

## Siltojen monitorointiohje





# Siltojen monitorointiohje

Liikenneviraston ohjeita 18/2016

*Kannen kuva: Kirjalansalmen silta, VTT:n kuva-arkisto*

Verkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-663x

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-317-193-0

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Tekniikka ja ympäristö -osasto

Vastaanottaja  
Liikenneviraston, ELY-keskukset

Säädösperusta

Korvaa/muuttaa

Kohdistuvuus  
Liikennevirasto, ELY-keskukset

Voimassa  
1.6.2016 alkaen toistaiseksi

Asiasanat  
sillat, siltarekisteri, tarkastus, laatuvaatimukset, monitorointi

## Siltojen monitorointiohje

### Liikenneviraston ohjeita 18/2016

Siltojen monitorointiohje on Liikenneviraston siltojen monitorointia ja monitorointiprojekteja käsittelevä perusohje. Ohjeessa esitetään monitorointiprojektin sisältö ja kulku eri toteutusmuodoissa. Ohje toimii tilaajaohjeena hankinta- ja laadunvarmistustoimintaa varten.

Ylijohtaja



Mirja Noukka

Tekninen johtaja



Markku Nummelin

LISÄTIETOJA  
Timo Tirkkonen  
Liikennevirasto  
puh. 029 534 3616

---

## Esipuhe

Siltojen monitoroinnin tuottamaa tietoa tarvitaan sillan kuntoon ja käytettävyyteen liittyvässä päätöksenteossa. Yhtenäinen hankinta- ja laadunvarmistustoiminta parantaa monitoroinnin tavoitteiden saavuttamista ja kustannustehokkuutta sekä vähentää tarpeetonta monitorointia.

Tätä ohjetta käytetään maantie-, rautatie-, kevyenliikenteen- ja katusiltojen monitoroinnissa. Ohjetta voidaan käyttää soveltuvin osin myös muille taitorakenteille. Ohje toimii tilaajaohjeena hankinta- ja laadunvarmistustoimintaa varten. Ohjeessa esitetään siltojen monitorointimenetelmät, monitorointiprojektin kulku, monitoroinnin laadunhallinta sekä monitoroinnin työturvallisuus ja sitä voidaan käyttää sekä uusien että olemassa olevien siltojen monitorointiin. Ohjeeseen on liitetty yleistä ohjeistusta myös siltojen koekuormituksiin liittyen. Tässä ohjeessa maantie-, katu- ja rautatiesilloista käytetään yleisesti termiä silta, ellei kyseinen kohta koske erikseen tietyn väylätyypin siltaa.

Keskeistä monitorointiprojekteissa työ- ja liikenneturvallisuuden varmistamisen näkökulmasta on toimintaympäristön vaarojen tunnistaminen. Tärkeää on työn riittävä suojaaminen kohteen edellyttämällä tavalla niin, että työ tehdään turvallisesti sekä monitorointityön tekijöiden että työalueella liikkuvien kannalta. Syntyvät riskit ovat myös erilaisia maantie-, rautatie- tai kaupunkialueilla. Ennakoidulla turvallisuus suunnittelulla, liikennejärjestelyihin liittyvällä suunnittelulla/liikenneturvallisuus suunnittelulla ja työn suojaamisella varmistetaan sekä liikenteen että työntekijän turvallisuus.

Ohjeen on laatinut Liikenneviraston toimeksiannosta työryhmä, johon kuuluivat Janne Wuorenjuuri, Kalle Nikula ja Timo Lahti VR Track Oy:stä, Ari Savolainen SITO Oy:stä sekä Keijo Koski ja Ilkka Hakola VTT Oy:stä. Liikenneviraston ohjaustyöryhmään ovat kuuluneet Timo Tirkkonen, Olli Pyykönen, Heikki Lilja ja Jani Meriläinen.

Helsingissä huhtikuussa 2016

Liikennevirasto  
Tekniikka- ja ympäristöosasto/Taitorakenneyksikkö

# Sisällysluettelo

|   |    |
|---|----|
| KÄSITTEET .....   | 7  |
| 1 MONITOROINTI .....                                    | 9  |
| 1.1 Yleistä .....                                       | 9  |
| 1.2 Monitorointitarve ja monitoroinnin tavoitteet ..... | 11 |
| 1.3 Monitorointimenetelmät .....                        | 14 |
| 1.3.1 Yleistä .....                                     | 14 |
| 1.3.2 Jatkuva monitorointi .....                        | 15 |
| 1.3.3 Jaksottainen monitorointi .....                   | 15 |
| 1.3.4 Kertamonitorointi .....                           | 15 |
| 1.3.5 Monitorointimenetelmän valinta .....              | 15 |
| 1.4 Monitoroinnin laajuus .....                         | 18 |
| 1.4.1 Yleistä .....                                     | 18 |
| 1.4.2 Erikoislaaja monitorointi .....                   | 18 |
| 1.4.3 Laaja monitorointi .....                          | 18 |
| 1.4.4 Suppea monitorointi .....                         | 18 |
| 1.4.5 Monitoroinnin laajuuden valinta .....             | 18 |
| 2 MONITOROINTIPROJEKTI .....                            | 20 |
| 2.1 Yleistä .....                                       | 20 |
| 2.2 Monitorointiprojektin roolit .....                  | 21 |
| 2.2.1 Yleistä .....                                     | 21 |
| 2.2.2 Tilaja .....                                      | 21 |
| 2.2.3 Monitoroinnin pääsuunnittelija .....              | 21 |
| 2.2.4 Monitoroinnin toteuttaja .....                    | 22 |
| 2.2.5 Monitorointitulosten analyysoija .....            | 22 |
| 2.2.6 Tilajan monitorointikonsultti .....               | 22 |
| 2.2.7 Turvallisuuskoordinaattori .....                  | 22 |
| 2.3 Monitoroinnin toteutusmuodot .....                  | 23 |
| 2.3.1 Toteutusmuoto 1: vaiheittainen monitorointi ..... | 23 |
| 2.3.2 Toteutusmuoto 2: keskitetty monitorointi .....    | 23 |
| 2.3.3 Toteutusmuoto 3: hajautettu monitorointi .....    | 24 |
| 2.4 Monitorointiprojektin riskienhallinta .....         | 25 |
| 3 MONITOROINNIN TOIMEKSIANNON SISÄLTÖ .....             | 27 |
| 3.1 Yleistä .....                                       | 27 |
| 3.2 Monitorointisuunnitelma .....                       | 28 |
| 3.3 Turvallisuussuunnitelma .....                       | 29 |
| 3.4 Monitoroinnin toteutussuunnitelma .....             | 30 |
| 3.5 Monitoroinnin mittausraportti .....                 | 31 |
| 3.6 Monitorointiraportti .....                          | 32 |
| 4 KOEKUORMITUS .....                                    | 33 |
| 4.1 Yleistä .....                                       | 33 |
| 4.2 Tutkimusmenetelmät .....                            | 33 |
| 4.2.1 Staattiset kuormituskokeet .....                  | 33 |
| 4.2.2 Dynaamiset kuormituskokeet .....                  | 33 |
| 4.2.3 Muut kuormituskoetyypit .....                     | 34 |
| 4.2.4 Värähtelymittaukset .....                         | 34 |

---

|         |                                  |    |
|---------|----------------------------------|----|
| 4.3     | Koekuormituksen toteutus.....    | 35 |
| 5       | LAADUNHALLINTA.....              | 36 |
| 5.1     | Organisaatio ja henkilöstö ..... | 36 |
| 5.2     | Alihankkijat.....                | 36 |
| 5.3     | Laadunvarmistus.....             | 36 |
| 5.4     | Tietoturva ja arkistointi .....  | 37 |
| 6       | TYÖTURVALLISUUS .....            | 38 |
| 6.1     | Yleistä .....                    | 38 |
| 6.2     | Liikennejärjestelyt .....        | 38 |
|         | VIITTEET.....                    | 40 |
|         | LIITTEET                         |    |
| Liite 1 | Toteutusmuotojen prosessikaaviot |    |



## Käsitteet

**Anturi;** Laite, joka muuttaa fyysisen signaalin sähköiseksi signaaliksi.

**Koekuormitus;** Koekuormitus on testikuormitusta laajempi kuormitus, joka voi käsittää useita raskailla ajoneuvoilla suoritettuja kuormituskokeita. Koekuormituksen tarkoitus on testata ja mitata siltaa sen käyttäytymisen tai kantavuuden selvittämiseksi.

**Laskentamalli;** Yleensä elementtimenetelmään (FEM) perustuva malli, jonka avulla suunnittelija tai analysoija laskee siltaan syntyviä muodonmuutoksia ja rasituksia. Laskentamalli kalibroidaan usein koekuormituksen avulla.

**Mittalaite;** Laite, joka mittaa anturilta tulevan signaalin muutosta ja muuttaa sen tietokoneella luettavaksi arvoksi. Mittalaite voi olla integroitu anturiin.

**Mittausraportti;** Asiakirja, joka sisältää sillan monitoroinnin mittaustiedot ja -tulokset.

**Mittaustekniikka;** Tekniikka, jolla mitataan fyysisiä suureita.

**Monitorointi (synonyymejä);** Tarkkailumittaus, erikoismittaus, seuranta.

**Monitorointimenetelmä;** Monitoroinnin keston ja jaksotuksen määrittävä asia.

**Monitorointisuunnitelma;** Monitoroinnin tavoitteet sekä suunnitellun toteutustavan, ja laajuuden sekä laatuvaatimukset määrittävä, monitoroinnin pääsuunnittelijan laatima asiakirja.

**Monitorointitarve;** Tilanne, jossa monitoroinnilla voidaan tuottaa merkittävää tietoa tulevan päätöksen perusteeksi.

**Monitoroinnin pääsuunnittelija;** Asiantuntija, joka toimii monitoroinnin pääsuunnittelijana.

**Monitoroinnin toteuttaja;** Urakoitsija, joka toteuttaa sillan monitoroinnin.

**Monitoroinnin toteutusmuoto;** Tapa, jonka perusteella monitoroinnin osapuolet ja roolit määräytyvät.

**Monitorointiohjelma;** Suunniteltavissa oleva monitorointiprojektien kokonaisuus.

**Monitorointiprojekti;** Yhden kohteen monitoroinnin osa-alueiden kokonaisuus.

**Monitorointiraportti;** Asiakirja, joka sisältää monitoroinnin tulokset, sillan analysoinnin ja jatkotoimenpide-ehdotukset.

**Monitorointitulosten analysoija;** Asiantuntija, joka analysoi monitoroinnin tulokset ja tekee jatkotoimenpide-ehdotuksia niiden perusteella.

**Seurantamenetelmä;** Menetelmä, joka tarkoittaa jatkuvaa ja hallittua työn valvontaa, monitorointia ja arviointia, mikä mahdollistaa ennalta määritettyjen muutosten tekemisen rakennusaikana tai sen jälkeen.

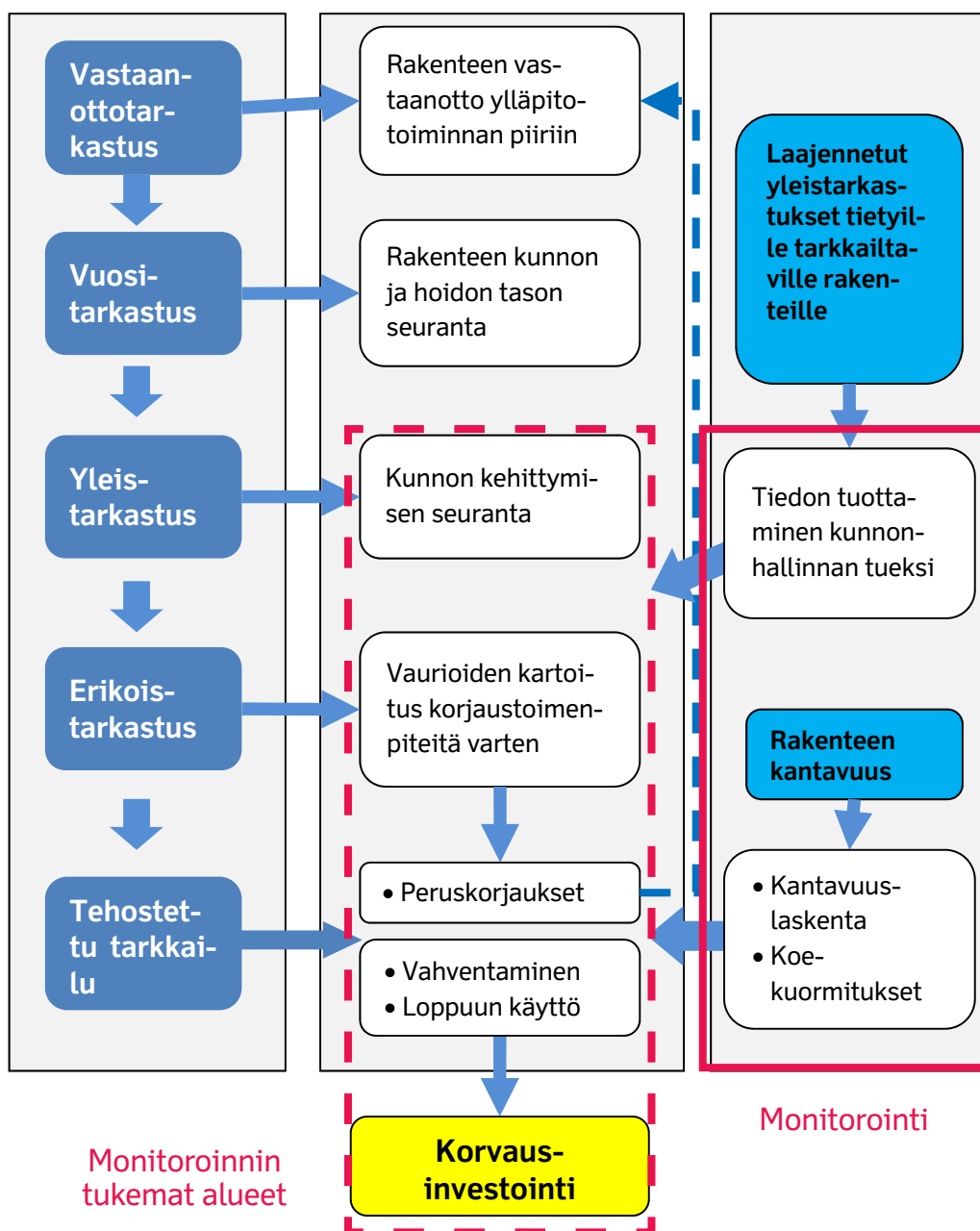
**Testikuormitus;** Testikuormituksella verrataan mittaustuloksia laadittuun analyysimalliin, jotta voidaan tarkistaa, että malli on riittävän tarkasti tehty. Testikuormituksella voidaan myös todentaa antureiden toimivuus.

