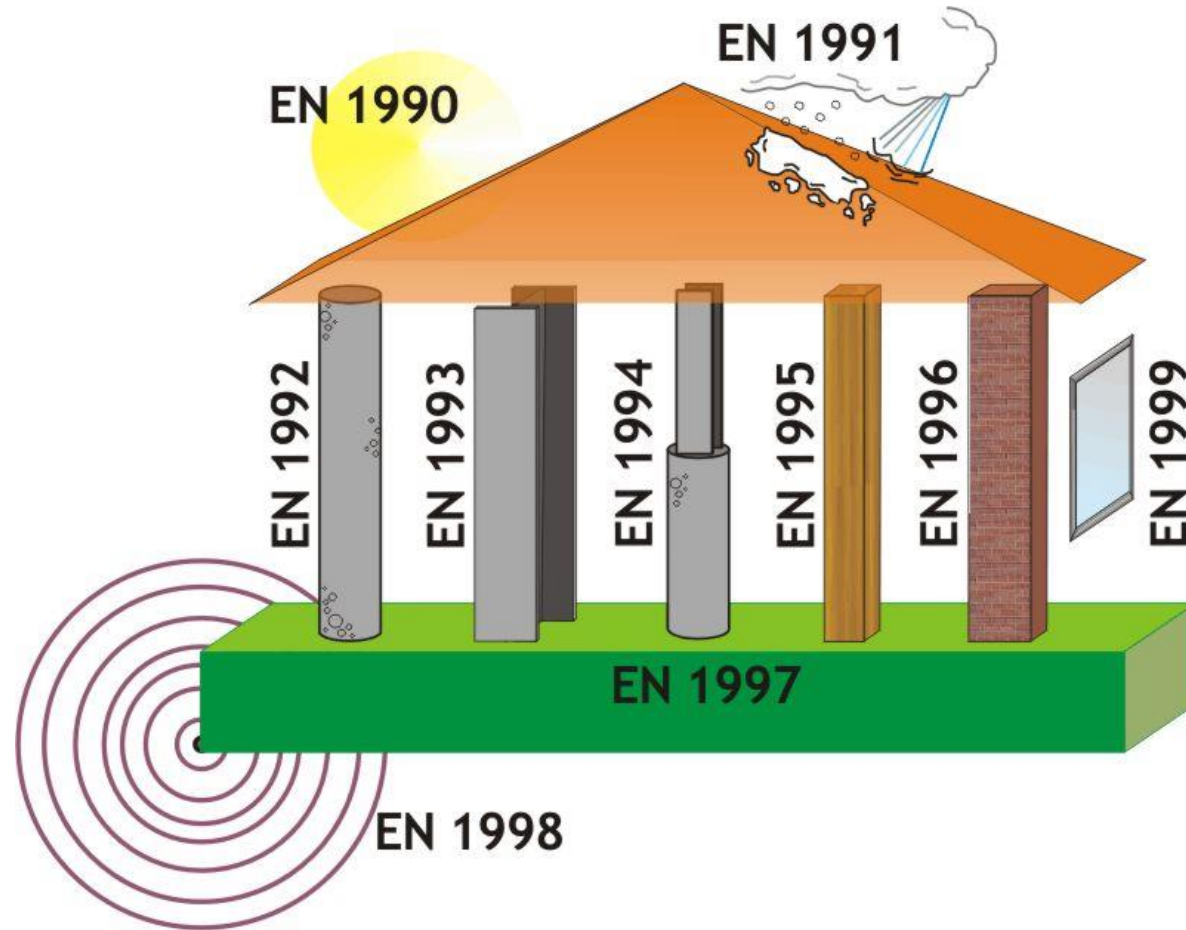


# CEN – Eiropas standartizācijas organizācijas, dalībvalstis (Bond un Harris, 2008)



Austrija	Grieķija	Polija
Beļģija	Ungārija	Portugāle
Bulgārija	Islande	Rumānija
Horvātija	Īrija	Serbija
Kipra	Itālija	Slovākija
Čehija	Latvija	Slovēnija
Dānija	Lietuva	Spānija
Igaunija	Luksemburga	Zviedrija
Somija	Malta	Šveice
Francija	Nīderlande	Ziemeļmaķedonija
Vācija	Norvēģija	Turcija
(Kopā: 34 2020. gada oktobrī)		Lielbritānija

# 1ās paaudzes eirokodu saime Bond un Harris (2008)



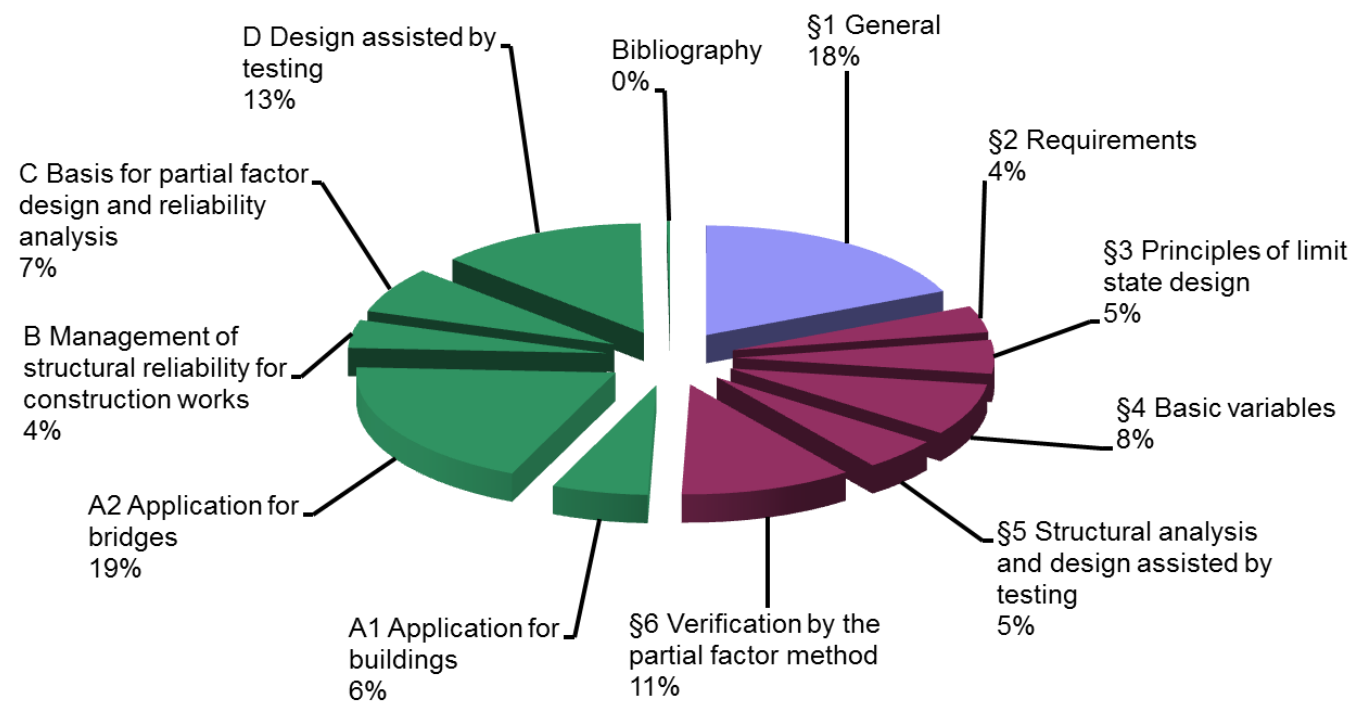
# 1ās paaudzes eirokodi ar noteikumiem ģeotehniskajai projektēšanai

EN	Eirokods	Daļa (sadaļa)	Geo?
1990	Konstrukciju projektēšanas pamatprincipi	I	Jā
1991	Iedarbes uz konstrukcijām	4 (10)	Jā
1992	Betona konstrukciju projektēšana	3 (4)	Jā
1993	Tērauda konstrukciju projektēšana	6 (20)	Jā
1994	Tērauda un betona kompozīto konstrukciju projektēšana	2 (3)	
1995	Koka konstrukciju projektēšana	2 (3)	
1996	Mūra konstrukciju projektēšana	3 (4)	
1997	Ģeotehniskā projektēšana	2	Jā
1998	Seismiski izturīgu konstrukciju projektēšana	6	Jā
1999	Alumīnija konstrukciju projektēšana	I (5)	
	Kopā	30 (58)	



# EN 1990: 2002

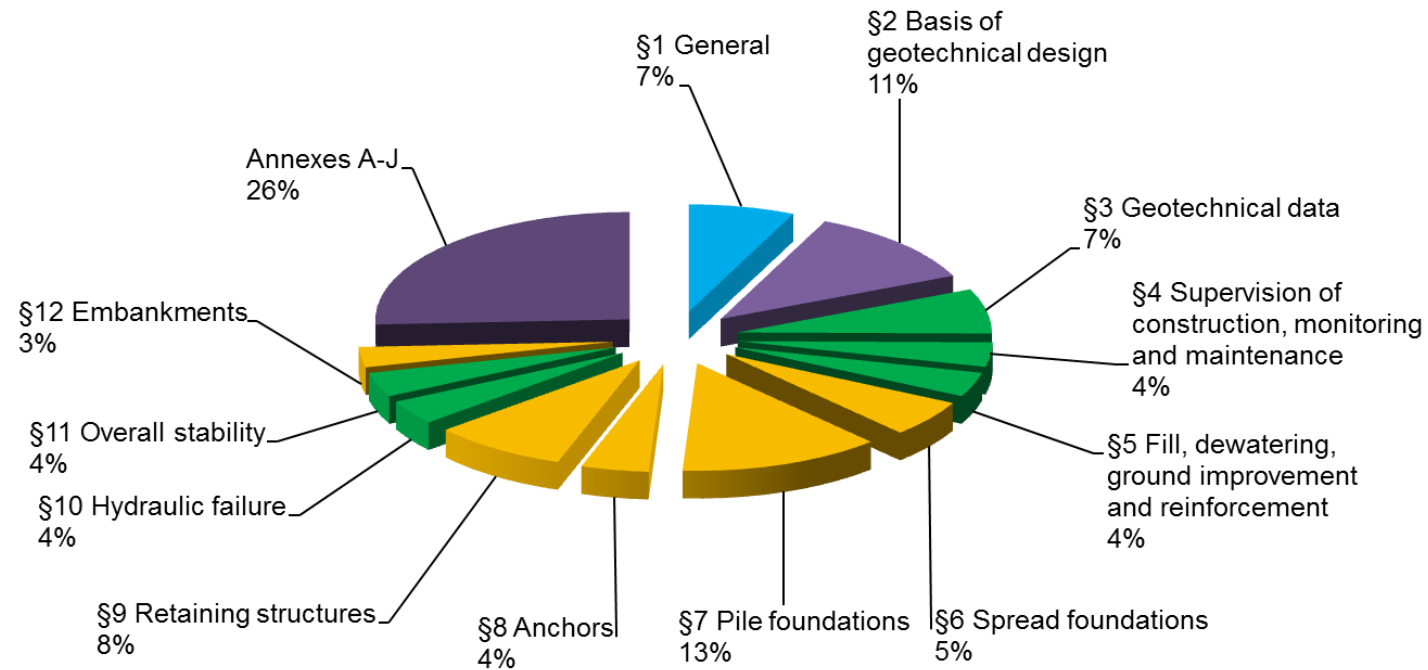
## Konstrukciju projektēšanas pamati



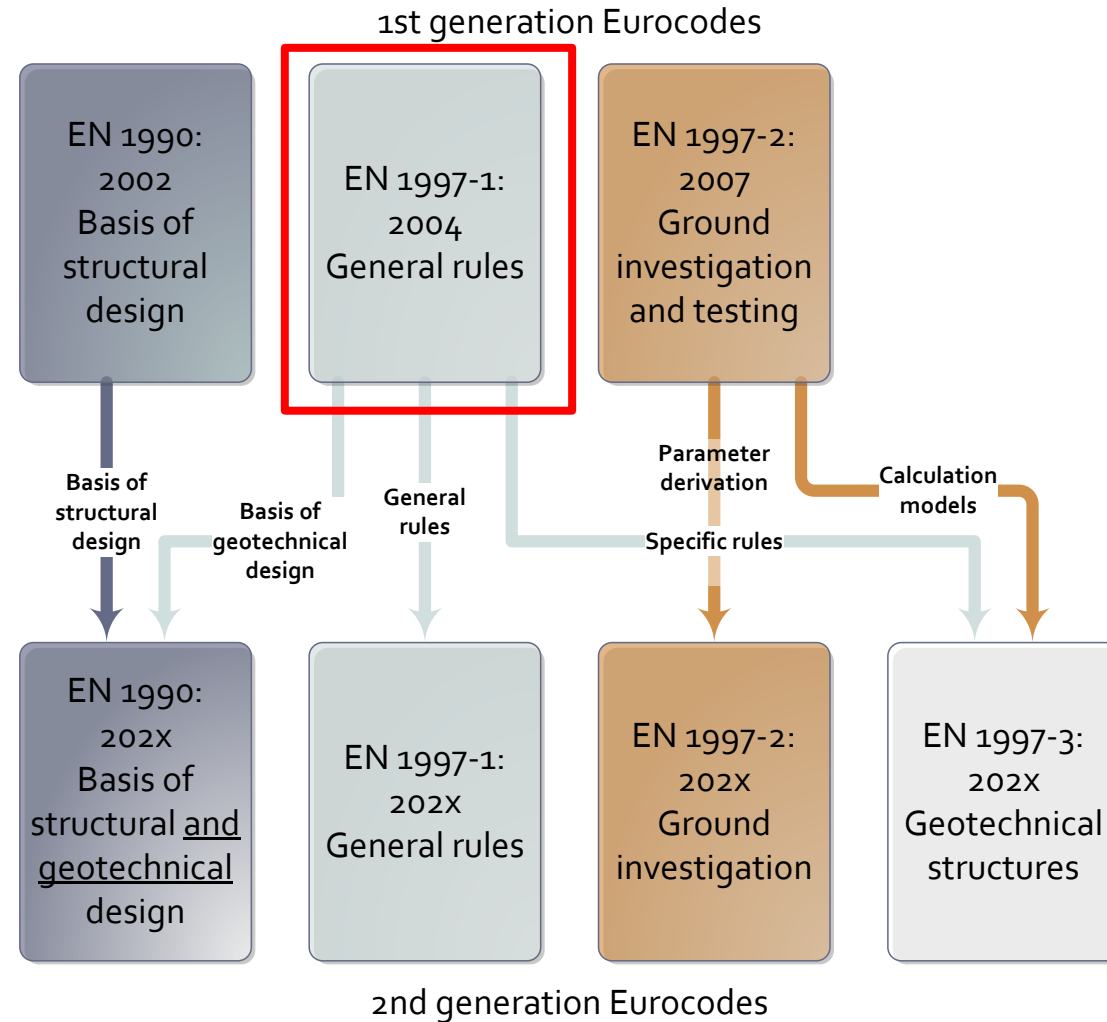


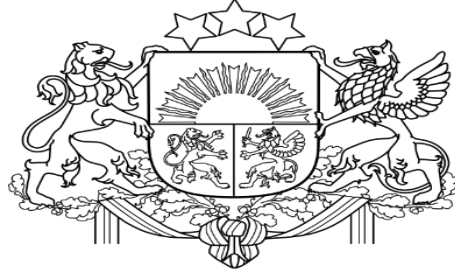
# EN 1997-1:2004

## Ģeotehniskā projektēšana - 1.daļa: Vispārīgie noteikumi



# Ģeotehniskās projektēšanas pamatprincipi 1ās un 2ās paaudzes eirokodos





Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Vispārīgie noteikumi

## **Ģeotehniskās projektēšanas pamatprincipi**

# Vispārīgie noteikumi

- ▶ Pamatprasības
- ▶ Konstruktijas uzticamība
- ▶ Konsekvences klase
- ▶ Projektētais konstrukcijas ekspluatācijas ilguma kategorija
- ▶ Inspicēšanas un uzraudzības līmenis

# Pamatprasības

Konstrukcijai jābūt projektētai un izbūvētai tā (ar noteiktu ticamību un ekonomiski pamatoti), lai tā:

- ▶ uzņemt visas iespējamās un noteiktās slodzes un iedarbes, kuras iespējamās tās ekspluatācijas laikā
- ▶ sasniegtu noteiktos lietojamības nosacījumus konstrukcijām un konstrukciju elementiem
- ▶ sasniegtu noteiktus ilgmūžības nosacījumus konstrukcijām un konstrukciju elementiem

Uguns iedarbības gadījumā, konstrukciju noturībai jābūt nodrošinātai noteikto laika periodu

*Avots: prEN 1990, September 2020 draft*

# Konstrukciju uzticamība

Jālieto noteikti mēri, lai izvairītos no pieļautajām cilvēciskajām kļūdām un nepilnībām, kā arī ierobežot to ietekmi uz konstrukciju uzticamību

Konstrukcijas nestspējas zuduma un lietojamības uzticamības līmenis tiek sasniegts ar:

- ▶ atbilstošu mainīgo parametru atainošanu
- ▶ mehānisko modeļu precizitāti un to rezultātu interpretāciju
- ▶ izvairīšanās no projekta un izbūves kļūdām konstrukcijā, iekļaujot cilvēciskās kļūdas
- ▶ pienācīgs inspicēšanas līmenis

*Avots: prEN 1990, September 2020 draft*

# Konsekvences klases

Konsekvences klase	Konsekvences indikatīvs rādītājs		Konsekvences faktors $K_F$
	Cilvēku ievainojumu vai nāves riski*	Ekonomiskas, sociālas vai vides riski*	
CC4 - Augstākā	Ekstrēmi	Milzīgi	-
CC3 – Augstāka	Augsti	Ļoti lieli	1.1
CC2 – Normāla	Vidēji	Ievērojami	1.0
CC1 – Zemāka	Zemi	Mazi	0.9
CC0 – Zemākā	Ļoti mazi	Neievērojami	-

\*Konsekvences klase tiek izvēlēta, pamatojoties uz smagāko no šīm divām kolonnām

- ▶ Eirokods pilnībā neapskata projektēšanas nosacījumus CC4 konsekvences klasei
- ▶ CCO klasei var tikt izmantoti vai nu eirokoda vai alternatīvie nosacījumi
- ▶ **Konsekvences klase tiek izmantota, lai noteiktu konsekvences faktoru  $k_F$**



# Ēku un ģeotehnisko konstrukciju piemēri dažādās konsekvences klasēs

Klases	Piemēri	
	Ēkas, kur cilvēki...	Ģeotehniskās konstrukcijas
CC4	(nav piemēru EN 1990)	Ģeotehniskās konstrukcijas, kuru integritātei ir būtiska nozīme civilajā aizsardzībā, piem. pazemes elektrostacijas, ceļu / dzelzceļa uzbērums ar būtisku nozīmi dabas katastrofu gadījumā, zemes aizsprosti, kas savienoti ar ūdensvadiem un enerģijas stacijām, aizsprosti ar ārkārtējām sekām (ļoti augsta riska pakāpe) utt. gadījumi ar ievērojamu zemes nogruvumu/noslīdeņu bīstamību
CC3	... pulcējas, piem. izstāžu zāles, koncertzāles	Atbalstsienas un pamati zem publiskajām ēkām. Cilvēka veidotas nogāzes pie publiskajām ēkām. Galvenie autoceļu / dzelzceļa uzbērums, tiltu pamati, kas ārkārtas situācijās var pārtraukt to darbību. Pazemes konstrukcijas ar lielu noslodzi (piemēram, pazemes autostāvvietas).
CC2	... uzturas, piem. dzīvojamās un biroju ēkas	Visas konstrukcijas ārpus CCI vai CC3 vai CC4
CCI	... parasti neuzturas, piem. lauksaimniecības ēkas, noliktavas	Atbalstsienas un pamati zem ēkām ar zemu noslodzi. Cilvēku veidotas nogāzes ar nelielām sekām. Nelieli ceļu uzbērums, kuri sabiedrībai nav vitāli svarīgi. Pazemes konstrukcijas, kuras izmanto nepastāvīgi.
CC0	(nav piemēru EN 1990)	Nepiemēro

Piemēri doti no prEN 1990:2020 un prEN 1997-1:2019

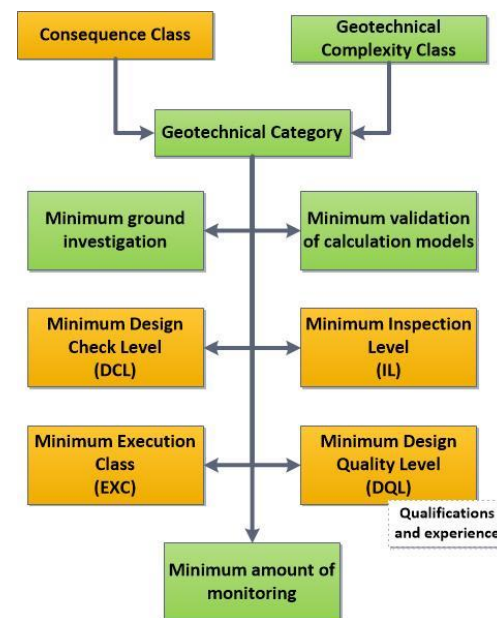
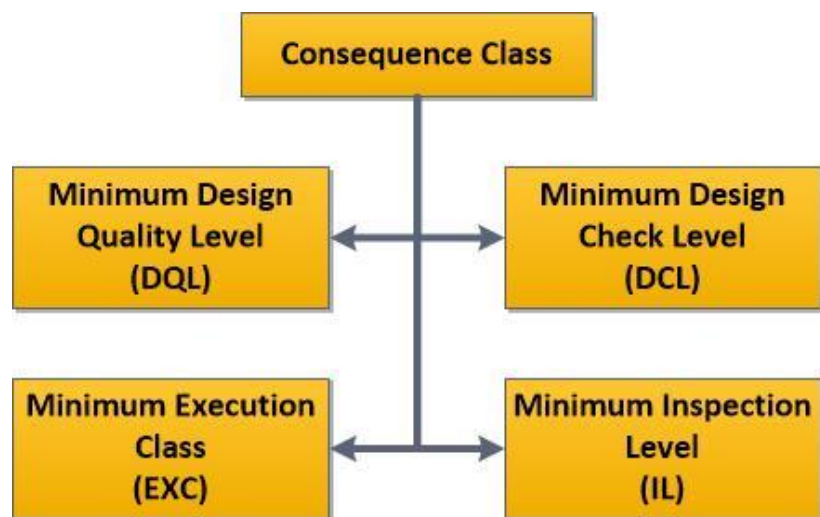
# Projektētais konstrukcijas ekspluatācijas ilguma kategorija

- ▶ Nepieciešams definēt konstrukcijas ekspluatācijas ilgums  $T_{life}$
- ▶ Projektētais ekspluatācijas ilgums jāizmanto, lai noteiktu laikā mainīgo konstrukcijas darbību (piem. ilgmūžību, nogurumu, grunts konsolidācijas deformācijas)
- ▶ Konstrukcijas vai konstrukcijas elementi, kuri var tikt nomainīti, netiek uzskatīti par pagaidu konstrukcijām

Ēkas kategorija	Ekspluatācijas laiks $T_{life}$ (gadi)
Monumentālas ēku konstrukcijas	100
Ēku konstrukcijas, kuras nav aprakstītas citur	50
Lauksaimniecības, industriālas un līdzīgas konstrukcijas Nomaināmas konstrukcijas daļas	25
Pagaidu konstrukcijas	$\leq 10$
Specifiskām pagaidu konstrukcijām, piem. enkuriem, $T_{life} \leq 2$ gadi var tikt izmantots	

# Inspicēšanas un uzraudzības līmenis

Konsekven- ces klase	Minimālais projektēša- nas līmenis	Minimālais projekta ekspertīze s līmenis	Minimāla is izbūves klase	Minimālais būvuzraud- zības	Konsekven- ces klase(CC)	Ģeotehniskās sarežģītības klase (GCC)		
						Zemāk (GCC1)	Normāla (GCC2)	Augstāk (GCC3)
Augstāka (CC3)	DQL3	DCL3	Skat. atbilstošo izbūves vai produkta standartu	IL3	Augstāka (CC3)			GC3
Normāla (CC2)	DQL2	DCL2		IL2	Normāla (CC2)		GC2	
Zemāka (CC1)	DQL1	DCL1		IL1	Zemāka (CC1)	GC1		



# Konsekvences un sarežģītības nodalīšana





Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Robežstāvokļu principi

## Ģeotehniskās projektēšanas pamatprincipi

# Robežstāvokļu principi

- ▶ Projektēšanas situācijas
- ▶ Nestspējas robežstāvoklis
- ▶ Lietojamības robežstāvoklis
- ▶ Konstruktīvie un slodžu modeļi

# Projektēšanas situācijas

## projektēšanas situācija

fiziskie apstākļi, kas varētu rasties noteiktā laika periodā, kura laikā ar pietiekamu ticamību jāpierāda, ka attiecīgie robežstāvokļi netiek pārsniegti

- ▶ Projektēšanas situācijām jābūt pietiekami smagām un daudzveidīgām, lai tās aptvertu visus apstākļus, kurus var pamatoti paredzēt konstrukcijas izpildes un izmantošanas laikā

*Avots: brEN 1990 September 2020 draft*

Projektēšanas situācijas	Apstākļi	Piemēri
Pastāvīgā	Normāla lietošana un iedarbība	Ikdienas lietošana
Pārejošā	Īslaicīga izmantošana un iedarbība laika posmā, kas ir daudz īsāks nekā konstrukcijas projektētais kalpošanas laiks	Izpildes, remonta vai īslaicīgas ietekmes uz vidi laikā
Ārkārtas	Izņēmuma apstākļi vai iedarbība	Plūdu, ugunsgrēka, eksplozijas vai trieciena laikā; vai lokāla kļūme
Seismiskā	Zemestrīces izņēmuma gadījums	Zemestrīces laikā
Noguruma	Apstākļi, ko izraisa atkārtotas slodzes vai deformācijas izraisīti cikli	Satiksmes slodzes uz tilta, vēja izraisīta skursteņu vibrācijas vai mašīnu izraisīta vibrācijas ietekmē



# Nestspējas robežstāvoklis

## **Nestspējas robežstāvoklis**

stāvoklis, kas saistīts ar sabrukumu vai cita veida strukturālu stiprības zudumu

Attiecīgi jāpārbauda šādi robežstāvokļi:

- ▶ konstrukcijas vai grunts vai jebkuras to daļas, ieskaitot balstus un pamatus, sabrukums plīsuma, pārmērīgas deformācijas, pārveidošanās par mehānismu vai izliekšanās dēļ
- ▶ konstrukcijas vai jebkuras tās daļas statiskā līdzsvara zudums
- ▶ grunts sabrukums hidrauliskās kūkumošanās, iekšējās erozijas dēļ, ko izsaucis pārmērīgs hidrauliskais gradients
- ▶ noguruma radīts sabrukums
- ▶ vibrācijas radīts sabrukums
- ▶ citū no laika atkarīgu efektu radīts sabrukums

# Lietojamības robežstāvoklis

lietojamības robežstāvoklis

stāvoklis, kas atbilst nosacījumiem, pēc kuriem vairs netiek izpildītas noteiktās lietojamības prasības konstrukcijai vai konstrukcijas elementam

Lietojamības robežstāvokļa pārbaudei jābūt balstītai uz kritērijiem, kas attiecas uz sekojošo:

- ▶ deformācijas, kas negatīvi ietekmē izskatu, lietotāju ērtības vai konstrukcijas darbību (ieskaitot mašīnu vai pakalpojumu darbību)
- ▶ deformācijas, kas bojā apdari vai elementus, kas nav konstruktīvie
- ▶ vibrācijas, kas cilvēkiem rada diskomfortu vai ierobežo struktūras funkcionālo efektivitāti
- ▶ bojājumi, kas varētu negatīvi ietekmēt konstrukcijas izskatu, izturību vai darbību

# Konstrukciju un slodžu modeļi

Konstrukcijas modeļiem un slodzes modeļiem, ko izmanto robežstāvokļu pārbaudei, jābūt balstītiem uz:

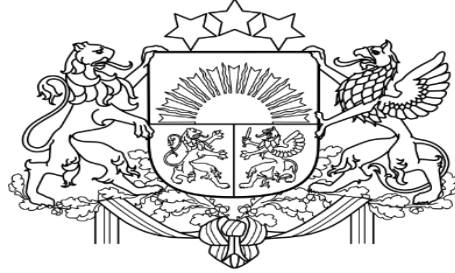
- ▶ slodzes
- ▶ materiālu un produktu īpašības
- ▶ ģeometriskās īpašības

Jāidentificē visas attiecīgās projektēšanas situācijas

Konstrukciju pārbauda visos kritiskās slodzes gadījumos katrā attiecīgajā projektēšanas situācijā

Projektēšanas vērtību mainīgajiem lielumiem, kas doti 2. punktā, jāiegūst, izmantojot parciālā koeficienta metodi

Atļauts izmantot projektēšanas pieeju, kas balstīts uz varbūtības metodēm, ja to norādījusi attiecīgā iestāde vai, ja tas nav norādīts, attiecīgās puses vienojušās par konkrētu projektu



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Galvenie mainīgie

## **Ģeotehniskās projektēšanas pamatprincipi**

# Galvenie mainīgie

- ▶ **Slodzes un vides iedarbes**
  - ▶ Slodžu klasifikācija
  - ▶ Slodžu reprezentatīvās vērtības
  - ▶ Ūdens slodzes reprezentatīvās vērtības
- ▶ **Materiālu un produktu īpašības**
- ▶ **Ģeometriskās īpašības**

# Slodžu klasifikācija

Slodze	Simbols	Definīcija
Pastāvīgā	$G$	Slodze, kas, <u>visticamāk, darbosies visā projektēšanas laikā</u> , un kuras lieluma izmaiņas ir vai nu nelielas, salīdzinot ar vidējo vērtību, vai monotonas; t.i. vai nu tikai palielinās, vai samazinās, līdz sasniedz robežvērtību
Mainīgā	$Q$	Slodze, kas, iespējams, notiks projektētajā ekspluatācijas laikā, kuras lieluma izmaiņas laikā nav nedz niecīgas, nedz monotonas
Ārkārtas	$A$	Slodze, kas parasti ir īslaicīga, bet nozīmīga, kas projektētajā laikā maz iespējama (daudzos gadījumos var sagaidīt, ka ārkārtas slodzes izraisīs smagas sekas, ja vien netiek veikti atbilstoši pasākumi)
Seismiskā	$A_E$	Slodze zemestrīces ietekmē

# Reprezentatīvās slodžu vērtības

Slodze	Stāvoklis	Reprezentatīvā $F_{rep}$ vērtība
Pastāvīgā	CoV ir mazs¶	Viena raksturīgā vērtība $G_k = G_{mean}$
	CoV nav mazs	Augšējā raksturīgā vērtība $G_{k,sup}$ (95% kvantile*) Apakšējā raksturīgā vērtība $G_{k,inf}$ (5% kvantile*)
Mainīgā	ULS	Raksturīgā vērtība $Q_k$ (50 gadu atkārtotāšanās periods)
	ULS Neatgriezeniska SLS	Kombinācijas vērtība $Q_{comb}$ ( $= \psi_0 Q_k$ )
	Ārkārtas ULS Atgriezeniska SLS	Biežā vērtība $Q_{freq}$ ( $= \psi_1 Q_k$ )
	Ārkārtas/seismiskā ULS Atgriezeniska SLS	Kvazi-pastāvīgā vērtība $Q_{qper}$ ( $= \psi_2 Q_k$ )
Ārkārtas		Noteikta tieši
Seismiskā		Noteikta tieši
¶COV ≤ 5% uz apgāšanos un grunts pacelšanos; ≤ 10% citos gadījumos		
*Gruntij pielieto citas kvantiles		

# Reprezentatīvās ūdens slodzes vērtības

Ūdens slodzes reprezentatīvā mainīgā vērtība ( $Q_{w,rep}$ ):

$$Q_{w,rep} = G_{w,rep} + \underbrace{Q_{w,rep}}_{=Q_{w,k}|Q_{w,comb}|Q_{w,freq}|Q_{w,qper}} \\ \text{atkarībā no projektēšanas situācijas}$$

Mainīgās ūdens slodzes vērtības	Simbols	Pārsniegšanas iespējamība	Atkārtotāšanās periods (gadi)
Raksturīgā	$Q_{w,k}$	2% gadā	50
Kombināciju	$Q_{w,comb}$	5% gadā	20
Biežā	$Q_{w,freq}$	1% proj. Eksploatācijas laikā	-
Kvazi-pastāvīgā	$Q_{w,qper}$	50% proj. Eksploatācijas laikā	-
Ārkārtas	$A_{w,rep}$	0.1% gadā	1000



# Materiālu un produktu īpašības

Ja vien eirokodeksos nav noteikts citādi, ja robežstāvokļa pārbaude ir jutīga pret materiāla īpašuma mainīgumu, tā raksturīgā vērtība ir jādefinē kā:

- ▶ kā **5% kvantiles vērtība**, ja materiāla vai produkta īpašību zemā vērtība ir nelabvēlīga; or
- ▶ **95% kvantiles vērtība**, ja materiāla vai izstrādājuma īpašību augstā vērtība ir nelabvēlīga

Skat. EN 1997 raksturīgo grunts parametru vērtību noteikšanai

Ja robežstāvokļa pārbaude ir neatkarīga no būtiska materiāla īpašuma mainīguma, tā raksturīgā vērtība jādefinē kā **vidējā vērtība**, ja vien citos Eirokodeksos nav norādīts citādi.

