

SITOWISE

Luotettavuuteen perustuva kalliotekninen suunnittelu

Louhinta- ja kalliotekniikan päivät 17.-18.1.2019

Terhi Seppälä



Diplomityö

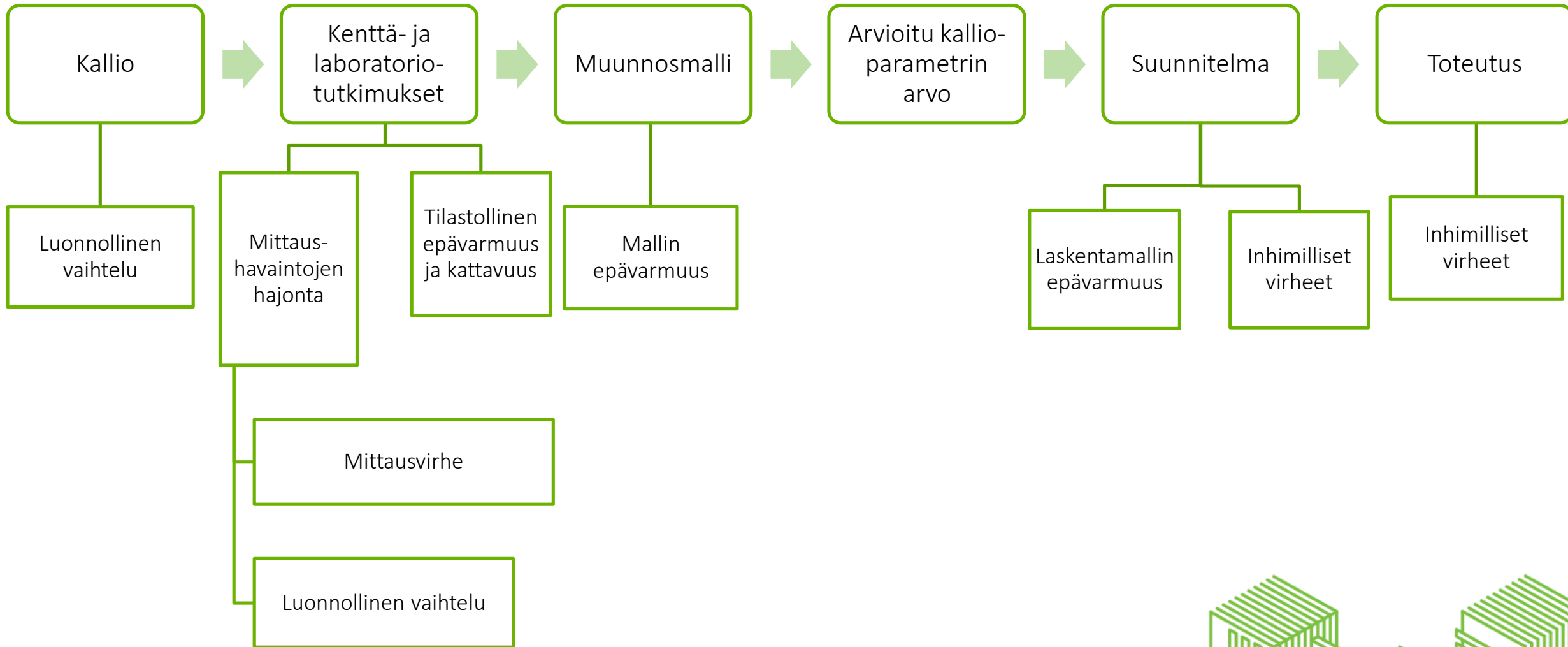
Tekijä	Terhi Seppälä
Otsikko	Luotettavuuteen perustuva kalliotekninen suunnittelu
Valvoja	Prof. Mikael Rinne
Suorituspaikka	Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu
Aikataulu	Aloitus elokuussa 2018, työn palautus helmikuussa 2019
Tutkimusmenetelmät	Kirjallisuuskatsaus Case-study: Helsingin Olympiastadionin peruskorjaushanke

Työ tehtiin Sitowise Oy:ssä.