**Tilaaaja;** Sillan omistava taho, yleensä Liikenneviraston tai kunnan edustaja, joka ryhtyy monitorointiprojektiin.

# 1 Monitorointi

## 1.1 Yleistä

Monitorointi tuottaa numeerista tietoa rakenteen todellisesta käyttäytymisestä. Sillä tuotetaan sillan tavanomaisten tarkastusten lisäksi tietoa, jota voidaan hyödyntää myöhemmin sillan kantavuuden, käyttöiän, käyttömukavuuden ja vaurioiden määrittämisessä sekä suunnitteluratkaisuja arvioitaessa. Sillan monitorointi ei korvaa sillalle tehtäviä tarkastuksia, jotka on tehtävä erillisten ohjeiden ja suunnitelmien mukaisesti, vaan se voidaan liittää osaksi sillan tarkastusjärjestelmää (kuva 1). Sillan kuntoon liittyvällä monitoroinnilla pyritään tuottamaan tarvittava tieto, jonka avulla voidaan valita kustannustehokkain korjaus- tai rakennustoimenpide.



Kuva 1. Monitorointi osana sillan tarkastusjärjestelmää

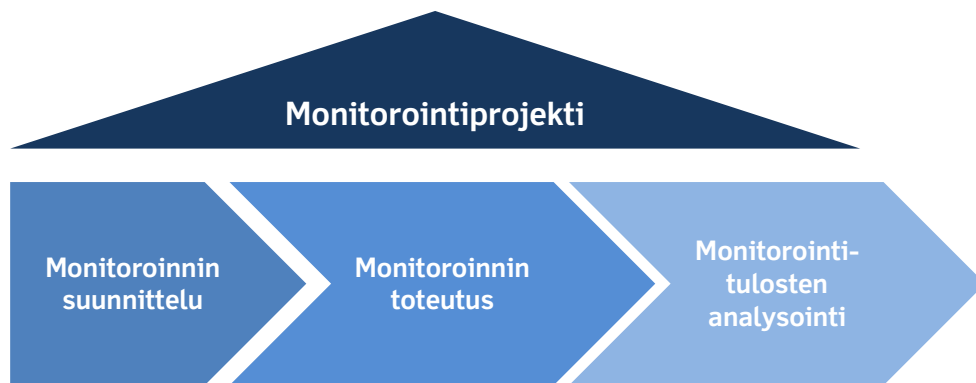
Korjaus- ja rakennustoimenpide perustuu periaateratkaisuun, joka puolestaan on riippuvainen lähtötiedoista. Näitä lähtötietoja parantamalla voidaan saavuttaa kustannustehokkaampi lopputilanne. Monitorointeja voidaan tehdä useamman kerran, jos periaateratkaisun lähtötiedot niin vaativat, tai jos myös toteutetun korjaus- tai rakennustoimenpiteen vaikutus tai onnistuminen halutaan selvittää.

Sillan kantavuuteen liittyvä monitorointi liittyy pääasiassa tilanteisiin, joissa raskaan ajoneuvoliikenteen akseli- ja kokonaispainoja ja niiden aiheuttamia rasituksia rakenteissa halutaan määrittää. Kantavuuteen liittyvässä monitoroinnissa käytetään pääasiassa koekuormituksia, joihin liittyen pyritään muodostamaan yhteys myös rakenteen todellisen käyttäytymisen ja laskentamallin välille. Kantavuuteen liittyvässä monitoroinnissa painottuu monitorointiprojektin viimeinen vaihe eli tulosten analysointi. Monitoroinnilla voidaan tuottaa kantavuustietoja sekä normaaliliikenteen sallittaviin painoihin että erikoiskuljetuksiin liittyen.

Sillan monitoroinnilla voidaan tuottaa tietoa sillan käyttöiän määrittämiseen. Monitorointiprojektin analysointivaiheessa voidaan määrittää alkuperäisen suunnittelukäyttöiän lisäksi tarkempi arvio nykyisestä käyttöiästä mm. mitattuihin olosuhdetekijöihin ja sillan vaurioitumisnopeuteen perustuen. Tätä tietoa käytetään joko korjaustoimenpiteen periaateratkaisun valintaan tai sillan turvalliseen loppuun käyttöön liittyen.

Kantavuuden ja sillan kuntoon liittyvien tarkasteluiden lisäksi monitorointia voidaan käyttää mm. tuottamaan tietoa sillan käyttömukavuuteen tai alan yleiseen kehittämiseen liittyen. Monitoroinnilla voidaan tuottaa tietoa myös sillan värähtelyistä, jotka vaikuttavat sillan käyttömukavuuteen ja vasteisiin. Lisäksi monitoroinnilla voidaan tuottaa tietoa uusista innovatiivisista suunnittelu- tai rakennusratkaisuista.

Useimmiten monitorointi on sillan käytön aikaista monitorointia, mutta monitorointia voidaan tehdä myös rakennusvaiheessa rakennustyön laadunhallintaan liittyen. Monitoroinnin kesto voi vaihdella kertaluontoisesta monitoroinnista vuosikymmenten kestoiseen koko sillan käyttöiälle suunniteltuun monitorointiin. Monitorointi voi olla myös rajattu vain tiettyihin rakenneseisiin tai se voi olla vaurioihin kohdistuvaa. Monitorointi voi koostua yhdestä projektista, jota kutsutaan monitorointiprojektiksi. Usean monitorointiprojektin kokonaisuutta kutsutaan monitorointiohjelmaksi. Monitorointiprojekti koostuu aina kolmesta osa-alueesta: monitoroinnin suunnittelu, monitoroinnin toteutus ja monitorointitulosten analysointi. Monitoroinnin osa-alueista toteutusosa on sillalle suoritettavaa tarkastustoimintaa.



Kuva 2. Monitorointiprojektin osa-alueet.

## 1.2 Monitorointitarve ja monitoroinnin tavoitteet

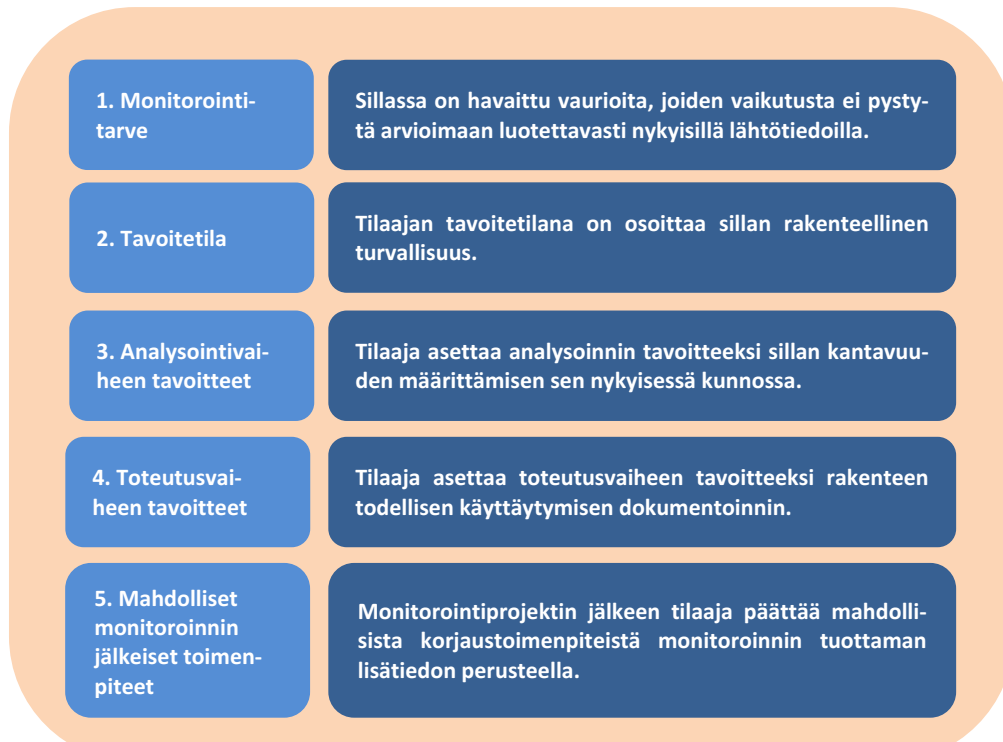
Päätös sillan monitoroinnista perustuu monitorointitarpeeseen. Monitorointitarve syntyy tilanteessa, jossa sillan nykyisten käytettävissä olevien tietojen perusteella ei voida saavuttaa haluttua tavoitetilaa (kuva 4). Monitorointitarve voi liittyä sillan vaurioihin, kantavuuteen, käyttöikään, mukavuuteen ja alan kehittämiseen (T&K). Monitorointitarve voi ilmetä jo ennen sillan rakentamista, mutta usein monitorointitarve syntyy rakentamisvaiheen jälkeen sillan käytön aikana. Sillan kuntoon liittyvä monitorointitarve selviää usein erikoistarkastuksen (ET) tai tehostetun tarkkailun (TT) yhteydessä ja kantavuuteen liittyvä tarve kantavuuslaskentojen yhteydessä.

Siltojen monitoroinnin tulee olla systemaattista toimintaa, joka tehdään annettujen ohjeiden mukaan. Tulokset tallennetaan hankekohtaisesti valittuun tietokantaan ja soveltuvin osin Liikenneviraston rekistereihin.

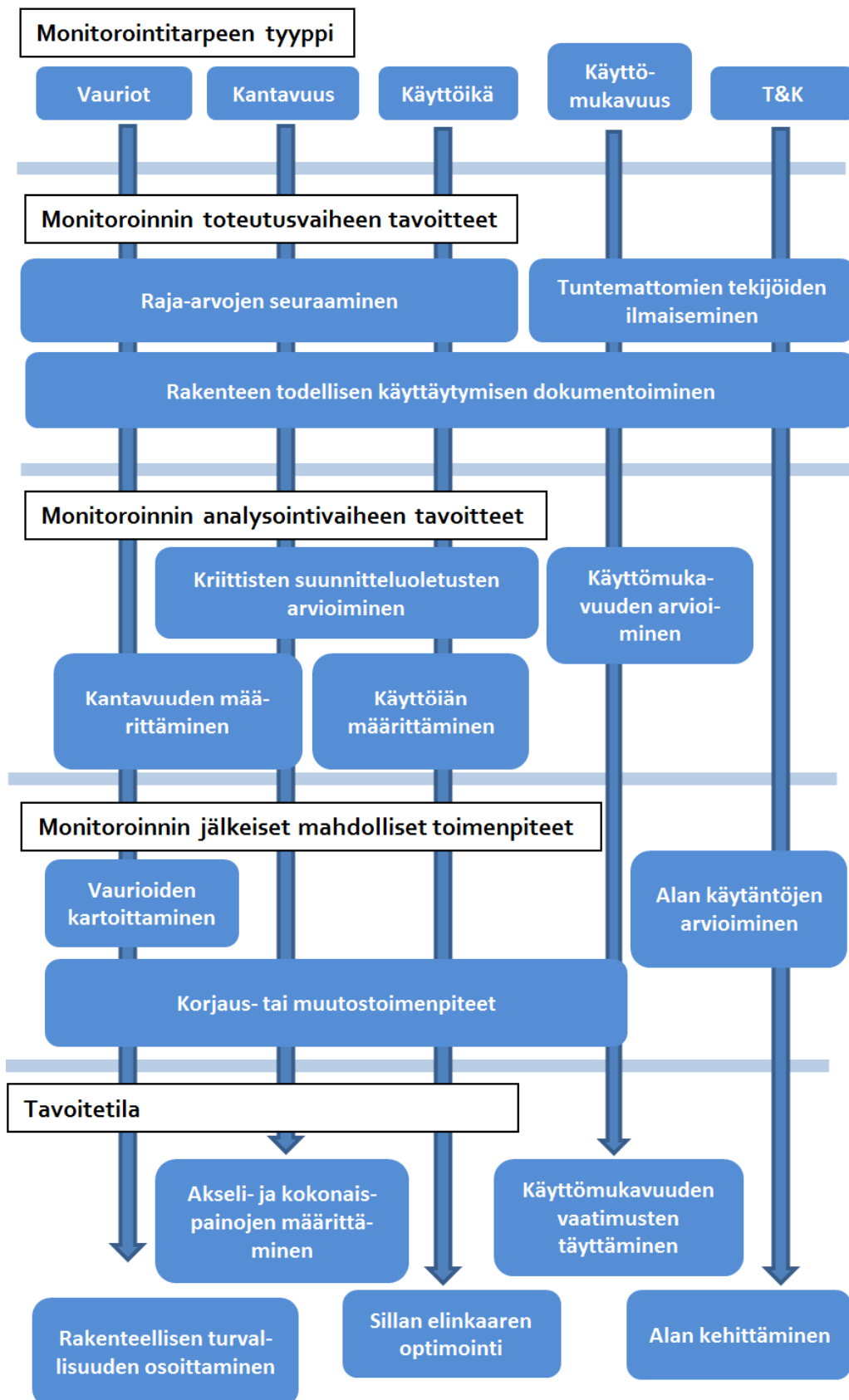
Monitorointitarve toimii lähtökohtana monitorointisuunnitelmalle. Monitorointisuunnitelma määrittelee monitoroinnin toteutusmuodon kanssa monitorointiprojektin kulun. Monitorointiprojektin tulee tuottaa tarpeeksi uutta tietoa niin, että sillan tavoitetila voidaan saavuttaa kustannustehokkaasti. Oikean tiedon keräämiseksi monitorointi sisältää sekä toteutus-, että analysointivaiheen tavoitteet, jotka johtavat tavoitetilan saavuttamiseen. Nämä tavoitteet tulee määrittää monitorointisuunnitelmaan. Monitoroinnin tavoitteiden määrittämisen tarkoituksena on myös vähentää tarpeetonta monitorointia.

Monitoroinnin toteutus- ja analysointivaiheen tavoitteet määritellään monitorointisuunnitelman alussa. Koska tavoitteet vaikuttavat merkittävästi monitoroinnin kustannuksiin, voidaan niitä tarkentaa monitorointisuunnitelman aikana, jolloin monitorointimenetelmistä ja niiden kustannuksista on tarkempaa tietoa. Monitoroinnin tavoitteiden asettaminen tapahtuu tilaajan ja monitoroinnin pääsuunnittelijan yhteistyössä. Monitoroinnin tavoitteet asetetaan niin, että ne ovat saavutettavissa. Monitoroinnille voidaan asettaa useita samanaikaisia tavoitteita.

Monitorointiprojektissa ei tehdä varsinaisia sillan korjaus- tai muutostoimenpiteitä. Monitorointiprojektilla tuotetaan vain lisää mittaustietoa, jota täydennetään sillan kantavuuden ja vaurioitumisen analysointimalleista saatavalla tiedolla. Korjaus- ja muutostoimenpiteet kuuluvat monitorointiprojektin jälkeisiin toimenpiteisiin, joita voidaan tehdä tavoitetilan saavuttamiseksi. Korjaus- ja muutostoimenpiteitä käsitellään yleisesti korvausinvestointina, peruskorjauksena, laajennusinvestointina tai vauriokorjauksena.



