



Betonirakenteiden korjaaminen 2024

Inari Weijo, Ramboll Finland Oy

Mikko Rauhanen, IfCon Oy

Kuntotutkimuksen
pääperiaatteet, vaiheet
ja sisällön suunnittelu



Kuntotutkimuksen sisältöön vaikuttavat tekijät

- Sisällön suunnittelun tavoitteet:

- Selvitetään **oikeita ja oleellisia asioita** tutkimuksen tavoitteiden mukaisesti
- riittävän laajat **otokset** luotettavasti
- riittävän tarkat **menetelmät**

➤ **Tutkitaan kerralla -> lisätutkimusten välttäminen**

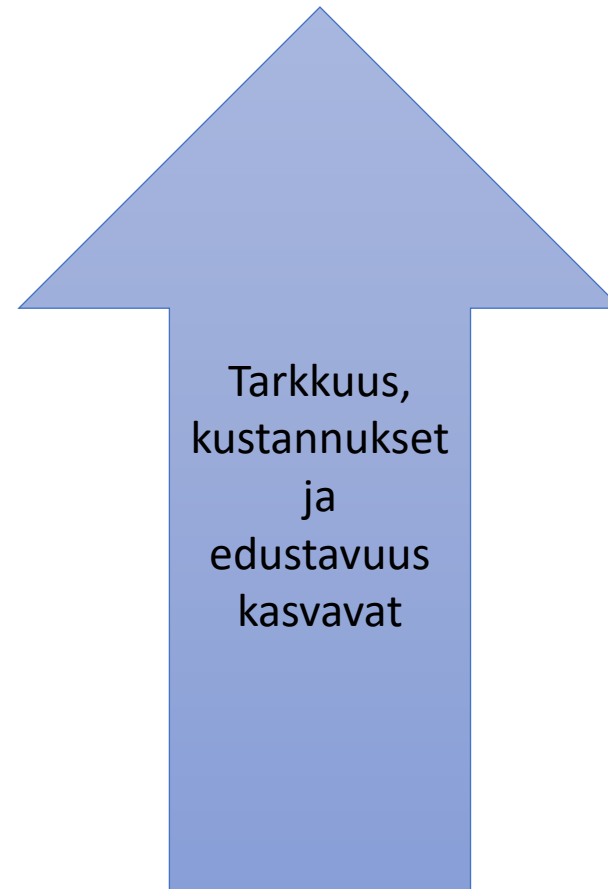
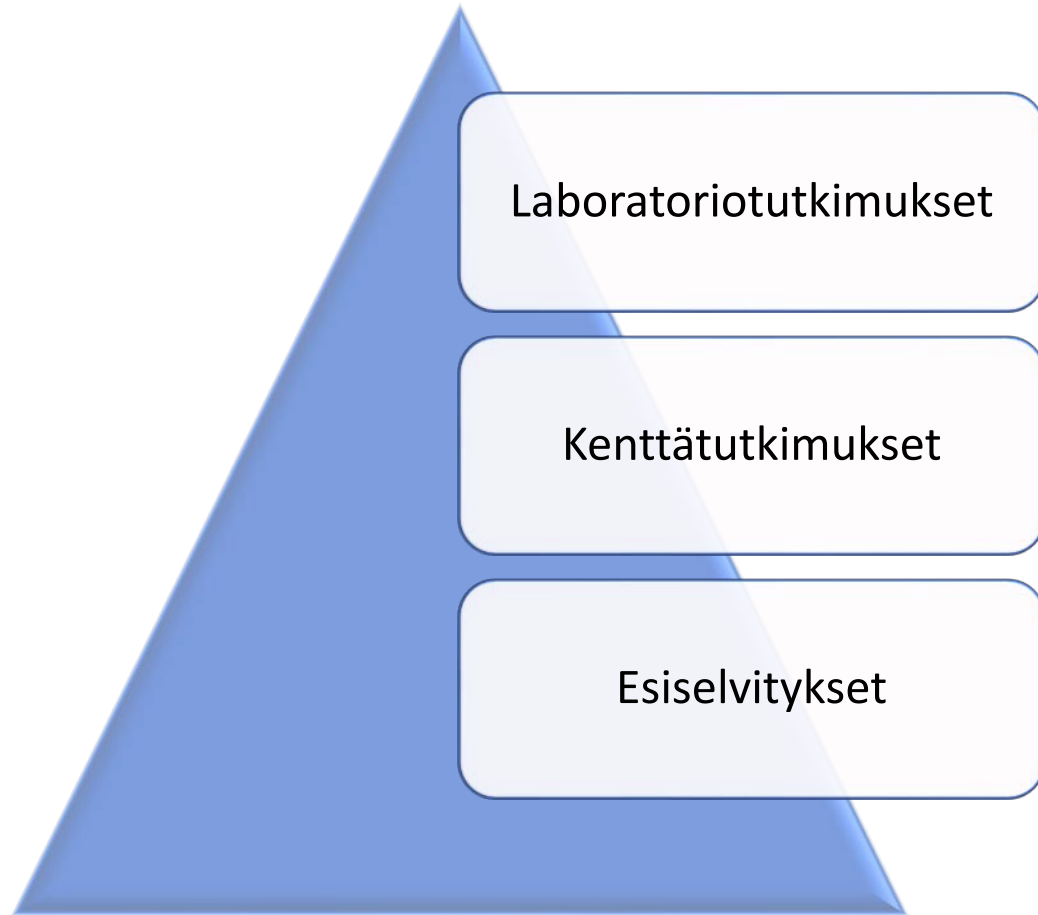
- Huonokuntoisessa kohteessa näkyvät vauriot kertovat jo paljon
- Heikkokuntoisessa kohteessa hyvinkin kevyt tutkimus voi olla täysin riittävä!
- Hyväkuntoisessa kohteessa hyvin monet asiat on tutkittava mittaamalla
- Mitä vähemmän näkyviä vaurioita – sitä laajempi tutkimus tarvitaan!