- ▶ Ja nav pietiekami daudz statistikas datu, lai noteiktu materiāla vai produkta īpašības raksturīgo vērtību, raksturīgo vērtību var uzskatīt par **nominālvērtību**

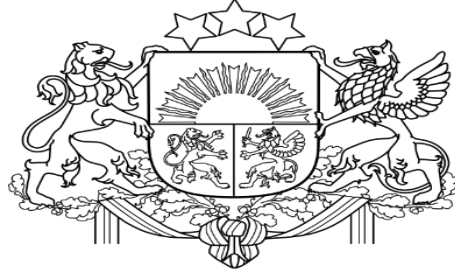
# Ģeometriskās īpašības

Ja vien konstrukcijas aprēķins nav jutīgs pret ģeometrisko īpašību novirzēm, šī īpašība jāatspoguļo ar tās **nominālvērtību**.

Ja ir pietiekami daudz datu, ģeometriskās īpašības raksturīgo vērtību var **noteikt pēc tās statistiskā sadalījuma** un izmantot nominālvērtības vietā

Ģeotehniskajiem aprēķiniem, nosakot grunšu īpašības, jāņem vērā ģeometriskās īpašības, kas ietekmē grunts mehāniskos parametrus, kā noteikts EN 1997.

Piemēram, izvēloties iežu raksturīgās materiālu īpašības, tiek ņemta vērā nepārtrauktību atstatums un orientācija



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Pārbaude ar parciālo faktoru metodi

## **Ģeotehniskās projektēšanas pamatprincipi**

# Pārbaude ar parciālo faktoru metodi

- ▶ Nestspējas robežstāvokļu pārbaude
- ▶ Slodžu kombinācijas
- ▶ Slodžu un iedarbju parciālie faktori
- ▶ Materiāla īpašību aprēķina vērtības
- ▶ Lietojamības robežstāvokļa pārbaude

# Nestspējas robežstāvokļu pārbaude

Nestspējas robežstāvokļi jāpārbauda:

**Koriģētas slodzes (DC1-3)**  $E_d \leq R_d$

**Materiālu īp. koriģēšanas pieeja (MFA)**

Koef. slodzēm:

$$E_d = E \left\{ \underbrace{\Sigma \left( \boxed{\gamma_F} \psi F_k \right)}_{\gamma_F = \gamma_{Sd} \times \gamma_f}; a_d; X_{Rd} \right\}$$

vai to efektiem:

$$E_d = \underbrace{\boxed{\gamma_E} E \{ \Sigma(\psi F_k); a_d; X_{Rd} \}}_{\gamma_E = \gamma_{Sd} \times \gamma_f}$$

**Koriģēti efekti (DC4)**

Koef. var tikt piemēroti materiālu īp.:

$$R_d = R \left\{ \underbrace{\frac{\eta X_k}{\boxed{\gamma_M}}; a_d; \Sigma F_{Ed}}_{\gamma_M = \gamma_{Rd} \times \gamma_m} \right\}$$

vai to pretestībām:

$$R_d = \frac{R \{ \eta X_k; a_d; \Sigma F_{Ed} \}}{\underbrace{\boxed{\gamma_R}}_{\gamma_R = \gamma_M = \gamma_{Rd} \times \gamma_m}}$$

**Pretestību koriģēšanas pieeja (RFA)**

# Slodžu kombinācijas

Slodžu kombinācijas  $\sum F_d$  :

$$\sum F_d = \overbrace{\sum_i \gamma_{G,i} G_{k,i}}^{\text{pastāvīgas}} + \underbrace{\gamma_{Q,1} Q_{k,1}}_{\text{galvenā}} + \underbrace{\sum_{j>1} \gamma_{Q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j}}_{\text{papildus}} + \overbrace{(\gamma_P P_k)}^{\text{iepriēšaspriegums}}$$

vai:

$$\sum F_d = \begin{cases} \sum_i \gamma_{G,i} G_{k,i} + \gamma_{Q,1} \boxed{\psi_{0,1}} Q_{k,1} + \sum_{j>1} \gamma_{Q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j} + (\gamma_P P_k) \\ \sum_i \boxed{\xi_i} \gamma_{G,i} G_{k,i} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{j>1} \gamma_{Q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j} + (\gamma_P P_k) \end{cases}$$

vai:

$$\sum F_d = \begin{cases} \boxed{\sum_i \gamma_{G,i} G_{k,i} + (\gamma_P P_k)} \\ \sum_i \boxed{\xi_i} \gamma_{G,i} G_{k,i} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{j>1} \gamma_{Q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j} + (\gamma_P P_k) \end{cases}$$

# Slodžu un iedarbju parciālie faktori prEN 1990:2019

Action or effect				Partial factors $\gamma_F$ and $\gamma_E$ for Design Cases 1 to 4				
Type	Group	Symbol	Resulting effect	Structural resistance	Static equilibrium and uplift		Geotechnical design	
Design case				DC1 <sup>a</sup>	DC2(a) <sup>b</sup>	DC2(b) <sup>b</sup>	DC3 <sup>c</sup>	DC4 <sup>d</sup>
Formula				(8.4)	(8.4)		(8.4)	(8.5)
Permanent action ( $G_k$ )	All <sup>f</sup>	$\gamma_G$	unfavourable /destabilizing	$1,35k_F$	$1,35k_F$	1,0	1,0	$G_k$ is not factored
	Water	$\gamma_{Gw}$		$1,2k_F$	$1,2k_F$	1,0	1,0	
	All <sup>f</sup>	$\gamma_{G,stab}$	stabilizing <sup>g</sup>	not used	$1,15^e$	1,0	not used	
	Water <sup>l</sup>	$\gamma_{Gw,stab}$			$1,0^e$	1,0		
	All	$\gamma_{G,fav}$	favourable <sup>h</sup>	1,0	1,0	1,0	1,0	
Prestressing ( $P_k$ )		$\gamma_P^k$						
Variable action ( $Q_k$ )	All <sup>f</sup>	$\gamma_Q$	unfavourable	$1,5k_F$	$1,5k_F$	$1,5k_F$	1,3	$\frac{\gamma_{Q,1}^j}{\gamma_{G,1}}$
	Water <sup>l</sup>	$\gamma_{Qw}$		$1,35k_F$	$1,35k_F$	$1,35k_F$	1,15	1,0
	All	$\gamma_{Q,fav}$	favourable	0				
Effects of actions ( $E$ )		$\gamma_E$	unfavourable	effects are not factored				$1,35k_F$
		$\gamma_{E,fav}$	favourable					1,0



# Materiāla īpašību aprēķina vērtības

Materiālu īpašību aprēķina vērtība  $X_d$  :

$$X_d = \frac{X_{\text{rep}}}{\gamma_M} = \frac{\eta X_k}{\gamma_M}$$

Piem., betonam:

$$\overbrace{f_{c,d} = \alpha_{cc} \frac{f_{c,k}}{\gamma_C}}^{\text{EN 1992-1-1:2004}} \equiv \overbrace{\frac{(\eta_{cc} k_{tc}) f_{c,k}}{\gamma_C}}^{\text{prEN 1992-1-1}} \Rightarrow f_{c,\text{rep}} = (\eta_{cc} k_{tc}) f_{c,k}$$

Gruntīm:

$$X_{\text{rep}} = \begin{cases} \eta X_k & \text{statiskā apstrāde (parasti, 50\% kvantile)} \\ X_{\text{nom}} & \text{noverētējums ("piesardzīga aplēse")} \end{cases}$$

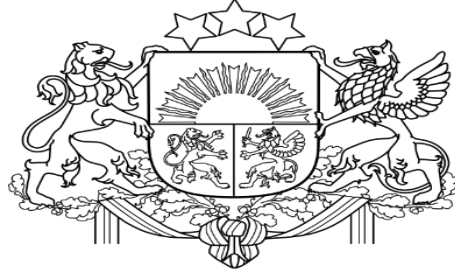
# Lietojamības robežstāvokļa pārbaude

Lietojamības robežstāvoklī jāpārbauda:

$$\begin{array}{l} \text{Raksturīgo} \\ \text{slodžu} \\ \text{iedarbība} \\ \widetilde{E}_d \end{array} \leq \begin{array}{l} \text{Iedarbību} \\ \text{robež-} \\ \text{vērtības} \\ \widetilde{C}_d \end{array}$$

Slodžu kombināciju aprēķina vērtība  $\sum F_d$ :

$$\sum F_d = \overbrace{\sum_i G_{k,i}}^{\text{pastāvīgā}} + \underbrace{\underbrace{Q_{k,1}}_{\text{galvenā}} + \sum_{j>1} \psi_{0,j} Q_{k,j}}_{\text{papildus}}}_{\text{mainīgā}} + \overbrace{(\gamma_P P_k)}^{\text{iekriekšsaspriegums}}$$



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Atslēgas punktu kopsavilkums

## **Ģeotehniskās projektēšanas pamatprincipi**

# Atslēgas punktu kopsavilkums

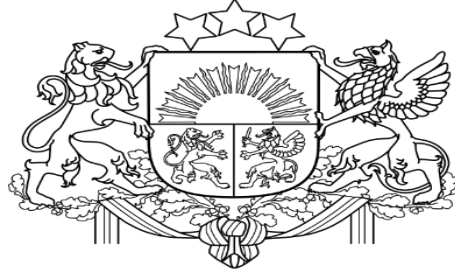
*Eirokodeksus paredzēts izmantot projektētājiem, klientiem, ražotājiem, būvniekiem, attiecīgajām iestādēm (veicot savus pienākumus saskaņā ar nacionālajiem vai starptautiskajiem noteikumiem), pedagogiem, programmatūras izstrādātājiem un komitejām, kas izstrādā saistīto produktu standartus, testēšanas un izpildes standartus.*

Iepazīstināšana ar Eirokodiem (2ā paaudze)

- ▶ Eiropā - un daudzās citās pasaules valstīs - konstrukciju un ģeotehnisko projektēšanu regulē Eirokodeksi
- ▶ 1ās paaudzes eirokodi tika publicēti starp 2002. un 2007. gadu un joprojām ir spēkā esoši
- ▶ 2ās paaudzes eirokodus plānots publicēt aptuveni 2025. gadā

# Ģeotehniskās projektēšanas pamatprincipi

## Jautājumi un atbildes



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Labā prakse atbalstsienū projektēšanā

**[www.geocentrix.co.uk](http://www.geocentrix.co.uk)**

# Literatūras saraksts

- ▶ Andrew Bond and Andrew Harris (2008), *Decoding Eurocode 7*, Taylor & Francis
- ▶ EN 1990:2002, *Basis of structural design*, European Committee for Standardization
- ▶ EN 1997-1:2002, *Eurocode 7 – Geotechnical design: Part 1 – General rules*, European Committee for Standardization
- ▶ prEN 1990:2020, *Basis of structural and geotechnical design*, CEN TC250
- ▶ prEN 1997-1:2019, *Eurocode 7 – Geotechnical design: Part 1 – General rules*, CEN TC250/SC7



## Kafijas pauze / 11:30 - 12:00



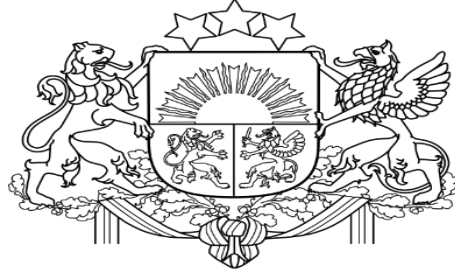


Ministry of Economics  
Republic of Latvia

## **Training seminar / Apmācību seminārs**

**General rules for the design of retaining structures**  
**Vispārīgie noteikumi atbalstsienu projektēšanai**

**Dr Andrew Bond (United Kingdom)**



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Atbalstsienu projektēšanas pamatprincipi – 1. daļa

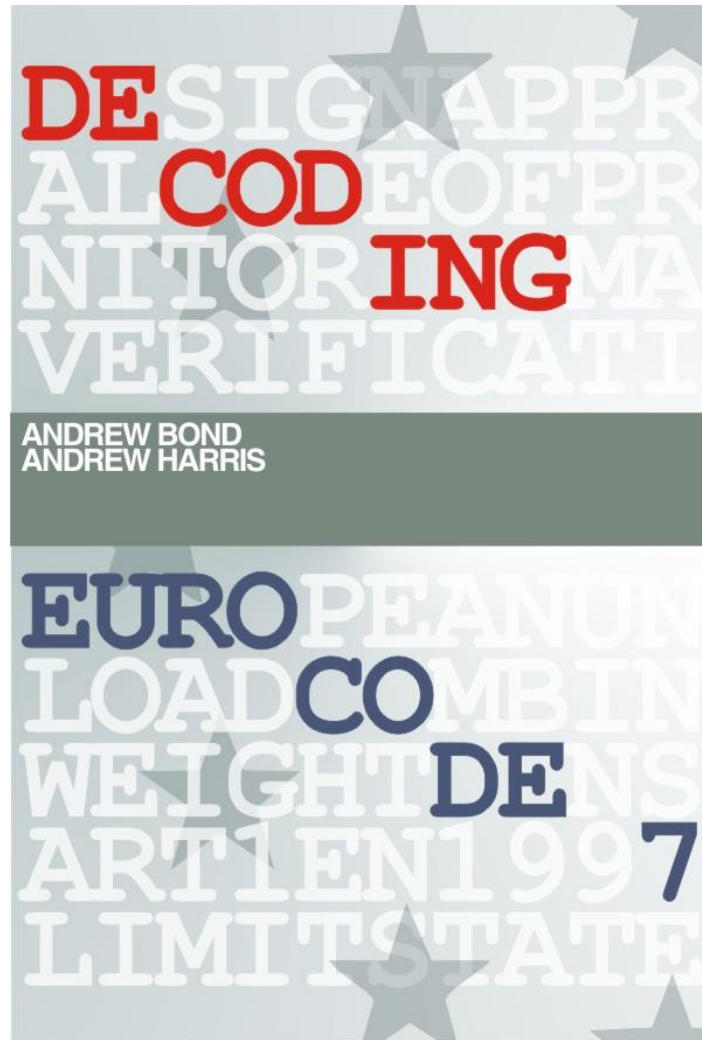
**Dr Andrew Bond (Geocentrix)**  
**Immediate-Past Chair TC250/SC7 Geotechnical design**

# Atbalstsienų projektēšanas pamatprincipi – 1. daļa

- ▶ Materiāli
- ▶ Pazemes ūdens
- ▶ Ģeotehniskā projektēšanas
- ▶ Izbūve
- ▶ Pavadošie dokumenti
- ▶ Atslēgas punktu kopsavilkums
- ▶ Jautājumi un atbildes

# Decoding Eurocode 7

[www.decodingeurocode7.com](http://www.decodingeurocode7.com)



Grāmata publicēta 2008. gada augustā

Galvenās nianšes

Apraksta NE 1997-1 un -2, kā arī atbilstošās  
citu Eirokodu daļas

Apraksta izbūves un testēšanas standartus

Skaidro galvenos principus

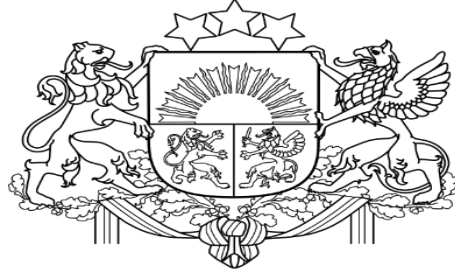
Specifiskos noteikumus attiecina uz reāliem  
aprēķinu gadījumiem un projektiem

Saturs testētsursos vairāk nekā 5 gadus

Autori Andrew Bond un Andy Harris

Publicēts Taylor and Francis

ISBN: 9780415409483



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

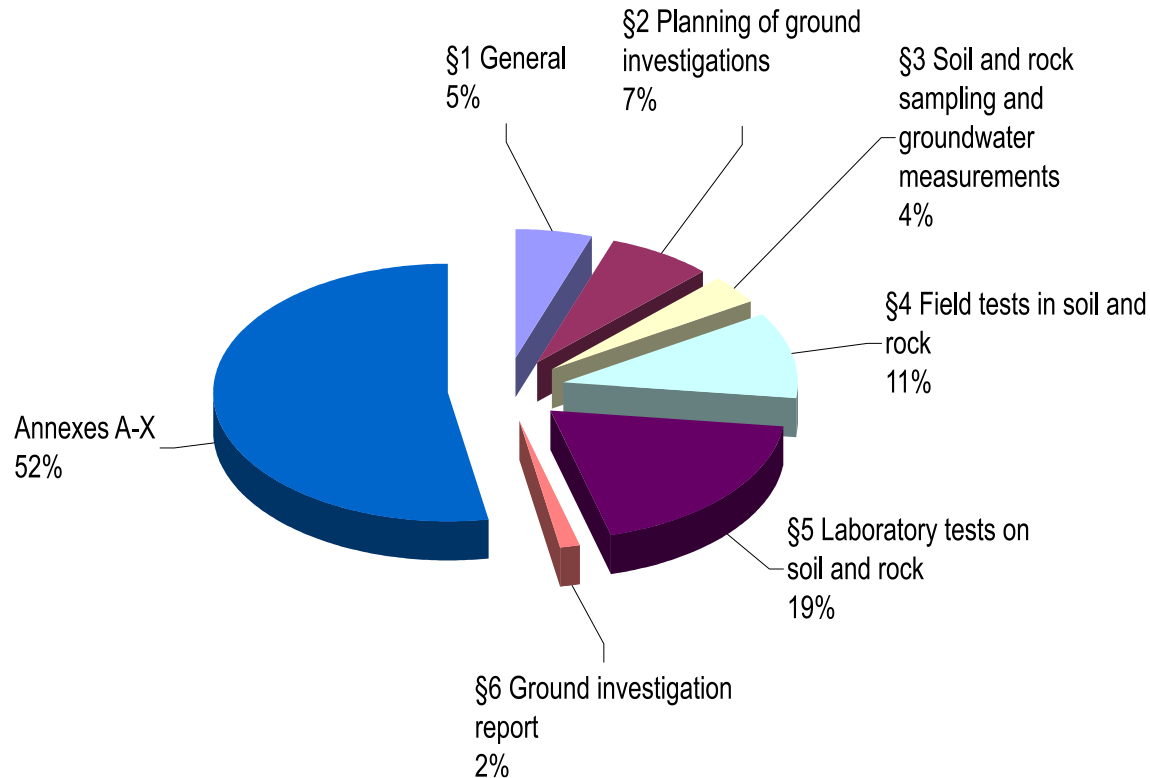
## Materiāli

# Atbalstsienų projektēšanas pamatprincipi – 1. daļa

# Materiāli

- ▶ 7. Eirokoda 2. daļa Pamatnes grunts izpēte un testēšana
- ▶ EN ISO standarti grunšu izpētei un testēšanai
- ▶ Materiālu/produktu standarti ... tērauds
- ▶ Materiālu/produktu standarti ... dzelzsbetons

## 7. Eirokoda 2. daļa Pamatnes grunts izpēte un testēšana



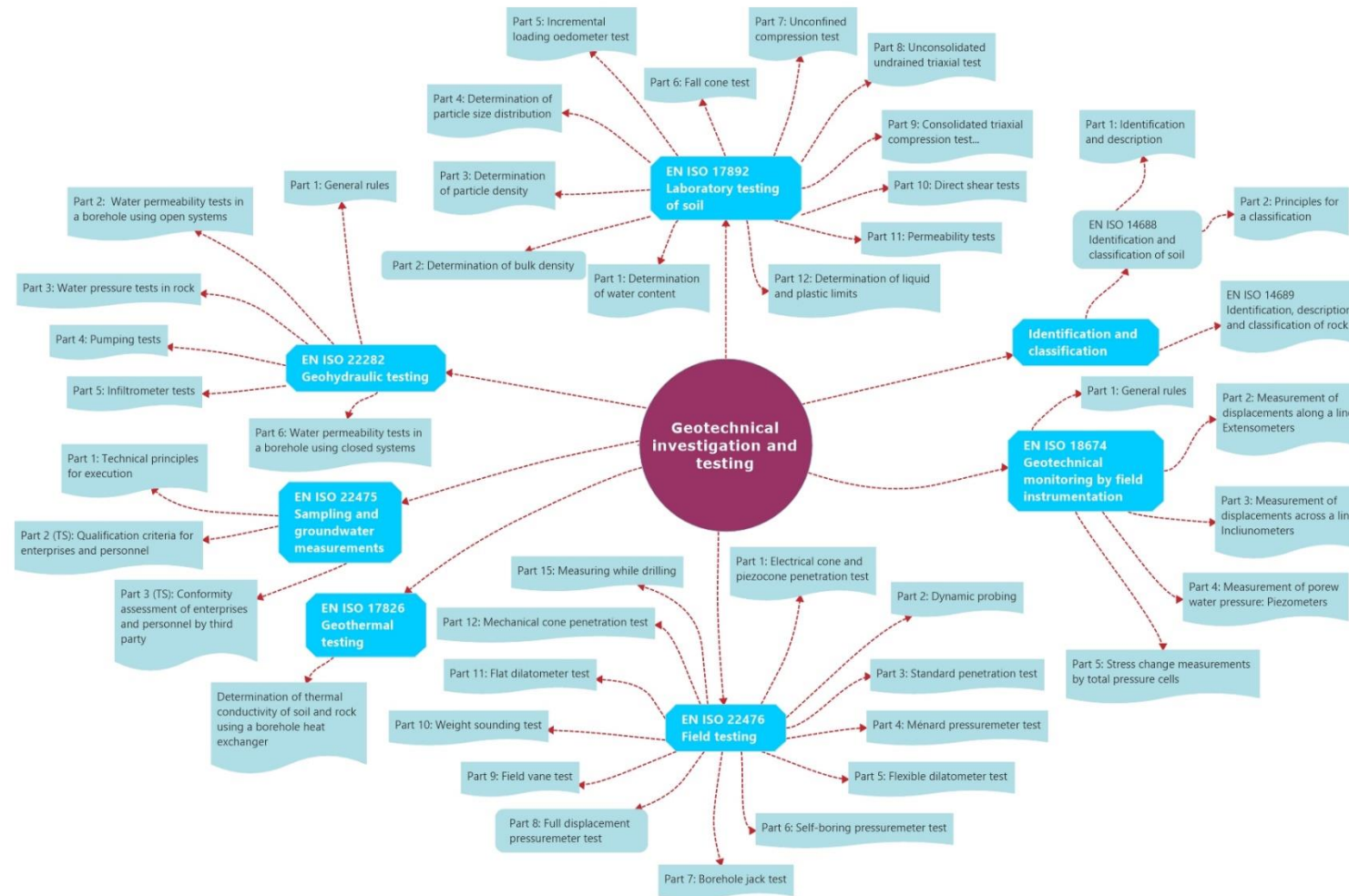
Atbalsta konstrukciju grunts izpētei jāatbilst EN 1997-2

Jāizpēta viss grunts laukums un slāņi, kā arī paredzamās gruntsūdens līmeņa un spiediena izmaiņas, kas, iespējams, ietekmēs robežstāvokļus, kas ņemti vērā atbalstsienas projektā.

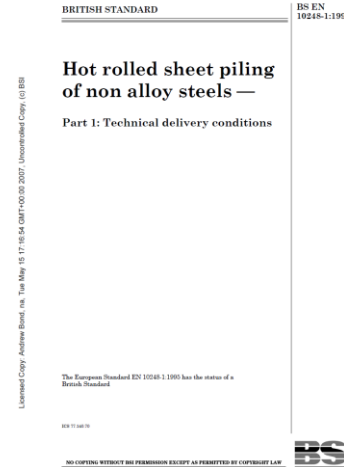
Izpētē jāiekļauj pietiekams pjezometru apjoms gruntsūdeņu mērīšanai katrā ģeotehniskajā vienībā un to monitorings pietiekami ilgi, lai varētu noteikt sezonālās izmaiņas.