Kuva 3. Esimerkki vaurioihin liittyvästä monitoroinnista.



Kuva 4. Monitoroinnin tavoitteet monitorointikokonaisuudessa.

**Vaurioihin** (kuva 4) liittyvässä monitoroinnissa monitorointitarve syntyy usein, kun rakenteellista turvallisuutta ei voida osoittaa ilman tarkempia lähtötietoja. Sellainen tilanne syntyy usein, kun sillassa on havaittu vaurio, jonka laajuudesta tai vaikutuksista ei ole tarpeeksi tietoja. Tällöin monitoroinnin analysointivaiheen tavoitteeksi määritetään usein kantavuuden määrittäminen ja toteutusvaiheen tavoitteeksi rakenteen todellisen käyttäytymisen dokumentointi. Vaihtoehtoisesti toteutusvaiheen tavoitteena voi olla jo ennalta määritettyjen raja-arvojen seuraaminen. Se voi tulla kyseeseen tilanteissa, joissa esim. sillan kantavuus ja raja-arvot on määritetty aikaisemmin.

**Rakenteelliseen kantavuuteen** liittyvän monitoroinnin tavoitetilana toimii usein sallittujen kuormien määrittäminen. Monitorointiin voidaan päätyä, kun sillan kantavuuslaskennan tueksi tarvitaan lisää tarkempaa tietoa. Kantavuuden määrittämisessä käytetään usein apuna koekuormitusta.

**Käyttöikään** liittyvään monitorointiin päädytään tilanteissa, joissa tavoitetilana on sillan elinkaaren optimointi ja lähtötiedot eivät ole riittäviä. Sillan elinkaaren optimoinnilla tarkoitetaan käytännössä tiedon tuottamista joko sillan loppuun käyttöön, peruskorjaukseen tai korvausinvestointiin liittyen. Siinä tapauksessa monitoroinnin analysointivaiheen tavoitteena on sillan nykyisen käyttöiän määrittäminen ja toteutusvaiheen tavoitteena on sillan todellisen käyttäytymisen dokumentointi. Tavoitetilan saavuttamiseksi sillalle voidaan tehdä monitoroinnin jälkeisiä korjaus- tai muutostoimenpiteitä.

**Mukavuuteen** liittyvää monitorointia voidaan toteuttaa, kun tavoitetilana on käyttömukavuuden vaatimusten täyttäminen. Käyttömukavuuteen liittyvässä monitoroinnissa analysointivaiheen tavoite on aina käyttömukavuuden arvioiminen ja toteutusvaiheessa rakenteen todellisen käyttäytymisen dokumentointi. Käyttömukavuuden raja-arvojen seuraaminen voi kuulua lähinnä tutkimukseen liittyvään monitorointiin. Käyttömukavuuden monitorointitarve syntyy usein, kun sillalla on havaittu epämukava värähtelyä.

**T&K** monitorointitarpeen tyyppinä kattaa tutkimus- ja kehittämistoimintaan liittyvän monitoroinnin. Sen alle kuuluvat mm. mittaustekniikoihin, poikkeuksellisiin rakennetyyppeihin, sääolosuhteisiin ja liikennevirtoihin liittyvät monitoroinnit. Tutkimuksen alaiselle monitoroinnille ei ole määritetty yleisiä toteutus- ja analysointivaiheen tavoitteita, sen sijaan ne määritetään projektikohtaisesti. Tavoitetilana tutkimukseen liittyvissä monitoroinneissa on usein alan ja suunnitteluohjeistuksen kehittäminen.

## 1.3 Monitorointimenetelmät

### 1.3.1 Yleistä

Monitorointimenetelmä kuvaa suoritettujen monitoroinnin jatkuvuutta ja kestoja. Monitorointimenetelmiä on kolme: jatkuva, jaksottainen ja kertamonitorointi. Monitorointimenetelmä ei kuvaa suoraan monitoroinnin laajuutta.

Monitorointimenetelmän valinta vaikuttaa eniten monitoroinnin keston. Sen lisäksi se vaikuttaa mittalaitteiden ja -antureiden asentamiseen, monitoroinnin toteutusmuotoon ja monitoroinnin kustannuksiin. Pääsääntöisesti jatkuvalla monitoroinnilla on suurimmat kustannukset ja kertamonitoroinnilla on pienimmät kustannukset.



### 1.3.2 Jatkuva monitorointi

Jatkuva monitorointi on sillan jatkuvaa mittaamista ilman keskeytyksiä. Jatkuvan monitoroinnin kesto voi olla useita vuosia ja usein siinä anturit asennetaan rakenteeseen pysyvästi. Jatkuva monitorointi on eniten tietoa tuottava ja usein kustannuksiltaan korkein.

Jatkuvassa monitoroinnissa tulee kiinnittää huomiota monitorointiprojektin alkuvaiheessa ja tarvittaessa monitoroinnin kestäessä erityisesti antureiden ja mittalaitteiden pitkäaikaistoimivuuteen, huoltoon sekä kalibrointimahdollisuuksiin. Jatkuvalla monitoroinnilla voidaan seurata ajasta riippuvia suureita. Mittaustiedon siirtäminen kohteesta monitorointitulosten analysoijalle voi tapahtua jatkuvasti ja automaattisesti tai jaksottain esim. kerran vuorokaudessa.

### 1.3.3 Jaksottainen monitorointi

Jaksottaisessa monitoroinnissa siltaa monitoroidaan jaksoissa. Mitattavan jakson kesto ja jaksojen väli voi olla lyhyt tai pitkä jakso voi kestää jopa vuosia. Jaksojen väli voi olla säännöllinen tai epäsäännöllinen ja jaksojen välillä siltaan voidaan tehdä korjauksia tai muutoksia. Jaksottainen monitorointi soveltuu erityisesti korjausten onnistumisen sekä sillan käyttöä varmistamiseen. Jaksottaisella monitoroinnilla voidaan seurata ajasta riippuvia suureita.

Jaksottaisessa monitoroinnissa tulee jo monitorointiprojektin alkuvaiheessa kiinnittää huomiota erityisesti antureiden ja mittalaitteiden kalibrointimahdollisuuksiin.

### 1.3.4 Kertamonitorointi

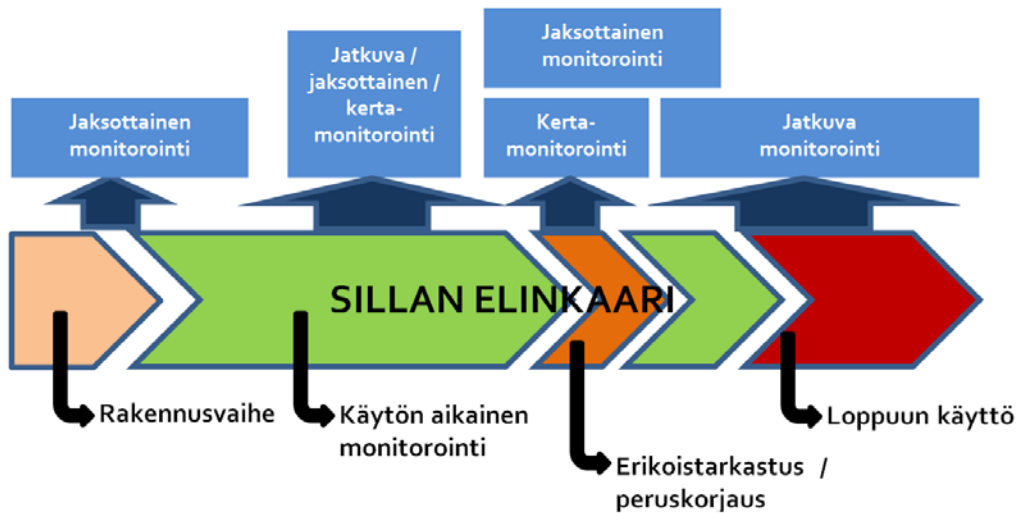
Kertamonitoroinnissa siltaa monitoroidaan vain yhden jakson ajan. Kertamonitorointi muuttuu jaksottaiseksi monitoroinniksi, jos se uusitaan myöhemmin esim. tehtyjen sillan korjaustoimenpiteiden jälkeen. Jaksottaisen monitoroinnin mahdollisuus tulisi tunnistaa jo monitorointisuunnitelmassa, jotta mittausjärjestelyn toistettavuus ja antureiden mahdollinen uudelleenasetaminen otettaisiin huomioon. Kertamonitoroinnin kesto voi olla joitain viikkoja, jolloin saadaan tietoa esim. hetkellisestä raskaasta liikenteestä ja sen vaikutuksista siltaan. Kertamonitoroinnin aikana ei kuitenkaan sillan kunnan ja toiminnan oleteta muuttavan, eikä sillä siten voida tuottaa tietoa ajasta riippuvista suureista.

Koekuormitus voi olla osa kertamonitorointia tai se voi muodostaa koko kertamonitoroinnin. Kertamonitoroinnissa mittalaitteita ja -antureita ei poisteta kuormitustapausten välillä. Poistaminen voidaan toteuttaa vain, jos mittausjärjestely on helposti toistettavissa.

### 1.3.5 Monitorointimenetelmän valinta

Monitorointimenetelmän valinta kuuluu tilaajan tehtäviin. Monitorointimenetelmä muodostaa merkittävän osan monitoroinnin kustannuksista sekä vaikuttaa oleellisesti monitoroinnilla tuotettuun tietoon. Monitorointimenetelmän valinta riippuu monitorointitarpeesta, tavoitetilasta, monitoroinnin kustannuksista sekä saatujen tulosten käyttökelpoisuudesta. Usein tavoitteiden saavuttamiseksi voidaan käyttää eri monitorointimenetelmiä. Monitorointimenetelmän valinta on aina silta- ja tapauskohtaista.

Vaurioita tarkasteltaessa siltaa voidaan monitoroida kaikilla monitorointimenetelmillä. Jatkuvalle ja jaksottaisella monitorointimenetelmillä voidaan erottaa monitorointituloksista ajasta riippuvia tekijöitä. Kertamonitoroinnissa tulee varmistua riittävän suuresta normaaliliikenteen kuormitustapauksesta, jos koekuormitusta ei käytetä. Vaurion kehittymisen seuranta vaatii jatkuvaa tai jaksottaista monitorointia. Vaurioiden merkittävyyden arvioinnissa monitorointimenetelmä valitaan uuden tuotetun tiedon ja monitorointikustannusten perusteella.



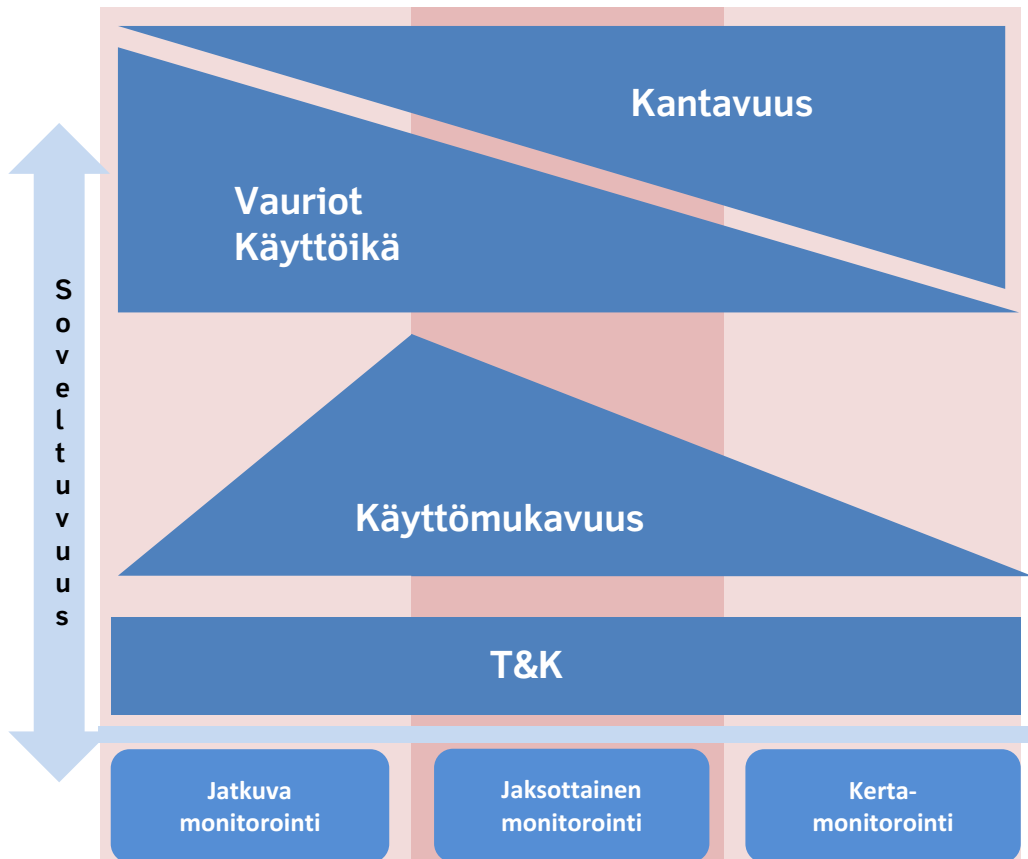
Kuva 5. Monitorointimenetelmiä sillan elinkaarsa

Tavoitetilan ollessa akselipainojen määrittäminen (=sallittavat akseli- ja kokonaispainot), voidaan siltaa monitoroida jaksottaisella ja kertamonitoroinnilla. Sallittavien akseli- ja kokonaispainojen muuttamiseen liittyy usein koekuormitus, jolloin kantavuus voidaan varmistaa kertamonitoroinnilla. Jatkuva monitorointi ei ole usein kustannustehokasta kantavuuden arvioinnissa, mutta sillä voidaan seurata kantavuuden nostamiseen tehtyjen korjausten ja muutosten toimivuutta tai korotettujen sallittavien painojen vaikutusta sillan kuntoon ja toimintaan.

Sillan käyttöikään liittyvää tietoa voidaan tuottaa kaikilla monitorointimenetelmillä. Kertamonitoroinnilla ei voida tuottaa tietoa tekijöistä, jotka muuttuvat ajan myötä. Kertamonitoroinnissa käyttöiän tarkastelu liittyy vain koekuormituksen tuottamaan tietoon. Kertamonitorointi toimii käyttöiän suhteen laskentamallin kalibrointina tai lähtötiedon tarkentamisessa hetkellisistä kuormitusolosuhteista. Jaksottaisella tai jatkuvalla monitoroinnilla voidaan tuottaa käyttöiän arvioimiseen tarkkaa jatkuvaa tietoa mm. todellisista liikennemääristä ja jännitysvaihteluista.