Kuntotutkimuksen sisältöön vaikuttavat tekijät

- Yleisimmät ja merkittävimmät tutkittavat vauriotyypit ja toimivuuspuutteet:
 - raudoitteiden korroosio (ruostuminen)
 - betonin pakkasenkestävyys ja rapautuminen (sisäinen/ulkoinen)
 - rakenteiden ja yksityiskohtien kosteustekniset toimivuuspuutteet
 - kiinnitysten, kannatusten ja sidontojen vauriot
 - pintatarvikkeiden ja -käsittelyiden vauriot
 - halkeilu ja muodonmuutokset
 - käytön aiheuttama vaurioituminen
- Lisäksi rakenteiden seuraavat ominaisuudet ja asiat on syytä käsitellä vauriotapojen yhteydessä:
 - aiemmat korjaukset
 - terveydelle ja ympäristölle vaarallisten aineiden olemassaolo.
- olemassa olo
- laajuus
- sijainti
- aste
- syy
- vaikutukset
- eteneminen

Turvallisuus – taloudellisuus / korjausmenetelmän valinta - estetiikka

Kuntotutkimuksen sisältöön vaikuttavat tekijät

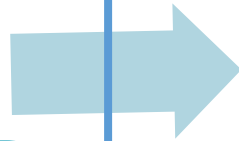


Kuntotutkimuksen vaiheet



Esiselvitykset

- Tavoitteiden selvittäminen
- Asiakirjojen tarkasteleminen
- Silmämääräinen katselmus kohteella
 - Rakennerekaisujen ja rakenteiden toiminnan selvittäminen, potentiaaliset ongelmat
 - Tutkimussuunnitelman laatiminen



Varsinaiset tutkimukset ja mittaukset

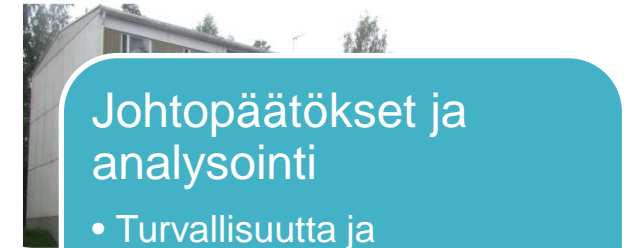
- Alkuperäiset suunnitelmat ja rakenneratkaisut
- Rakenteiden silmämääräinen havainnointi kohteella
- Kenttätutkimukset
- Näytteenotto
- Laboriotutkimukset



As Oy

Julkisivu-, parveke- ja vesikattorakenteiden kuntotutkimus

20.8.2018



Johtopäätökset ja analysointi

- Turvallisuutta ja terveellisyyttä heikentävät tekijät
- Korjausvaihtoehdot ja niiden tarkastelu
- Kustannusarvio
- Lisä- ja jatkotutkimustarve

Esiselvitykset

1. Tavoitteiden määrittäminen

- Korjaustarve

- Ovatko rakenteet korjattavissa (teknisesti ja taloudellisesti)?
- Soveltuvat korjausmenetelmät?
- Kunnossapidon tarve?
- Korjausajankohta?

- Turvallisuus

➤ Tietoa tilaajalle ja suunnittelijalle (ei tutkimustuloksia)



Esiselvitykset

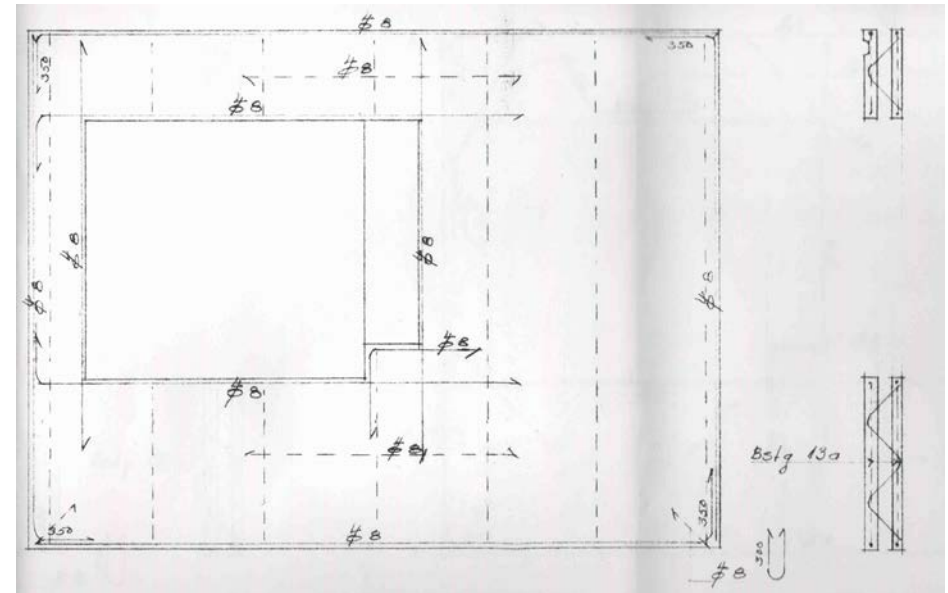
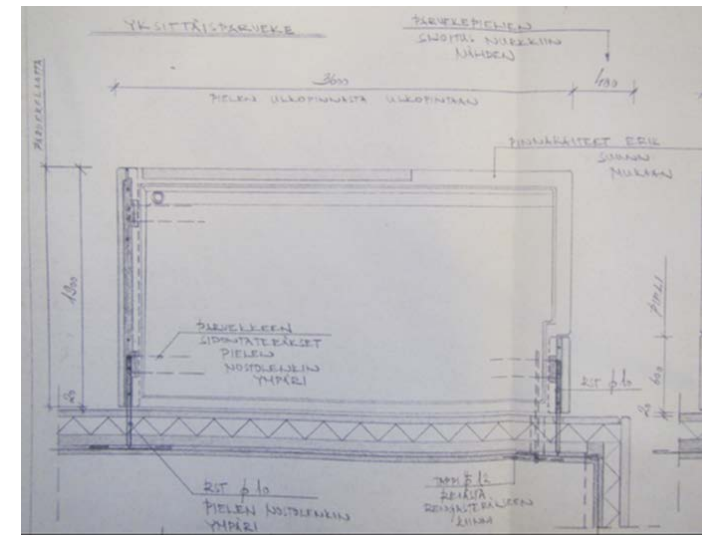
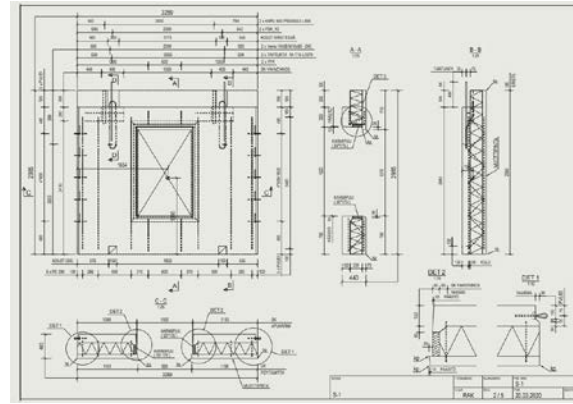
2. Asiakirjojen tarkastelu, **talo**