# EN ISO standarti grunšu izpētei un testēšanai

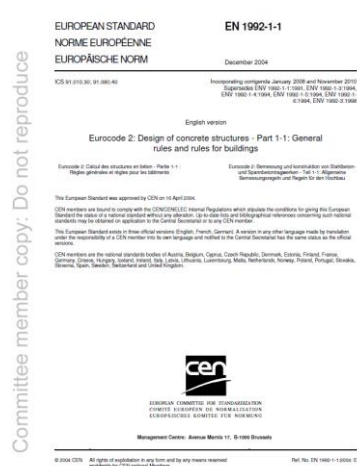


# Materiālu/produktu standarti ... tērauds

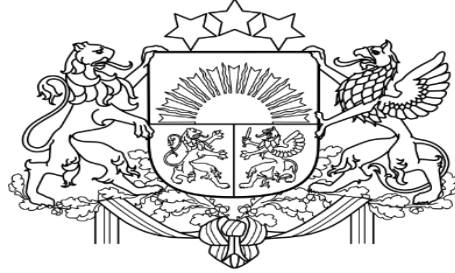


- ▶ Parametri no EN 1993-1-1 un EN 1993-5
- ▶ Karsti velmēti produkti EN 10025, EN 10083, EN 10149:
  - ▶ Karsti velmēti rievpāļi: EN 10248
- ▶ Auksti velmēti cauruļprofili: EN 10210 un EN 10219
  - ▶ Karsti velmēti rievpāļi: EN 10249
- ▶ Tērauda ilgmūžība: EN 1993-1-1

# Materiālu/produktu standarti ... dzelzsbetons



- ▶ Parametri no EN 1992-1-1 un NE 206
- ▶ Stiegrojums atbalstkonstrukcijām: EN 10080, EN 10138 un EN 1993-5, pēc vajadzības
- ▶ Iedarbības klase: EN 206
- ▶ Aizsargslāņa nosacījumi: EN 1992-1-1
- ▶ Izsmidzinātais betons: NE 14487-1



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

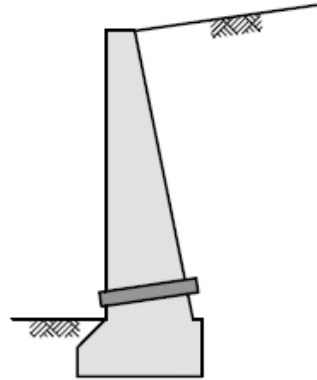
## Pazemes ūdens

# Atbalstsienu projektēšanas pamatprincipi – 1. daļa

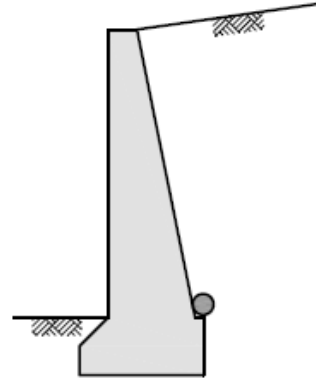
# Pazemes ūdens

- ▶ Tipiskās drenāžas sistēmas aiz atbalstsienas
- ▶ Vai ūdens spiedienam aprēķinos jāņem vērā daļējie faktori?
- ▶ Iespējamie veidi, kā piešķirt ūdens spiedienus
- ▶ Balansēt starp uzticamību un realitāti

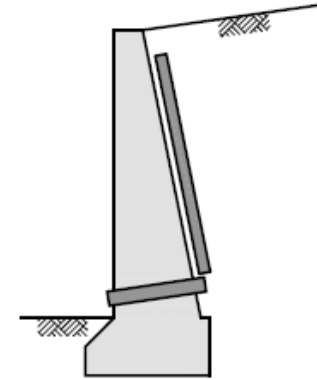
## Tipiskās drenāžas sistēmas aiz atbalstsienas (BS 8002:2015)



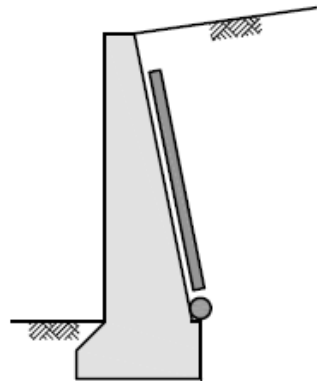
a) Weepholes at base of wall



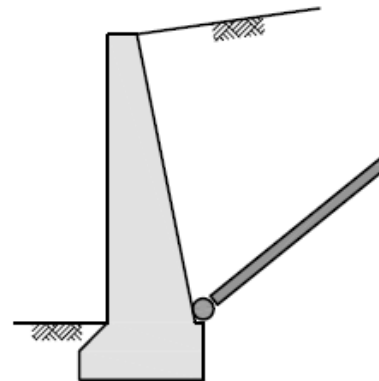
b) Drainpipe at wall heel



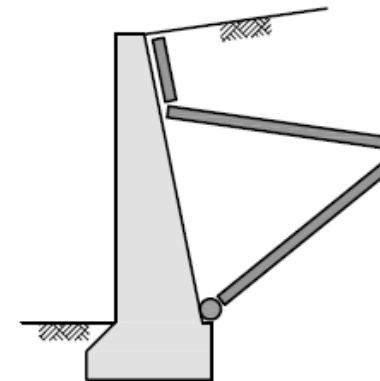
c) Chimney drain with weepholes



d) Chimney drain with drainpipe



e) Inclined drain



f) Interceptor drains with drainpipe

*NOTE Based on Earth Pressure and Earth-Retaining Structures [2].*

# Vai ūdens spiedienam aprēķinos jāņem vērā daļējie faktori?

Nestspējas robežstāvoklis...

*[gruntsūdens spiediena] projektētajām vērtībām ir jāpieņem visnelabvēlīgākās vērtības, kas varētu rasties konstrukcijas projektētā ekspluatācijas laikā*

Lietojamības robežstāvoklis...

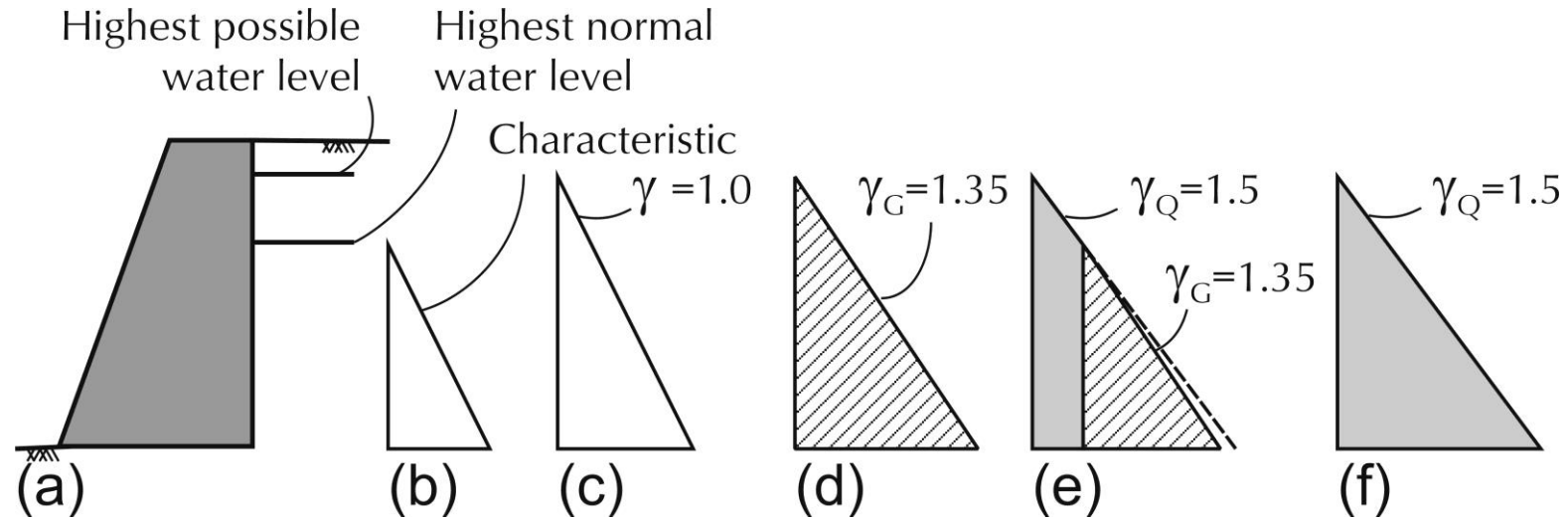
*projektētās vērtības ir jāpieņem visnelabvēlīgākās vērtības, kādas varētu rasties normālos apstākļos*

**EN 1997-1:2004 §2.4.6.1(6)P**

*Gruntsūdens spiediena projektētās vērtības var iegūt, vai daļēji piemērojot raksturīgos ūdens spiedienus, vai arī raksturīgajam ūdens līmenim piemērojot drošības rezervi...*

**EN 1997-1:2004 §2.4.6.1(8)**

## Iespējamie veidi, kā piešķirt ūdens spiedienus Bond un Harris (2008)



- ▶ (a) Aprēķina ūdens līmeņi ULS un SLS projektēšanas situācijām
- ▶ (b) Raksturīgs ūdens spiediens SLS projektēšanas situācijai

Aprēķina spiediens ULS, ar...

- ▶ (c) nepiešķirot faktoru ( $\gamma = 1.0$ )
- ▶ (d) faktors pastāvīgajām slodzēm ( $\gamma_G = 1.35$ )
- ▶ (e) faktors pastāvīgajām slodzēm ( $\gamma_G = 1.35$ ), ko piemēro normālam ūdens līmenim, un faktors mainīgām slodzēm ( $\gamma_Q = 1.5$ ), ko piemēro ūdens līmeņa paaugstināšanai
- ▶ (f) faktors mainīgajām slodzēm ( $\gamma_Q = 1.5$ )

**Jautājums: kuru no opcijām (c)-(f) Jūs izmantotu?**

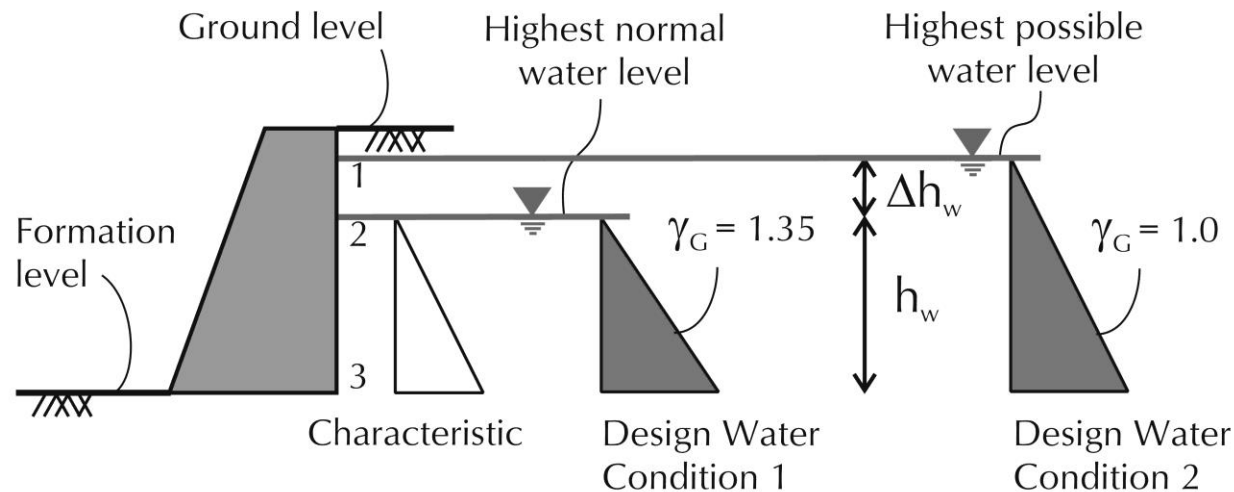


## Balansēt starp uzticamību un realitāti Bond un Harris (2008)

“Kad daļējais faktors  $\gamma_G > 1.0$  tiek pielikts aktīvajam grunts spiedienam, tad poru spiedienu arī nepieciešamst palielināt  $\gamma_G > 1.0$  bet rēķinot no augstākā normālā (t.i. leitojamības) ūdens līmeņiem— t.i. netiek pievienota drošības rezerve (Aprēķina stāvoklis 1)

“Kad daļējie faktori  $\gamma_G = 1.0$  tiek pielikti [tas nepieciešams] reizinot ar  $\gamma_G = 1.0$  bet aprēķināti no augstākā iespējamā (t.i. nestspējas) ūdens līmeņa— pēc tam, kad tiek izmantota noteikta drošības rezerve (Aprēķina stāvoklis 2)”

Bond un Harris (2008)





Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Ģeotehniskā projektēšana

## Atbalstsienu projektēšanas pamatprincipi – 1. daļa

# Ģeotehniskā projektēšana

- ▶ Aprēķinu modeļi (to apskata nākamā lekcija)
- ▶ virsmas berzes leņķis
- ▶ lekšējais berzes leņķis (konstanta tilpuma)
- ▶ lekšējais berzes leņķis (konstanta tilpuma) smiltīm
- ▶ lekšējais berzes leņķis (konstanta tilpuma) māliem

# Virsmas berzes leņķis EN 1997-1 §9.5.1(6)

Eurocode 7 allows  $\delta_d$  to be determined from the soil's design constant-volume angle of shearing resistance  $\varphi_{cv,d}$ :

$$\delta_d = k\varphi_{cv,d} = k \tan^{-1} \left( \frac{\overbrace{\tan \varphi_{cv,k}}^{\text{critical state value}}}{\gamma_\varphi} \right)$$

*is 1.25 too high?*

Values of  $k$  are:

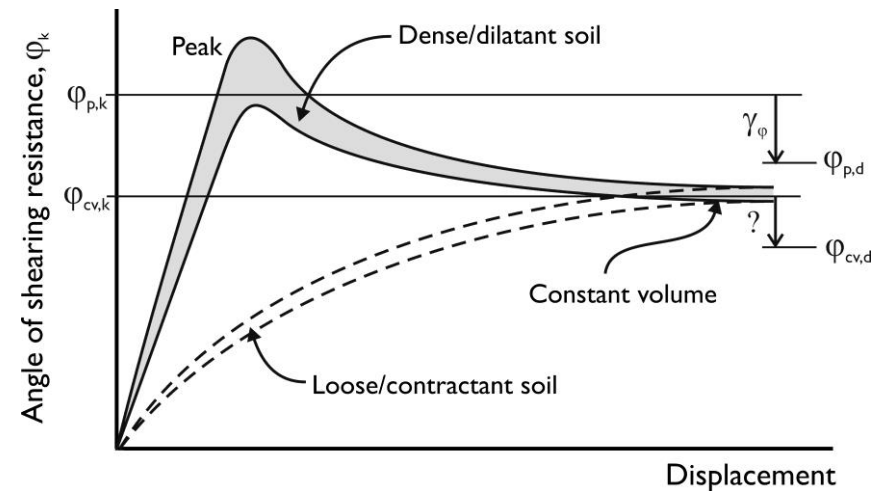
- ▶ 1 for soil against cast in-situ concrete
- ▶  $\frac{2}{3}$  for soil against precast concrete

The UK National Annex states:

*It might be more appropriate to select the design value of  $\varphi_{cv}$  directly*

The 2<sup>nd</sup> generation of Eurocode 7 will specify  $\gamma_{\tan\varphi,cv} = 1.0 < \gamma_\varphi$ :

$$\delta_d = k\varphi_{cv,d} = k \tan^{-1} \left( \frac{\tan \varphi_{cv,k}}{\boxed{\gamma_{\tan\varphi,cv}}} \right)$$



Iekšējais berzes leņķis (konstanta tilpuma)  
BS 8002:2015

Kvarca smiltis un putekļi:

$$\varphi'_{cv,k} = 30^\circ + \varphi'_{ang} + \varphi'_{PSD}$$

Smalknes daļa mazāka par 15%:

$$\varphi'_{pk,k} = \varphi'_{cv,k} + \varphi'_{dil}$$

kur (izmantojot  $n = 3$  trīsasu un 5 plaknes rel. deformācijai):

$$\varphi'_{dil} = nI_R = n[I_D \times \ln(\sigma_c/\sigma'_f) - 1]$$

Smalgraudainās gruntīm:

Ar plastiskuma skaitli  $5\% \leq I_p \leq 100\%$ :

$$\varphi'_{cv,k} = 42^\circ - 12.5 \log_{10} I_p$$
$$0^\circ \leq \varphi'_{dil} \leq 4^\circ$$

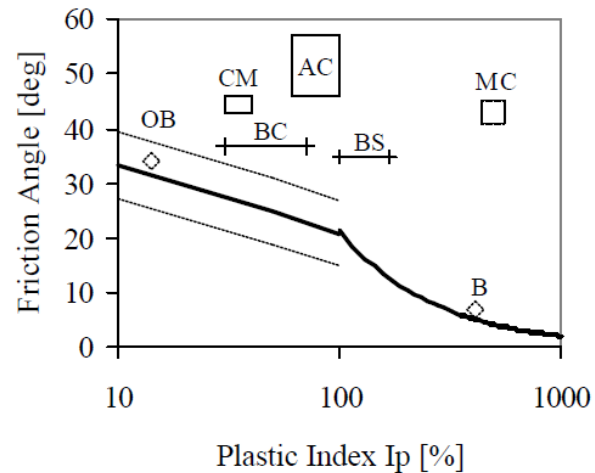
## Iekšējais berzes leņķis (konstanta tilpuma) smiltīm BS 8002:2015, Tabula 1

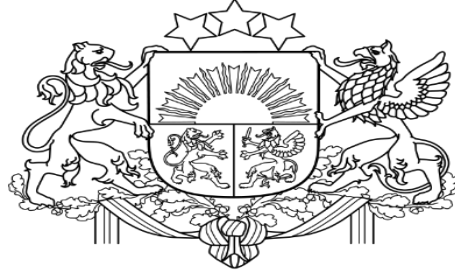
Īpašība	Noteikšanas metode	Klasifikācija	Parametrs
Daļiņu noapaļotība	Vizuālā apskate	Apaļi līdz noapaļoti	$\phi'_{ang} = 0^\circ$
		Daļēji noapaļoti līdz daļēji šķautņaini	$\phi'_{ang} = 2^\circ$
		Ļoti šķautņaini līdz šķautņaini	$\phi'_{ang} = 4^\circ$
Viendabīguma koef., $C_U$	Granulometrija	$C_U < 2$ (viendabīgi) vai augsts $C_U$ (neviendabīgs), ar $C_U$ smalkni $< 2$	$\phi'_{PSD} = 0^\circ$
		$2 \leq C_U < 6$ (viendabīgs) vai augsts $C_U$ (neviendabīgs), ar $2 \leq C_U$ smalkni $< 6$	$\phi'_{PSD} = 2^\circ$
		$C_U \geq 6$ (neviendabīgs)	$\phi'_{PSD} = 4^\circ$
Blīvuma rādītājs, $I_D$	Standartpenetrācijas tests, to koriģējot $(N_1)_{60}$	$I_D = 0-25 \%$	$\phi'_{dil} = 0^\circ$
		$I_D = 50 \%$	$\phi'_{dil} = 3^\circ$
		$I_D = 75 \%$	$\phi'_{dil} = 6^\circ$
		$I_D = 100 \%$	$\phi'_{dil} = 9^\circ$

## Iekšējais berzes leņķis (konstanta tilpuma) māliem BS 8002:2015 Tabula 2

Plastiskuma skaitlis, $I_p$	Konstanta tilpuma iekšējās berzes leņķis, $\phi'_{cv,k}$
15 %	27°
30 %	24°
50 %	21°
80 %	18°

$\phi'_{cv}$  vērtības, kas pārsniedz 40° novērotas augstas plasticitātes māliem, kuros novērotas bioturbācijas vai mikrofosīlijas





Ministry of Economics  
Republic of Latvia

## Izbūve

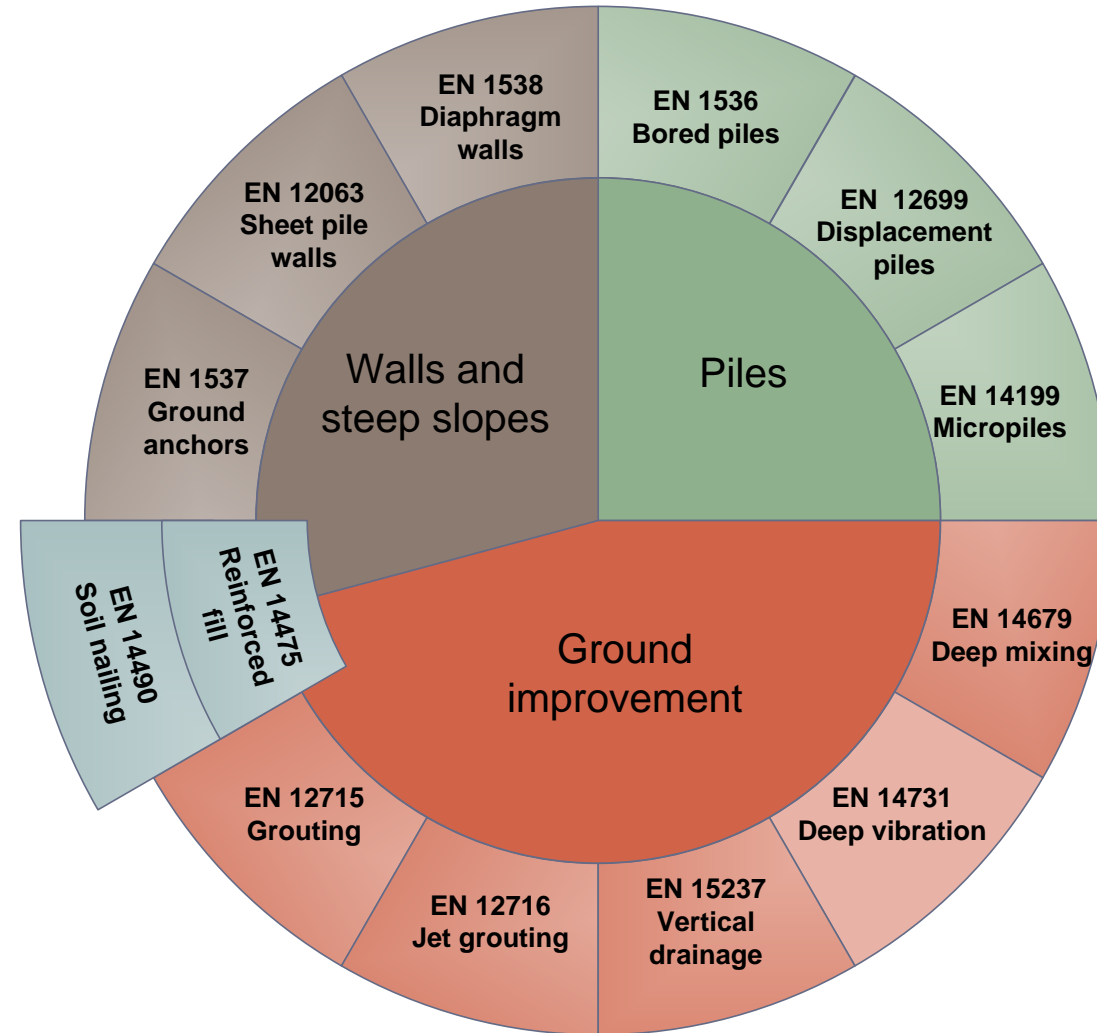
# Atbalstsienu projektēšanas pamatprincipi – 1. daļa



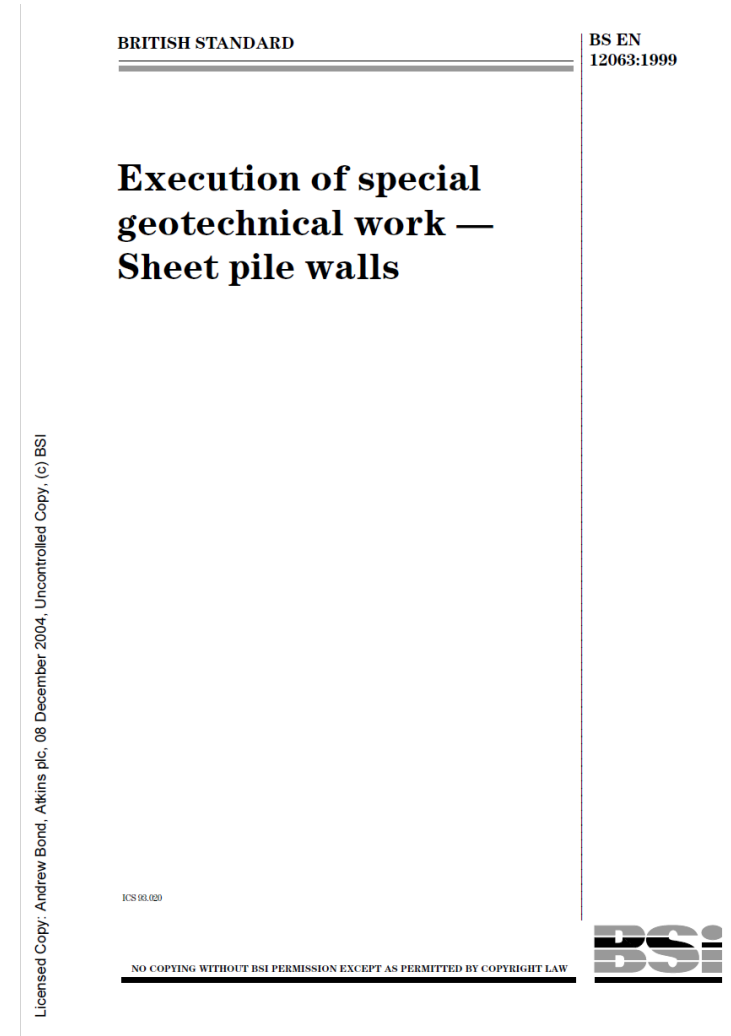
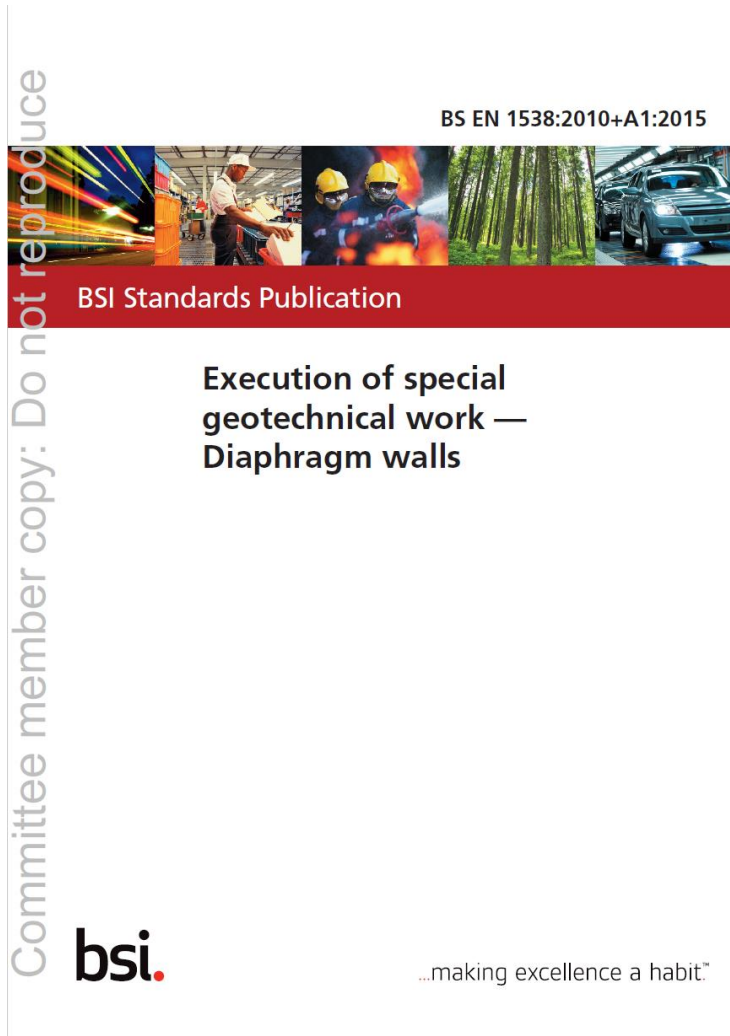
# Izbūve

- ▶ EN standarti speciālajiem ģeotehniskajiem darbiem
- ▶ Izbūves standarti gruntī iedziļinātām atbalstsienām
- ▶ EN 1538 Diafragmu sienas
- ▶ EN 12063 Rievsienas
- ▶ SPERW ('SPERWall')

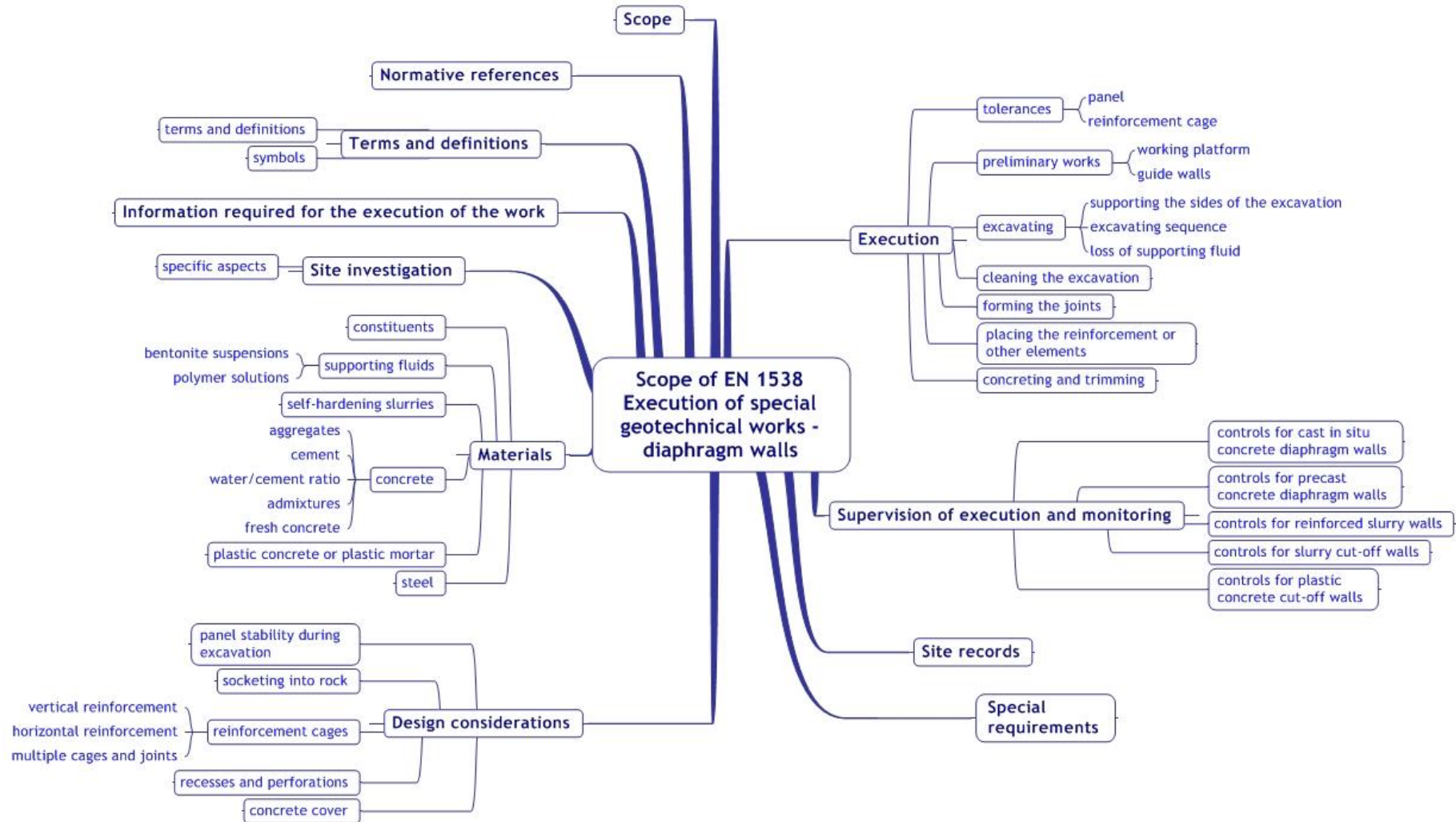
# EN standarti speciālajiem ģeotehniskajiem darbiem (Bond un Harris, 2008)