Käyttömukavuutta voidaan arvioida pääasiassa jaksottaisella ja kertamonitoroinnilla. Käyttömukavuutta arvioidaan usein arviointijaksoissa, jolloin käytetyn arviointimenetelmän mukainen arviointijakso riittää käyttömukavuuden arvioimiseen. Jaksottaisella monitoroinnilla voidaan seurata käyttömukavuuden parantamiseen tehtyjen korjausten toimivuutta. Käyttömukavuutta voidaan arvioida myös jatkuvalla mittauksella, mutta usein se ei ole kustannustehokasta.

Sopivin monitorointimenetelmä ja monitoroinnin kustannukset voivat tarkentua monitorointisuunnitelmaa tehtäessä. Lähtötietojen ja tavoitteiden tarkentuessa monitoroinnin pääsuunnittelijan tulee tarkentaa tilaajalle eri monitorointivaihtoehdot, joiden perusteella voidaan saavuttaa monitorointiprojektin jälkeen tilaajan määrittelemä tavoitetila. Monitorointimenetelmän valinnassa tulee myös ottaa huomioon käytettävissä olevat monitorointiprojektin toteutusmuodot.



Kuva 6. Monitorointimenetelmien sopivuus eri monitorointitarpeisiin

## 1.4 Monitoroinnin laajuus

### 1.4.1 Yleistä

Monitoroinnin laajuus kuvaa monitoroinnin suunnitteluun, toteuttamiseen ja tulosten analysointiin käytettyjä resursseja. Monitoroinnin laajuus sisältää käytetyn monitorointitekniikan, -mittalaitteiden lukumäärän ja monitorointitulosten analysoinnin. Monitorointiprojektilla on kolme eri laajuutta: suppea, laaja ja erikoislaaja. Monitoroinnin eri osa-alueiden laajuuksien tulee vastata toisiaan. Monitoroinnin laajuuden valitseminen kuuluu tilaajan tehtäviin.

Laajuus voidaan valita monitorointiprojektin aikana tai sitä voidaan tarkentaa monitorointisuunnitelman valmistuttua, jolloin tilaajalla on tarkempaa tietoa käytössään monitoroinnista. Monitoroinnin laajuus vaikuttaa erityisesti mittauspisteiden ja mitaustekniikoiden määrään.

### 1.4.2 Erikoislaaja monitorointi

Erikoislaajassa monitoroinnissa tuotetaan tietoa tarkasteltavan ilmiön lisäksi koko sillan todellisesta käyttäytymisestä yksityiskohtaisesti. Erikoislaajassa monitoroinnissa voidaan käyttää useampia mitaustekniikoita saman ilmiön tarkastelemiseen ja siinä käytetään tavallisesti yli 100 mittauskanavaa sillan todellisen käyttäytymisen mallintamiseen.

### 1.4.3 Laaja monitorointi

Laajassa monitoroinnissa tuotetaan tietoa tarkasteltavan kohdan lisäksi sillan yleisestä todellisesta käyttäytymisestä. Mittauskanavia on laajassa monitoroinnissa yleensä 20–100 kpl. Jos tarkasteltavan ilmiön voidaan osoittaa liittyvän vain yhteen alueeseen, voi laajassa monitoroinnissa olla vain yksi mittauskohde. Siinä tapauksessa tietoa tuotetaan yhdestä mittauspisteestä useammalla kuin yhdellä mitaustekniikalla.

### 1.4.4 Suppea monitorointi

Suppeassa monitoroinnissa tuotetaan tietoa vain tarkasteltavasta ilmiöstä. Suppeassa monitoroinnissa käytetään vain yhtä mitaustekniikkaa tiedon tuottamiseen. Mittauskanavia on yleensä enintään 20 kpl, mutta monitorointitulosten analysoimiseen voidaan käyttää hyvinkin yksinkertaista menetelmää. Rakenteelliseen kantavuuteen liittyvässä tiedon tuottamisessa muodostetaan vähintään yksinkertainen laskentamalli tulosten analysointivaiheessa.

### 1.4.5 Monitoroinnin laajuuden valinta

Monitoroinnin laajuus vaikuttaa oleellisesti monitorointiprojektin kustannuksiin. Monitoroinnin laajuus perustuu aina kustannustehokkaimpaan laajuusvaihtoehtoon. Laajuuden valinnassa tilaajan tulee arvioida monitoroinnilla tuotetun tiedon määrää ja luotettavuutta suhteessa monitoroinnin kustannuksiin. Monitoroinnin laajuudeksi tulee aina valita se vaihtoehto, jonka avulla yhdessä analysointimallin kanssa voidaan saavuttaa tavoitetila luotettavasti.

Taulukko 1. Esimerkkejä monitoroinnin laajuuksien sisällöstä.

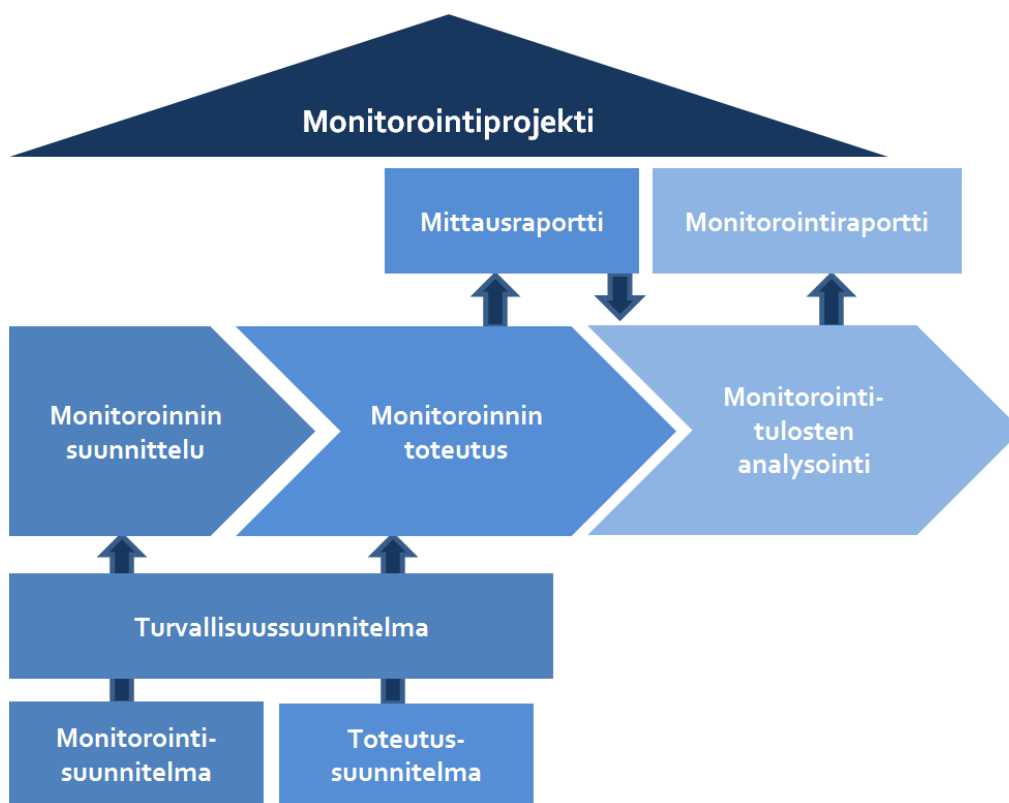
| Tavoitetila  | Suppea  | Laaja   | Erikoislaaja  |
|--|---|---|---|
| <b>Kantavuuden määrittäminen koekuormituksella</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• yksi tai useampi kriittisin mittauspiste</li> <li>• laskentamalli</li> <li>• yksi mittausmekaniikka</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• kaikki kriittiset mittauspisteet</li> <li>• yksi tai useampi mittausmekaniikka</li> <li>• laskentamalli</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• kriittisten mittauspisteiden lisäksi ylimääräisiä mittauspisteitä</li> <li>• vähintään kaksi mittausmekaniikkaa</li> <li>• tarkka laskentamalli</li> </ul> |
| <b>Käyttömukavuuden arvioiminen</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• yksi tai useampi kriittisin mittauspiste</li> <li>• laskentamalli ei pakollinen</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• kaikki kriittiset mittauspisteet</li> <li>• pitkä mittausjakso</li> <li>• laskentamalli</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• kriittisten mittauspisteiden lisäksi ylimääräisiä mittauspisteitä</li> <li>• erittäin pitkä mittausjakso</li> <li>• tarkka laskentamalli</li> </ul>        |

Monitoroinnin laajuuden valinnassa tulee arvioida sillan merkittävyys. Merkittävyydellä tarkoitetaan sillan tai siltatyyppin tärkeyttä liikenneverkossa. Lisäksi tulee arvioida sillan mahdollinen korvausinvestointi. Korvausinvestoinnin ollessa suuri, voidaan laajalla monitoroinnilla saavuttaa kustannussäästöjä, jos sillan uusimista voidaan lykätä tai siitä kokonaan luopua.

## 2 Monitorointiprojekti

### 2.1 Yleistä

Monitorointiprojekti on monitorointiin liittyvien asioiden ja prosessien kokonaisuus. Monitorointiprojektilla tarkoitetaan yhden kohteen monitorointia. Monitorointiprojekti sisältää kaikki monitoroinnin kolme osa-alueetta (suunnittelu, toteutus ja tulosten analysointi), osa-alueiden sisältämät suunnitteluasiakirjat sekä osapuolten väliset sopimukset. Koko monitorointiprojektin tarkoituksena on tuottaa tarvittava lisätieto, jotta haluttu tavoitetilä olisi saavutettavissa.



Kuva 7. Monitorointiprojektin asiakirjat.

Monitorointiprojektilla on kolme päätoteutusmuotoa (vaiheittainen monitorointi, keskitetty monitorointi ja hajautettu monitorointi). Toteutusmuodot määrittävät monitorointiprojektin osapuolten roolit ja tehtävät. Toteutusmuotojen soveltuvuus monitorointiprojektiin riippuu monitorointimenetelmästä, monitoroinnin kestosta ja käytävissä olevista resursseista. Monitoroinnin toteutusmuodon oikealla valinnalla pyritään varmistamaan monitoroinnin laatu ja kustannustehokkuus. Useat monitorointiprojektit muodostavat monitorointiohjelman, jolloin on tärkeää, että mittaus- ja analysointitulokset talletetaan systemaattisesti ja hankekohtaisesti sovittuun tietokantaan.

## 2.2 Monitorointiprojektin roolit

### 2.2.1 Yleistä

Monitorointiprojektin kokonaisuus sisältää eri osapuolten osalta rooleja, joille kuuluu vastuutehtäviä monitorointiprojektin osa-alueista. Vastuutehtävillä tarkoitetaan asiakokonaisuuksia, joiden tekemisestä kyseinen rooli vastaa. Yhdessä projektissa samalla osapuolella/henkilöllä voi olla useampia rooleja. Esim. keskitetyssä monitoroinnissa monitoroinnin toteuttajalle kuuluu oman roolinsa lisäksi monitoroinnin pääsuunnittelijan ja monitorointitulosten analysoijan roolit.

Vastuutehtäviä voidaan teettää muilla monitorointiprojektin osapuolilla. Se ei kuitenkaan siirrä tehtävän vastuuta pois siitä vastaavalta roolilta. Esim. tilaaja voi antaa toimeksiannon monitorointiprojektin johtamisesta tilaajan monitorointikonsultille. Kaikki luvussa 2.2 esitetyt roolit ovat pakollisia monitorointiprojektissa pois lukien tilaajan monitorointikonsulttia. Tilaaja päättää roolien jaosta monitorointiprojektissa.

### 2.2.2 Tilaaja

Monitorointiprojektissa tilaajana toimii pääsääntöisesti sillan omistaja tai ylläpitäjä. Tilaajan tehtäviin kuuluu kaikissa monitoroinnin toteutusmuodoissa monitorointiprojektin johtaminen. Tilaaja päättää monitoroimiseen ryhtymisestä. Monitorointiin ryhtymisen päätös voidaan tehdä vasta monitorointisuunnitelman jälkeen, jolloin monitoroinnin kustannuksista ja mahdollisesta tuotettavasta tiedosta on tarkempaa tietoa. Tilaaja asettaa koko monitorointiprojektin tavoitteet monitorointitarpeen ja halutun tavoitetilan perusteella. Monitorointiprojektin tavoitteet toimivat monitorointisuunnitelman perustana.

Tilaaja vastaa monitoroinnin turvallisuusasiakirjan laatimisesta ja siitä, että ne ovat riittävän kohdekohtaisia. Tilaajan tulee hyväksyä monitorointiprojektiin liittyvät suunnitelma-asiakirjat. Turvallisuussuunnitelmien osalta palveluntuottaja toimittaa tilaajalle ne ja vastaa niiden sisällöstä. Tilaaja voi antaa turvallisuussuunnitelmaa koskevia lisävaatimuksia ja parannusehdotuksia, jotka on toteutettava ennen töiden aloittamista.

Tilaajan on lisäksi huolehdittava, että monitorointihankkeessa noudatetaan turvallisuusdokumentaation lisäksi Liikenneviraston ohjeita riskienhallinnasta sekä turvallisuuspoikkeamien kirjaamisesta.

### 2.2.3 Monitoroinnin pääsuunnittelija

Monitoroinnin pääsuunnittelija on monitoroinnin ja monitoroitavan siltatyyppin asiantuntija. Monitoroinnin pääsuunnittelijan tehtäviin kuuluu monitoroinnin suunnittelu. Monitoroinnin pääsuunnittelija tekee monitorointisuunnitelman luvun 3.2 mukaisesti. Monitoroinnin pääsuunnittelijalle kuuluu myös monitorointitulosten analysointi sekä jatkotoimenpide-ehdotukset. Monitorointimenetelmässä 3 nämä kuuluvat erilliselle monitorointitulosten suunnittelijalle.

---

Monitoroinnin pääsuunnittelija voi toimia myös tilaajan konsulttina päätettäessä monitorointimenetelmästä, laajuudesta ja monitoroinnin tavoitteista. Monitoroinnin pääsuunnittelijalta vaaditaan monitoroitavan siltatyypin osalta suunnitteluluokan mukainen suunnittelupätevyys tai muu tilaajan hyväksymä osaaminen, jos monitorointi liittyy kantavuus- tai käyttöikä tarkasteluun.

#### **2.2.4 Monitoroinnin toteuttaja**

Monitoroinnin toteuttaja vastaa monitoroinnin toteuttamisesta. Monitoroinnin toteuttajan tehtäviin kuuluu monitoroinnin toteuttaminen monitorointisuunnitelman mukaisesti sekä toteutussuunnitelman tekeminen. Monitoroinnin toteuttajan tehtäviin kuuluu myös tulosten raportointi monitoroinnin tilaajalle ja monitorointitulosten analysoijalle.

Monitoroinnin toteuttajan tulee toteuttaa monitorointi monitorointisuunnitelman ja tilaajan turvallisuusasiakirjoihin sekä vaara-arviointiin perustuvan turvallisuussuunnitelman mukaisesti täyttäen tämän ohjeen ja sen viitteiden mukaiset laatuvaatimukset. Monitoroinnin toteuttajan tulee tehdä toteutussuunnitelma monitoroinnista. Toteutussuunnitelman sisältö on esitetty luvussa 3.4 .