- Alkuperäiset rakenne- ja elementtisuunnitelmat
- Aiemmat kuntoarviot ja –tutkimukset
- Käyttäjien havainnot
- Hyviä lähteitä yleensä: kiinteistön oma arkisto / rakennusvalvonta
- Rakenteita ei välttämättä ole toteutettu suunnitelmien mukaan!

➤ Rakenteet, valmistustapa ja materiaalit

➤ Rasitustaso

➤ Vaurioalttius



Esiselvitykset

2. Asiakirjojen tarkastelu, infra

- Taitorakennerekisteri
- Arkistot (kunnat, ELY:t, Väylävirasto)
- Geosuunnitelmien arkistot
- Rasiustasot
- Kaapeliselvitykset
- Tilaajan tarpeet
 - Mahdolliset muutostarpeet
 - Nyt vai myöhemmin
- Karttasovellukset

T-2185 Paloaseman alikulkukäytävä

Raisio-Naantali • SE VAR YT 2018 Naantali
Lisää rakennejoukkoon

PERUSTIEDOT
Teräsbetoninen laattasilta, elementtirakenteinen
Raisio, 00040 002 1 03330 / Naantali-Piikkiö
Väylävirasto, Varsinais-Suomen ELY-keskus
KVL 18090, Alikulkukäytävä
Hlmin: 23 m
Pit: 13 m (6 m)
BLE I
Lki,Ek1

KUNTO JA TAPAHTUMAT

RAKENNETIEDOT

KUVAT (39)

DOKUMENTIT (6)
Vino siipimuurielementti 12.1.1989
Maatukielementti 12.1.1989
Kansielementit 10.4.1989

Kunto ja vauriot, tilanneraportti

Tarkastajaa palvelevat tiedot

KT 1 170 UT 450 KP 2 808

Kaikki tapahtumat (11)

- YT-2023 Seuraava tarkastus 2023
- Omistajanvaihdos 1.1.2019
- YT-2018** 14.9.2018
KT 1 170 | UT 450 | KP 2 808
- YT-2015 18.5.2015
KT 690 | UT 450 | KP 1 656
- Ylläpitokorjaus 17.5.2015
KT 390 | UT 450 | KP 1 080 | 2 korjattua vauriota | 1 ktp
- YT-2009 15.10.2009
KT 390 | UT 450 | KP 1 080
- YT-2005 1.7.2005
KT 540 | UT 450 | KP 1 296
- Ylläpitokorjaus 30.6.2005
KT 890 | UT 1 200 | KP 2 880 | 1 korjattu vaurio | 1 ktp
- YT-2001 11.5.2001
KT 1 290 | UT 1 200 | KP 3 096
- Avattu liikenteelle 30.10.1992
- Valmistuminen 1992

PÄIVÄMÄÄRÄ	TARKASTUSTYYPPI							TARKASTAJA
14.9.2018	Yleistarkastus							Juha Saksa (Siltexpert Oy)
	YK	LYK	KL	KT	UT	KP	VPS	
YT-2018	2	1,2	3	1 170	450	2 808	-	
Ennen 24.3.2017 kirjattujen tapahtumien kuntoluvut ovat peräisin Siltarekisteristä.								
YT-2015	2	1,13	3	690	450	1 656	53	

PT	VT	RP	PÄÄR	PÄÄLL	PINR	RPÄÄR	KAIT	LIKS	LAAK	KUIV	MVAR	SIPA
1	-	2	1	1,5	1	-	2,5	1	-	1	1	1,5
Ennen 24.3.2017 kirjattujen tapahtumien kuntoluvut ovat peräisin Siltarekisteristä.												
1	-	2	1	1	1	-	2	1	-	1	-	1

KUNNON ARVIOINNIN AJATUSMALLIT ?

SEURAAVAN 10 VUODEN AIKANA TARVITTAVAT TOIMENPITEET VALTUILLE TOIMENPITEILLE ARVIOIDUT KUSTANNUKSET

Ylläpitokorjaus 3 320 €

KOMMENTIT JA PUUTTEET
Kaiteet liian matalat. Reunapalkin ja päällysteen sauma on halkeillut.