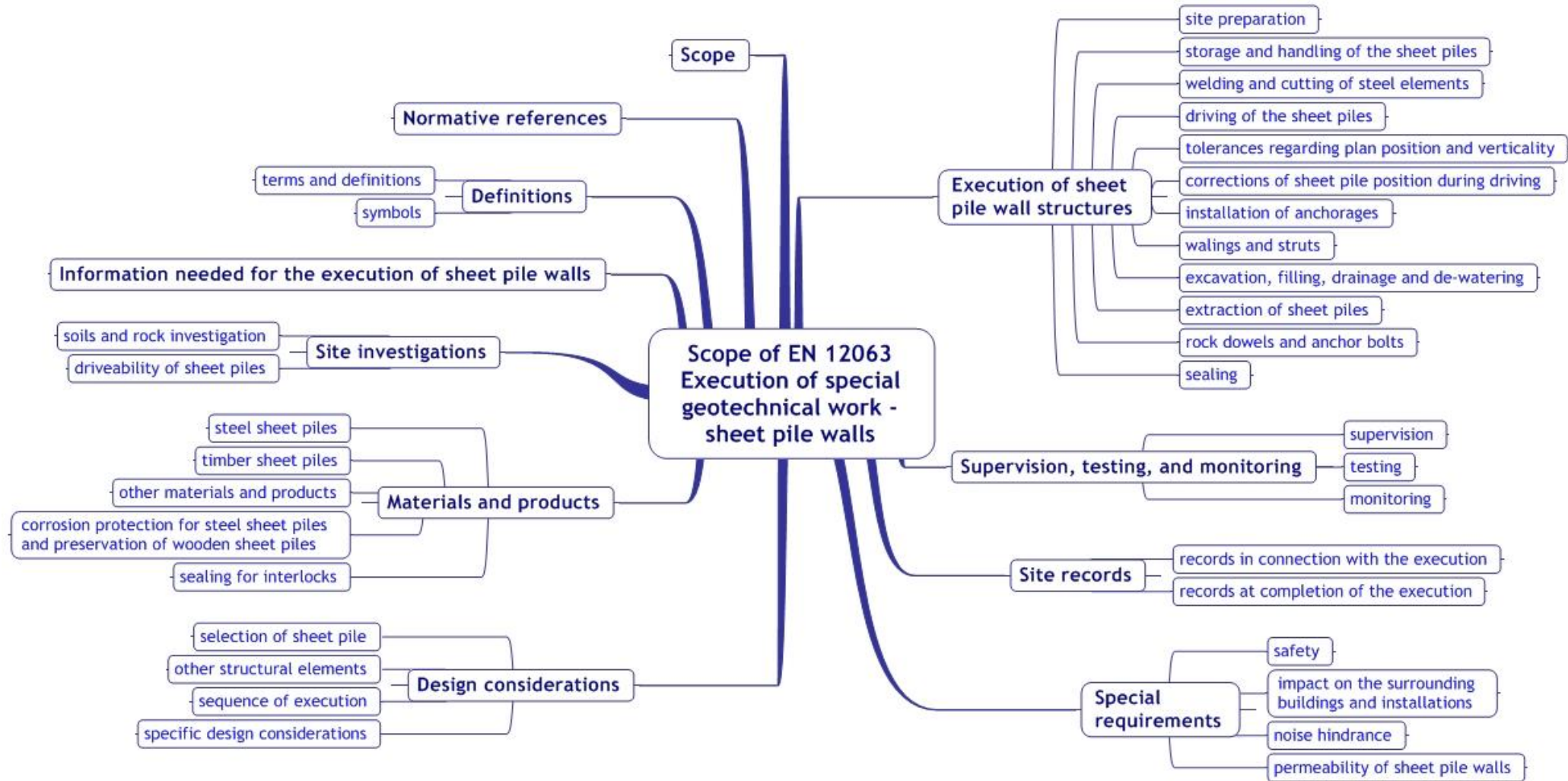
# Izbūves standarti gruntī iedziļinātām atbalstsienām



# EN 1538 Diafragmu sienas (Bond un Harris 2008)



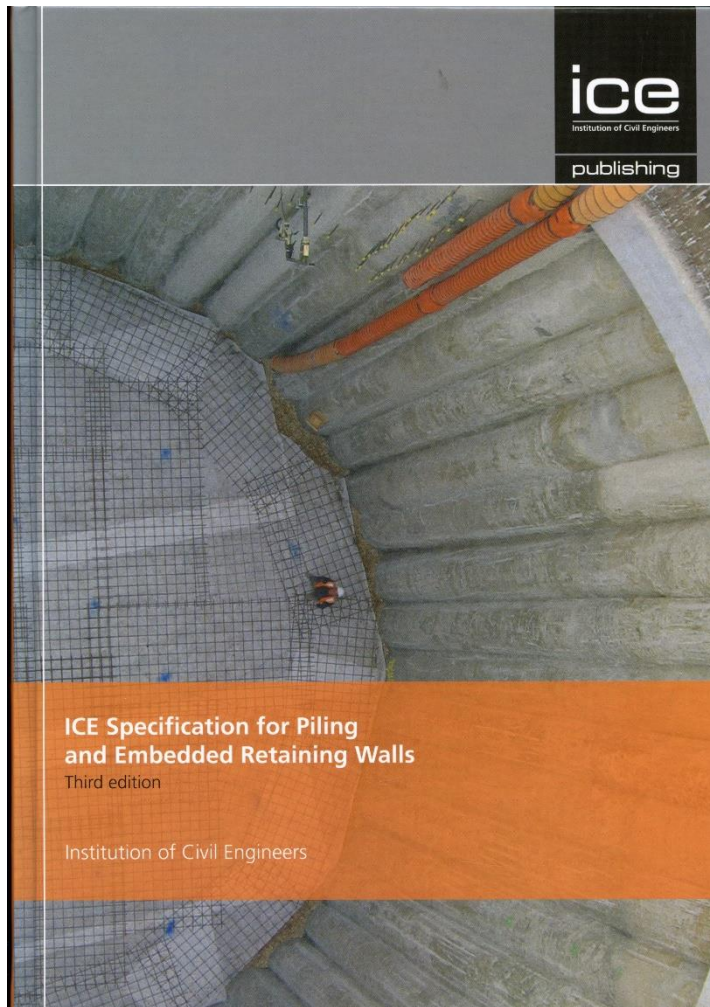
# EN 12063 Rievsienas (Bond un Harris 2008)†





# SPERW ('SPERWall')

## Institution of Civil Engineers (2016)



- ▶ SPERW = 'Pāļu un atbalstsienu specifikācijas'
- ▶ 1<sup>st</sup> izdevums, publicēts 1996
- ▶ 2<sup>nd</sup> izdevums, publicēts 2007
- ▶ 3<sup>rd</sup> izdevums, publicēts 2016
- ▶ Galvenais
  - ▶ A daļa apraksta galvenās vadlīnijas pāļu un atbalstsienu izbūvē
  - ▶ B daļa satur tehniskās specifikācijas 19 sadaļās
  - ▶ C daļa satur specifiskas vadlīnijas visām 19 B daļas specifikācijām Vadītājs: J. De Waele
- ▶ Publicēts Thomas Telford ISBN: 978-0-7277-6157-6



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

## Pavadošie dokumenti

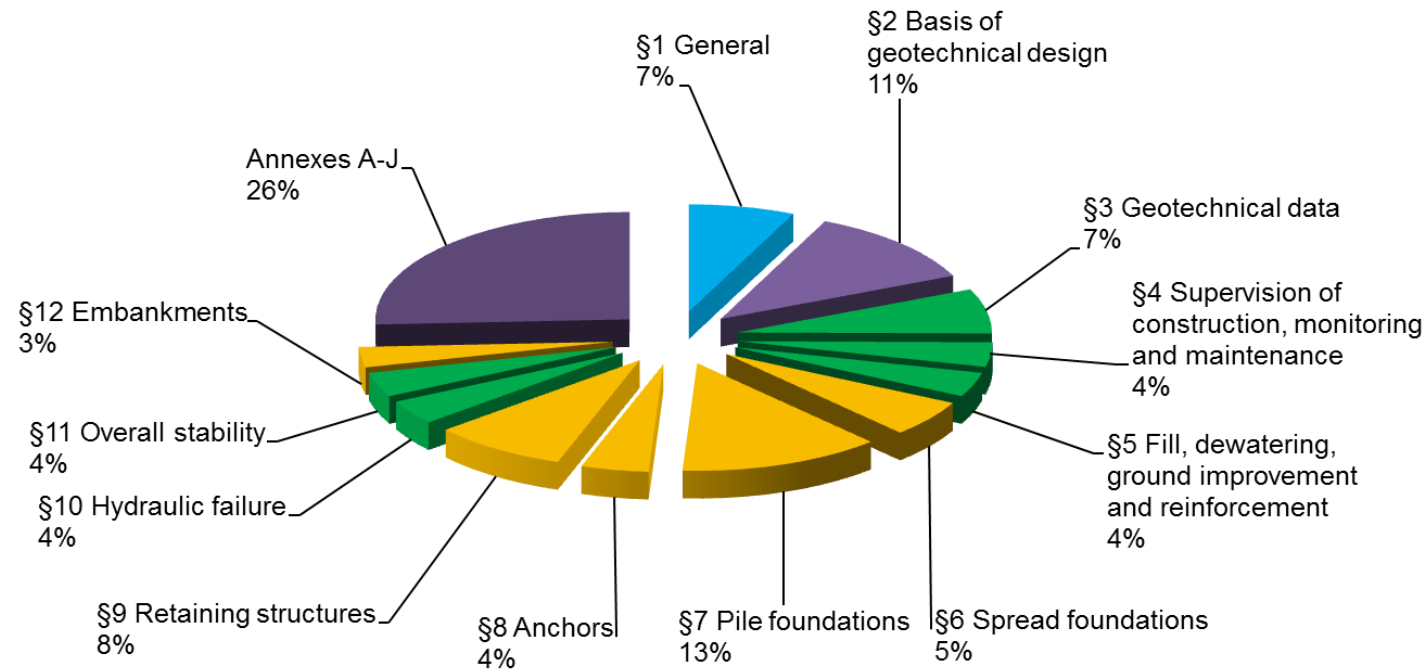
# Atbalstsienu projektēšanas pamatprincipi – 1. daļa

# Pavadošie dokumenti

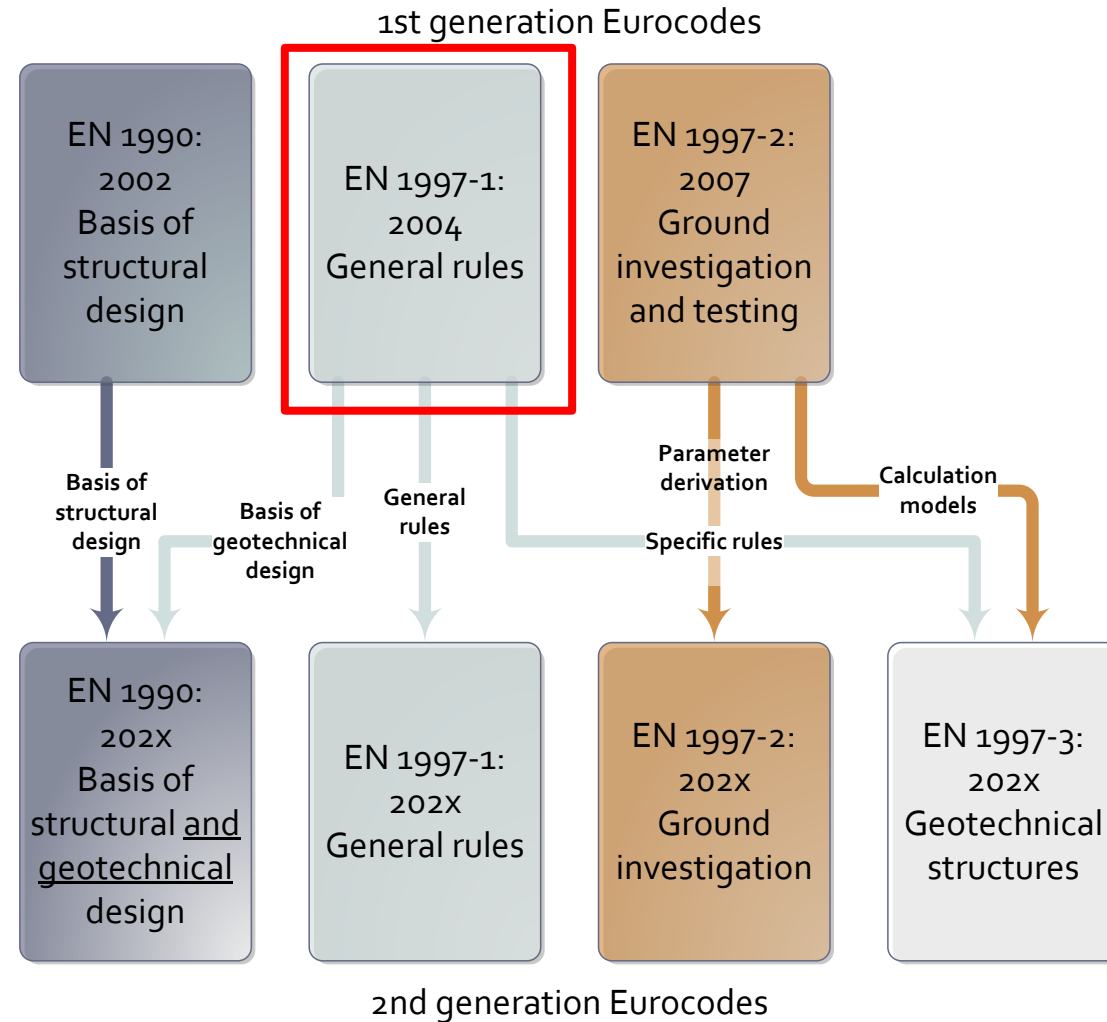
- ▶ 7. Eirokodekss - Ģeotehniskā projektēšana - I.daļa:Vispārīgie noteikumi
- ▶ Atbalstsienu aprēķina pamati no 1ās un 2ās paaudzes Eirokodeksiem
- ▶ BS 8002:2015 Rokasgrāmata atbalst-konstrukcijām
- ▶ CIRIA rokasgrāmata gruntī iedziļinātām atbalstsienām
- ▶ EAU rekomendācijas ūdens norobežojušajām konstrukcijām, ostām un ūdens ceļiem



# EN 1997-1:2004 7. Eirokodekss - Ģeotehniskā projektēšana - 1.daļa: Vispārīgie noteikumi (Bond un Harris, 2008)

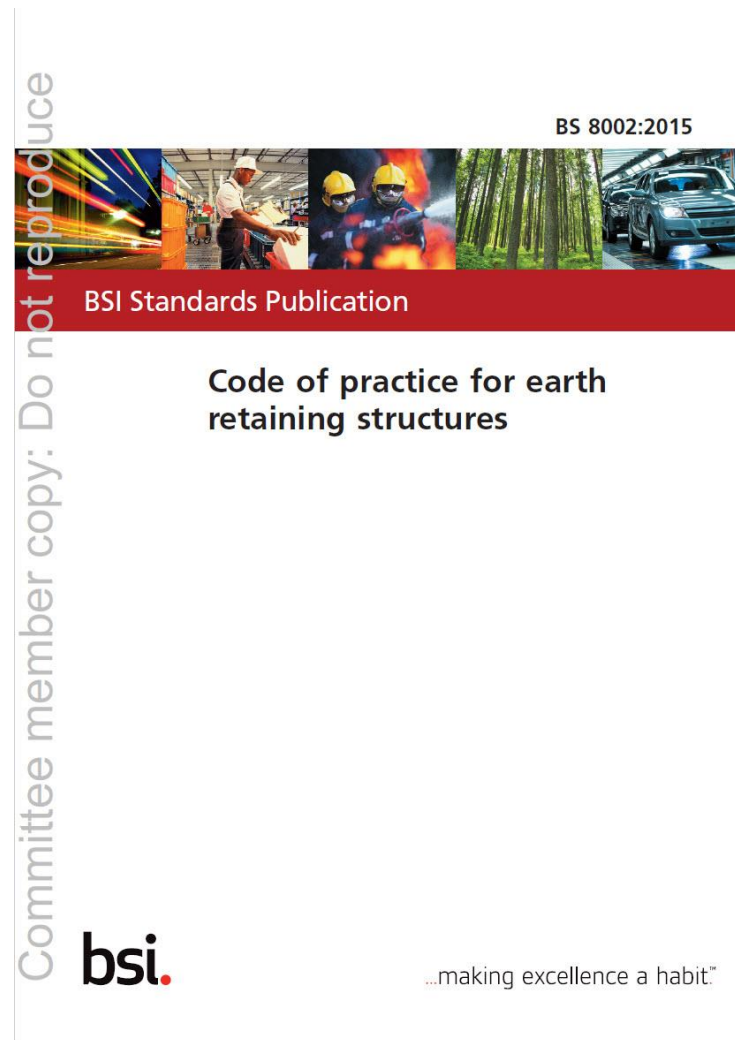


# Atbalstsienu aprēķina pamati no 1ās un 2ās paaudzes Eirokodeksiem



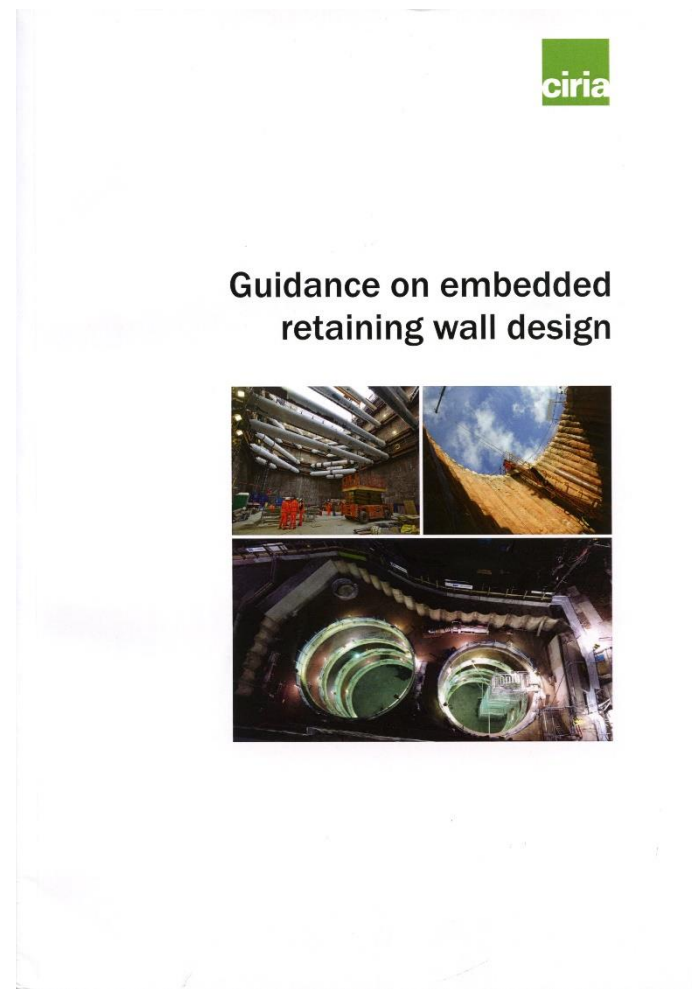
## BS 8002:2015 Rokasgrāmata atbalst-konstrukcijām

- ▶ BS 8002 tiek uzskatīts par nekonfliktējošu un komplementāru dokumentu EN 1997-1
- ▶ BS 8002:1994 ir nomainīts 2010. gada aprīlī
- ▶ Jaunā BS 8002 ir publicēta 2015. gada jūnijā
- ▶ Pirmā izmaiņas veiktas 2020. gadā



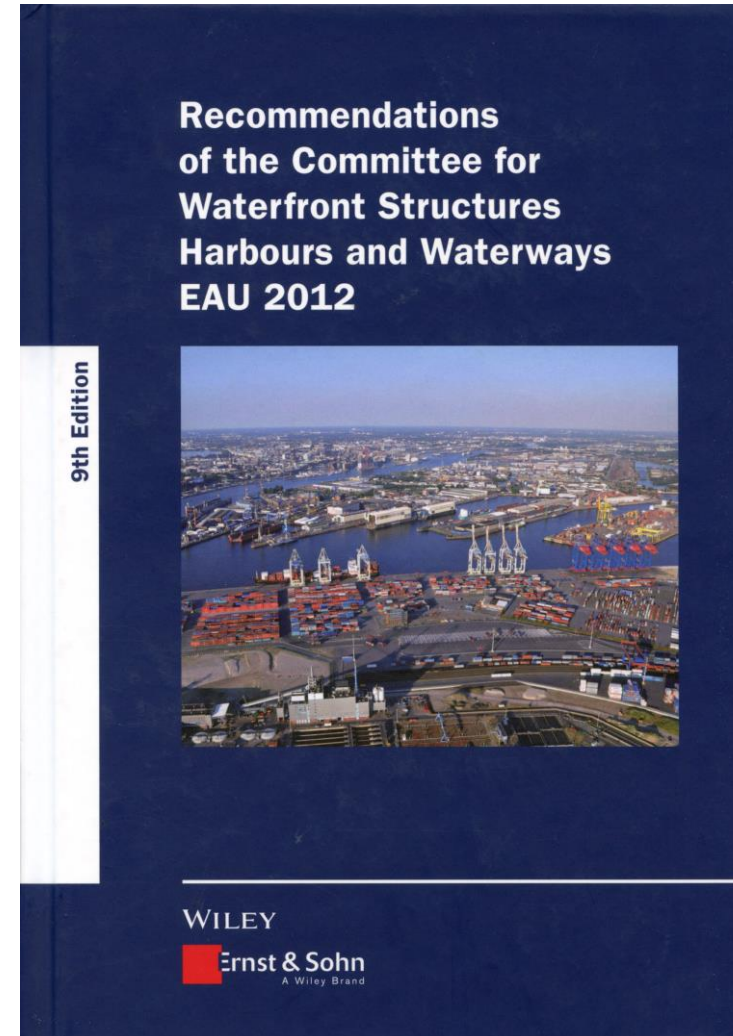
## CIRIA rokasgrāmata gruntī iedziļinātām atbalstsienām , CIRIA C760 (2017)

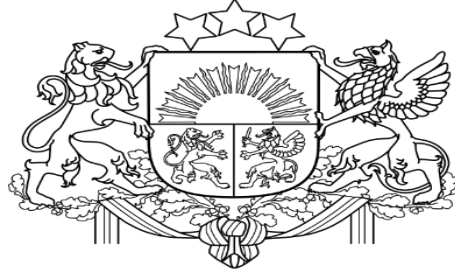
- ▶ CIRIA C760 ir turpinājums CIRIA C580 un var tikt uzskatīts par nekonfliktējošu
- ▶ C760 tika sagatavots sekojot publiskām debatēm un ir salāgots ar BS 8002:2015 un BS EN 1997-1:2004+A1:2013
- ▶ C760 uzdevumi ir sekojoši:
  - ▶ Aprakstīt pieejamos atbalstsienu veidus un izbūves tehnoloģijas
  - ▶ Sniegt uzskatāmu atjauninājumu grunšu pārvietošanu datubāzei, kas prezentēta C580
  - ▶ Piedāvāt labo projektēšanas praksi, kas apskata jaunākās analītiskās pieejas
- ▶ C760 satur NE 7 un BS 8002 prasības



# EAU rekomendācijas ūdens norobežojušajām konstrukcijām, ostām un ūdens ceļiem (2012)

- ▶ “EAU” pilnais nosaukums  
“Recommendations of the Committee for Waterfront Structures, Harbours, and Waterway”
- ▶ Jaunākais angļu izdevums 9<sup>th</sup> (11<sup>th</sup> vācu izdevuma tulkojums)
- ▶ Radīts sadarbojoties Vācu Ostu tehnoloģiju asociācijai (HTG) un Vācu ģeotehniskajai asociācijai (DGGT)
- ▶ Publicēts Ernst and Sohn
- ▶ Seko 7. eirokodeksa principiem





Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Kopsavilkums

## **Atbalstsienu projektēšanas pamatprincipi – 1. daļa**

# Kopsavilkums

- ▶ Atbalstsienu projektēšanai nepieciešams apskatīt dažādus materiālus un tehnoloģijas
- ▶ Pastāv virkne pavadošo dokumentu:
  - ▶ Grunšu izpēte un testēšana
  - ▶ Materiālu specifikācijas
  - ▶ Izbūve
- ▶ Pieejami daudz labu rokasgrāmatu, kas atbalsta standartus:
  - ▶ CIRIA C760
  - ▶ EAU 2012

# Jautājumi un atbildes





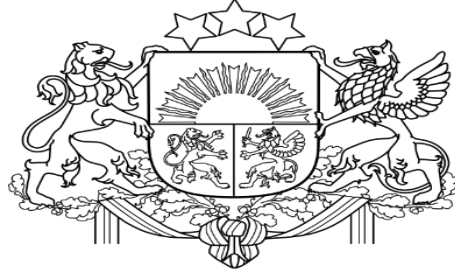
Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Labā prakse atbalstsienū projektēšanā

**[www.geocentrix.co.uk](http://www.geocentrix.co.uk)**

# Literatūras saraksts

- ▶ Andrew Bond and Andrew Harris (2008), *Decoding Eurocode 7*, Taylor & Francis
- ▶ EN 1997-1:2004, *Eurocode 7 – Geotechnical design: Part 1 – General rules*, European Committee for Standardization
- ▶ EN 1997-2:2007, *Eurocode 7 – Geotechnical design: Part 2 – Ground investigation and testing*, European Committee for Standardization
- ▶ prEN 1997-1:2019, *Eurocode 7 – Geotechnical design: Part 1 – General rules*, CEN TC250/SC7



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Atbalstsienu projektēšanas pamatprincipi – 2. daļa

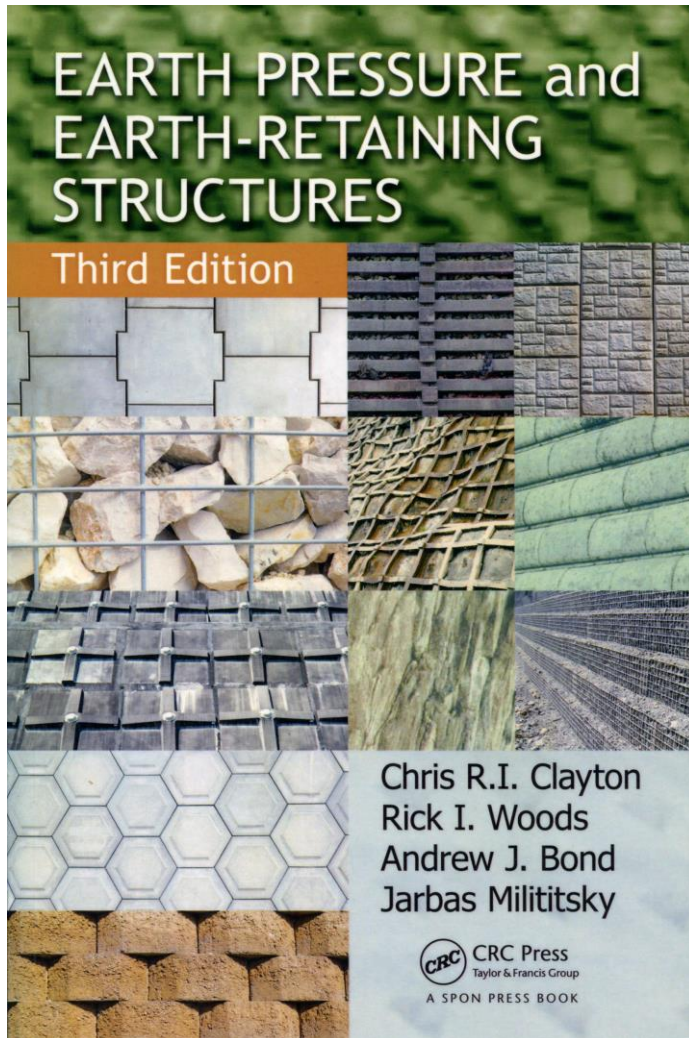
**Dr Andrew Bond (Geocentrix)**  
**Immediate-Past Chair TC250/SC7 Geotechnical design**

# Atbalstsienų projektēšanas pamatprincipi – 2. daļa

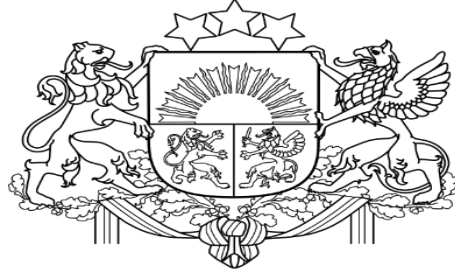
- ▶ **Grunts spiedienu**
  - ▶ Faktori, kas ietekmē grunts spiedienus
  - ▶ Aktīvais un pasīvais grunts spiediens
  - ▶ Miera stāvokļa grunts spiediens
  - ▶ Vidējās grunts spiediena vērtības
  - ▶ Sablīvējuma spiediens
- ▶ **Ūdens spiediens**
- ▶ **Aprēķinu metodes**
- ▶ **Kopsavilkums**
- ▶ **Jautājumi un atbildes**