#### **2.2.5 Monitorointitulosten analysoija**

Monitorointitulosten analysoija vastaa monitorointitulosten analysoinnista. Monitorointitulosten analysoijan tehtäviin kuuluu myös mahdollisten jatkotoimenpiteiden määrittäminen.

Monitoroinnin analysoijalta vaaditaan monitoroitavan siltatyypin osalta suunnitteluluokan mukainen suunnittelupätevyys tai muu tilaajan hyväksymä osaaminen, jos monitorointi liittyy kantavuus- tai käyttöikä tarkasteluun.

#### **2.2.6 Tilaajan monitorointikonsultti**

Tilaajan monitorointikonsultti on monitoroinnin ja monitorointiprojektien asiantuntija. Tilaajan monitorointikonsultti konsultoi tilaajaa monitorointiin liittyvissä asioissa. Tilaajan monitorointikonsultille voidaan määrittää turvallisuuskoordinaattorin tai projektinjohtoon liittyviä tehtäviä, mikäli ei itse ole monitoroinnin toteuttajan roolissa.

#### **2.2.7 Turvallisuuskoordinaattori**

Monitorointihankkeelle nimetään aina turvallisuuskoordinaattori. Turvallisuuskoordinaattori huolehtii hankkeen valmistelu-, suunnittelu- ja toteutusvaiheessa tilaajalle määrätyistä turvallisuutta ja terveellisyyttä koskevista toimenpiteistä. Turvallisuuskoordinaattorin valinnasta vastaa tilaaja. Turvallisuuskoordinaattorin tehtävät kuuluvat tilaajalle, ellei tilaaja määritä niitä jollekin toiselle monitorointiprojektin osapuolelle.

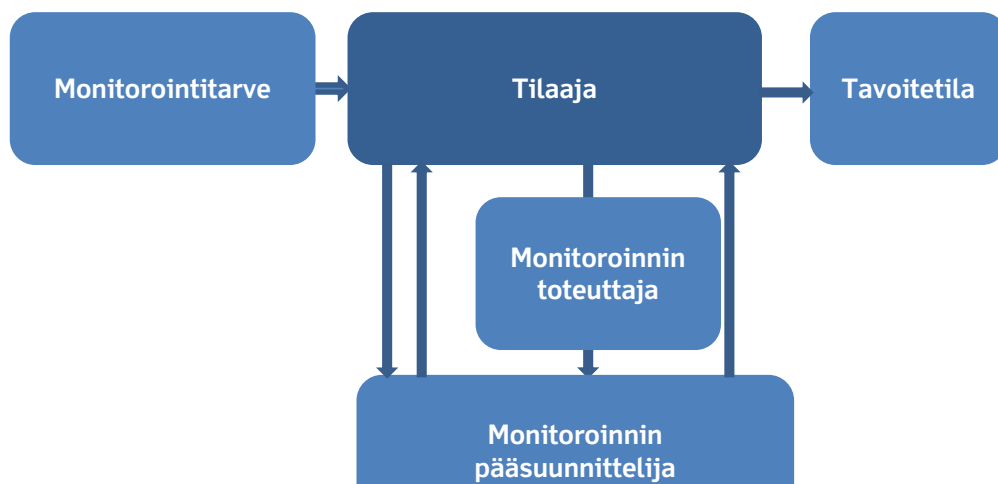


## 2.3 Monitoroinnin toteutusmuodot

### 2.3.1 Toteutusmuoto 1: vaiheittainen monitorointi

Vaiheittainen monitorointi on tavanomaisin monitoroinnin toteutusmuoto. Vaiheittaisessa monitoroinnissa on kolme osapuolta koko monitorointiprojektin aikana: tilaaja, monitoroinnin pääsuunnittelija ja monitoroinnin toteuttaja. Näiden osapuolten lisäksi projektissa voi osapuolilla olla alikonsultteja. Vaiheittaisessa monitoroinnissa monitorointitulosten analysointi kuuluu monitoroinnin pääsuunnittelijalle. Monitoroinnin toteuttajia voi olla useampia, jos monitorointiprojekti on jaksottainen ja kestää hyvin pitkään.

Vaiheittaista monitorointia voidaan soveltaa tavanomaisiin monitorointiprojekteihin, jotka voivat olla sekä lyhyitä että pitkiä. Tilaajan kannalta vaiheittainen monitorointi ei tarvitse laajoja sopimusasiakirjoja, koska monitoroinnin pääsuunnittelijan tekemää monitorointisuunnitelmaa voidaan käyttää toteutuksen tilauksen pohjana. Tilaajan kannalta suurin riski on, että toteutuuko monitoroinnin toteutus suunnitellulla tavalla.

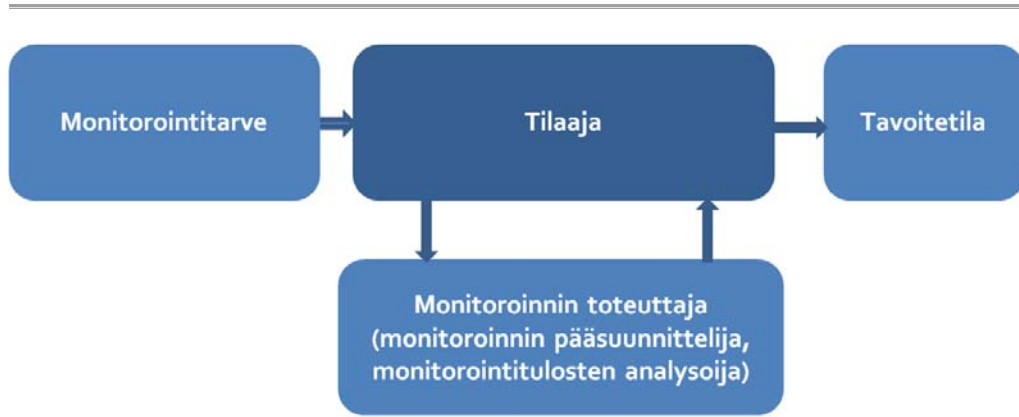


Kuva 8. Tiedonkulku vaiheittaisessa monitoroinnissa.

### 2.3.2 Toteutusmuoto 2: keskitetty monitorointi

Keskitetty monitorointi on tilaajalle kevyt monitoroinnin toteutusmuoto. Keskitetyssä monitoroinnissa on tilaajan lisäksi vain yksi osapuoli. Monitoroinnin suunnittelun, toteuttamisen ja monitorointitulosten analysoinnin toteuttaa yksi osapuoli. Keskitetyssä monitoroinnissa tiedonkulku osapuolten välillä on suoraviivaisinta, jolloin osapuolten välisen tiedonkulun aiheuttamat riskit ovat pieniä.

Keskitetty monitorointi soveltuu monitorointitapauksiin, joissa tilaaja haluaa kevyen roolin monitorointiprojektiin ja joissa monitoroinnin sisältö on selvä. Keskitetty monitorointi vaatii tilaajalta laajat sopimusasiakirjat, koska koko monitorointiprojekti tilataan yleensä projektin alussa. Lisäksi tilaajalla tulee olla asiantuntemusta monitoroinnista, jotta voidaan arvioida monitoroinnin toteuttajan ehdottamia mittaustekniikoita ja niiden soveltuvuutta.



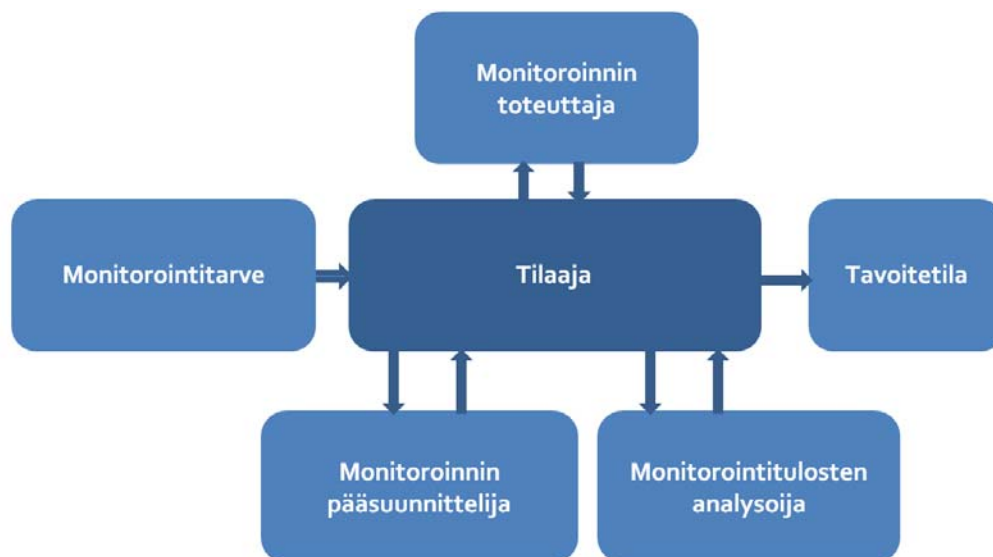
Kuva 9. Tiedonkulku keskitetyssä monitoroinnissa.

### 2.3.3 Toteutusmuoto 3: hajautettu monitorointi

Hajautettu monitorointi on tilaajakeskeinen monitoroinnin toteutusmuoto. Hajautetussa monitoroinnissa jokaisen monitorointivaiheen suorittaa eri osapuoli. Tilaajan lisäksi monitorointiprojektiin osallistuu monitoroinnin pääsuunnittelija, monitoroinnin toteuttaja sekä monitorointitulosten analysoija. Pitkissä monitorointiprojekteissa monitoroinnin toteuttajia voi olla useampia.

Hajautettua monitorointia suositellaan käytettävän vain pitkäaikaisissa monitorointiprojekteissa, joissa monitorointiprojektin pituudesta johtuen ei voida käyttää muita monitoroinnin toteutusmuotoja. Tilaajan monitorointikonsultin käyttäminen on suositeltavaa hajautetussa monitoroinnissa.

Hajautetun monitoroinnin suuret riskit ovat osapuolten välinen tiedonkulku sekä projektin johdon määrä ja vaativuus. Monitoroinnin suunnittelijan ja monitorointitulosten analysoijan eriyttäminen hajautetun monitoroinnin mukaisesti nostaa riskiä, että monitorointitulosten analysointi ei vastaa monitorointisuunnitelmaa. Hajautetussa monitoroinnissa suunnitteluasiakirjojen laatu ja sisällön määrä on onnistuneen monitoroinnin tärkeä tekijä.

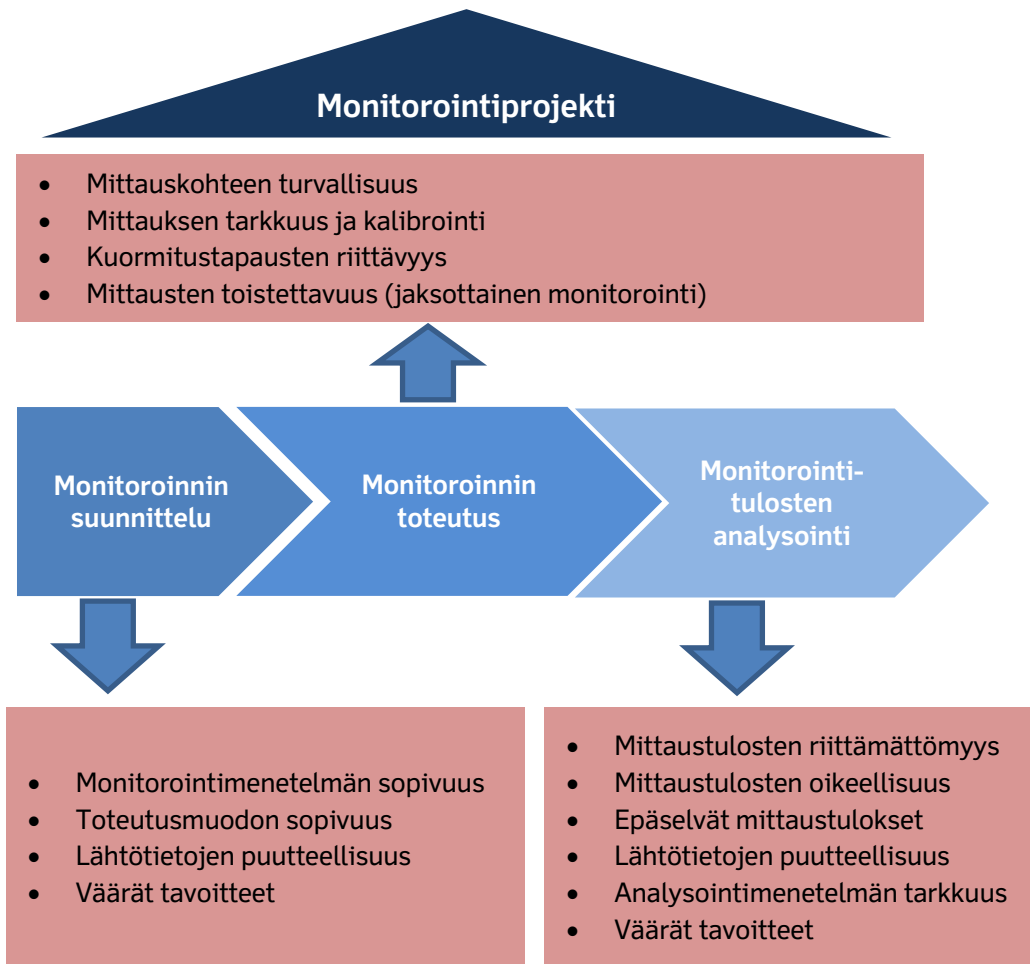


Kuva 10. Tiedonkulku hajautetussa monitoroinnissa.

## 2.4 Monitorointiprojektin riskienhallinta

Riskienhallinta on osa monitorointiprojektin koko elinkaarta aina monitorointiprojektin suunnittelusta dokumentointiin asti. Monitoroinnilla tuotetaan tietoa sillasta riskiperustaista päätöksentekoa varten. Monitorointiprojektin riskienhallinta toteutetaan Liikenneviraston ohjeistuksen (mm. Riskienhallinta väylänpidossa, 28/2015) mukaisesti. Monitorointiprojektin riskejä hallitaan etukäteissuunnittelulla, tarvittavien toimenpiteiden toteuttamisen seuraamisella sekä sopimusteknisesti.

Monitorointiprojektin riskienhallinta on jatkuvaa ja riskienhallintatietoa tulee päivittää monitorointiprojektin aikana. Riskienhallinta on lisäksi aina monitorointiprojekti-kohtaista ja siinä huomioidaan kohteen erityispiirteet. Yleisellä tasolla monitorointiprojektin riskit liittyvät turvallisuuteen ja kuvassa 11 esitettyihin muihin osa-alueisiin.



Kuva 11. Riskienhallinnan osa-alueet.