SITOWISE



Epävarmuuden lähteet



Epävarmuuden hallinta mitoituslaskelmissa

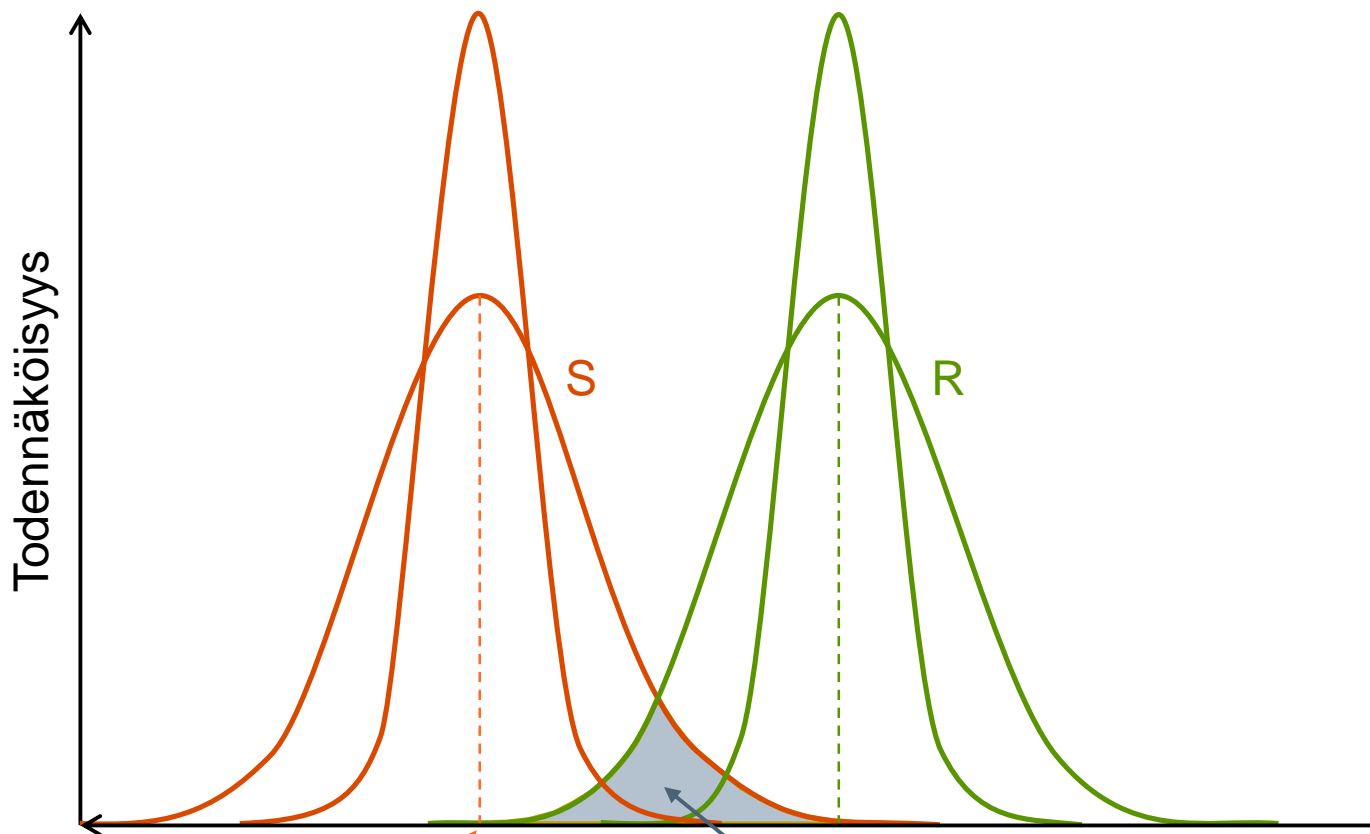
- Konservatiivisuus parametrien valinnassa
 - Varmuuskertoimet
 - Kokonaisvarmuuskerroin
 - (Osavarmuuskertoimet (Eurokoodit))
 - Herkkyystarkastelu
- Ei välttämättä riipu suoraan tapauskohtaisesta epävarmuuden määrästä
- Luotettavuuteen perustuva suunnittelu (RBD = Reliability-Based Design)