# Grunts spiediens & atbalst-konstrukcijas

[www.earthpressurebook.com](http://www.earthpressurebook.com)



- ▶ 1ais izdevums (1986)
- ▶ 2ais izdevums (1993)
- ▶ 3ais izdevums (2013)
- ▶ Autori : Chris Clayton, Rick Woods, Andrew Bond, Jarbas Milititsky
- ▶ Galvenās nianšes
  - ▶ Apraksta gravitācijas, gruntī iedziļinātu un komplekso atbalstsienu ģeotehniskās projektēšanas principus
  - ▶ Palīdz nespeciālistiem saprast iespējamās ģeotehniskās problēmas
  - ▶ Apraksta parametru un parciālo faktoru problēmas esošajos normatīvajos dokumentos (piemēram, 7. Eirokods)
- ▶ Publicēts CRC Press
- ▶ ISBN: 978-1-4665-5211-1



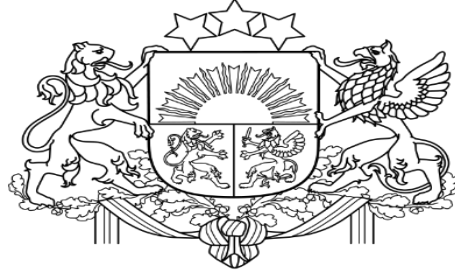
Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Grunts spiediena teorija

## **Atbalstsienu projektēšanas pamatprincipi – 2. daļa**

# Faktori, kas ietekmē grunts spiedienu

- ▶ slodze uz grunts virsmas
- ▶ grunts virsmas slīpums
- ▶ atbalstsienas slīpums
- ▶ ūdens līmenis un ūdens plūsmas spēki gruntī
- ▶ grunts uzbriešanas potenciāls
- ▶ sekundārās relatīvās deformācijas attīstības potenciāls
- ▶ atbalstsienas pārvietošanās apmērs un virziens attiecībā pret grunti
- ▶ horizontālais un vertikālais visas konstrukcijas līdzsvars
- ▶ bīdes pretestība un grunts tilpumsvars
- ▶ grunts slāņojums un slīpinu, kā arī iespējamās mainības
- ▶ sākotnējā grunts sprieguma un stinguma ietekme
- ▶ atbalstsienas stinguma un atbalst-konstrukciju stingums attiecībā pret grunts stingumu
- ▶ sienas materiāla raupjums



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Aktīvais un pasīvais grunts spiediens

## Atbalstsienu projektēšanas pamatprincipi – 2. daļa



# Aktīvais un pasīvais grunts spiediens

- ▶ Efektīvā sprieguma formulējums
- ▶ Kopējā sprieguma formulējums
- ▶ Analītiskie un grafiskie grunts spiediena koeficienti
- ▶ Kīļveida mehānisms
  - ▶ Müller-Breslau formula
- ▶ Mohr's spriegumu aprēķins
  - ▶ Rankine formula
- ▶ Log-spirāles sabrukuma modelis
  - ▶ Kerisel un Absī vērtības
- ▶ Raksturojošā metode
  - ▶ Brinch-Hansen formula
- ▶ Deformācijas, lai sasniegtu robežas nosacījumus

# Aktīvais un pasīvais grunts spiediens

Gruntīm aktīvajā stāvoklī, kopējā grunts spiediena normāle pret sienu:

$$p_a = p'_a + u_a \geq p_{a,\min}$$

$p_a$  = kopējā grunts spiediena normāle pret sienu dziļumā  $z_a$  zem atbalstsienas augšas

$p'_a$  = efektīvā aktīvā grunts spiediena normāle pret sienu

$u_a$  = gruntsūdens spiediens dziļuma  $z$  sienas aktīvajā pusē

$p_{a,\min}$  = minimālā  $p_a$  vērtība

Gruntīm pasīvajā stāvoklī, kopējā grunts spiediena normāle pret sienu:

$$p_p = p'_p + u_p$$

$p_p$  = kopējā grunts spiediena normāle pret sienu dziļumā  $z_p$  zem sienas apakšas

$p'_p$  = efektīvā pasīvā grunts spiediena normāle pret sienu dziļumā  $z_p$

$u_p$  = gruntsūdens spiediens dziļuma  $z_p$  sienas pasīvajā pusē

# Efektīvā sprieguma formulējums

Apskatot efektīvos spriegumus:

$$\left. \begin{matrix} p'_a \\ p'_p \end{matrix} \right\} = K_\gamma \left( \int_0^z \gamma dz - u \right) \mp K_c c' + K_q q$$

$p'_a$  = efektīvā aktīvā grunts spiediena normāle pret sienu

$p'_p$  = efektīvā pasīvā grunts spiediena normāle pret sienu

$\gamma$  = grunts tilpumsvars

$z$  = dziļums zem sienas (atbalstītas vai izvietotas) virsmas

$c'$  = efektīvā saiste

$q$  = spiediens uz grunts virsmas

$K_\gamma, K_c, K_q$  = grunts spiediena koeficienti

# Kopējā sprieguma formulējums

Apskatot kopējos spriegumus (nedrenētos apstākļos):

$$\left. \begin{matrix} p_a \\ p_p \end{matrix} \right\} = \int_0^z \gamma dz \mp K_{cu} c_u + q$$

$p_a$  = kopējā aktīvā grunts spiediena normāle pret sienu

$p_p$  = kopējā pasīvā grunts spiediena normāle pret sienu

$\gamma$  = grunts tilpumsvars

$z$  = dziļums zem grunts (atbalstīta vai izveidota) virsmas

$c_u$  = nedrenētā bīdes pretestība

$q$  = spiediens uz grunts virsmas

$K_{cu}$  = nedrenētais grunts spiediena koeficients

$K_{\gamma u} = K_q = 1.0$

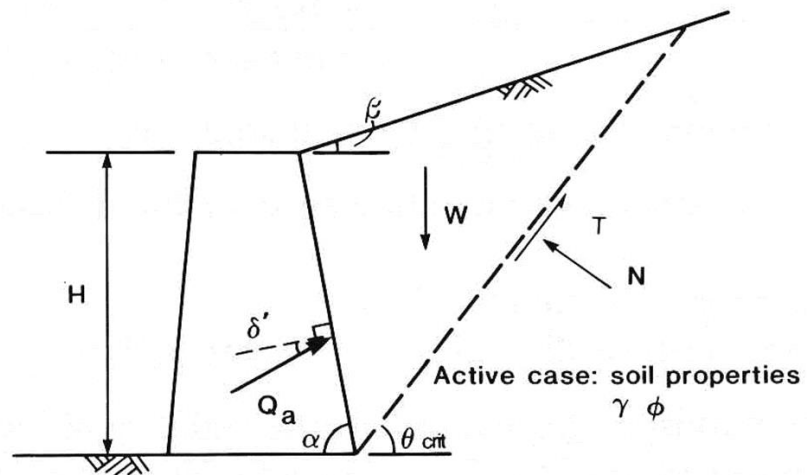
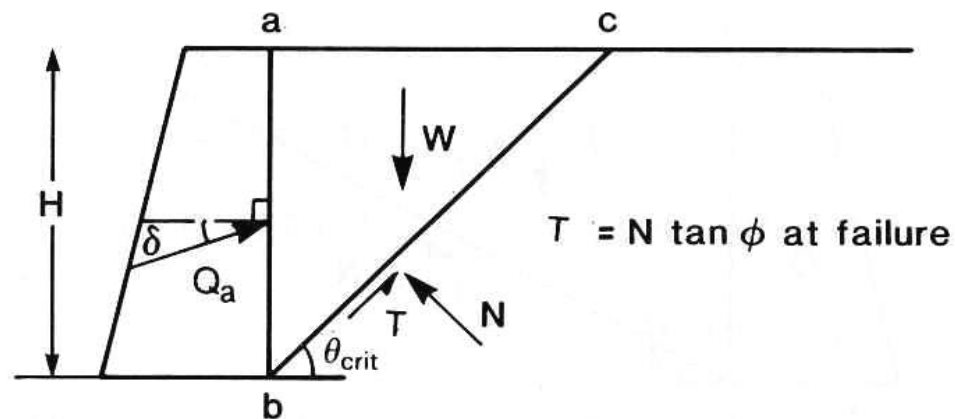
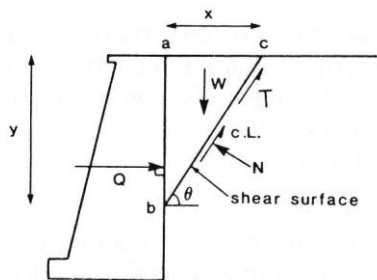
## Analītiskie un grafiskie grunts spiediena koeficienti (Clayton u.c., 2013)

Avots	Iespējas						Aktīvais vai pasīvais
	$\alpha$	$\beta$	$c'$	$\phi'$	$c'_w$	$\delta$	
Coulomb (1776)	$90^\circ$	$0^\circ$	-	$\phi'$	-	0	Abi
Mayniel (1808)	$90^\circ$	$0^\circ$	-	$\phi'$	-	$\delta$	Abi
Rankine (1857)	$90^\circ$	$\beta$	-	$\phi'$	-	$= \beta$	Aktīvais
Muller-Breslau (1906)	$\alpha$	$\beta$	-	$\phi'$	-	$\delta$	Aktīvais
Bell (1915)	$90^\circ$	$0^\circ$	$c'$	$\phi'$	0	0	Abi
Caquot & Kerisel (1948)	$\alpha$	$\beta$	-	$\phi'$	-	$\delta$	Pasīvais
Packshaw (1946)*	$90^\circ$	$0^\circ$	$c'$	$\phi'$	$c'_w$	$\delta$	Abi
Kerisel & Absi (1990)**	$90^\circ$	$\beta$	$c'$	$\phi'$	$c'_w$	$\delta$	Abi
Brinch-Hansen ()***	$\alpha$	$\beta$	$c'$	$\phi'$	$c'_w$	$\delta$	Abi

Izmantoti aprēķinu standartos \*BS CP2:1951, \*\*BS 8002:1994; \*\*\*EN 1997-1:2004

# Kļūveida mehānisms (augšējā robeža)

Coulomb, Maniel (augšējais), Müller-Breslau (apakšējais)



# Müller-Breslau's formula

Müller-Breslau's (1906) risinājums  $K_a$  un  $K_p$  :

$$\left. \begin{matrix} K_a \\ K_p \end{matrix} \right\} = \frac{\sin^2(\alpha \pm \varphi')}{\sin^2(\alpha \mp \varphi') \left[ 1 \pm \sqrt{\frac{\sin(\varphi' + \delta) \sin(\varphi' \mp \beta)}{\sin(\alpha \mp \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$K_a$  = aktīvais grunts spiediena koeficients leņķī  $\delta$  ar sienu

$K_p$  = pasīvais grunts spiediena koeficients leņķī  $\delta$  ar sienu

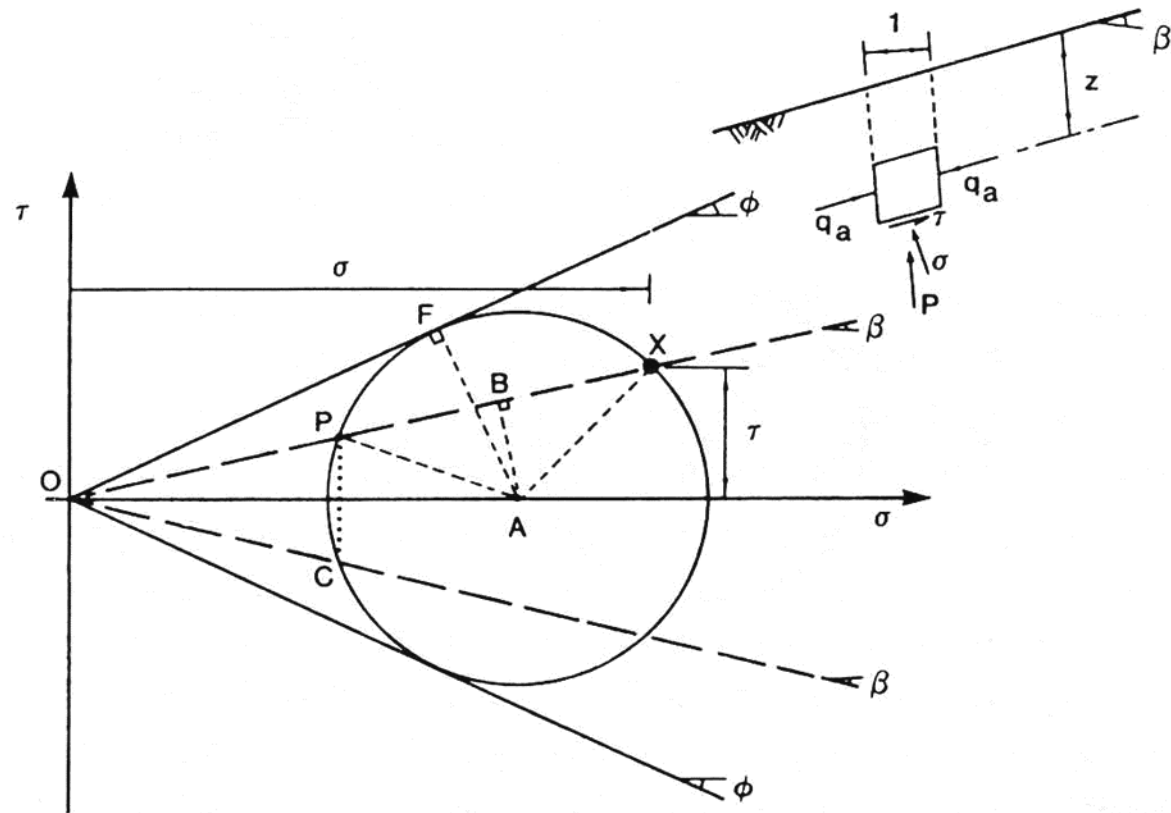
$\varphi'$  = grunts iekšējās berzes leņķis

$\delta$  = sienas-grunts savstarpējās iedarbības leņķis

$\beta$  = virsmas slīpuma leņķis

$\alpha$  = sienas slīpuma leņķis

# Mohr sprieguma aprēķins (apakšējā robeža) Rankine





# Rankine's formula

Rankine's (1857) risinājums  $K_a$  un  $K_p$ :

$$\left. \begin{matrix} K_a \\ K_p \end{matrix} \right\} = \cos^2 \beta \left( \frac{\cos \beta \mp \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi'}}{\cos \beta \pm \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi'}} \right) \rightarrow \begin{matrix} \text{when } \beta = 0 \\ \overbrace{1 \mp \sin \varphi'} \\ 1 \pm \sin \varphi' \end{matrix}$$

$K_a$  = aktīvā grunts spiediena koeficienta normāle pret sienu

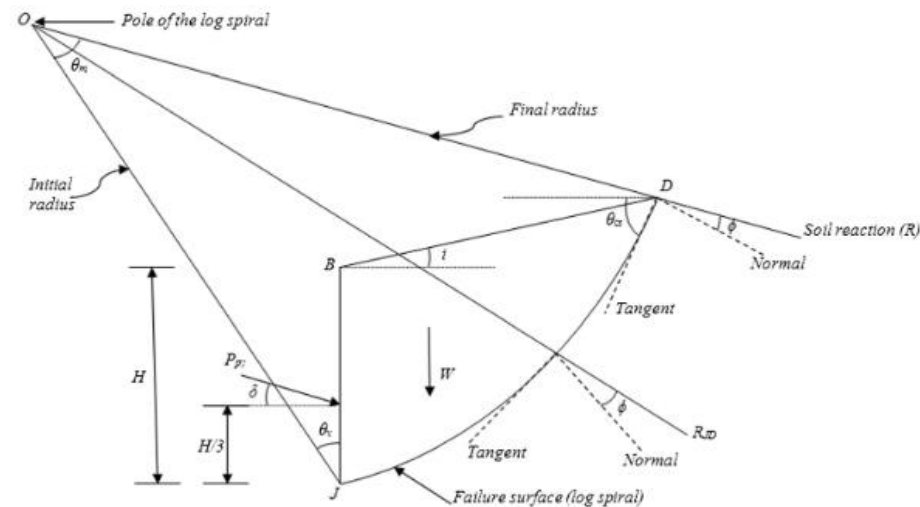
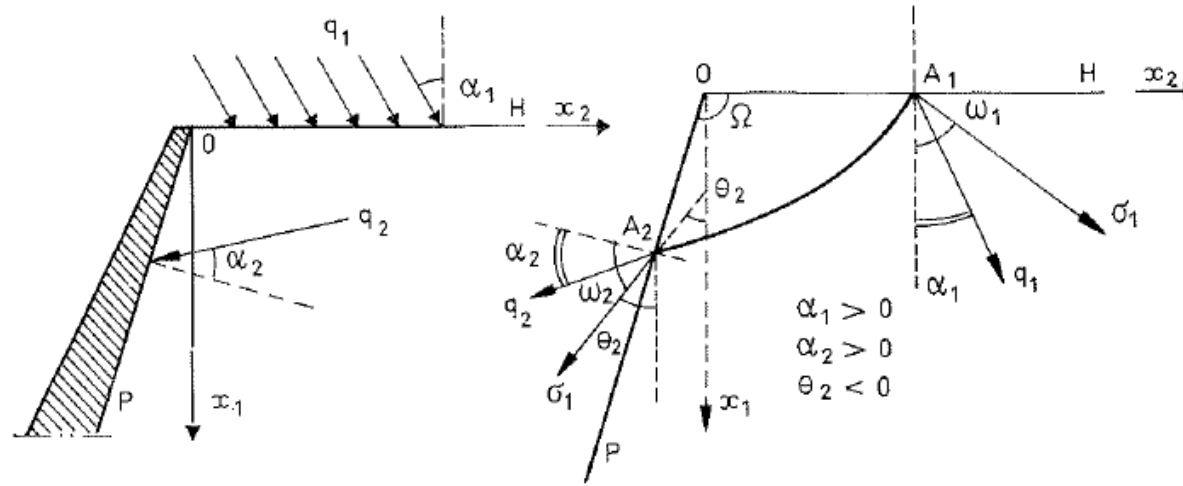
$K_p$  = pasīvā grunts spiediena koeficienta normāle pret sienu:

$$K_p = \frac{1}{K_a} \text{ kad } \beta = 0$$

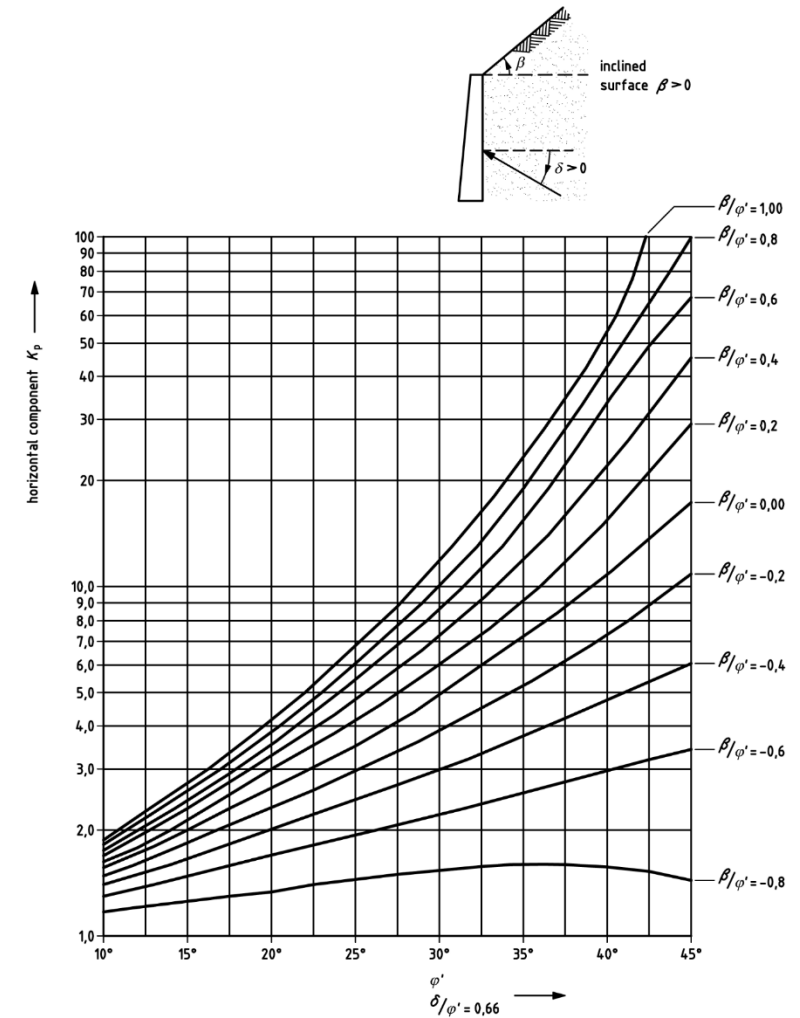
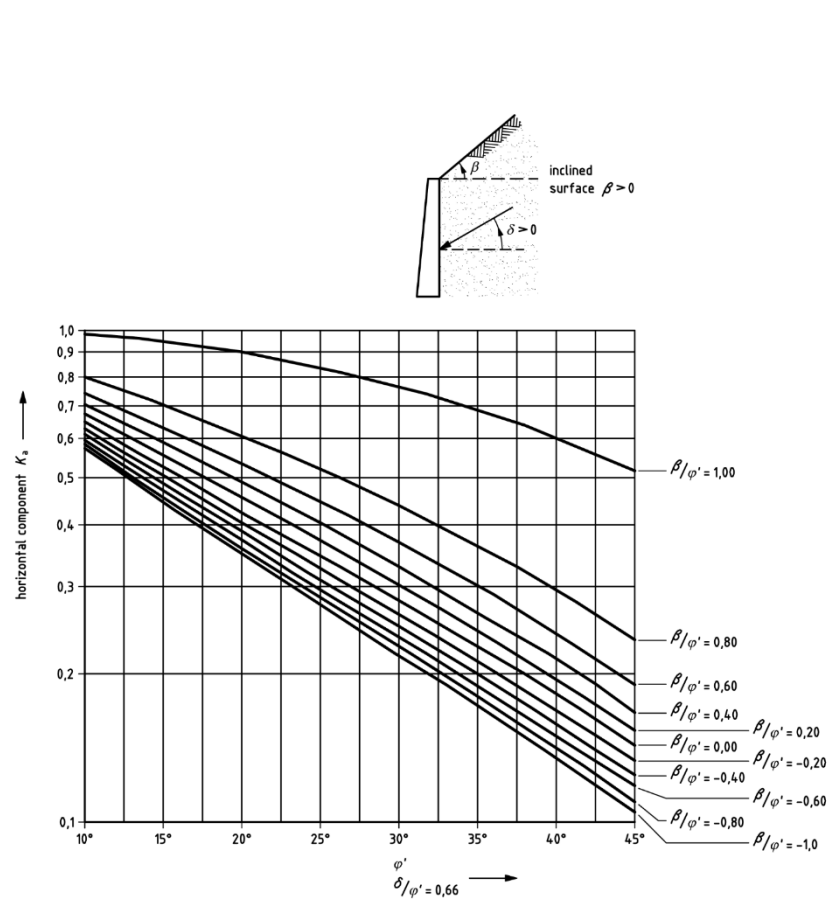
$\varphi'$  = grunts efektīvais iekšējās berzes leņķis

# Log-spirāles sabrukuma modelis

## Caquot un Kerisel, Kerisel un Absi



# Kerisel un Absi vērtības (EN 1997-1)





# Brinch-Hansen formula (EN 1997-1)

Brinch-Hansen's un Lundgren's (1960) risinājums  $K_a$  un  $K_p$  :

$$\left. \begin{array}{l} K_a \\ K_p \end{array} \right\} = \frac{1 \pm \overbrace{\sin \varphi' \sin(2m_w \pm \varphi')}^{2m_w = \cos^{-1}\left(\frac{\sin \delta}{\sin \varphi'}\right) \mp \varphi' \mp \delta}}{1 \mp \overbrace{\sin \varphi' \sin(2m_t \pm \varphi')}^{2m_t = \cos^{-1}\left(\frac{-\sin \beta}{\pm \sin \varphi'}\right) \mp \varphi' - \beta}} e^{\pm 2(m_t + \beta - m_w - \vartheta) \tan \varphi'}$$

$K_a$  = aktīvais grunts spiediena koeficients leņķī  $\delta$  ar sienu

$K_p$  = pasīvais grunts spiediena koeficients leņķī  $\delta$  ar sienu

$\varphi'$  = grunts efektīvais iekšējās berzes leņķis

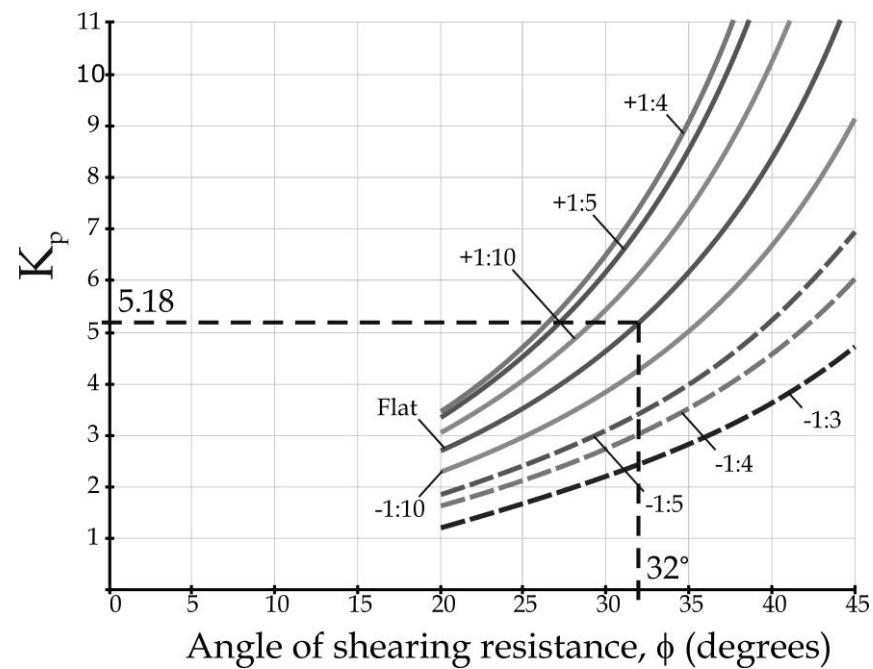
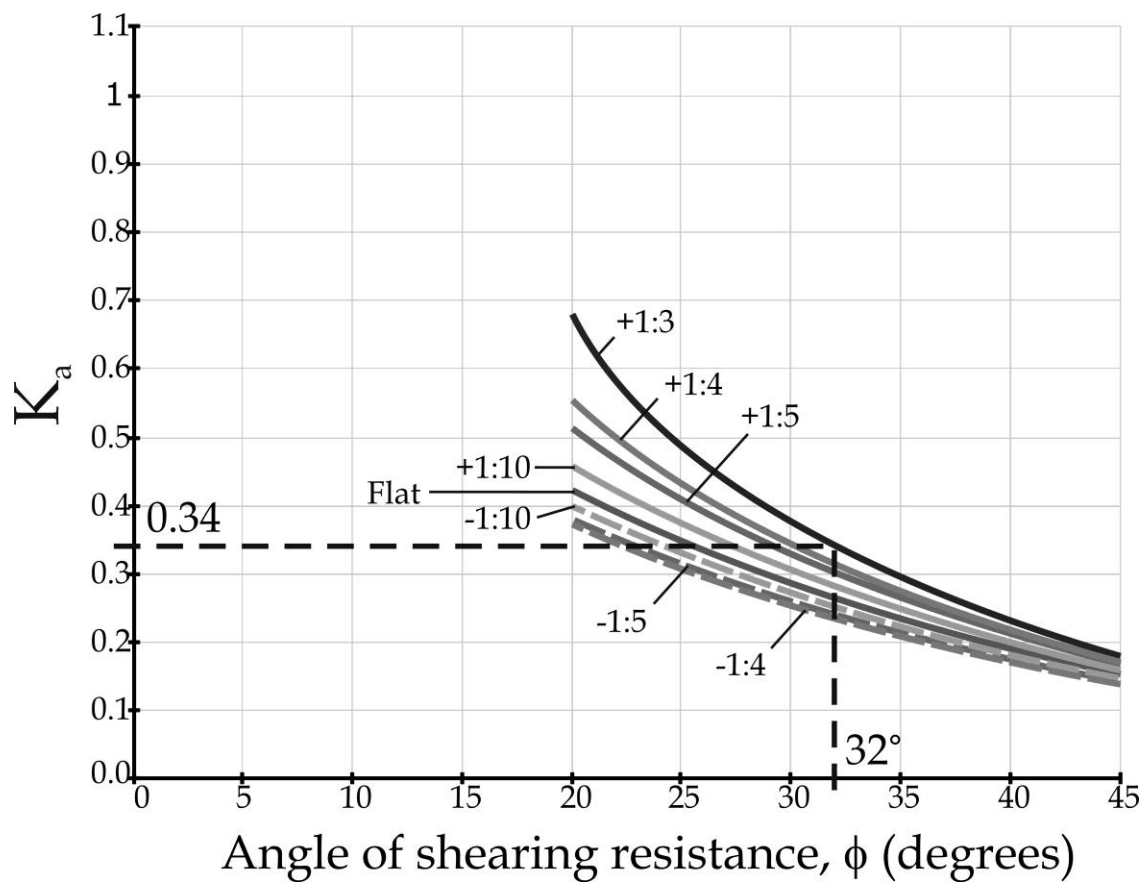
$\delta$  = sienas-grunts savstarpējās iedarbības leņķis

