

Verkosto-RCM

Vesi- ja viemäriverkostojen kunnossapitotarpeen arviointi- ja suunnittelutyökalu

Tero Välisalo

ISBN 978-951-38-7155-0 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 1459-7683 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2008

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 4374

VTT, Tekniikankatu 1, PL 1300, 33101 TAMPERE
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 3072

VTT, Teknikvägen 1, PB 1300, 33101 TAMMERFORS
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 3072

VTT Technical Research Centre of Finland, Tekniikankatu 1, P.O. Box 1300, FI-33101 TAMPERE, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 3072



Tekijä(t) Välisalo, Tero		
Nimeke Verkosto-RCM Vesi- ja viemäriverkostojen kunnossapitotarpeen arviointi- ja suunnittelutyökalu		
Tiivistelmä AssetVesi-yritysryhmähankkeessa kehitetään menetelmiä ja työkaluja vesilaitosten verkosto-omaisuuden hallintaan. Hankkeen alussa tehdyissä haastatteluissa tuli ilmi, että vesi- ja viemäriverkostojen kriittisyyden ja siten saneeraustarpeen arviointiin tarvitaan järjestelmällinen menettely. Eräänä tällaisena työkaluna verkostojen kunnossapidon kehittämisessä voidaan soveltaa luotettavuuskeskeisen kunnossapidon (RCM, reliability centered maintenance) metodiikkaa. Luotettavuuskeskeisessä kunnossapidossa järjestelmässä mahdolliset viat ja häiriömahdollisuudet tunnistetaan, niiden kriittisyys arvioidaan ja kriittisimmiksi arvioiduille kohteille valitaan soveltuva kunnossapitostrategia. Tässä julkaisussa kuvataan AssetVesi-hankkeen aikana kolmen vesilaitoksilla tehdyn analyysi-casen avulla kehitetty menetelmä, jossa sovelletaan RCM-metodologiaa vesi- ja viemäriverkostojen kunnossapitotarpeen arviointiin ja kunnossapitotoimenpiteiden suunnitteluun. Menetelmä on case-analyyseista tulleen palautteen pohjalta kehitetty mahdollisimman helppokäyttöiseksi, jotta se olisi käyttökelpoinen myös vesilaitoksen oman henkilökunnan kannalta. Verkosto-RCM:ssä arvioitavat kohteet ovat sellaisia verkoston osia, jotka saneerataan tai joita koskevista muista kunnossapitotoimenpiteistä päätetään samanaikaisesti. Verkosto-RCM-analyysin päävaiheet ovat valmistelu (sisältäen arvioitavien yksiköiden muodostamisen), vikamahdollisuuksien tunnistaminen, kriittisyyden arviointi sekä kunnossapitostrategian valinta. Verkosto-RCM-työkalun antamat tulokset toimivat kunnossapidosta päättävien tahojen päätöksenteon tukena.		
ISBN 978-951-38-7155-0 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Working Papers 1459-7683 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinumero 4848
Julkaisuaika Helmikuu 2008	Kieli Suomi, engl. tiiv.	Sivuja 20 s. + liitt. 5 s.
Projektin nimi Vesi- ja viemäriverkostojen kunnossapidon kehittäminen	Toimeksiantaja(t) Tekes, Tampereen Vesi, Jyväskylän Energia Oy, Turun vesilaitos, Lahti Aqua Oy, Tekla Oyj	
Avainsanat water system, sewer system, maintenance, RCM, asset management	Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4520 Faksi 020 722 4374	