Hankintavaiheessa tilaaja huomioi monitorointimenetelmän valintaan liittyvät riskit ja kohteen merkittävyyden vaikutukset monitoroinnin toteutumiseen. Toteutusmenetelmän valinnassa huomioidaan monitorointimenetelmään liittyvät vaarat sekä mahdollisuudet. Toteutusmuodon valintaan liittyviä riskejä on esitetty taulukossa 2. Suunnitteluvaiheessa arvioidaan monitoroinnin turvallisuuteen vaikuttavat vaarat turvallisuussuunnittelua varten. Toteutusvaiheessa toteutetaan aiemmin suunnitellut toimenpiteet ja päivitetään riskienhallintatietoa.

Taulukko 2. Riskienhallinnasta eri toteutusmuodoissa.

|   | Vaara/ongelma  | Mahdolliset seuraukset   |
|---|--|--|
| <b>Toteutusmuoto 1:</b><br>vaiheittainen monitorointi | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yhteisen tavoitteen ymmärtäminen</li> <li>• Toteutus ei vastaa suunnittelua</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puutteelliset analysointivaiheen lähtötiedot</li> </ul>   |
| <b>Toteutusmuoto 2:</b><br>keskitetty monitorointi    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kokonaispalvelulla ei saa tarkoituksenmukaista laatua</li> <li>• Toteuttajan rajalliset resurssit</li> <li>• Puutteelliset sopimusasiakirjat</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorointi ei palvele sille asetettuja tavoitteita</li> <li>• Monitoroidaan väärällä tavalla</li> <li>• Valitaan väärä monitorointitekniikka</li> </ul> |
| <b>Toteutusmuoto 3:</b><br>hajautettu monitorointi    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiedon hävikki</li> <li>• Puutteellinen tiedonkulku osapuolten välillä</li> <li>• Suunnittelun ja analysoinnin yhteensovittaminen</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoroidaan väärä asioita</li> <li>• Monitorointi ei palvele sille asetettuja tavoitteita</li> </ul>  |

Monitorointiraporttiin kirjataan monitoroinnissa havaitut turvallisuuteen vaikuttavat tekijät, joita ovat esimerkiksi liikenneturvallisuutta ja kantavuutta vaarantavat tekijät. Näille tulee esittää toimenpiteet, mikäli niiden merkittävyys vaatii sitä.

## 3 Monitoroinnin toimeksiannon sisältö

### 3.1 Yleistä

Monitoroinnin pääsuunnittelija vastaa siitä, että tutkittavat kohdat määritetään ammattitaitoisella harkinnalla siten, että rakenteiden kunnosta ja toiminnasta saadaan luotettavat tiedot. Monitoroinnin toteuttaja vastaa mittaustulosten luotettavuudesta sekä antureiden ja muiden välineiden toimivuudesta pitkällä aikavälillä. Tulosten luotettavuuden varmistamiseksi voidaan jatkuvassa monitoroinnissa tehdä kalibrointikoekuormituksia ja niihin liittyviä mittauksia. Monitoroinnin suunnittelija määrittää tarkkuustason mihin mittauksissa on päästävä.

Monitorointiprojektiin kuuluvat seuraavat asiakirjat:

- Monitorointisuunnitelma
- Turvallisuussuunnitelma
- Toteutussuunnitelma
- Mittausraportti
- Monitorointiraportti

Kohdissa 3.2-3.6 esitetään mitä näissä asiakirjoissa tulee esittää. Tapauskohtaisesti näitä vaatimuksia voi lieventää ja kaikkia vaatimuksia ei tarvitse täyttää, jos toimeksianto on laajuudeltaan pieni tai kun kyse ei ole rakenteellisesta monitoroinnista. Toteutusmuodossa 2 monitorointisuunnitelma, turvallisuussuunnitelma ja monitoroinnin toteutussuunnitelma voidaan yhdistää yhdeksi asiakirjaksi.

Monitoroinnissa käytettävien laitteiden tulee olla niiden valmistajien ohjeiden mukaisesti huollettuja ja kalibroituja. Kalibrointitietojen dokumentoinnin tulee olla ajan tasalla. Monitoroinnit tehdään Siltojen teknisen monitorointiohjeen ja kustakin monitorointimenetelmästä säädetyn SFS, SFS-EN tai ISO -standardin mukaisesti.

Monitorointityön aikana tarpeelliseksi ilmenneiden yksikköhintaisten lisätutkimusten tekemisestä on sovittava tilaajan kanssa. Oleellisten rakennepiirustusten tulee olla käytettävissä myös siltapaikalla.

Monitorointia suorittavilla henkilöillä on oltava mukanaan yksilöivä kuvallinen tunnistus (henkilökortti). Lisäksi tulee mukana olla tieturvakortti, kun työskennellään tie- tai katualueella. Henkilökortissa tulee olla vähintään seuraavat tiedot:

- Yrityksen nimi
- Yrityksen y-tunnus
- Työntekijän nimi
- Työntekijän veronumero
- Rautatiealueella työskennellessä voimassa oleva ratatyöturvallisuus-pätevyys (TURVA) merkittynä Turva-tarralla

Monitoroinnista saadut tulokset tallennetaan hankekohtaisesti valittuun tietokantaan ja soveltuvin osin Liikenneviraston rekistereihin. Tilaajalla saattaa olla myös kohteesta ylläpitomalli. Ylläpitomallin päivittämisestä sovitaan tilaajan kanssa.

Jatkuvan monitoroinnin osalta eri toimijoilla on erilaisia käytäntöjä mittalaitteiden omistuksen suhteen. Sopimusasiakirjoissa määritellään vuokraako vai ostaako tilaaja mittalaitteet ja kenen omistukseen ne kuuluvat monitorointiprojektin jälkeen. Lähtökohtaisesti mittalaitteet kuuluvat monitoroinnin toteuttajalle ja niiden hinta sisältyy monitoroinnin toteutukseen. Sopimusasiakirjoissa tulee määrittää myös mittalaitteiden ylläpidon vastuut ja takuehdot.

## 3.2 Monitorointisuunnitelma

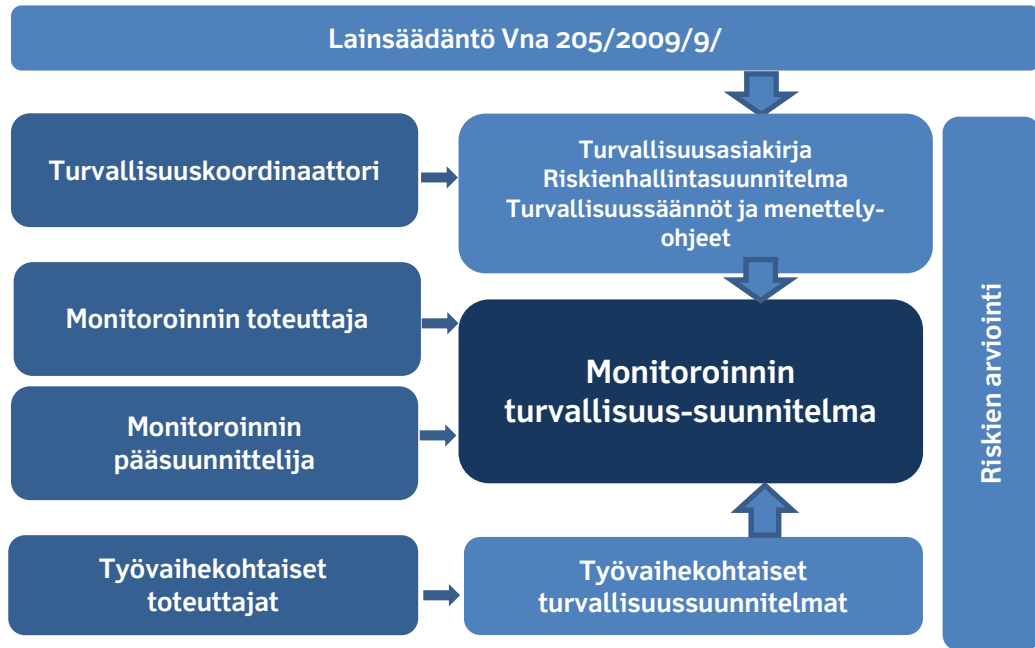
Monitoroinnin pääsuunnittelijan on tehtävä siltakohtainen monitorointisuunnitelma, missä esitetään

- kohteen yleiskuvaus
- monitorointiprojektin aikataulu
- monitoroinnin tavoitteet
- kaikki tarpeelliset toimenpiteet ja laitteet monitoroinnin suorittamiseksi
- lujuustekninen analyysi ja testi- tai koekuormituksen määrittely
- kriittisten mittauskohtien valinta
- antureiden ominaisuudet ja tarkkuustaso
- mittalaitteiden sijoitus
- asennustapa
- jatkuvan monitoroinnin enimmäiskatkoaika
- kaapeloinnin suunnittelu periaatteellisella tasolla
- tiedonsiirto periaatteellisella tasolla
- mitatun datan tallennuspaikka ja formaatti
- mittaustulosten käsittely, signaalinkäsittely
- analysoinnin ja raportoinnin määrittäminen

Lujuustekninen analyysi ei ole tarpeen, jos ei ole kyse rakenteellisesta monitoroinnista. Monitorointisuunnitelma voidaan tehdä myös useammassa vaiheessa tarkentuvana dokumenttina, jolloin sitä täydennetään ja lopuksi laaditaan toteutussuunnitelma. Monitorointisuunnitelma on hyväksyttävä tilaajalla ennen töiden aloittamista. Monitorointisuunnitelmaa voidaan käyttää hankinta-asiakirjana monitoroinnin toteutusta tilattaessa tai kilpailutettaessa.

### 3.3 Turvallisuussuunnitelma

Tilaaaja laatii monitoroinnin valmistelua varten turvallisuusasiakirjan, joka sisältää monitoroinnin toteuttamiseen liittyvät tarpeelliset turvallisuustiedot, ja nimittää turvallisuuskoordinaattorin.



Kuva 12. Turvallisuussuunnittelun kokonaisuus.

Työturvallisuuteen liittyvät vaatimukset on esitetty luvussa 6. Turvallisuussuunnitelman vaatimukset on esitetty SILKO 1.111 /6/ kohdassa 2.4. Turvallisuussuunnitelma sisältää monitorointiprojektin työkohtaiset suunnitelmat. Monitoroinnin päätoteuttaja laatii turvallisuussuunnitelman. Suunnitelma on toimitettava tilaajalle viimeistään aloituskokouksessa.

Turvallisuuden takaamiseksi tarvittavia suunnitelmia on tehtävä mm.

- työ- ja tukitelineistä
- putoamisvaarallisista töistä
- purkutöistä
- hukkumisvaaran sisältävistä töistä
- sähkötapaturmavaarallisista töistä
- sukellustöistä
- nostotöistä
- liikennejärjestelyistä
- tie- ja katualueella sekä rautateillä tehtävistä töistä.

Kaikkien työhön osallistuvien on oltava tietoisia turvallisuusvaaroista, vallitsevista olosuhteista ja turvallisuussuunnitelmien sisällöstä ja noudatettava annettuja ohjeita.

## 3.4 Monitoroinnin toteutussuunnitelma

Monitorointipalvelun toimittajan on tehtävä siltakohtainen monitoroinnin toteutussuunnitelma, missä on esitetty selkeästi toimitettava järjestelmä. Toteutussuunnitelmassa esitetään seuraavat pääkohdat:

- Järjestelmän yleiskuvaus
  - anturityypit
  - kaapelointi ja suojaputket
  - antureiden suojakotelot
  - laitekaappi
  - käyttöjärjestelmät
  - tiedon siirto ja tallennus
- mittalaitteet (yksityiskohtaisesti)
  - anturityyppi ja mitattava suure
  - anturin tarkka sijainti
  - anturin mitta-alue, luotettavuus ja tarkkuus
  - antureiden kiinnitys, kaapelointi ja suojaputket
  - mittalaitteiden ja mittauskorttien tyyppi ja mitta-ohjelmisto
- järjestelmän asentaminen
  - eri vaiheissa asennettavat osat
  - antureiden ja suojakoteloiden kiinnitykset
  - työnaikaiset kaapeloinnit sekä lopputilanteen kaapeloinnit
  - suojaputkien kiinnitykset ja sijoitus
- liikennejärjestelyt ja liikenteenohjaus
- tiedotus (yhdessä tilaajan kanssa)
- testi- tai koekuormituksen toteutus
- asennuksen ja ylläpidon kuvaus
  - antureiden ja mittalaitteiden kalibrointi
  - antureiden ja mittalaitteiden vaihtaminen
- tietojen tallennuksen ja käsittelyn kuvaus
- tulosten ja raportoinnin kuvaus
- laadunvarmistuksen ja laadunvarmistuksen kuvaus
  - mittaustulosten varmennus

Monitoroinnin toteutussuunnitelma on hyväksyttävä tilaajalla ennen töiden aloittamista.

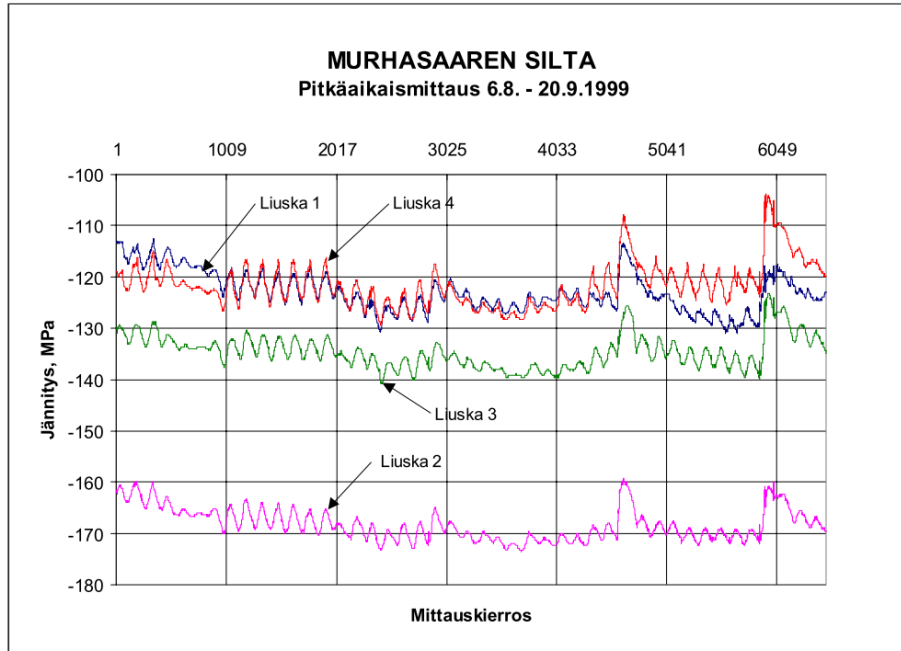


## 3.5 Monitoroinnin mittausraportti

Monitorointipalvelun toimittajan on tehtävä mittauksista raportti, missä esitetään ainakin seuraavat pääkohdat:

- selostus käytetyistä antureista
- antureiden ja mittalaitteiden ominaisuudet ja kalibrointitiedot
- antureiden sijainnit
- testi- tai koekuormituksessa käytettyjen ajoneuvojen tarkat akselivälit ja akselimassat
- mittauksien tulokset suunnitelmassa vaaditussa muodossa (esim ASCII-muodossa)
  - mittausajankohta
  - mittausaajuus
  - mitattava suure
  - mittauksen tekijä
  - selvitys käytetyistä kertoimista
- arvio mahdollisista epävarmuuksista

Mittausraportti toimitetaan monitoroinnin suunnittelijalle sekä tilaajalle tilaajan kanssa sovitun aikataulun mukaisesti. Järjestelmän kuvauksen osalta mittausraportti voi pohjautua toteutussuunnitelmaan (3.4).