$\beta$  = virsmas slīpuma leņķis

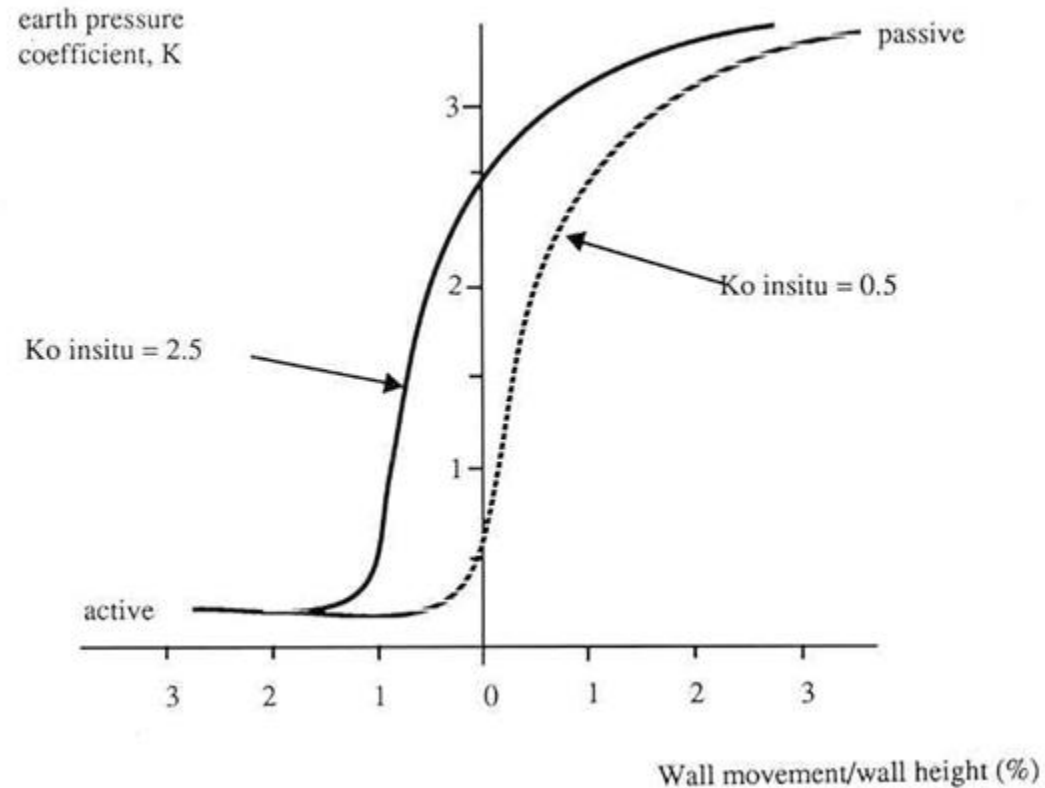
$\alpha$  = sienas slīpuma leņķis

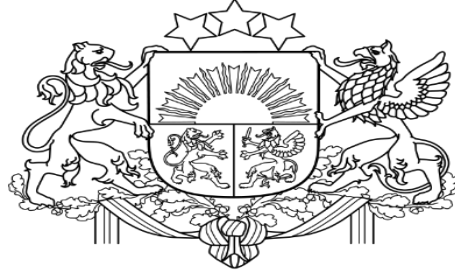
$\theta$  = sienas slīpuma leņķis (=  $\alpha$  citās formulās)

# Grunts spiediena koeficientu grafiki Bond un Harris (2008)



# Deformācijas, lai sasniegtu robežas nosacījumus





Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Grunts spiediens miera stāvoklī

## **Atbalstsienu projektēšanas pamatprincipi – 2. daļa**



# Grunts spiediens miera stāvoklī normāli konsolidētās gruntīs

Jaky's (1944) risinājums normāli konsolidētām gruntīm:

$$K_{0,nc} = (1 - \sin \varphi') \left( \frac{1 + \frac{2}{3} \sin \varphi'}{1 + \sin \varphi'} \right)$$

Hendron's (1963) risinājums:

$$K_{0,nc} = \frac{1}{2} \left( \frac{1 + \frac{\sqrt{6}}{8} - 3 \frac{\sqrt{6}}{8} \sin \varphi'}{1 - \frac{\sqrt{6}}{8} + 3 \frac{\sqrt{6}}{8} \sin \varphi'} \right) \approx \frac{1}{2} \left( \frac{1.3 - 0.92 \sin \varphi'}{0.7 + 0.92 \sin \varphi'} \right)$$

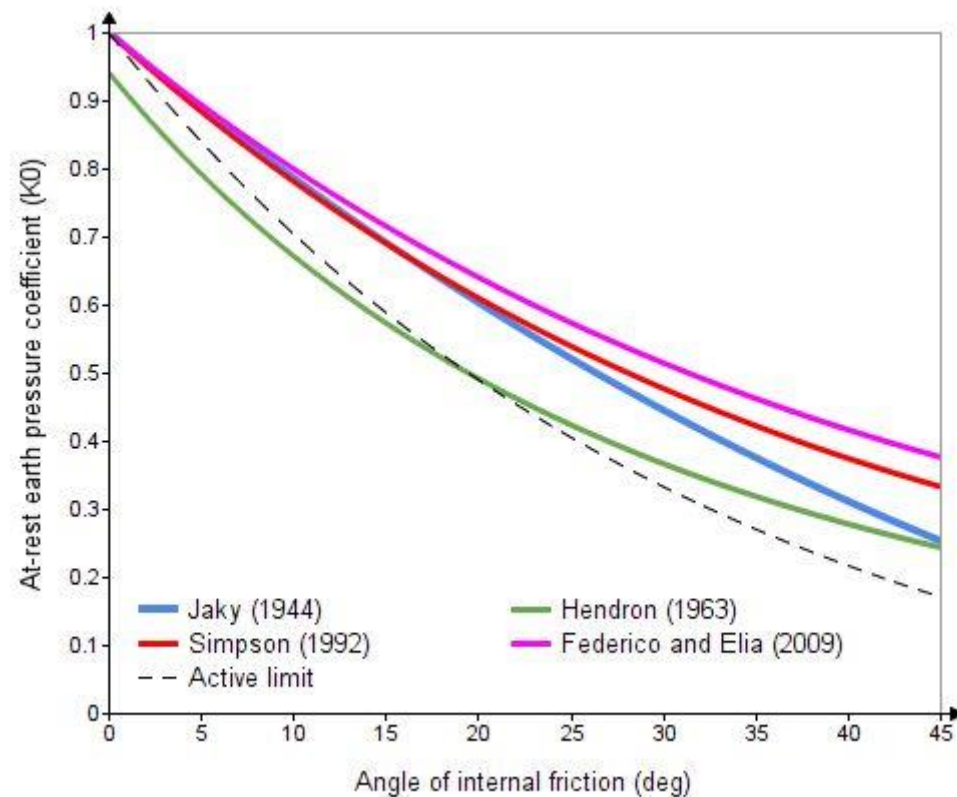
Simpson's (1992) risinājums, izmanto BRICK modeli:

$$K_{0,nc} = \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \varphi'}{1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \varphi'} \approx \frac{1 - 0.7 \sin \varphi'}{1 + 0.7 \sin \varphi'}$$

Federico un Elia's (2009) korelācija:

$$K_{0,nc} = \frac{1 - 0.64 \sin \varphi'}{1 + 0.64 \sin \varphi'}$$

# Miera stāvokļa formulējuma salīdzinājums



# Grunts spiediens miera stāvoklī pār-konsolidētās gruntīs

Meyerhof's (1976) formula pār-konsolidētās gruntīs:

$$K_{0,oc} = (1 - \sin \varphi')\sqrt{OCR}$$

$OCR$  = pār-konsolidācijas rādītājs ( $= \sigma'_p / \sigma'_{v0}$ )

$\sigma'_p$  = pirmskonsolidācijas spriegums

$\sigma'_{v0}$  = vertikālais efektīvais spriegums

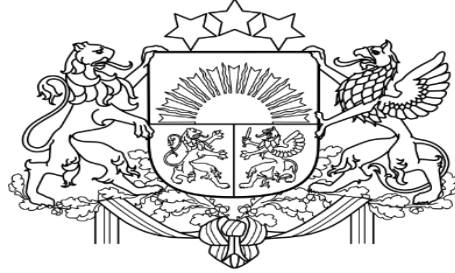
Mayne un Kulhawy's (1982) korelācija:

$$K_{0,oc} = (1 - \sin \varphi')OCR^{\sin \varphi'}$$

EN 1997-2:2004 izteiksme, iekļaujot Kezdi's (1972) uzlabojumu slīpām virsmām:

$$K_{0,oc} = (1 - \sin \varphi')\sqrt{OCR}(1 + \sin \beta)$$

$\beta$  = grunts virsmas slīpums



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Sablīvējuma grunts spiedieni

## Atbalstsienu projektēšanas pamatprincipi – 2. daļa

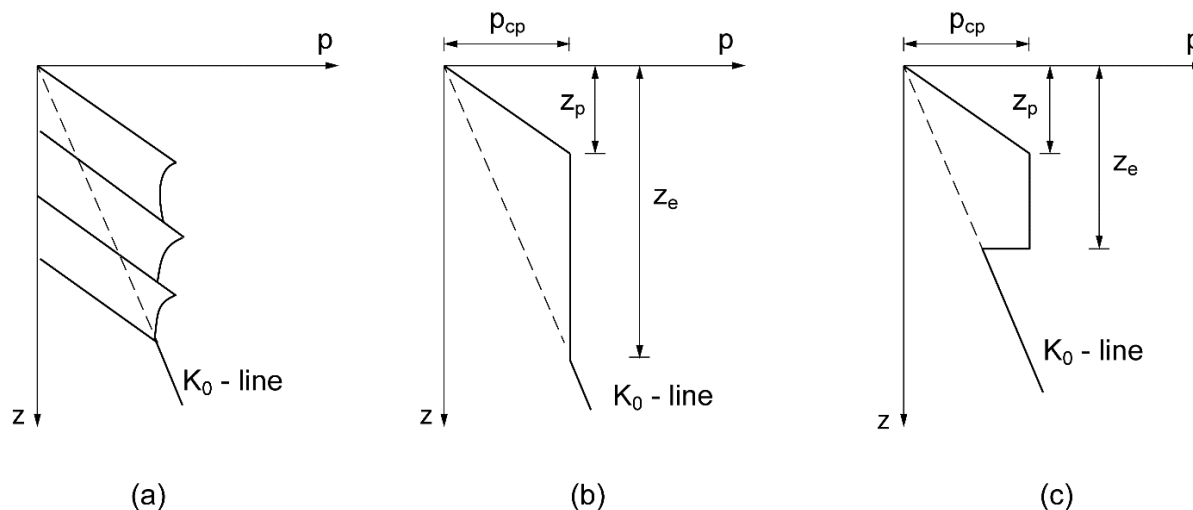
# Grunts spiediens no sablīvējuma

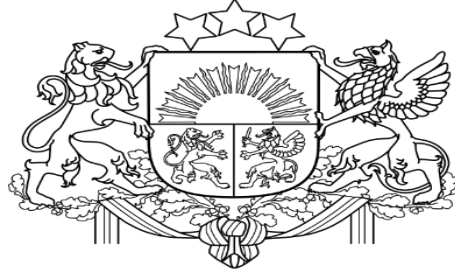
- ▶ Sabūvējums rada pasīvos grunts spiedienus augšējos slāņos
- ▶ Kad notiek sablīvēšana grunts spiediens sasniedz maksimālo vērtību
- ▶ Lielākā dziļumā, attīstās miera stāvokļa situācija

$$z \begin{cases} z \leq z_{c,\min} \\ z_{c,\min} \text{ to } z_{c,\max} \\ z \geq z_{c,\max} \end{cases} p'_c = \begin{cases} K_{p\gamma} \bar{\gamma}_c z \\ p'_{c,\max} \\ K_0 \bar{\gamma}_c z \end{cases}$$

$$z_{c,\min} = p'_{c,\max} / \bar{\gamma}_c K_{p\gamma}$$

$$z_{c,\max} = p'_{c,\max} / \bar{\gamma}_c K_0$$





Ministry of Economics  
Republic of Latvia

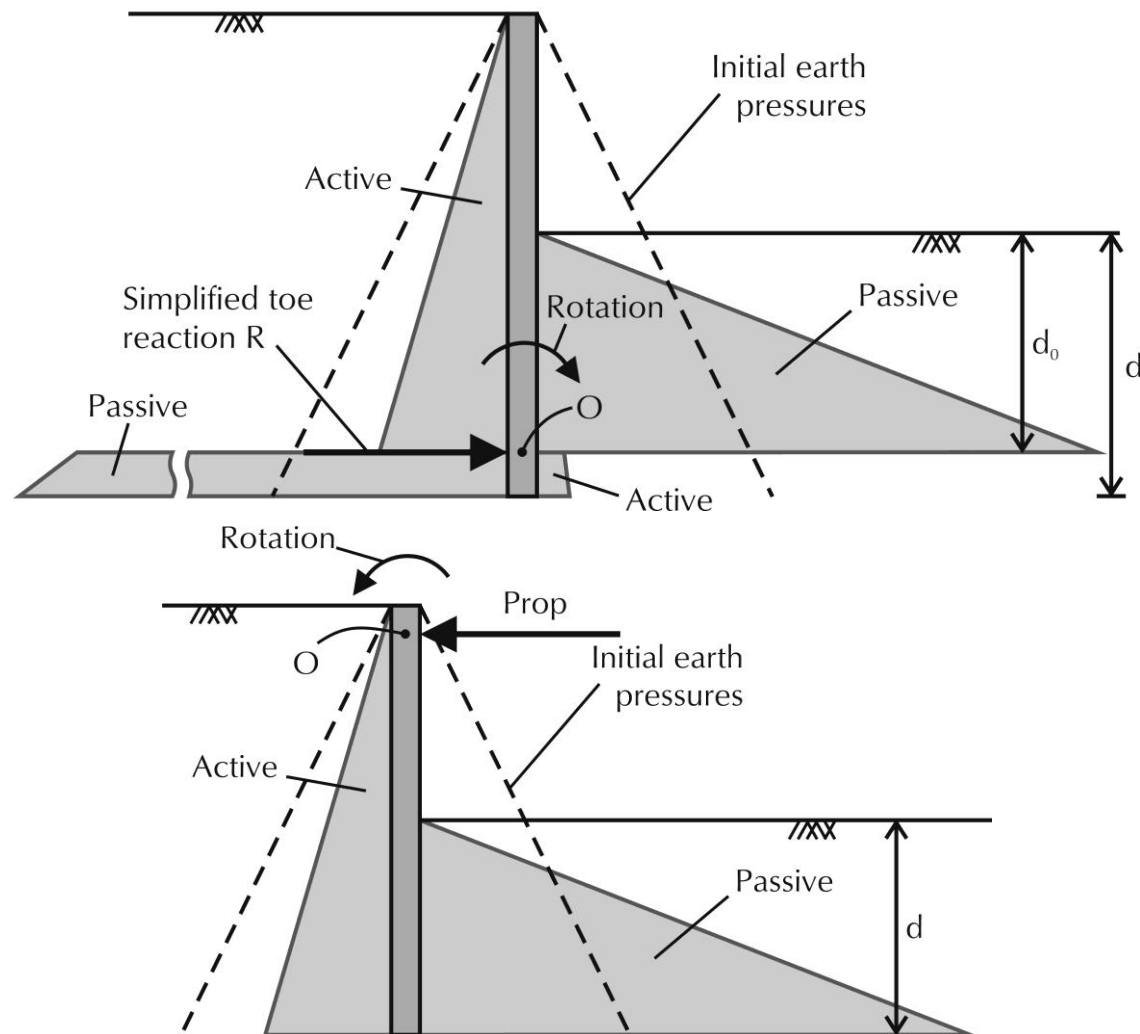
# Aprēķinu metodes

## **Atbalstsienu projektēšanas pamatprincipi – 2. daļa**

# Aprēķinu metodes

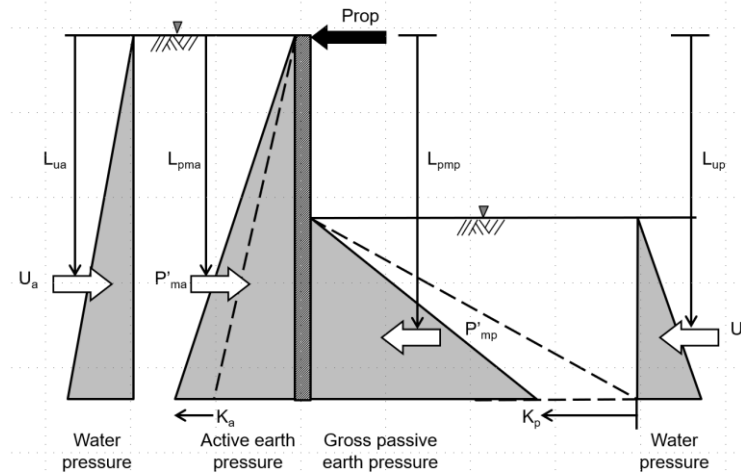
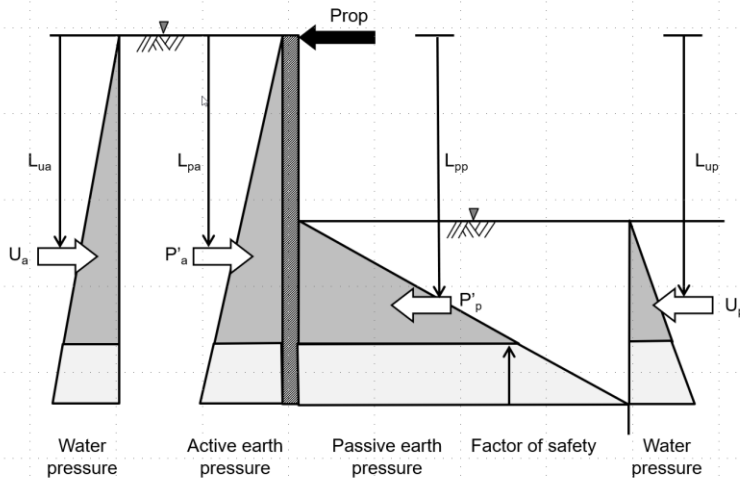
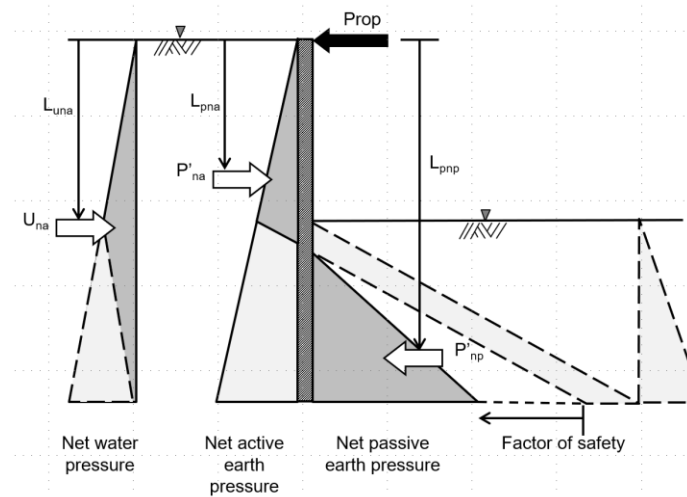
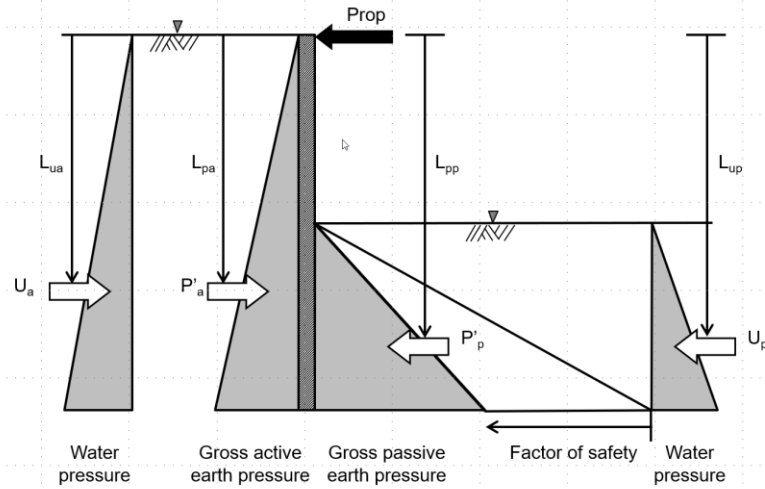
- ▶ Robežlīdzsvara modeļi
  - ▶ Kur pievienot drošības faktorus?
  - ▶ Nepieciešama aprēķinu programma
- ▶ Sija uz elastīga pamata modelis
- ▶ Grunts spiedienu diagrammas
- ▶ Atbalsta slodžu sadalījums
- ▶ Nepārtrauktas vides aprēķinu modeļi

# Robežlīdzsvara modeļi Bond un Harris (2008)



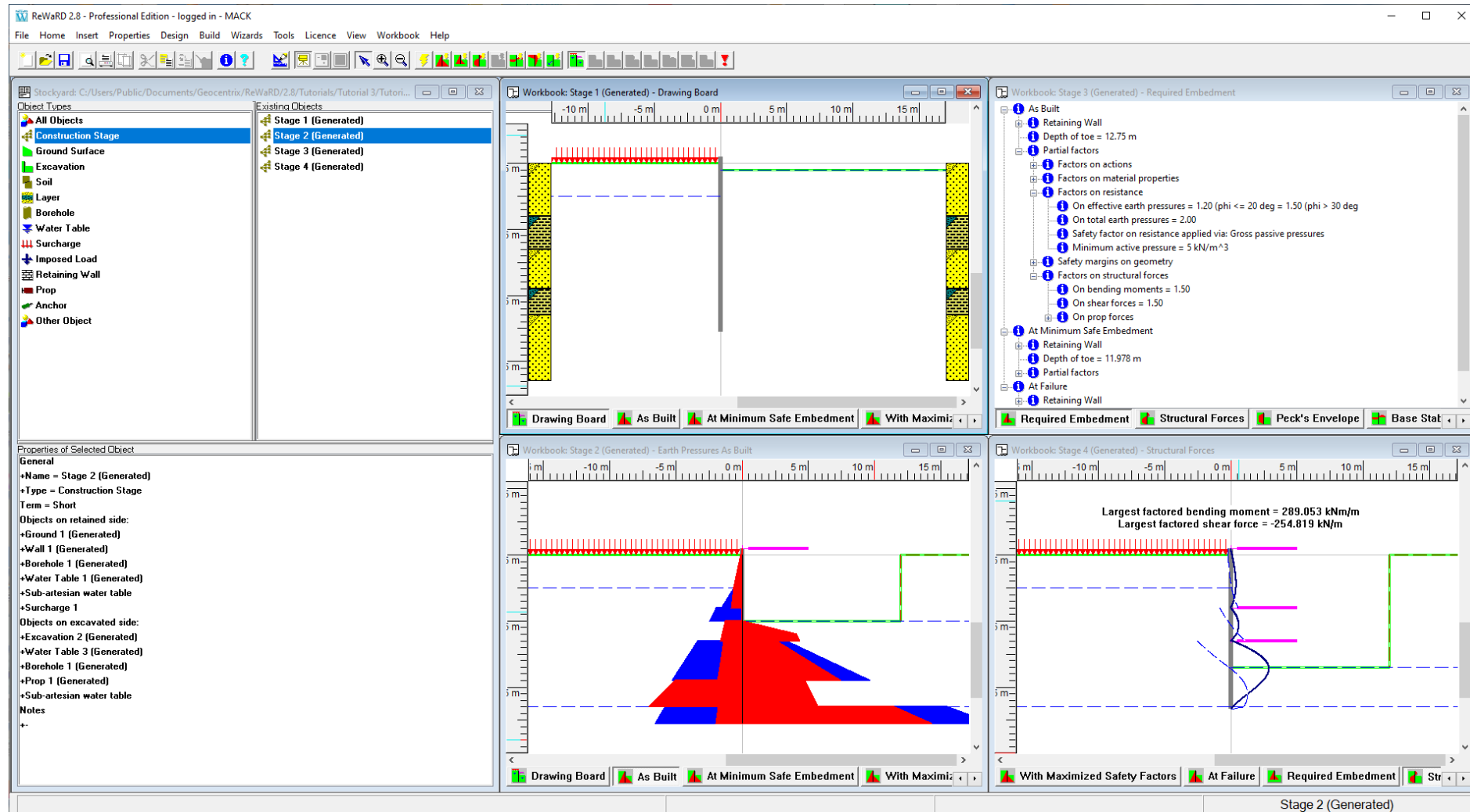


# Kur pievienot drošības faktorus?



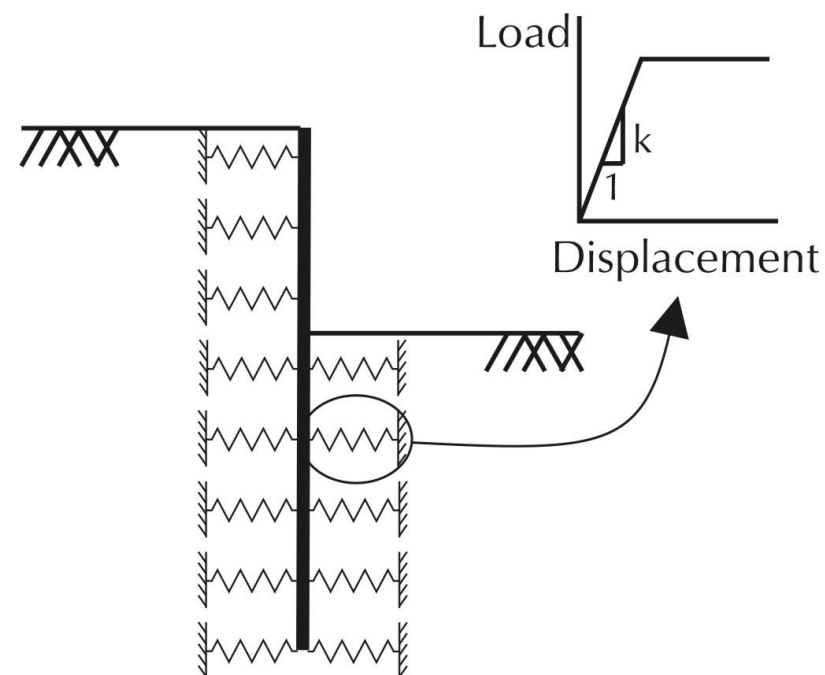
# Nepieciešama aprēķinu programma

[www.geocentrix.co.uk/reward](http://www.geocentrix.co.uk/reward)



# Sija uz elastīga pamata modelis

- ▶ Spēkus uz sienas un jebkuros balstos vai enkurvietās, kas to atbalsta, aprēķina pēc deformācijām gar sienu
- ▶ Iterācija rada spēku līdzsvaru, vienlaikus saglabājot kustības saderīgas ar sienas elastīgajām īpašībām
- ▶ Grunts gulsnes vērtības (atsperes vērtības) tiek noteiktas no lauka un laboratorijas testiem (ja pieejami) vai arī pieņemot
- ▶ Gulsnes darbība tiek definēta izmantojot grunts spiediena koef. ( $K_a$  stiepē,  $K_p$  spiedē)



## Sija uz grunts modeļi

Winkler (1867) atsperu modelī, grunts stingums tiek definēts kā spiediena/pārvietojumuis (atšķirībā no Huka atsperes konstantes, kas ir spēks/pārvietojums):

$$k = \frac{\sigma}{\delta} = \frac{E}{0.95(1 - \nu^2)h}$$

Sijas liecē galvenais vienādojums ir sekojošs:

$$EI \frac{d^4 u}{dz^4} = -bk_h u$$

# Grunts spiediena sadalījums (Peck, 1969)

Sliktākā iespējamā gadījuma grunts spiedienu tiek apskatīti, lai sākotnēji izvietotu balstus

Peck metode balstās uz monitoringa datiem no reālām būvbedrēm, galvenokārt cietos mālos Čikāgā

Grunts spiediena robežvērtības ir augšējās robežvērtības (tā pat kā atbalstu reakciju vērtības), kuras var novērtēt, nevis reālie spiedienu vērtības darba apstākļos

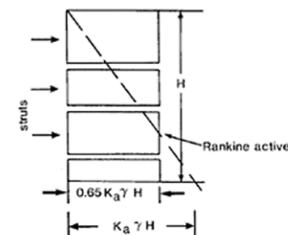
Novērojumi tiek sagrupēti atbilstoši grunts tipam

Lai izmantotu diagrammas nepieciešams:

- ▶ Dziļa būvbedre (> 6 m)
- ▶ Ūdens līmenis, kurš ir zemāks par būvbedres apakšu
- ▶ Smilts pieņemts drenēta (t.i. diagramma dod efektīvos spriegumus)
- ▶ Mals pieņemts nedrenēts (t.i. diagramma dod kopējos spriegumus)
- ▶ Sienas apakšas stabilitāte jāapskata atsevišķi

## PRESSURE DISTRIBUTION

(a) Sands  
 $K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$   
 $P_a = (1 - \sin \phi)(1 + \sin \phi)$   
 Add groundwater pressures where groundwater is above the base of the excavation

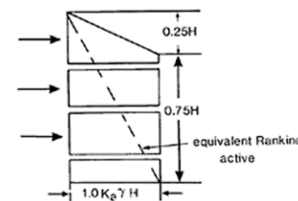


## TOTAL FORCE

$P_t = \text{trapezoid} = 0.65 K_a \gamma H^2$   
 $P_a = \text{Rankine} = 0.50 K_a \gamma H^2$   
 $P_t/P_a = 1.30$

(b) Soft to medium clays\* ( $N > 5-6$ )

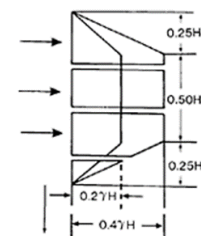
$K_a = 1 - m(4c_u/\gamma H) = 1 - (4/N)$   
 $m = 1.0$  except where cut is underlain by deep soft normally consolidated clay, when  $m = 0.4$



$m = 1.0$   
 $P_t = 0.875 \gamma H^2 (1 - (4/N))$   
 $P_a = 0.50 \gamma H^2 (1 - (4/N))$   
 $P_t/P_a = 1.75$

(c) Stiff clays\*

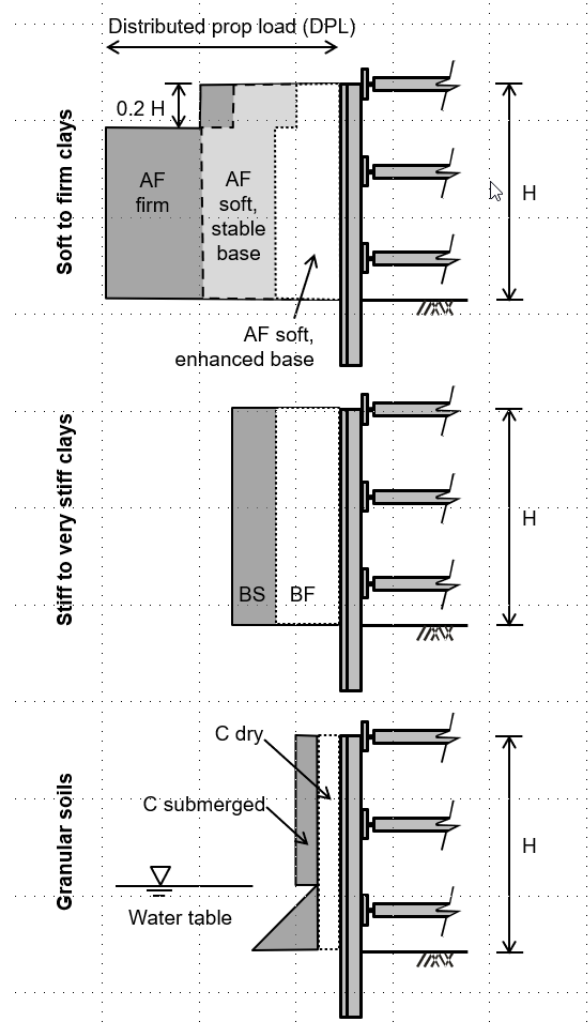
For  $N < 4$  (for  $4 < N < 6$ , use the larger of diagrams (b) and (c))



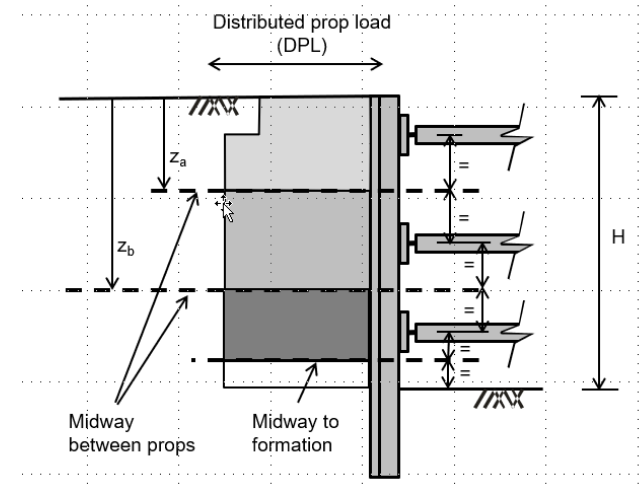
$P_t = 0.15 \gamma H^2$  to  $0.30 \gamma H^2$   
 $P_a/N = 4$ ,  $P_a = 0$   
 $N < 4$ ,  $P_a < 0$ .  
 Note: equivalent Rankine active = 0.