Seuraavat tarkastukset

YT-2023

Korjaamattomia vaurioita	Korjaustarveluku
20 +/- 0	1 170 +480
Uusimistarveluku	Kuntopisteet
450 +/- 0	2 808 +1 152

Kaikki vauriot (24)

Esiselvitykset

3. Katselmus

- Näkyvät vauriot
- Nostimen käyttömahdollisuus, maastoesteet
- Liikenne

- Rasitusolosuhteet
- Vaurioiden vähimmäismäärä
- (Rakenteiden suunnitelmienmukaisuus)





Kohteen tavoitettavuus





Kohteen tavoitettavuus



Esiselvitykset – tutkimussuunnitelman laatiminen



- Mitkä ovat ne tutkittavat asiat, joita tarvitaan korjaustarpeen selvittämiseksi
- Millä menetelmillä ne saa selville
- Kuinka suuri otanta tarvitaan
- Miten näytteenotto pitää kohdentaa

- Käytettävät resurssit
- Kohteen rajoitukset, maastoesteet yms.

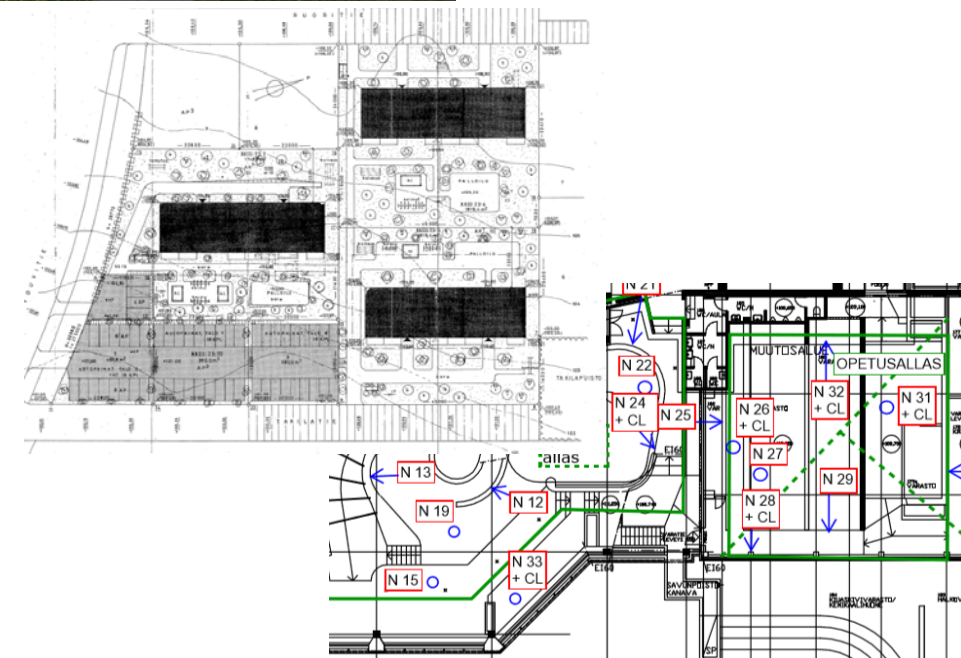
TUTKIMUSSUUNNITELMA

- Tutkittavat rakennetyypit ja rakenneosat
 - Tutkittavat vauriotavat
- Tutkimusmenetelmät eriteltynä
- Näytteenottomäärä eriteltynä

Tilaaajan tavoitteet!

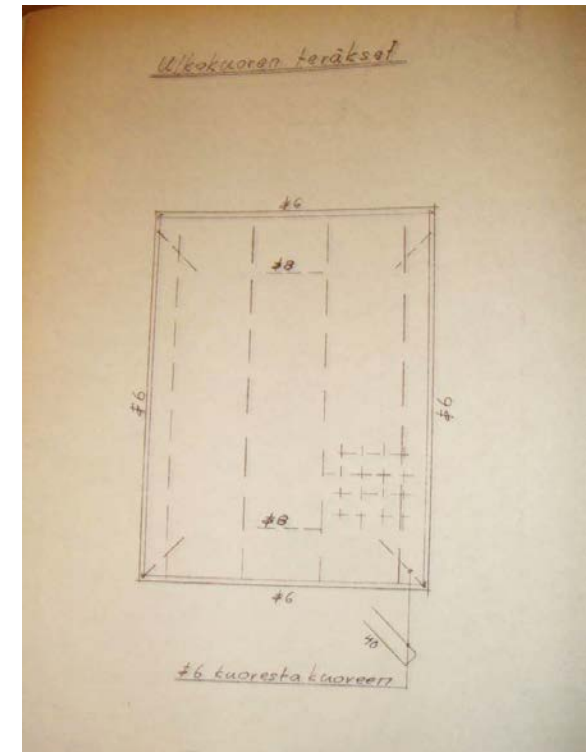
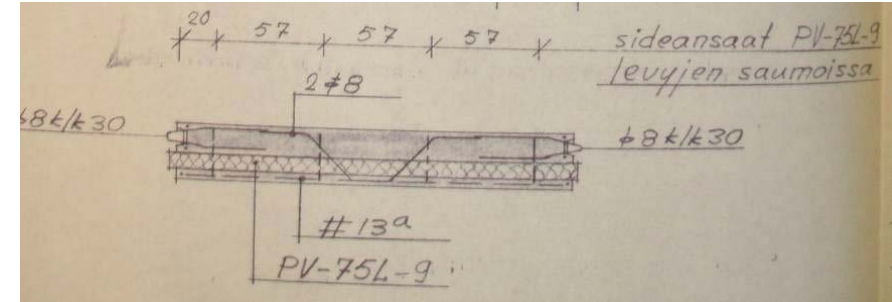
Näytteenoton ja otoskoon suunnittelu (Talo)

- Aina kohdekohtaisesti
- Luotettavuus: tiedot, joiden pohjalta tehdään päätöksiä tulevista korjauksista, hankitaan riittävän tarkasti.
- Otantaan liittyy aina epävarmuutta, jota voidaan vähentää käyttämällä
 - mahdollisimman hyviä ja tarkkoja havainnointitapoja,
 - mahdollisimman satunnaista ja edustavaa mittauskohtien valintaa ja
 - riittävän suuria otoskokoja.