Luotettavuuteen perustuva suunnittelu (RBD)

- Käytössä jo pitkään rakennesuunnittelussa (-> Eurokoodit), kalliorakentamisessa lähinnä kaivosalalla
- Parametrina ei yksittäinen arvo, vaan jakauma (keskiarvo ja keskihajonta)
 - Hajonta ilmaisee parametrin epävarmuuden
 - Pyritään huomioimaan kaikki epävarmuuden lähteet mahdollisimman hyvin
- Tuloksena saadaan vaurioitumistodennäköisyys
 - Suurempi epävarmuus -> suurempi vaurioitumistodennäköisyys





S = kuorma, R = lujuus

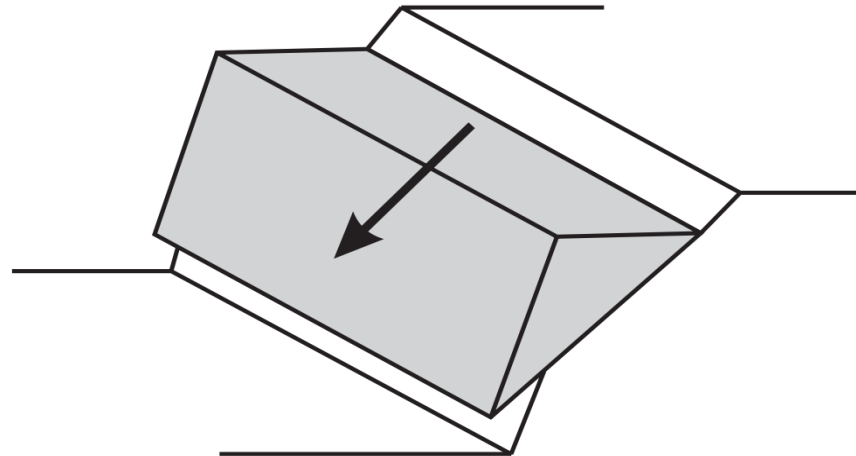
$$FOS = \frac{R}{S} > 1$$

$$R - S > 0$$



Esimerkki

- Lohkon jatkuva tasosortuma avoleikkauksessa, ei lujitusta
- Lähtötiedot Helsingin Olympiastadionin peruskorjaushankkeesta
- Raon kaade: keskiarvo= 17° , keskihajonta= $20,5^\circ$
Raon kitkakulma: keskiarvo= $39,18^\circ$, keskihajonta= $5,49^\circ$
- Parametrien keskiarvoilla FOS = 2,67, 5%-fraktilin arvoilla FOS = 0,47
- Vaurioitumistodennäköisyys = 17,2 %



Hyödyt

- Epävarmuus huomioidaan kvantitatiivisesti ja johdonmukaisesti
 - Voidaan laskea parametrien suhteelliset herkkyudet
 - Tuottaa luotettavuudeltaan vertailukelpoisempia suunnitelmia
- Voi vähentää ylimitoitusta
- Huomioi korrelaation
- Huomioi, että parametri voi olla sekä edullinen että epäedullinen
- Voi käyttää Bayesian-menetelmää tarkentamaan lähtötietoja



Haasteet

- Kalliorakenteiden suunnitteluun tarkoitettuja käytäntöjä tai virallista ohjeistusta ei ole (esim. vaurioitumistodennäköisyyden raja-arvot)
- Voi olla työläämpi kuin nykyiset suunnittelumenetelmät
- Ohjelmistotuki vähäistä ja puutteellista
 - Yhdistettynä numeeriseen mallinnukseen hidas
- Kaikkea epävarmuutta on vaikea huomioida/määritellä



Yhteenveto

- Antaa monipuolisemman kuvan rakenteen luotettavuudesta kuin perinteiset menetelmät
- Voi mahdollistaa turvallisempien ja taloudellisempien rakenteiden suunnittelun
- Tuo lisäarvoa erityisesti kun:
 - Hanke on riskialtis/haastava
 - Lähtötiedot ovat puutteelliset
- Vielä jonkin verran kehitettävää (ohjelmistot, käytännöt, raja-arvot...)



SITOWISE