\*For clays, base the selection on  $N = \gamma H/c_u$ .

# Atbalstu slodžu sadalījums (CIRIA C517)



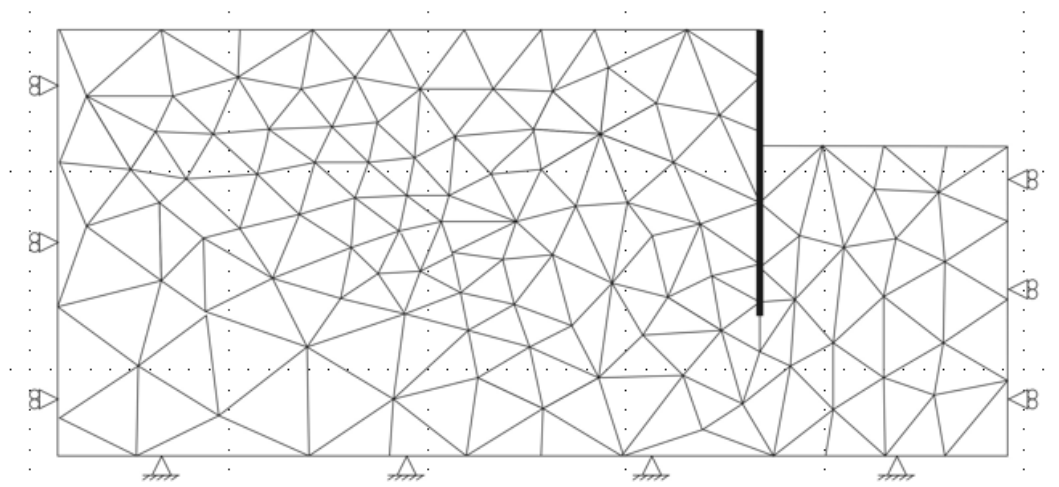
Grunts klase	Apraksts
A	Normāli vai nedaudz pārkonsolidēti māli
B	Pārkonsolidēti māli
C	Rupjdrupu gruntis
D	Samaisītas gruntis



# Atbalstu slodžu vērtību sadalījums

Klase	Grunts		DPL pāri...	
			Augšējie 20%	Apakšējie 80%
AS	Tā pat kā AF cietiem māliem			
AF	Cieti māli		$0.2 \gamma H$	$0.3 \gamma H$
	Mīksti māli ar stabilu pamatni		$0.5 \gamma H$	$0.65 \gamma H$
	Mīksti māli ar uzlabotu pamatnes stabilitāti		$0.65 \gamma H$	$1.15 \gamma H$
BS	Cieti līdz ļoti cieti māli		$0.5 \gamma H$	
BF			$0.3 \gamma H$	
C	Rupjdrupu grunts, sausa		$0.2 \gamma H$	
	Rupjdrupu grunts, zem ūdens	Virš ūdens	$0.2 \gamma H$	
		Zem ūdens	$0.2 (\gamma - \gamma_w)H + \gamma_w(z - d_w)$	

# Nepārtrauktās vides matemātiskie modeļi

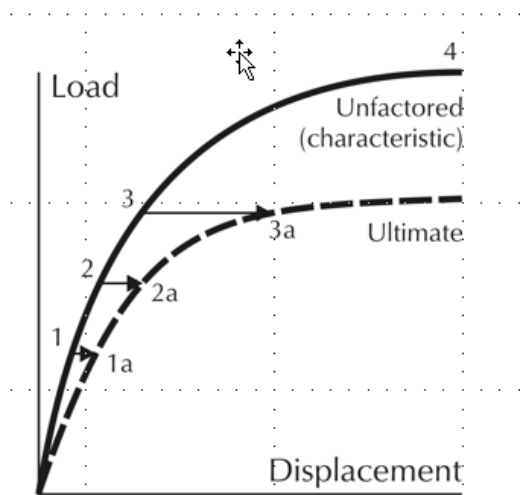


Pastāv dažādi modeļi, kurus praktiski izmanto ģeotehniskajos aprēķinos:

- ▶ galīgo elementu metode
- ▶ galīgo starpību metode
- ▶ robeželementu metode

Galvenie modeļu nosacījumi :

- ▶ Diskretizācija
- ▶ Robežnosacījumi
- ▶ Elementu tipi
- ▶ Materiālu modeļi
  - ▶ Lineāri elastīgs
  - ▶ Nehomogēns
  - ▶ Anizotrops
  - ▶ Nelineārs
  - ▶ Plasticitāte







Ministry of Economics  
Republic of Latvia

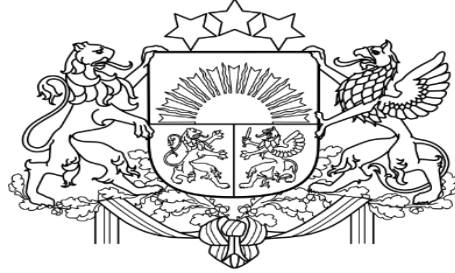
## Kopsavilkums

# Atbalstsienu projektēšanas pamatprincipi – 2. daļa

# Kopsavilkums

- ▶ Grunts spiediena teorija tiek formulēta attiecībā uz :
  - ▶ efektīvajiem spriegumiem
  - ▶ kopējiem spriegumiem
- ▶ Pastāv vairākas metodes, lai noteiktu grunts spiediena koeficientus:
  - ▶ analītiski un grafiski
  - ▶ ķīļveida mehānisms
  - ▶ Mohr sprieguma aprēķins
  - ▶ log-spirālveida sabrukuma mehānisms
  - ▶ raksturošanas metode
- ▶ Bieži lietotie aprēķinu modeļi:
  - ▶ Robežlīdzsvara modelis
  - ▶ Sija uz grunts modelis
  - ▶ Grunts spiediens līknes
  - ▶ Atbalstu slodžu sadalījums
  - ▶ Nepārtrauktas vides aprēķina modeļi

# Jautājumi un atbildes



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Labā prakse atbalstsienū projektēšanā

**[www.geocentrix.co.uk](http://www.geocentrix.co.uk)**

# Literatūras saraksts

- ▶ Chris R.I Clayton, Rick I.Woods, Andrew J. Bond, and Jarbas Militisky (2013), Earth Pressure and Earth-Retaining Structures, Third Edition, CRC Press.

## Pusdienu pārtraukums / 13:30 - 14:00



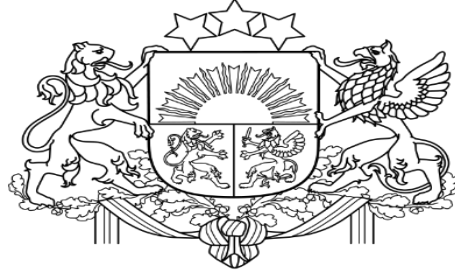


Ministry of Economics  
Republic of Latvia

## **Training seminar / Apmācību seminārs**

**Verification of limit states for retaining structures**  
**Struktūru noturības stāvokļu pārbaude**

**Dr Andrew Bond (United Kingdom)**



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Atbalstsienu robežstāvokļu pārbaudes

**Dr Andrew Bond (Geocentrix)**  
**Immediate-Past Chair TC250/SC7 Geotechnical design**

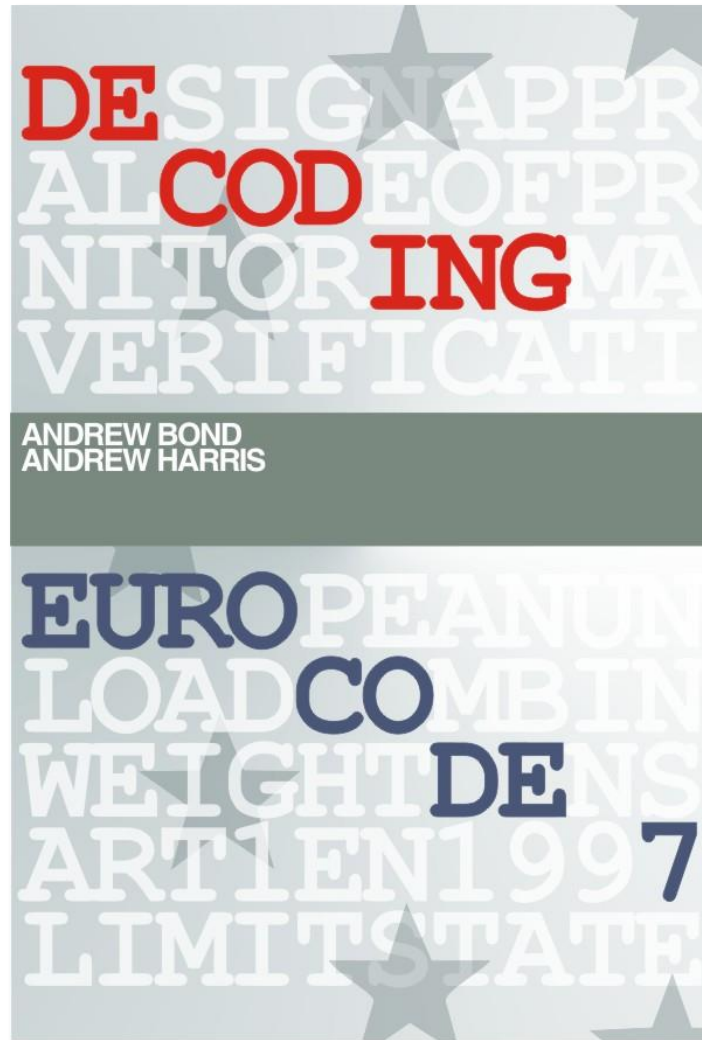


# Atbalstsienu robežstāvokļu pārbaudes

- ▶ Aprēķinu situācijas
- ▶ Nestspējas robežstāvoklis
- ▶ Lietojamības robežstāvoklis
- ▶ Izmaiņas 2ās paaudzes Eirokodos
- ▶ Kopsavilkums
- ▶ Jautājumi un atbildes

# Decoding Eurocode 7

[www.decodingeurocode7.com](http://www.decodingeurocode7.com)



Grāmata publicēta 2008. gada augustā

## Key features/Galvenās nianšes

Apraksta NE 1997-1 un -2, kā arī atbilstošās citu Eirokodu daļas

Apraksta izbūves un testēšanas standartus

Skaidro galvenos principus

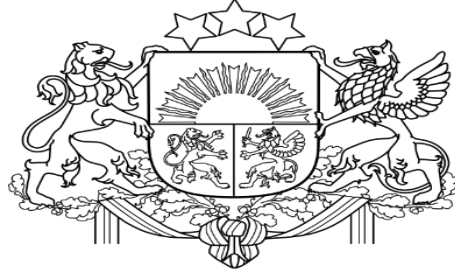
Specifiskos noteikumus attiecina uz reāliem aprēķinu gadījumiem un projektiem

Saturs testētsursos vairāk nekā 5 gadus

Autori Andrew Bond un Andy Harris

Publicēts Taylor and Francis

ISBN: 9780415409483



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

## Aprēķina situācija

# Atbalstsienu robežstāvokļu pārbaudes

# Aprēķina situācijas

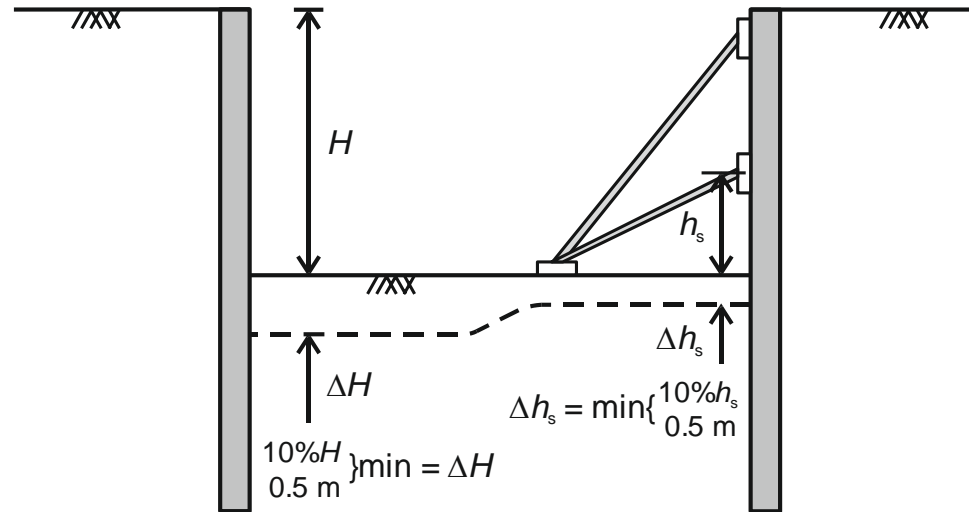
- ▶ Aprēķina situācijas atbalstsienām
- ▶ Plānotie un neplānotie ierakumi

# Aprēķina situācijas atbalstsienām

Iekļauj, bet ne tikai:

- ▶ Ierakuma fāzes, būvniecību, lietošanu un uzturēšanu
- ▶ plānotās nākotnes konstrukcijas vai jebkādas nākotnē plānotās papildus slodzes vai atslogošana iekš ģeotehniskās konstrukcijas ietekmes zonas
- ▶ ietekmes uz ūdeni norobežojušajām konstrukcijām, ledus un viļņu slodze
- ▶ potenciālie atkārtotas slogošanas un atslogošanas cikli

# Plānotie un neplānotie ierakumi EN 1997-1:2004 §9.3.2.2(2)



Konstrukcijas ģeometrijā ņem vērā paredzamo rakšanu vai iespējamo skalošanu fiksējošās konstrukcijas priekšā. ULS verifikācijai “ar normālu kontroles pakāpi”:

$$a_d = a_{\text{nom}} \pm \Delta a \Rightarrow H_d = H_{\text{nom}} + \Delta H$$

- ▶ Vērtības  $\Delta a$ , kas ir mazākas par tām, kas norādītas [attēlā], ieskaitot  $\Delta a = 0$ , var izmantot, ja ir noteikts, ka virsmas līmenis ir ticami kontrolējams visā attiecīgajā izpildes periodā

*Ja virsmas līmenis ir īpaši neskaidrs, jāizmanto  $\Delta a$  vērtības, kas lielākas par [attēlā]*



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Nestspējas robežstāvoklis

## Atbalstsienu robežstāvokļu pārbaudes

# Nestspējas robežstāvoklis (ULSs)

- ▶ Nestspējas robežstāvoklis atbalstsienām
- ▶ Nestspējas robežstāvokļa pārbaudes gruntī iedziļinātām atbalstsienām
- ▶ Stiprības pārbaudes GEO/STR
- ▶ Parciālie faktori GEO/STR
- ▶ Latvijas nacionālais pielikums EN 1997-1
- ▶ Aprēķinu pieejas izvēle
- ▶ Kopējā stabilitāte
- ▶ Rotācijas stabilitāte gruntī iegremdētām atbalstsienām
- ▶ Ierakuma stabilitāte (pamatnes kūkumošanās)
- ▶ Konstruktijas sabrukums
- ▶ Slodzes efekti atgāžņos, enkuros



# Nestspējas robežstāvoklis atbalstsienām

Papildus “parastajiem” robežstāvokļiem (kas noteikti EN 1997-1) visām atbalstsienu konstrukcijām jāpārbauda šādi nestspējas robežstāvokļi:

- ▶ konstruktīvo elementu (sienas, enkuru, iežu enkuru, izkliedsiju, atgāžņu) sabrukums
- ▶ savienojumu vai robežvirsmu sabrukums starp konstruktīvajiem elementiem
- ▶ kombinētais sabrukums gruntī un konstruktīvajā elementā
- ▶ pārmērīgas atbalstsienas deformācijas, kas izsauc blakusesošo konstrukciju vai pakalpojumu sabrukumu
- ▶ Gravitācijas sienas un kompleksās atbalstsienas...
  - ▶ nestspējas zudums pamatnes gruntij, apskatot slodžu slīpumu un ekscentritāti
  - ▶ slīdēšanas noturības zudums
  - ▶ apgāšanās
- ▶ Gruntī iedziļinātām atbalstsienām
  - ▶ rotācijas vai horizontālas atbalstsienas pārvietošanās sabrukums
  - ▶ sabrukums vertikālā līdzsvara zuduma dēļ

Pārējos ULS nepieciešams pārbaudīt, ja nepieciešams

Kad tuvumā esošās konstrukcijas ir jutīgas pret grunts pārvietojumiem, jāveic pasākumi, lai novērstu to, ka šīs konstrukcijas pārsniedz nestspējas robežstāvokli

## Nestspējas robežstāvokļa pārbaudes gruntī iedziļinātām atbalstsienām

- ▶ Nestspējas pārbaude (pēc §6 Seklie pamati):

$$V_d \leq R_d \Rightarrow q_{Ed} \leq q_{Rd}$$

- ▶ Rotācijas stabilitātes aprēķins (bieži nosaka aprēķinu) :

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \Rightarrow M_O \leq M_R$$

- ▶ Konstruktīvās pārbaudes (lieces moments, bīde) atbilstoši 2. un 3. eirokodam:

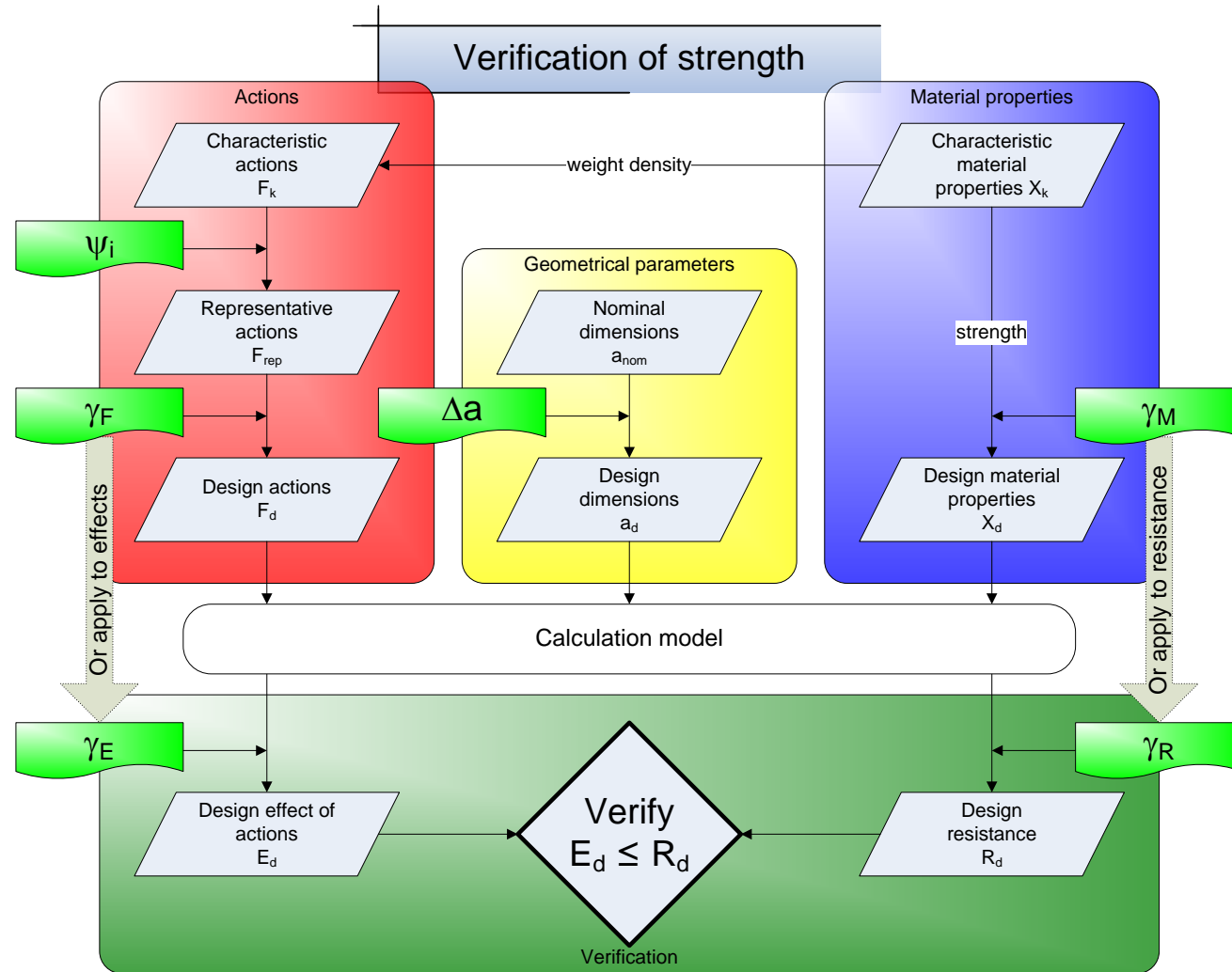
$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ and } V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

- ▶ Kopējās stabilitātes pārbaude:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \Rightarrow M_{over} \leq M_{rest}$$

# Stiprības pārbaudes GEO/STR

## Bond un Harris (2008)



# Parciālie faktori GEO/STR

## EN 1997-1:2004 (Bond & Harris, 2008)

Parametrs		Simbo ls	Slodzes faktors		Materiāla faktors		Pretestības faktors											
			A1	A2	M1	M2	R1	R2	R3	R4								
Pastāvīgā slodze (G)	Nelabvēlīgs	$\gamma_G$	1.35	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0							
	Labvēlīgs	$(\gamma_{G,fav})$	1.0															
Mainīgā slodze (Q)	Nelabvēlīgs	$\gamma_Q$	1.5	1.3														
	Labvēlīgs	-	(0)	(0)														
Bīdes pretestība ( $\tan \varphi$ )		$\gamma_\varphi$											1.25					
Efektīvā saiste ( $c'$ )		$\gamma_c$																
Nedrenētā bīdes pretestība ( $c_u$ )		$\gamma_{c_u}$																
Vienass spiedes stiprība ( $q_u$ )		$\gamma_{q_u}$																
Tilpumsvars ( $\gamma$ )		$\gamma_\gamma$																
Nestspēja ( $R_v$ )		$\gamma_{R_v}$																
Slīdēšanas pretestība ( $R_h$ )		$\gamma_{R_h}$																
Grunts pretestība ( $R_e$ )	Sienas	$\gamma_{R_e}$						1.0	1.4	1.0	(1.0)							
	Nogāzes								1.1									
Pāļu nestspēja								Skat. atsevišķu tabulu										
Faktori, kas norādīti pastāvīgām un pārejošām projektēšanas situācijām																		

# Latvijas nacionālais pielikums EN 1997-1

- ▶ Latvijas Valsts Standarts (LVS) publicējis NE 1997-1 Nacionālo pielikumu 2019. gadā
- ▶ LVS EN 1997-1/NA
- ▶ Latvijas Nacionālais pielikums nosaka:
  - ▶ Atbalstsienas pārbaudes atbilstoši Aprēķinu pieejai 2
  - ▶ Kopējās stabilitātes pārbaudes Aprēķinu pieejai 3



LVS EN 1997-1/NA

2019. gada 12. decembris

ICS 91.120.20

Aizstāj: LVS EN 1997-1:2005 A /NA:2013

## 7. Eirokodekss. Ģeotehniskā projektēšana. 1. daļa: Vispārīgie noteikumi. Nacionālais pielikums

Eurocode 7 - Geotechnical design - Part 1: General rules -  
National annex

### Priekšvārds

Latvijas standarta nacionālais pielikums LVS EN 1997-1:2005/NA:2019 "7. Eirokodekss. Ģeotehniskā projektēšana. 1. daļa: Vispārīgie noteikumi. Nacionālais pielikums" ir standarta LVS EN 1997-1:2005 „7. Eirokodekss. Ģeotehniskā projektēšana. 1. daļa: Vispārīgie noteikumi” pielikums, kurā ietverti nacionāli nosakāmie parametri.

Nacionālais pielikums ir izstrādāts un apstiprināts standartizācijas tehniskajā komitejā LVS/STK 30 Būvniecība.

Šī pielikuma prasību ievērošana ir obligāta, piemērojot standartu LVS EN 1997-1:2005 Latvijas Republikā.