Näytteenoton ja otoskoon suunnittelu

- Pieni otos on riittävä
 - Sideansaiden teräksen laatu
- Suuri otos parantaa luotettavuutta
 - Betonin karbonatisoituminen
 - Peitepaksuusmittaukset
 - Betonin kloridipitoisuus
- Suuri otos ja rinnakkaiset menetelmät parantavat luotettavuutta
 - Pakkasrapautuma



Näytteenoton ja otoskoon suunnittelu (talo)

- Kaikki erilaiset rakenteet on tutkittava erikseen
- Julkisivut ja parvekkeet
 - Päätyjen umpielementti
 - Pitkien sivujen ruutuelementti
 - Nauhaelementit
 - Kuorielementit
 - Sokkelielementit
 - Ja vielä erilaiset pintatyypit erikseen!
 - Parvekelaatat, -kaiteet, -pielet, -pilarit
- Allasrakenteet:
 - Seinämät (allastilan puoli, huoltotilan puoli?)
 - Pohja (muuttuuko rakenne altaan matkalla?)
 - Käytävien lattiarakenteet/laatat
 - Loiskekourun rakenteet
 - Mahdolliset kannattelevat rakenteet, pilarit, palkit
 - Allastilan pilarit ja palkit



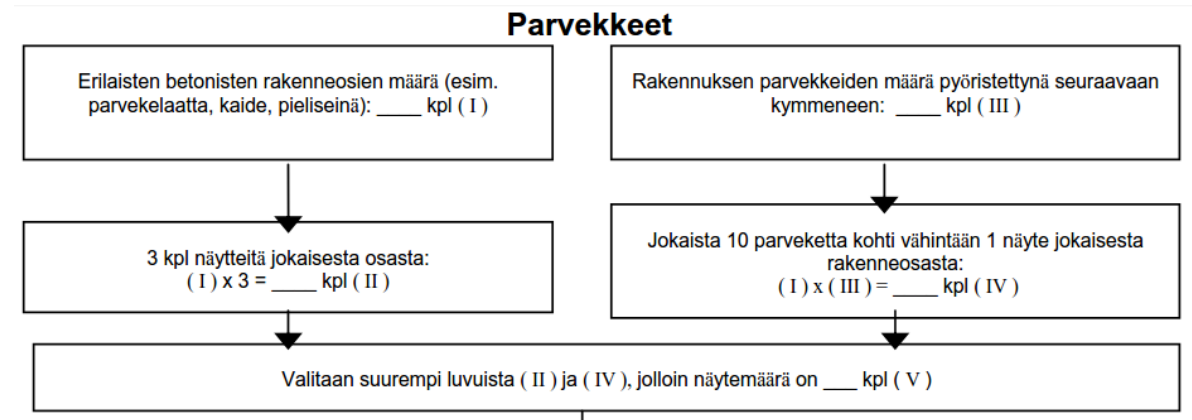
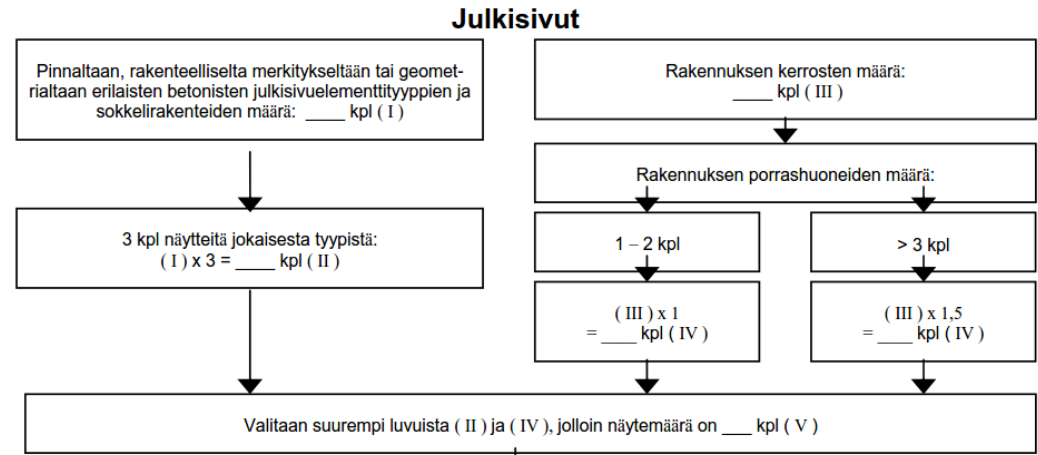


Näytteenoton ja otoskoon suunnittelu

- Näytemäärä
 - Tilaaajan ohjeessa 2014 esitetty laskentakaava näytteiden vähimmäismäärälle
 - Ohje soveltuu käytettäväksi betonielementtirakenteisille 60–80-luvun kerrostaloille, ja soveltaan muille betonirakenteisille rakennuksille
 - Näytemäärään vaikuttaa mm. rakennusten määrä, näkyvät vauriot, näytteenoton hajautus
 - Näytemäärä ja kohdistus elää vielä kenttätutkimusten yhteydessä

Lomake 3, poranäytteiden ohjeellinen vähimmäismäärä

Tämä lomake ohjeineen liitetään tarjouspyyntöön. Kuntotutkija määrittää näytemäärän. Näytemäärä määritetään kullekin rakennukselle erikseen. Lisätietoa kohdassa "Lomake 3: Ohje".