Kuva 13. Esimerkki: Murhasaaren sillan pitkäaikaismittauksen tuloksia

## 3.6 Monitorointiraportti

Monitoroinnista laaditaan kirjallinen raportti, johon liitetään valokuvat, videot, tutkimusraportit ja muut laaditut asiakirjat. Koekuormituksen tuloksista tehdään erillinen raportti heti koekuormituksen jälkeen. Jatkuvan monitoroinnin monitorointiraportti tehdään vasta myöhemmässä ajankohdassa tai niitä tehdään useita monitoroinnin toteutussuunnitelman mukaisesti.

Monitorointiraportin jäsenyyksen tulee olla selkeä niin, että tärkeät asiat ja asiakokonaisuudet ovat helposti löydettävissä. Lujuustekninen analyysi ja kantavuuslaskenta suoritetaan siltojen kantavuuslaskentaohjeen /3/ mukaisesti. Raportille ei aseteta tarkkoja muotovaatimuksia mutta siinä tulee esittää ainakin seuraavat asiat:

- tiivistelmä
- sillan yleiskuvaus
- monitoroinnin tavoite
- käytetyt tutkimusmenetelmät ja -välineet
- selostus tutkimustuloksista ja niiden merkityksestä rakenteiden kuntoon ja säilyvyyteen rakenneosittain
- mittaustulokset
- lujuustekninen analyysi (monitorointiraportti)
- tutkimustuloksiin liittyvät sallitut ja kriittiset arvot rakenteista saatujen tulosten vertailupohjaksi
- johtopäätökset rakenteiden kunnosta ja korjaustarpeesta rakenneosittain
- liikenneturvallisuutta ja kantavuutta vaarantavat tekijät
- arvio mittausten epävarmuudesta
- toimenpide-ehdotukset

## 4 Koekuormitus

### 4.1 Yleistä

Koekuormitusta käytetään silloin, kun tarvitaan tarkkaa tietoa sillan toiminnasta kantavuuden arvioimista varten. Kuormituskokeilla voi myös tutkia sillan vahventamisen tai muun korjauksen vaikutuksia vertailemalla sillan toimintaa ennen ja jälkeen vahventamisen. Koekuormitukseen liittyy aina laskennallinen analyysi. Koekuormituksen tarve liittyy yleensä kantavuuden selvittämiseen, mikä johtuu yleensä raskaan ajoneuvoliikenteen akselimassojen noususta tai erikoiskuljetuksista. Koekuormituksista on hyötyä silloin, kun sillan kantavuus ei ole normaalien laskentamenetelmien perusteella riittävä tai kun sillan rakenteellinen toiminta on epäselvä.

Testikuormitus on koekuormitusta suppeampi kuormitus. Testikuormituksella on tarkoitus saada mittaustuloksia, joiden avulla voidaan varmistaa laskennallisessa analyysissä käytetyn laskentamallin toimivuus. Testikuormituksella voidaan myös todentaa antureiden toimivuus.

Koe- ja testikuormitus ovat verrattavissa kertamonitorointiin. Siten niitä koskevat tässä ohjeessa esitetyt vaatimukset.

### 4.2 Tutkimusmenetelmät

#### 4.2.1 Staattiset kuormituskokeet

Staattiset kuormituskokeet ovat yleisimmin käytetty koetyyppi. Kokeessa käytetään yleensä sillalle eri kuormitusasentoihin pysäytettyjä ajoneuvoja sillan pituus- ja poikkisuunnassa. Ajoneuvot voivat myös ylittää sillan erittäin hitaalla nopeudella, jolloin kuormitus yleensä vastaa myös staattista kuormitusta. Pituussuunnassa tarvitaan usein useita kuormitusasentoja kriittisten kuormitusasentojen löytämiseksi. Kuormien jakaantumisen selvittämiseksi poikkisuunnassa tehdään tavallisesti kokeita useilla eri ajolinjoilla. Rautatiesilloilla raiteen mahdollinen epäkeskisyyks on otettava huomioon.

Sillan kantavuus koekuormalle tulee tarkistaa laskennallisesti murtorajatarkastelulla, jossa otetaan huomioon vaadittava varmuustaso ja sysäyskertoimet. Kantavuus lasketaan Liikenneviraston kantavuuslaskentaohjeen mukaisesti.

#### 4.2.2 Dynaamiset kuormituskokeet

Dynaamisissa kuormituskokeissa sillan yli ajetaan tavallisesti yhdellä kuormitusajoneuvolla sillan dynaamisen käyttäytymisen, mm. sillan värähtelyn ja ajoneuvokuormasta aiheutuvan sysäyksen selvittämiseksi. Sysäyksiä saadaan laskettua vertaamalla dynaamisten kuormituskokeiden tuloksia staattisen kuormituskokeen tai hitaan ajon tuloksiin. Kokeissa voidaan käyttää eri ajonopeuksia, ajolinjoja ja ajosuuntia. Todellisen liikenteen vaakakuormien selvittämiseksi voidaan tehdä jarrutuskokeita.

### 4.2.3 Muut kuormituskoetyypit

Pitkäaikaiskoetta voidaan käyttää siltojen murtovarmuuden testaamiseksi. Menetelmän etuna on standardinomainen menettely kuorman suuruuden ja kelpoisuusehtojen määrittelyssä. Haittapuolena on kokeen hyvin pitkä kesto, varsinkin betoni- ja puusilloilla.

Betonisiltojen kelpoisuuden selvittämiseksi käyttörajatilassa on käytetty toistuvan kuorman koetta. Siinä rakenteen pitkäaikaista kuormaa jäljitellään toistamalla lyhytaikaista kuormaa sillalla viisi kertaa. Kuorman suuruudeksi pyritään saamaan 20 % sillan laskentakuormaa suurempi arvo. Sekä pitkäaikaiskokeen että toistuvan kokeen haittapuolena on vaadittavan kuorman suuruus, mikä lisää vaurioitumisriskiä. Näitä kokeita ei olekaan viime vuosina käytetty.

Käytöstä poistettaville silloille voi tehdä myös murtokokeita, joiden avulla voidaan selvittää käytöstä poistettavien siltojen kuormakestävyyttä. Murtokokeiden avulla voidaan saada tietoa erilaisten rakennetyyppien käyttäytymisestä murtotilanteessa ja todellisista kantavuuksista laskennallisiin kantavuuksiin verrattuna. Murtokokeet tehdään tavallisesti hydraulitunkeilla.

### 4.2.4 Värähtelymittaukset

Sillalle tai sen osalle voidaan tehdä värähtelymittauksia, joilla voidaan selvittää mm. ominaistajuuksia, ominaismuotoja, värähtelyn voimakkuutta, vaimennusta tai dynaamisia siirtymiä. Herätteenä voidaan käyttää ajoneuvoja, jalankulkijoita, pudotuspainolaitteita tai sillan osien osalta iskuja ja heilauttamista. Värähtelymittauksiin voidaan liittää myös aistinvaraista testausta, jolla saadaan suoraan tietoa värähtelyn koetusta epämukavuudesta.



Kuva 14. Kiihtyvyyssantureita ratasillassa.

Värähtelymittaukset ovat käyttökelpoisia erityisesti kevyen liikenteen silloilla, joilla jalankulkuherätteestä aiheutuva värähtely on yksi keskeisistä kelpoisuuskeriteereistä. Värähtelymittauksilla voidaan selvittää myös rakenteen osien kuntoa, jäykkyyttä tai pysyvää jännitystilaa. Tällä menetelmällä on tutkittu esim. vetotankojen ja ulkoisten jänteiden voimia.

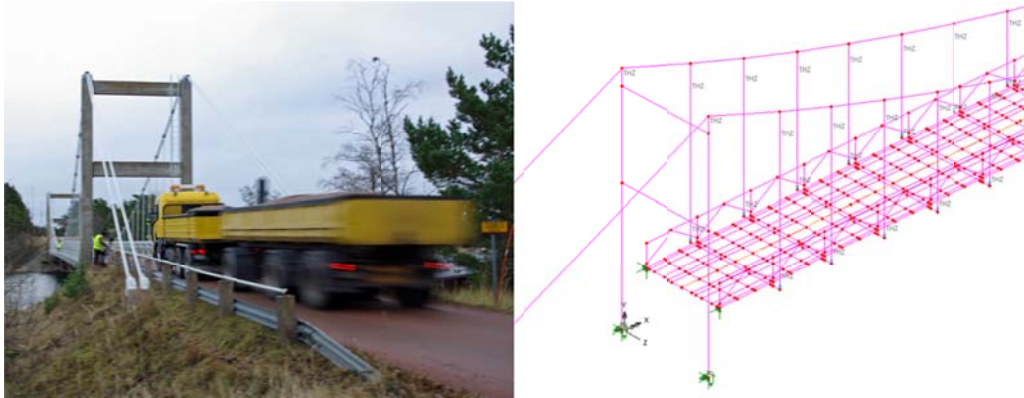
Voimakasta värähtelyä voi esiintyä myös siltojen osissa esim. köysissä, jolloin värähtelyn aiheuttaja on tuuliheräte.

### 4.3 Koekuormituksen toteutus

Koekuormitus tulee tehdä ennalta suunnitelluin liikennejärjestelyin lyhyissä liikennekatkoissa. Paikalla on oltava asiantuntija (monitoroinnin/koekuormituksen suunnittelijan tai toteuttajan edustaja), joka ohjaa koekuormitustapahtumaa. Ajoneuvon kokonaispaino tulee mitata kokonaispainovaa'alla. Lisäksi akselipainot on punnittava erikseen akselipainovaa'oilla. Myös ajoneuvojen akselivälit, raidelevyydet ja renkaiden levydet tulee mitata. Koekuormitukset tulee pyrkiä suorittamaan hyvissä olosuhteissa tasaisella pinnalla, jotta esim. jäinen, tuulinen tai liukas keli tai pimeys eivät vaikeuta kuormitusta tai lisää turvallisuusriskejä.

Monitoroinnin/koekuormituksen suunnittelija määrää käytettävät kuormat. Tiesilloilla kantavuuden tarkastelussa käytetään yleensä 10 % suurempaa kuormaa kuin tarkasteltava kuormakaavio, jonka kelpoisuutta testataan. Tarkasteltava kuormakaavio voi olla painorajoitustarkastelussa käytettävä ajoneuvoasetuksen mukainen kaavio tai tapauskohtainen erikoiskuljetuskaavio. Käyttöikään liittyvissä tutkimuksissa taas pyritään käyttämään todellista kuormaa. Testikuormituksessa akselimassat voivat olla pienempiä kuin koekuormituksessa.

Myös ratasilloilla tulee käyttää kuormaa, jonka akselimassat ja akselivälit tunnetaan. Lisäksi kuorma tulee olla raiteeseen nähden keskeinen kuormatassa vaunussa.



Kuva 15. Sillan koekuormitus sekä näkymä laskentamallista

## 5 Laadunhallinta

### 5.1 Organisaatio ja henkilöstö

Monitoroinnin eri osapuolten tulee ilmoittaa tarjouksissaan monitorointipalveluun osallistuvan organisaationsa rakenteen sekä työn toteutuksesta vastaavien henkilöiden tehtävät ja toimivallan. Monitorointiprojekteihin osallistuvien henkilöiden tulee täyttää tämän asiakirjan kohdassa 2.2 esitetyt vaatimukset. Osaamisen jatkuvuus on varmistettava. Henkilöstövaihdokset pitää hyväksyttää tilaajalla.

Monitorointien laatuvaastaavana toimii monitoroinnin päätoteuttaja. Laatuvaastaava vastaa laadunvarmistusmenettelyn noudattamisesta ja toimii toimittajan yhteyshenkilönä monitorointien laatuun liittyvissä asioissa.

Taitorakennerekisterin tietosisältöä päivittävän ja ylläpitävän henkilön tulee olla suorittanut Liikenneviraston Taitorakennerekisterin peruskurssin. Lisäksi edellytetään osallistumista mahdollisesti järjestettävään jatkokoulutukseen. Koulutusvaatimuksena on vähintään rakennusalan tekniikon tutkinto tai laajalla kokemuksella siltojen ylläpidosta käytännössä hankittu pätevyys. Tarkastustietoja päivittävän henkilön tulee olla suorittanut myös Liikenneviraston sillantarkastajakurssi hyväksytysti.

### 5.2 Alihankkijat

Alihankkijan on täytettävä samat organisaatiota ja henkilöstöä koskevat vaatimukset kuin monitoroinnin toteuttajalta vaaditaan. Alihankkijan täytyy noudattaa monitoroinnin toimittajan laadunvarmistusmenettelyä. Alihankkijat ja niiden monitoroinnin toteutukseen osallistuvat henkilöt on nimettävä tarjouksessa.

### 5.3 Laadunvarmistus

Tilaaaja edellyttää monitoroinnin toteuttajalta dokumentoitua laadunvarmistusmenettelyä. Laadunvarmistusmenettely käydään läpi aloituskokouksessa. Monitorointien toteuttaja tekee omaa laaduntarkastustaan laadunvarmistusmenettelynsä mukaisesti.

Laadun väliraportointia tarkastuskaudella tehdään aloituskokouksessa sovitulla tavalla. Yhteenvedo toimittajan sisäisestä laadunvarmistuksesta ja sen tuloksista esitetään tilaajalle mittaus- ja monitorointiraportin luovutuksessa. Pienissä toimeksiantoissa yhteydenpidosta ja raportoinnista voidaan sopia erikseen.

## 5.4 Tietoturva ja arkistointi

Monitorointien toimittajan tulee huolehtia tietoturvallisuudesta ja Taitorakennerekisterin tietosisällön luottamuksellisuudesta tarkoituksenmukaisella tavalla. Monitoroinnin toteuttajan on huolehdittava mittaustulosten varmuuskopioinnista. Siirrettävässä tilaajalle ja muille osapuolille tietoja sähköisessä muodossa on tietojärjestelmän hallintakeinojen (esim. virusten torjunta) oltava kattavat.