Reproduction in any form without the LVS written permission is prohibited

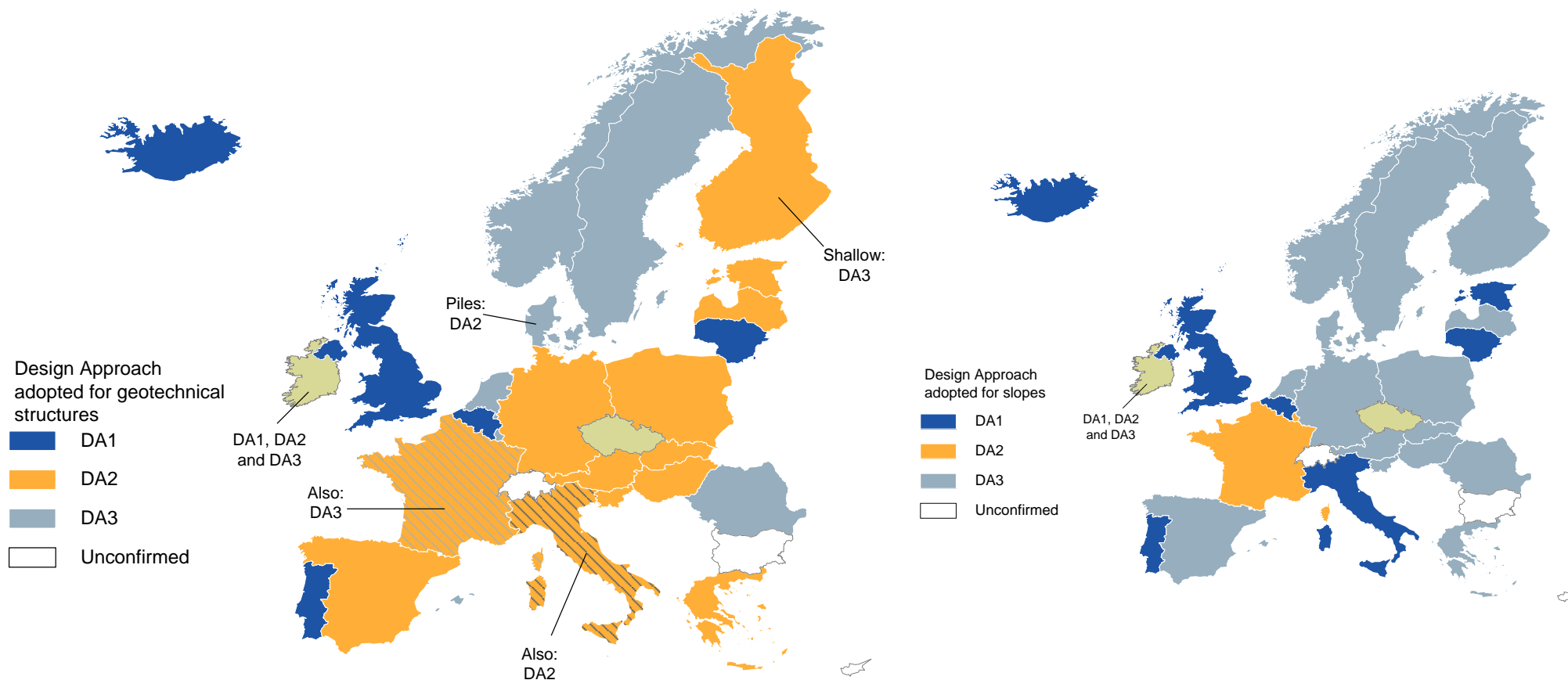
© LVS 2019

Lappuses: 5

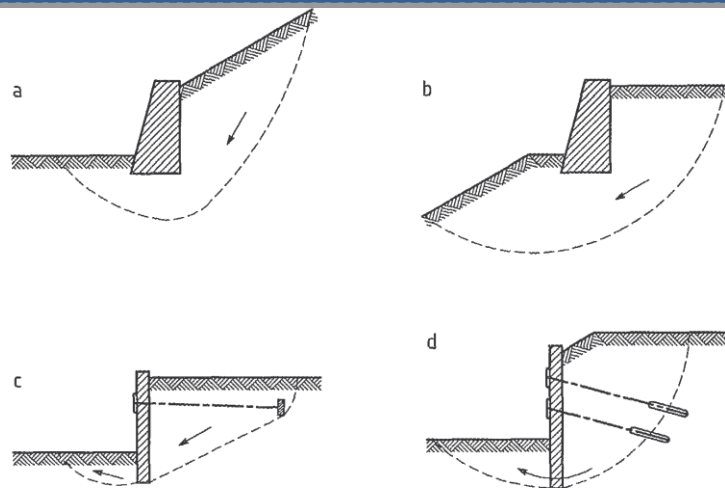
Atsauce: LVS EN 1997-1:2005/NA:2019

# Valstu aprēķinu pieeja

## 1) konstrukcijas, r) nogāzes (pēc Bond, 2013)

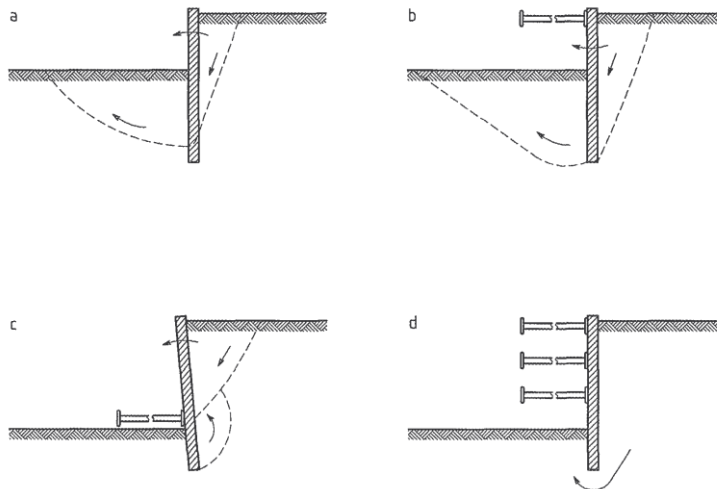


# Kopējā stabilitāte



Aprēķinu pieeja atbilstoši EN 1997-1:2004			
	1	2	3
Kombinācija 1	Kombinācija 2		
$A1 + M1 + R1$	$A2 + M2 + R1$	$A1 + M1 + R2$	$A2 + M2 + R3$
Slodzes	ledarbes & Materiālu īpašības	Slodzū efekti & pretestības	Slodzes & Materiālu īpašības
Galvenie faktori >> 1.0; nesvarīgie faktori > 1.0; faktoriem, kuriem nav ietekmes = 1.0 Komplekti A1-A2 = uz slodzēm un efektiem; M1-M2 = materiālu īpašībām; R1-R3 = pretestībām			

# Atbalstsienu rotācijas stabilitāte



## Aprēķinu pieeja atbilstoši EN 1997-1:2004

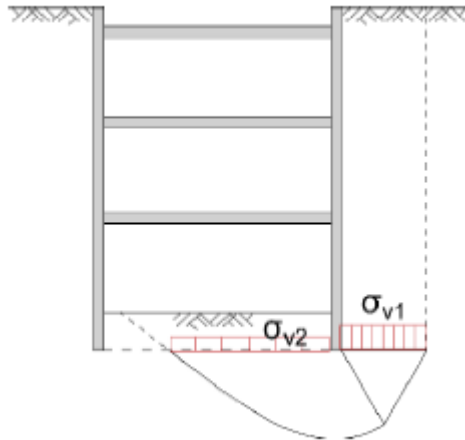
	1	2	3
Kombinācija 1	Kombinācija 2		
$A1 + M1 + R1$	$A2 + M2 + R1$	$A1 + M1 + R2$	$A1/A2 + M2 + R3$
Slodzes	Iedarbes & Materiālu īpašības	Slodzes & Pretestības	Konstruktīvās slodzes, ģeotehniskās slodzes & Materiālu īpašības
Galvenie faktori $>> 1.0$ ; nesvarīgie faktori $> 1.0$ ; faktori, kuriem nav ietekmes = 1.0 Komplekti A1-A2 = slodzēm/efektiem; M1-M2 = materiālu īpašībām; R1-R3 = pretestībām			



# Ierakuma stabilitāte (pamatnes kūkumošanās)

Robežspiediens, kurš drīkst tikt pielikts sienas apakšas līmenī ārpus būvbedres:

$$\sigma_{v1} \leq \frac{\gamma B}{2} N_\gamma + \sigma_{v2} N_q + c N_c$$
$$\rightarrow \sigma_{v2} N_q + c N_c$$



$\gamma$  = grunts tilpumsvars zem būvbedres

$B$  = būvbedres platums

$\sigma_{v2}$  = vertikālais spriegums būvbedres pusē sienas līmenī

$c$  = grunts efektīvā saite

Vienkāršota izteiksme attiecas uz (nedrenētām) smalgraudainām gruntīm ( $N_\gamma = 0$ ) un rupjgraudainām gruntīm, un hidrauliskais gradients ir koncentrēts ārpus sienas ( $B \rightarrow 0$ )

# Konstrukcijas sabrukums

Atbalstsienas konstrukcijas un tās daļu stiprības jāpārbauda atbilstoši sekojošiem standartiem:

- ▶ EN 1992-1-1 betona un dzelzsbetona atbalstsienas
- ▶ EN 1993-1-1 un EN 1993-5 tērauda atbalstsienām
- ▶ EN 1994-1-1 kompozītajām tērauda un betona atbalstsienām
- ▶ EN 1995-1-1 koka elementu atbalstsienām
- ▶ EN 1996-1-1 mūra atbalstsienas

# Slodzes efekti atgāžņos, enkuros BS 8002:2015 §7.7.5 & Tabula 11

Aprēķina aksiālā atbalsta pretestībai jābūt lielākai vai vienādai par aprēķina asspeku ( $F_d$ ), kurš dots:

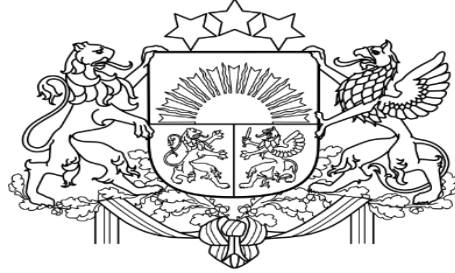
$$F_d = \max \left\{ \begin{array}{l} \overbrace{F_{Ed,ULS}}^{ultimate} = \overbrace{\gamma_{Sd}}^{model\ factor} \times \overbrace{P_{d,ULS}}^{inc.\ load\ factor} \\ \gamma_F \times \underbrace{F_{Ed,SLS}}_{serviceability} = \underbrace{\gamma_F}_{load\ factor} \times \underbrace{\gamma_{Sd}}_{model\ factor} \times \underbrace{P_{d,SLS}}_{unfactored} \end{array} \right.$$

$F_{Ed,ULS}$  = aprēķina spēks (ietekme) atbalstā nestspējas robežstāvoklī;  $F_{Ed,SLS}$  lietojamības robežstāvoklī

$P_{d,ULS}$  = aprēķinātais asspēks ar ULS parametriem, lai neļautu atbalst konstrukcijai pārsniegt ULS

$P_{d,SLS}$  = aprēķinātais asspēks ar SLS parametriem, lai neļautu atbalst konstrukcijai pārsniegt SLS

Atbalstu skaits	Atbalsta līmenis	Modeļa faktors $\gamma_{Sd}$ citām aprēķina metodēm		
		Robežlīdzsvara metode	Atsperes vai matemātiskie modeļi	Izkliedētu atbalstu reakciju metode
$\geq 1$	Augšā	1.3	1.0	1.0
	Cits	1.15	1.0	1.0



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Lietojamības robežstāvoklis

## Atbalstsienu robežstāvokļu pārbaudes

# Lietojamības robežstāvokļi

- ▶ Lietojamības robežstāvokļi atbalstsienām
- ▶ Pārvietojumu pārbaudes SLS
- ▶ Pamatu pārvietojumu aprakstīšana
- ▶ Robeždeformācijas
- ▶ Pieredzes salīdzināšana ir svarīga

# Lietojamības robežstāvokļi atbalstsienām

Papildus „parastajiem” robežstāvokļiem, kas norādīti EN 1997-1, visām atbalstsienu konstrukcijām jāpārbauda šādi lietojamības robežstāvokļi :

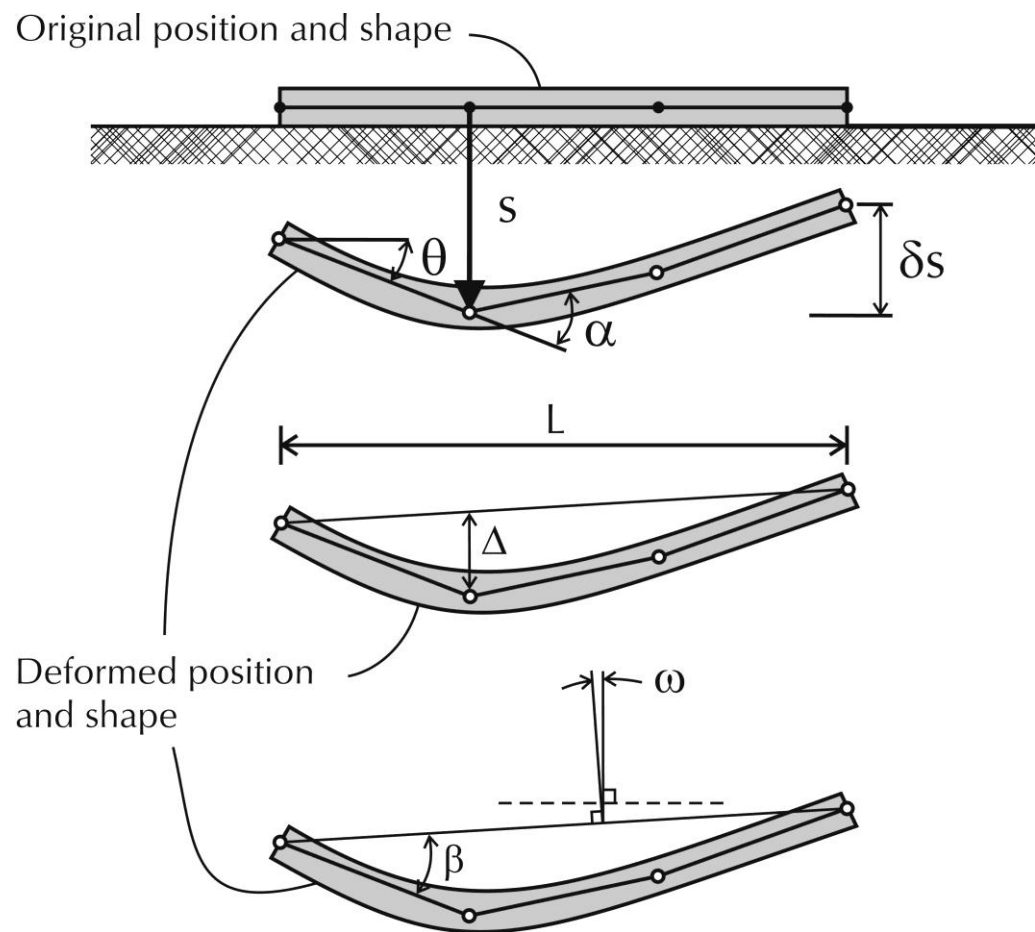
- ▶ neparedzēta sūce zem konstrukcijas;
- ▶ neparedzētas gruntsūdens režīma izmaiņas
- ▶ atbalstsienas pārvietojumi, kas izsauc defektus vai bojā blakusesošo konstrukciju vai pakalpojumu, kas atkarīgi no šīm konstrukcijām, izskatu

Citi SLS robežstāvokļi jāpārbauda, ja nepieciešams

Kad tuvumā esošās konstrukcijas ir jutīgas pret grunts kustībām, jāveic pasākumi, lai novērstu to, ka šīs konstrukcijas pārsniegtu lietojamības robežstāvokli



# Pamatu pārvietojumu aprakstīšana EN 1997-1 Pielikums H



## ► Burland & Wroth's (1975) termini, kas apraksta pamatu pārvietojumus:

- sēšanās,  $s$
- nevienmērīga sēšanās,  $\delta s$
- Rotācijas leņķis,  $\theta$
- leņķiskā rel. Deformācija,  $\alpha$
- Relatīvā deformācija,  $\Delta$
- Ielieces attiecība,  $\Delta/L$
- Sasvēršanās leņķis,  $\omega$
- Relatīvais pagrieziena leņķis (leņķiskā sagrašanās),  $\beta$



# Robeždeformācijas EN 1997-1 Pielikums H

Maksimāli pieļaujamais rotācijas leņķis ( $\beta_{Cd}$ ) lai izpildītu SLS robežstāvokli atkarīgs no konstrukcijas:

- ▶ Parasti no 1/2000 līdz 1/300 (0.05-0.33%)
- ▶ 1/500 pietiekami lielākajā gadījumā (0.2%)

Sēšanās vērtības parasti tiek apskatītas kā ielieces (parasti)

Ja pastāv izliece, tad vērtības ir jāatņem viena no otras

- ▶ t.i. 1/1000 (0.1%)

Sēšanās ( $s_{Cd}$ ) līdz 50 mm ir parasti atļaujamas atsevišķiem pamatiem

- ▶ Atkarībā no konstrukcijas tipa un pielietojuma

*“... Dažas vadlīnijas dotas [Pielikumā H] kā pieļaujamās konstruktīvās deformācijas, bet ļoti konservatīvā veidā”*

Smoltczyk, Netzel, un Kany (2003)

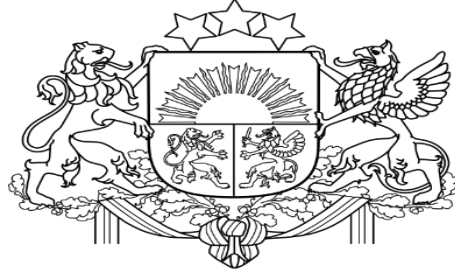
Geotechnical Engineering Handbook, Vol. 2 (vāciski)

# Pieredzes salīdzināšana ir svarīga

*Atbalstsienų deformāciju un pārvietojumu, kā arī ietekmi uz balstītajām konstrukcijām un pakalpojumiem piesardzīgi jānovērtē vienmēr, pamatojoties uz salīdzināmu pieredzi. Šajā novērtējumā iekļauj sienas izbūves ietekmi. Aprēķinu nepieciešams pamatot, pārbaudot, vai paredzami pārvietojumi nepārsniedz robežvērtības*

EN 1997-1:2004 §9.8.2(2)P

- ▶ **Nepieciešams noteikt pārvietojumus:**
  - ▶ kur blakusesošās konstrukcijas un pakalpojumi ir jutīgi, tos pakļaujot deformācijām
  - ▶ kur nav salīdzināmas pieredzes
- ▶ **Deformāciju aprēķinus nepieciešams veikt, kur atbalstsiena...**
  - ▶ atbalsta vairāk, kā 6 m zemas plasticitātes mālainu grunti
  - ▶ atbalsta vairāk kā 3 m grunti ar augstu plasticitāti
  - ▶ tiek atbalstīta ar mīkstas konsistences māliem iedziļinājuma zonā vai zem pamata

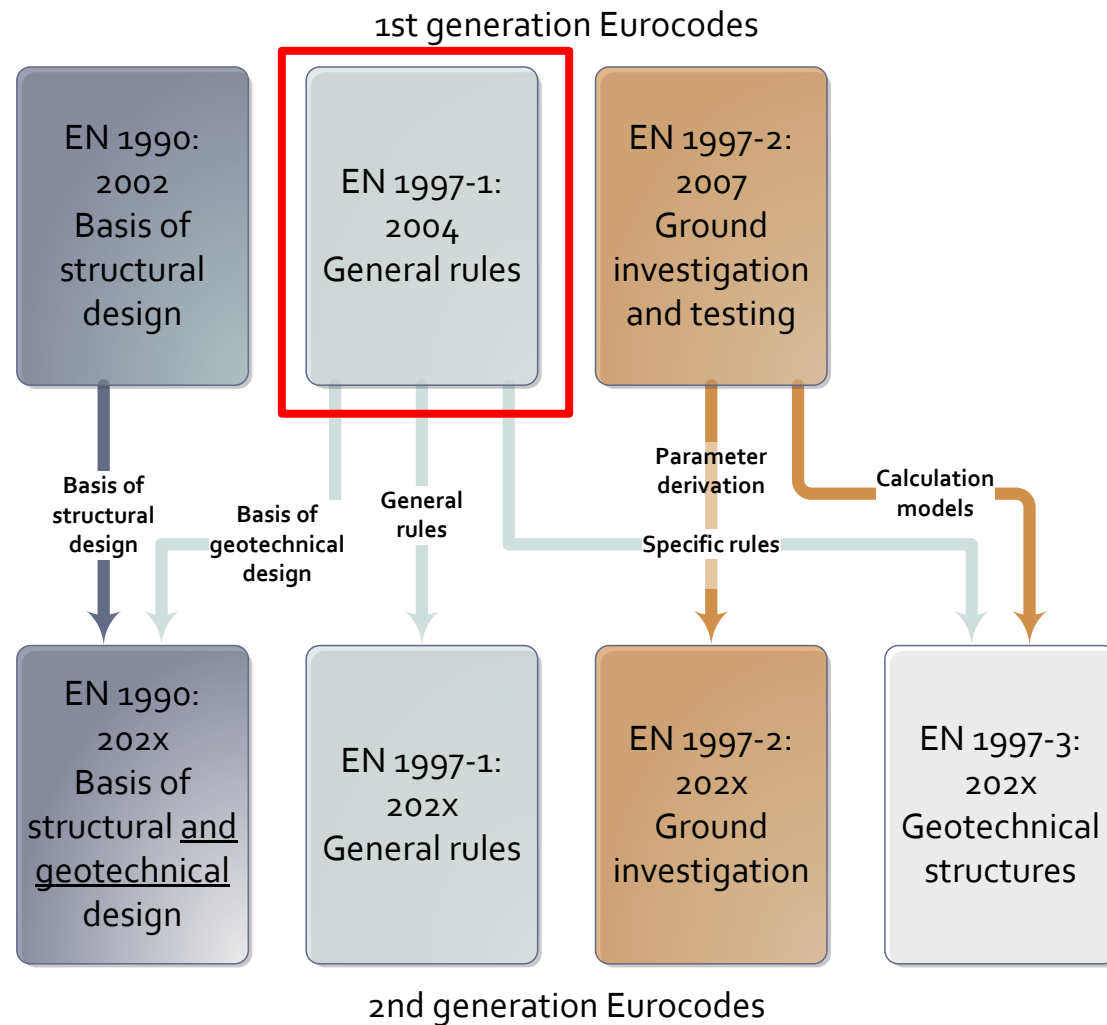


Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Izmaiņas 2ās paaudzes eirokodos

## **Atbalstsienu robežstāvokļu pārbaudes**

# 1ās un 2ās paaudzes eirokodu ģeotehniskās projektēšanas pamatprincipi



# Nestspējas robežstāvokļa daļējie koeficienti atbilstoši prEN 1997-3:2019

**Table 7.2 (NDP) – Partial factors for the verification of ground resistance against retaining structures for fundamental (persistent and transient) design situations**

Verification of	Partial factor on	Symbol	Material factor approach (MFA) – both combinations (a) and (b)		Resistance factor approach (RFA)
			(a)	(b)	
Overall stability	See Clause 4 <sup>3</sup>				
Bearing resistance of gravity walls	See Clause 5				
Bearing resistance of embedded walls	See Clause 6				
Rotational resistance	Actions and effects-of-actions	$\gamma_{t}$ and $\gamma_{i}$	DC4 <sup>1</sup>	DC3 <sup>1</sup>	DC4 <sup>1</sup>
	Ground properties	$\gamma_{s}$	M1 <sup>2</sup>	M3 <sup>2</sup>	Not factored
	Passive earth resistance	$\gamma_{re}$	Not factored		1,4
Basal heave	See Clause 5				
<sup>1</sup> Values of the partial factors for Design Cases (DCs) 3 and 4 are given in EN 1990 Annex A. <sup>2</sup> Values of the partial factors for Sets M1 and M3 are given in EN 1997-1 Annex A.					

# Slodžu un iedarbju parciālie koeficienti atbilstoši prEN 1990:2020

Action or effect				Partial factors $\gamma_F$ and $\gamma_E$ for Design Cases 1 to 4				
Type	Group	Symbol	Resulting effect	Structural resistance	Static equilibrium and uplift		Geotechnical design	
Design case				DC1 <sup>a</sup>	DC2(a) <sup>b</sup>	DC2(b) <sup>b</sup>	DC3 <sup>c</sup>	DC4 <sup>d</sup>
Formula				(8.4)	(8.4)		(8.4)	(8.5)
Permanent action ( $G_k$ )	All <sup>f</sup>	$\gamma_G$	unfavourable /destabilizing	$1,35k_F$	$1,35k_F$	1,0	1,0	$G_k$ is not factored
	Water	$\gamma_{Gw}$		$1,2k_F$	$1,2k_F$	1,0	1,0	
	All <sup>f</sup>	$\gamma_{G,stab}$	stabilizing <sup>g</sup>	not used	$1,15^e$	1,0	not used	
	Water <sup>l</sup>	$\gamma_{Gw,stab}$			$1,0^e$	1,0		
	All	$\gamma_{G,fav}$	favourable <sup>h</sup>	1,0	1,0	1,0	1,0	
Prestressing ( $P_k$ )		$\gamma_P^k$						
Variable action ( $Q_k$ )	All <sup>f</sup>	$\gamma_Q$	unfavourable	$1,5k_F$	$1,5k_F$	$1,5k_F$	1,3	$\frac{\gamma_{Q,1}^j}{\gamma_{G,1}}$
	Water <sup>l</sup>	$\gamma_{Qw}$		$1,35k_F$	$1,35k_F$	$1,35k_F$	1,15	1,0
	All	$\gamma_{Q,fav}$	favourable	0				
Effects of actions ( $E$ )		$\gamma_E$	unfavourable	effects are not factored				$1,35k_F$
		$\gamma_{E,fav}$	favourable					1,0

# Parciālie koeficienti kopējai stabilitātei (prEN 1997-3: 2019)

Parciālie faktori attiecināti	Simboli	Materiālu koef. pieeja (MFA)	Pretestību koef. pieeja (RFA)
Slodzes (izņemot ūdens slodzi)	$\gamma_G$ $\gamma_Q$	1.0 1.3	Netiek atļauta
Ūdens slodze	$\gamma_{Gw}$ $\gamma_{Qw}$	1.0 1.15	
Grunts īpašības	$\gamma_{\tan\phi}$ $\gamma_{cu}$	1.25 $K_M$ 1.4 $K_M$	
CV un paliekošā iekšējā berze	$\gamma_{\tan\phi,cv}$ $\gamma_{\tan\phi,res}$	1.1 $K_M$ 1.1 $K_M$	
Grunts pretestība	$\gamma_R$	(nav ņemts vērā)	
Iedarbes uz slodzēm	$\gamma_E$	(nav ņemts vērā)	

## Parciālie koeficienti rotācijai stabilitātei atbalstsienām

Parciālie faktori tiek attiecināti uz	Simboli	Materiālu koef. pieeja (MFA)		Pretestību koef. pieeja (RFA)
		(a)	(b)	
Slodzes (izņemot ūdens slodzi)	$\gamma_G$	(nav ņemts vērā)	1.0	(nav ņemts vērā) 1.11
	$\gamma_Q$	1.11	1.3	
Ūdens slodze	$\gamma_{Gw}$	(nav ņemts vērā)	1.0	(nav ņemts vērā) 1.0
	$\gamma_{Qw}$	1.0	1.15	
Grunšu īpašības	$\gamma_{\tan\varphi}$	1.25	1.25 $K_M$	(nav ņemts vērā)
	$\gamma_{cu}$	1.4	1.4 $K_M$	
Pasīvais grunts spiediens	$\gamma_{Re}$	(nav ņemts vērā)		1.4
Slodžu efekti	$\gamma_E$	1.35 $K_F$		1.35 $K_F$





Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Kopsavilkums

## **Atbalstsienu robežstāvokļu pārbaudes**

# Kopsavilkums

## Atbalstsienu nestspējas robežstāvokļi

- ▶ EN 1997-1:2004 nosaka, ka nepieciešamas GEO/STR robežstāvokļa pārbaudes, kas attiecas uz:
  - ▶ Kopējo stabilitāti
  - ▶ Rotācijas stabilitāti gruntī iedziļinātām sienām
  - ▶ Ierakumu stabilitāti (pamatnes kūkumošanos)
  - ▶ Konstruktijas sabrukums
  - ▶ Slodzes efekti atgāžņos un enkuros
- ▶ Aprēķina pieejas ir katras valsts izvēle

## Lietojamības robežstāvoklis atbalstsienu

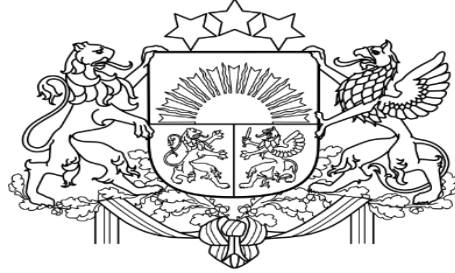
- ▶ Robeždeformācijas ir atkarīgas no katrā projektā definētā
- ▶ Svarīgi izmantot salīdzināmu pieredzi

## 2ās paaudzes 7. eirokods:

- ▶ vienkāršo aprēķina pieejas izvēli (Aprēķina pieejas 1/2/3 tiek pārveidotas par MFA vai RFA)

# Atbalstsienu robežstāvokļu pārbaudes

## Jautājumi un atbildes



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Labā prakse atbalstsienū projektēšanā

**[www.geocentrix.co.uk](http://www.geocentrix.co.uk)**

# Literatūras saraksts

- ▶ Andrew Bond and Andrew Harris (2008), *Decoding Eurocode 7*, Taylor & Francis
- ▶ Bond A.J. (2013). *Implementation and evolution of Eurocode 7*, in 'Modern Geotechnical Design Codes of Practice', IOS Press, Amsterdam, pp3-14.
- ▶ EN 1997-1:2004, *Eurocode 7 – Geotechnical design: Part 1 – General rules*, European Committee for Standardization
- ▶ EN 1997-2:2007, *Eurocode 7 – Geotechnical design: Part 2 – Ground investigation and testing*, European Committee for Standardization
- ▶ prEN 1990:2020, *Basis of structural and geotechnical design*, CEN TC250
- ▶ prEN 1997-1:2019, *Eurocode 7 – Geotechnical design: Part 1 – General rules*, CEN TC250/SC7
- ▶ prEN 1997-3:2020, *Eurocode 7 – Geotechnical design: Part 3 – Geotechnical structures*, CEN TC250/SC7

Programma 15:30 -16:00

Jautājumu un atbilžu sesija



Ministry of Economics  
Republic of Latvia

# Paldies par uzmanību!