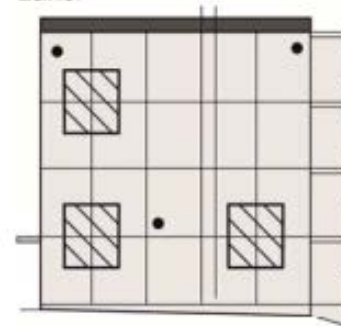
Kuntotutkimuskohteen tiedot	4 kerrosta, 2 porrashuonetta; julkisivut betonisandwich-elementtejä, päädyt kuorielementtejä, osittain paikallavalettu kellarikerros; 13 parvekettä (betoniset laatat, pielet ja kaitteet)	Näyttemäärä	Näytteiden vähimmäismäärä kohteesta yhteensä
Näyttemäärä julkisivuista	Elementtityyppien lukumäärän mukaan	3*3=9	9+9=18
Näyttemäärä parvekkeista	Porrashuoneiden ja kerrosten lukumäärän mukaan	4*1=4	
Näyttemäärä julkisivuista	Elementtityyppien lukumäärän mukaan	3*3=9	
Näyttemäärä parvekkeista	Parvekkeiden lukumäärän mukaan	3*2=6	

• Riittääkö vähimmäismäärä?

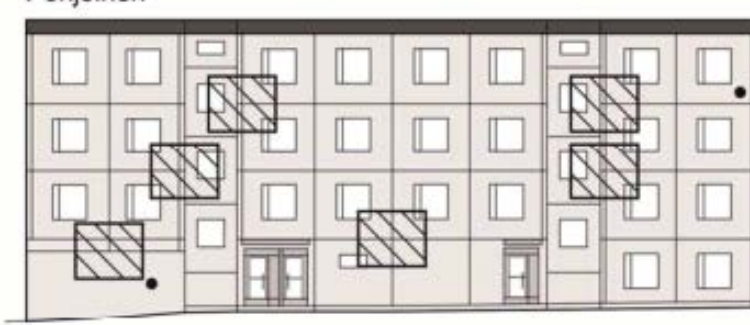
- Tilaajan ohjeen mukaan 1/3 näytteistä tulisi olla ohuthietutkimuksia (6 kpl)
- Jäljelle jää 2 vetokoetta / rakennetyyppi
- Mitä meille tällöin kertoo keskiarvo?

Esimerkki 1: Lamellitalo

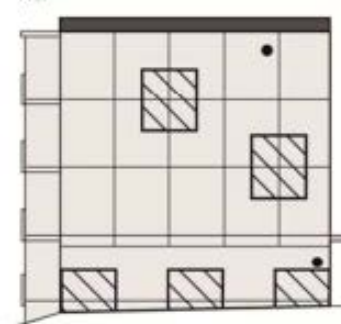
Länsi



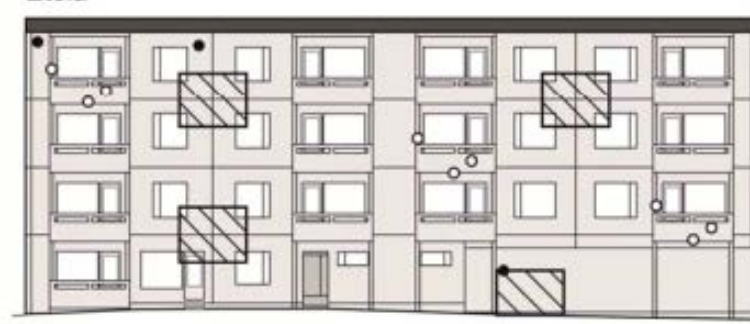
Pohjoinen




Itä



Etelä



 Peitepaksuusmittaus

- Poranäyte julkisivusta
- Poranäyte parvekkeesta

Näytteenoton ja otoskoon suunnittelu – useamman rakennuksen kohde (talo)

- Johtopäätökset tutkimalla vain yksi rakennus -> riskinä yli- tai alimitoitettuja korjauksia.
 - Eri rasitusolosuhteet ja rakenteiden vaurioalttius
 - betonin laatu on voinut muuttua, mm. rakentamisolosuhteet, työtekniikat (tiivistäminen, jälkihoito jne.), rakentamisen kausivaihtelut, käytettävissä oleva työvoima sekä käytetyt raaka-aineet (sementti, runkoaines ja erilaiset lisäaineet).
- Eri rakennukset on yleensä tutkittava erillisin otoksin.
- Mikäli kohteen rakennuksista vain yksi tutkitaan täydellä otoksella (näytemäärällä) ja muut suppeammalla, on oltava riittävä varmuus, että muiden rakennusten
 - rakenteet (elementit valmistettu samassa tehtaassa, rakennustapa ja rakennetyypit ovat samanlaisia) ja
 - rasitusolosuhteet ovat yhteneviä



Näytteenoton ja otoskoon suunnittelu (Infra)

- Näytemäärä
 - LO 28/2018 Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset – Sillat
 - Ohje on minimimäärä näytteenottomäärille
 - Jokainen kohde on oma yksilö, rinnakkaisia parisilloja ei saa yleistää
 - Ohje soveltuu pääosalle silloista
 - Tapauskohtaisesti tutkimusmääriä voi uudelleen sijoittaa tai lisätä kohteen vaatimustason mukaisesti
 - Näytteiden hajautus
 - Mitä vähemmän näkyviä vaurioita – sitä laajempi tutkimus tarvitaan!
 - Näytemäärä ja kohdistus elää vielä kenttätutkimusten yhteydessä