Monitorointien suunnittelijan ja toteuttajan on säilytettävä toimeksiantoon liittyvät raportit, tutkimustulokset, sillantarkastuslomakkeet ja muut asiakirjat vähintään kahdeksan vuotta siten, että ne ovat tarvittaessa tilaajan käytettävissä. Tulokset tallennetaan hankekohtaisesti valittuun tietokantaan, josta sovitaan yhdessä tilaajan kanssa.

## 6 Työturvallisuus

### 6.1 Yleistä

Kaikkien monitorointien työturvallisuusasioissa ja suorittamisessa on noudatettava lakien ja asetusten ja muiden viranomais määräysten vaatimuksia ja ohjeita. Työturvallisuuden osalta on työn suorittamisen lait ja määräykset esitetty mm. Valtioneuvoston asetuksessa rakennustyön turvallisuudesta [Vna 205/2009] ja Työturvallisuuslaissa [23.8.2002/738]. Asetuksissa ja laissa on esitetty työnantajan vastuut ja velvollisuudet sekä työntekijän oikeudet ja velvollisuudet.

Monitorointihankkeessa on oltava tilaajan nimeämä turvallisuuskoordinaattori, joka huolehtii hankkeen valmistelu-, suunnittelu- ja toteutusvaiheessa rakennuttajalle määrätystä turvallisuudesta ja terveellisyyttä koskevista toimenpiteistä. Turvallisuuskoordinaattori voi olla tilaajan omasta organisaatiosta tai rakennuttajakonsultti. Monitoroinnista laaditaan aina turvallisuussuunnitelma (3.3), jolla työturvallisuutta hallitaan.

Rautatiealueella pitää käyttää standardin SFS-EN ISO 20471 tai SFS-EN 471 mukaista, CE-merkittyä, luokan 2 tai 3 varoitusvaatetusta. Uusien hankittavien varoitusvaatteiden pitää olla standardin SFS-EN ISO 20471 mukaisia. [6] Oranssia väriä saa käyttää ainoastaan turvamiestehtävään määrätyn henkilön varoitusvaatetuksessa. [6]

Liikennevirasto edellyttää tiellä tehtävään työhön ja työn johtamiseen osallistuvilta henkilöiltä pätevyysvaatimukset, jotka kyseinen henkilö täyttää Tieturva-kurssin suoritettuaan. [7] Kaikkien liikennöidyllä tiellä työskentelevien henkilöiden on suoritettava Liikenneviraston liikenneturvallisuuskoulutukseen kuuluva Tieturva 1 -kurssi. Liikennejärjestelyistä ja työturvallisuudesta vastaavien ja liikenteen järjestelyjen suunnittelutehtävissä työskentelevien henkilöiden on suoritettava Tieturva 2 -kurssi.

Jos vesikulkuväylän ylittävän sillan alikulkukorkeutta rajoitetaan monitorointia asennettaessa, asiasta on tiedotettava alueelliselle merenkulun tarkastusyksikölle.

Rautatiealueella monitorointia tekeviltä henkilöiltä vaaditaan ratatyöturvallisuus-pätevyys (Turva). Liikenneviraston vaatima ratatyölupa tarvitaan, mikäli monitorointi edellyttää varsinaista työskentelyä, mittauksia, erikoistutkimuksia tai vastaavia toimenpiteitä ratatyön suojalottumassa, on työ tehtävä ratatyömenettelyä noudattaen. Ratatyön suojalottuma (RSU) mitataan 2,5 metriä lähemmästä kiskosta. Lisäksi on otettava huomioon sähköradan vaatimat suojaetäisyydet /6/.

### 6.2 Liikennejärjestelyt

Liikennejärjestelyt sisältyvät monitorointien tilaukseen ellei tilauksessa ole toisin määrätty. Tilaajan laatimassa turvallisuusasiakirjassa esitetään myös liikenneturvallisuutta ja liikennejärjestelyitä koskevat asiat ja vaatimukset.

Monitorointien toimittaja joko ostaa liikennejärjestelyt kokonaispalveluna niihin erikoistuneilta yksiköiltä tai yrityksiltä tai toteuttaa järjestelyt omin resurssein. Liikennejärjestelyjen toteuttaja on nimettävä monitoroinnin toteutussuunnitelmassa.



Liikennejärjestelyjen toteuttajan on aina laadittava kirjallinen liikenteenohjaussuunnitelma. Liikenteenohjaussuunnitelma on osa monitoroinnin toteutussuunnitelmaa, joka on hyväksyttävä tilaajalla. Ilmoitus liikennettä haittaavasta työstä on tehtävä Liikennekeskukseen työtä edeltävänä päivänä.

Liikennejärjestelyissä noudatetaan julkaisusarjan *Liikenne tietyömaalla /7/* sekä ohjeen *Sulku- ja varoituslaitteet /8/* vaatimuksia ja ohjeita sekä *Tieturvan /9/ /10/* vaatimuksia.

Vilkkailta tieosuuksilla tarkastukset on pyrittävä tekemään hiljaisena aikana, jolloin liikennerajoitukset aiheuttavat mahdollisimman vähän haittaa. Tarkastusajankohtien rajoituksia koskevat yksilöidyt vaatimukset esitetään tarjouspyynnössä.

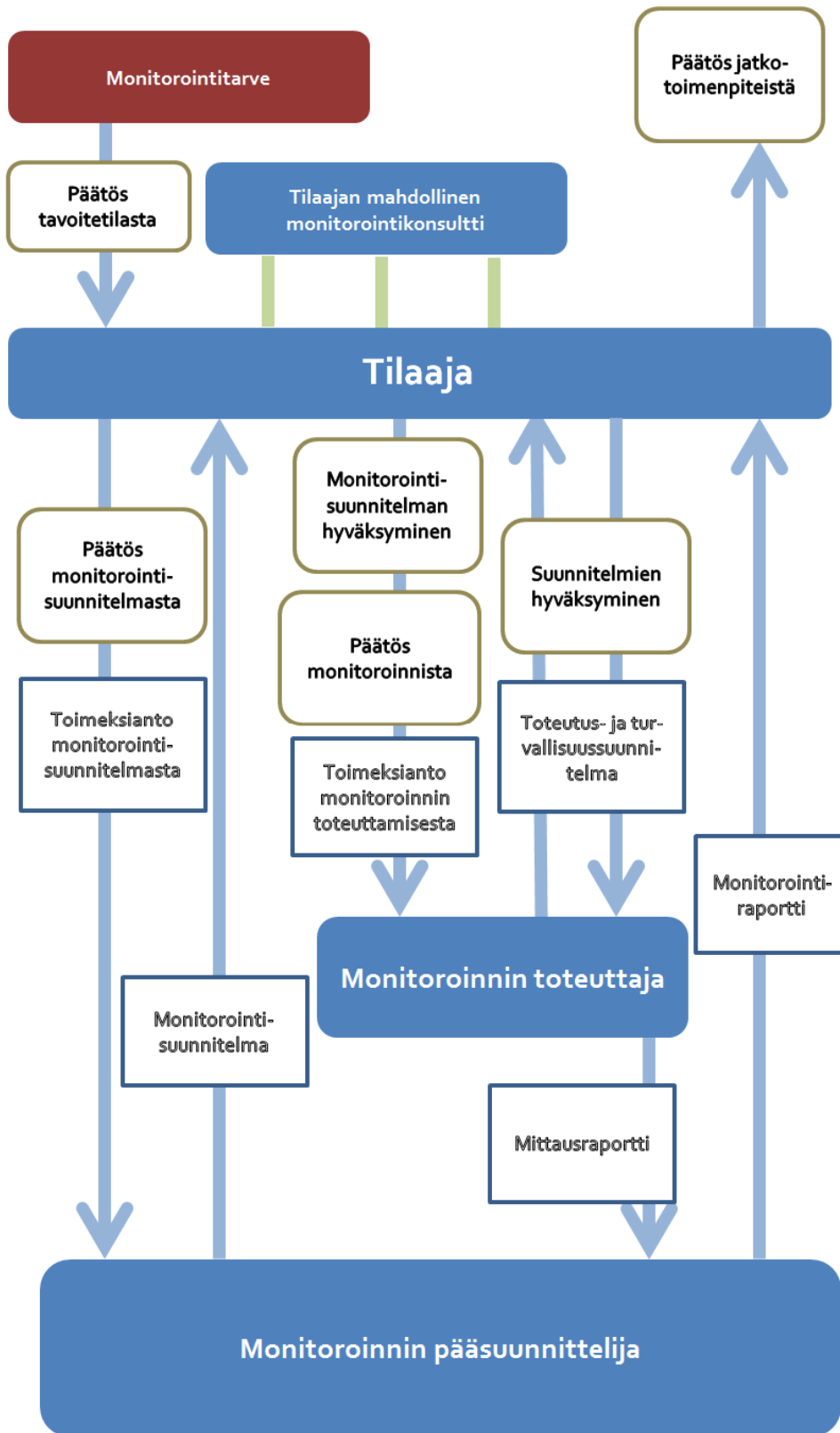
Rautatiekohteissa on noudatettava Radanpidon turvallisuusohjeita (TURO) /6/. Monitorointilaitteet tulee asentaa siltaan ratatyönä, jos työskennellään rautatiealueella ottaen huomioon sähköradan vaatimukset. Monitorointilaitteita ei tule asentaa lähtökohtaisesti aukean tilan ulottuman alueelle (ATU).

---

## Viitteet

1. Siltojen monitorointikäsikirja, Liikenneviraston ohjeita x/2016
2. Taitorakenteiden tarkastusohje, Liikenneviraston ohjeita 17/2013
3. Siltojen kantavuuslaskentaohje, Liikenneviraston ohjeita 36/2015
4. Turvallisuussääntöjen ja menettelyohjeiden sekä turvallisuusohjeen laadinta, Liikenneviraston ohje, 30.8.2014, Dnro 4248/070/2014
5. Työturvallisuus, yleiset laatuvaatimukset, Liikenneviraston ohjeita 4/2012. TIEH 2230095-SILKO 1.111.
6. Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO), Liikenneviraston ohjeita 6/2015.
7. Liikenne tietyömaalla
  - Yleiset käytännöt ja turvallisuusvaatimukset, Liikenneviraston ohjeita 2/2015
  - Kunnossapitotyöt, Liikenneviraston ohjeita 3/2015
  - Tienrakennustyömaat, Liikenneviraston ohjeita 1/2016
8. Sulku- ja varoituslaitteet, Laatuvaatimukset ja käyttö, Toteuttamisvaiheen ohjaus, Liikenneviraston ohjeita 39/2013.
9. Tieturva 1 – Tiellä työskentelyn turvallisuuskoulutus, Liikenneviraston oppaita 3/2014 (20.5.2014)
10. Tieturva 2 – Tiellä tehtävien töiden turvallisuuskoulutus, Liikenneviraston oppaita 3/2012 (17.10.2012)

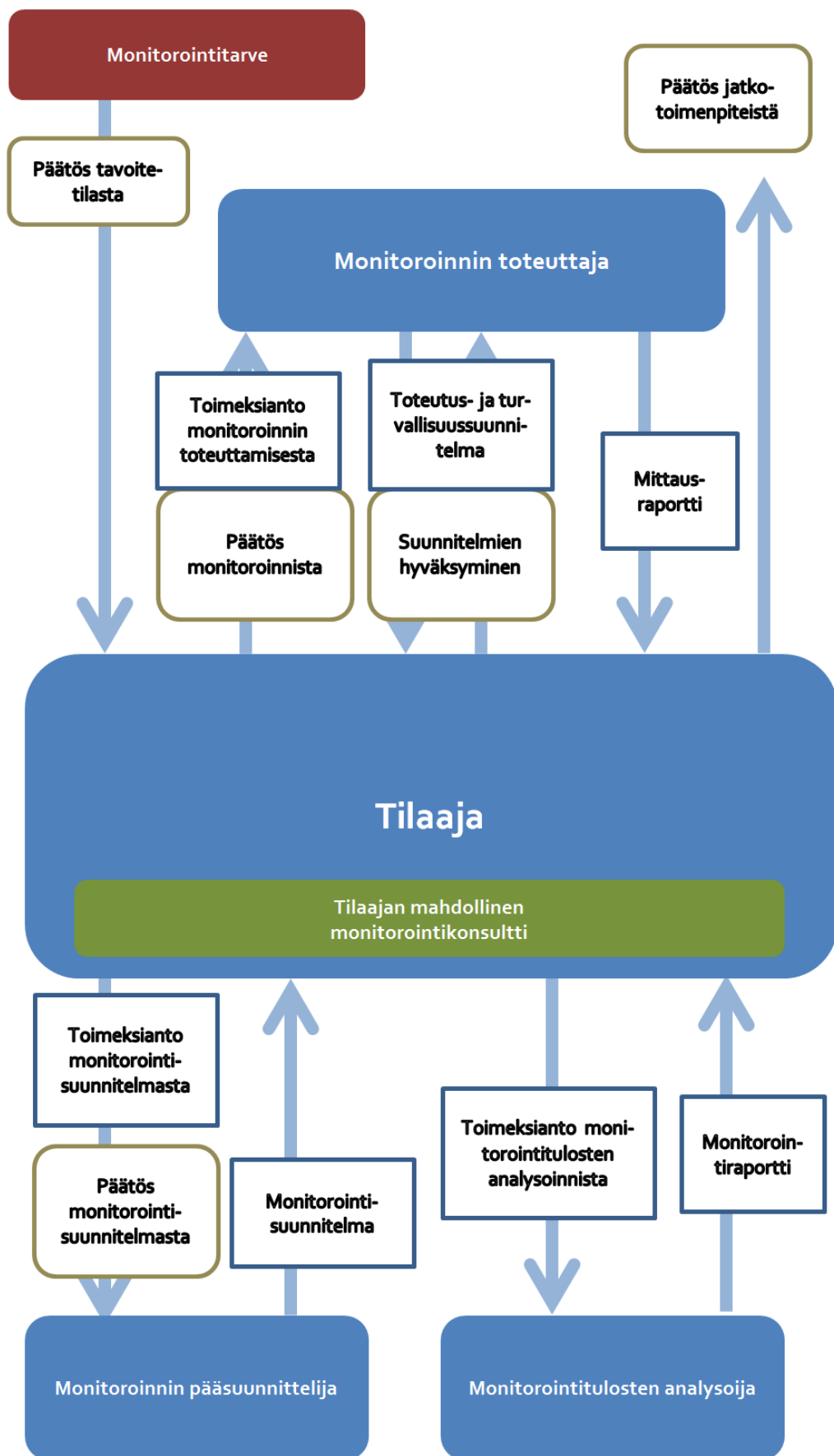
## Toteutusmuotojen prosessikaaviot



Kuva 1. Vaiheittaisen monitoroinnin prosessikaavio.



Kuva 2. Keskitetyn monitoroinnin prosessikaavio.



Kuva 3. Hajautetun monitoroinnin prosessikaavio.





ISSN-L 1798-663X  
ISSN 1798-6648  
ISBN 978-952-317-193-0  
[www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi)

Liik  
enne  
vira  
sto