Näytteenoton ja otoskoon suunnittelu (Infra)



Liikenneviraston ohjeita
28/2018

Taitorakenteiden erikoistarkastusten
laatuvaatimukset - Sillat

Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus

4.3 Reunapalkkirakenteet, betoni

Reunapalkin yleiskuntoarvion ollessa 3 tai 4, reunapalkista ei tehdä tutkimuksia visuaalisten havaintojen lisäksi. Tällöin oletuksena reunapalkin korjaustoimenpiteeksi on uusiminen. Reunapalkeissa on mahdollisuus, että toinen puoli on uusittu ja toinen on alkuperäinen, jolloin niiden kuntoarviot voivat olla täysin erilaiset. Tällöin tutkimukset keskitetään ehjään reunapalkkiin, mikäli sen kuntoarvio on välillä 0–2.

Rautatiesilloilla reunapalkkien tarkastuksessa ja raportoinnissa on kiinnitettävä huomiota myös huoltokäytävän kiinnitysmahdollisuuteen ja tarpeeseen. Huoltokäytävän kiinnityksestä sillaan on määritelty ohjeessa Rautatiesiltojen korjaussuunniteluohje LO 12/2016 (17).

Betonipeitteen mittaus

- Reunapalkit mitataan kattavana otantana.

Karbonatisoitumissyvyyden mittaus

- Reunapalkeista otetaan yhteensä vähintään 3 näytettä.
 - Näytteet otetaan molemmiin puolin siltaa.

Kloridipitoisuuden mittaus

- Reunapalkeista otetaan yhteensä vähintään 3 näytesarjaa (kaikissa kohteissa).
- Kloridirasitetuista reunapalkeista otetaan näytesarjat sillan kokonaispituuden suhteen seuraavasti (näytteet yhteensä koko sillalta):
 - 2–10 m; 3 näytesarjaa
 - 10–20 m; 4 näytesarjaa
 - 20–40 m; 5 näytesarjaa
 - 40–80 m; 6 näytesarjaa
 - > 80 m; 7 näytesarjaa
- Näytteitä otetaan sillan molemmilta reunoilta, huomioiden reunapalkkien kunto ja rasitusolosuhteet.

Tartuntavetolujuuden mittaus

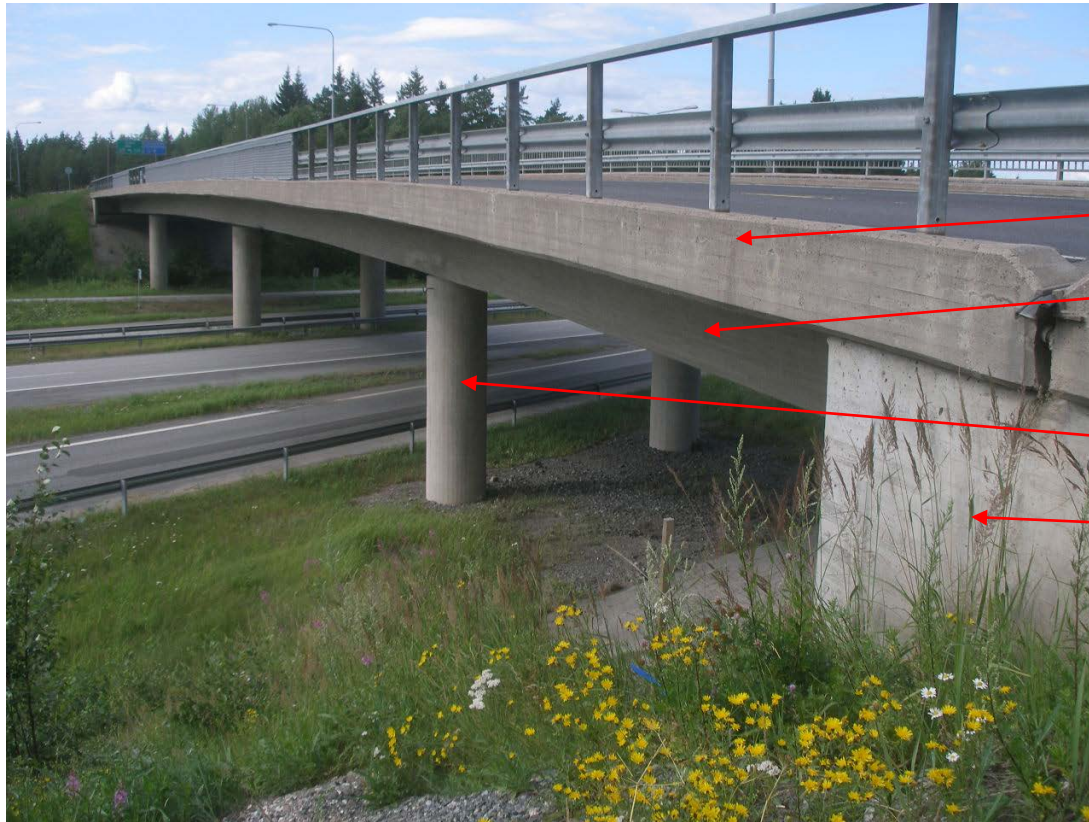
- Reunapalkeista tehdään vetokokeet sillan kokonaispituuden suhteen seuraavasti (näytteet yhteensä koko sillalta):
 - 2–10 m; 2 vetokoetta
 - 10–20 m; 3 vetokoetta
 - 20–40 m; 4 vetokoetta
 - 40–80 m; 5 vetokoetta
 - > 80 m; 6 vetokoetta

Näytteenoton ja otoskoon suunnittelu (Infra)

Sillan päätyrakenne, betoni	kpl
Betonipeitteen mittaus	
Mitataan kattavasti etumuurit ja siipimuurit.	6
Karbonatisoitumissyvyyden mittaus	
Kummastakin etumuurista otetaan vähintään 1 näyte.	2
Siipimuureista otetaan vähintään 1 näyte/siipimuuri.	4
Kloridipitoisuuden mittaus (EI kloridirasitettu rakenne)	
Päätyrakenteista otetaan aina 1 näytesarja / päätyrakenne.	2
Tartuntavetolujuuden mittaus	
Kummastakin etumuurista tehdään vähintään 1 vetokoe.	2
Siipimuureista tehdään vähintään 1 vetokoe / siipimuuri.	4
Betonin ohuthietutkimukset	
Maatuista tehdään vähintään 1 ohuthietutkimus syvyydeltä 0-76 mm.	1

Tutkittava rakenne / näytteet	OH (0-76)	OH (80-160)	Veto	Cl sarja (0-20-40-60) CL-rasitettu	Cl sarja (0-20-40-60) EI CL-rasitusta	Karbonatisoituminen	Puristuslujuus
Etumuurit	1	-	2	0	2	2	-
Siipimuurit			4	0		4	-
Otsamuurit	-	-	-	0	-	-	-
Välituet	1	-	2	0	1	3	-
Reunapalkit	2	-	5	0	0	3	-
Pinnoitukset, haitta-aineet	0						
Pintarakenteiden avaukset	5						
Kansilaatta (yläpinta)	5	3	5	0	2	-	
Vedeneristeen haitta-aineet	1						
Päällysrakenne (alapinta, yhteensä)	2	-	7	1	1	4	3
<i>Kansilaatan alapinta</i>			2	1	1	2	3
<i>Kansilaatan sivupinta / reunauloke</i>			2	0			
<i>Pääkannattajat</i>			3				
Saumausten haitta-aineet	1						
Yhteensä	11	3	25	1	6	16	3

Näytteenoton ja otoskoon suunnittelu (Infra)



- Kaikki rakenneosat on tutkittava erikseen (Infra)
 - Reunapalkit
 - Päällysrakenne
 - Välituet
 - Päätyrakenteet
- Siltapaikka

Näytteenoton ja otoskoon suunnittelu (Infra)



- Kaikki rakenneosat on tutkittava erikseen (Infra)
 - Kaiteet
 - Pintarakenteet
 - Päällysrakenteen yläpinta
 - Päällysteet
 - Liikuntasaumamat
- Radan päällysrakenne

Näytteenoton ja otoskoon suunnittelu (Infra)



- Kaikki rakenneosat on tutkittava erikseen (Infra)
 - Kuivatuslaitteet
 - Muut varusteet
 - Laakerit
- Päälysrakenteen alapinnan erityyppiset rakenteet (kansilaatan alapinta, palkit, reunauloke jne..)

Näytteenoton ja otoskoon suunnittelu - erityiskohtia

- Eri vauriotyyppien keskinäinen merkitys.
 - Esimerkiksi pakkasrapautuminen voi olla edennyt jo silmin tarkasteltuna niin pitkälle, että se yksin määrää korjaustarpeen ja -tavan.
 - Tällöin raudotteiden korroosiotilan tarkkaa selvittämistä ei tarvita.



Näytteenoton ja otoskoon suunnittelu - erityiskohtia

- Yksittäiset vakavat vauriot
 - Rakenne kokonaisuudessaan voi olla hyväkuntoinen
 - Yksittäinen vakava vaurio, jolla saattaa olla merkitystä rakenteen kantavuuteen



Näytteenoton ja otoskoon suunnittelu - erityiskohtia

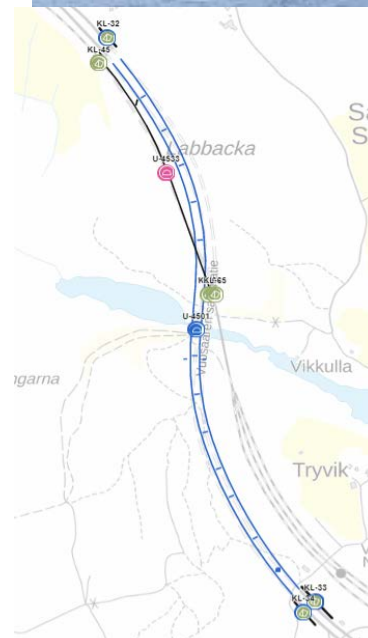
- Eri vauriotyyppien laajuus ja aste
 - Tarkka tieto on tarpeen mm. silloin, kun vauriotilanne on lähellä sitä kohtaa, jossa eri korjausvaihtoehtojen edullisuusjärjestys muuttuu tai jossa vauriot alkavat vaikuttaa rakenteen turvallisuuteen tai terveellisyyteen.
 - Pienempikin mittausten ja havaintojen määrä voi puolestaan osoittaa riittävän luotettavasti, että vauriot ovat joko erittäin pitkälle edenneitä tai vielä hyvin vähäisiä.
- Tutkittavan rakenneryhmän merkitys korjaushankkeessa
 - Laajat ja turvallisuuteen vaikuttavat tai muutoin tärkeät rakennekokonaisuudet kannattaa tutkia tarkemmin kuin pienialaiset tai rakenteellisesti vähämerkityksiset rakenteet.

Onko silmämääräinen havainto merkittävä vai ei?





Mistä saadaan tutkimusmäärät?



Betonirakenteiden korjaaminen 2024

Kuntotutkimuksen
pääperiaatteet, vaiheet ja
sisällön suunnittelu