Series title, number and
report code of publication

VTT Working Papers 95
VTT-WORK-95

Author(s) Välisalo, Tero		
Title RCM application for water and sewer systems A tool for criticality assessment and maintenance planning for water and sewer pipelines		
Abstract VTT Technical Research Centre of Finland is co-operating with four water utilities and companies in a project called AssetVesi. The project focuses on pipeline asset management and develops tools for water utilities to effectively maintain the condition and value of their pipeline assets. In the beginning of the project some interviews were conducted and the results clearly showed that a simple tool for assessing the criticality of pipelines should be developed. This publication describes such a method that is based loosely on RCM-principle. RCM method has primarily two phases: failure analysis the results of which are the criticalities of pipelines and the maintenance strategy selection based on the failure analysis results. The method has been developed for water utilities personnel. It will not necessarily need a specialist to assist the analysis. The analysed parts of the water and sewer systems are such entities or units that will probably be rehabilitated or some other maintenance actions will be accomplished for them at the same time. Typically this kind of an entity is a street: the rehabilitation of all the pipes under a street will be rehabilitated at the same time, not only a pipe from here and there. The results of RCM analysis could be used as support information by decision-makers.		
ISBN 978-951-38-7155-0 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Series title and ISSN VTT Working Papers 1459-7683 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Project number 4848
Date February 2008	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 20 p. + app. 5 p.
Name of project AssetVesi	Commissioned by Tekes – the Finnish Funding Agency for Technology and Innovation, Tampere Water, Jyväskylän Energia Oy, Turku Water Works, Lahti Aqua Oy, Tekla Oyj	
Keywords water system, sewer system, maintenance, RCM, asset management	Publisher VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4520 Fax +358 20 722 4374	

Sisällysluettelo

Alkusanat	7
1. Johdanto	8
2. Tavoite	9
3. Verkosto-RCM-menetelmän vaiheet	10
3.1 Analyysin suunnittelu	10
3.1.1 Analysoitavan alueen rajausta	10
3.1.2 Analyysin tukena käytettävän aineiston hankinta	11
3.1.3 Arvioitavien yksiköiden muodostaminen	11
3.1.4 Analyysi-istuntojen kokoonpano	12
3.1.5 Analyysi-istuntojen käytännön järjestelyt	12
3.2 Vikamuotojen tunnistaminen	13
3.3 Riskin suuruuden (kriittisyyden) arviointi	14
3.3.1 Kriittisyysmatriisien muodostaminen	15
3.4 Kunnossapitostrategian valinta	16
3.5 Päätökset toimenpiteistä	16
4. Yhteenveto	18
Lähdeluettelo	20
Taustatietoa	20
Liitteet	
Liite 1: Verkosto-RCM – analyysilomake-esimerkki	
Liite 2: Kriittisyysmatriisit katkoksen ajallisen pituuden suhteen	
Liite 3: Kriittisyysmatriisit vian vaikutusalueella olevien ihmisten määrän suhteen	
Liite 4: Kriittisyysmatriisit teollisen toiminnan viansietoherkkyyden suhteen	
Liite 5: Kriittisyysmatriisit vesilaitokseen taloudellisesti vaikuttavien tekijöiden suhteen	

Alkusanat

Tässä julkaisussa kuvataan AssetVesi-projektin aikana kehitetyn vesi- ja viemäriverkostojen kunnan arviointiin ja kunnossapitotarpeen priorisointiin tarkoitetun analyysityökäulun rakenne ja käyttö.

AssetVesi-projektia ovat rahoittaneet Tekes, Tampereen Vesi, Turun vesilaitos, Lahti Aqua Oy, Jyväskylän Energia Oy ja Tekla Oyj. Vesilaitokset ovat saaneet lisäksi tukea kehitystyölleen Vesi- ja viemärilaitosyhdistyksen kehittämisrahastosta.

Tekijä haluaa kiittää kaikkia yhteistyölaitoksissa analyysimenetelmän kehittämiseen osallistuneita henkilöitä ja VTT:n riskianalyysimenetelmien asiantuntijoita, joiden kommenttien perusteella menetelmäkuvaus on kehittynyt julkaisussa esitettyyn muotoonsa.

Tampereella 20.2.2008

Tekijä

1. Johdanto

AssetVesi-tutkimushankkeessa ovat mukana Tampereen Vesi, Turun vesilaitos, LV Lahti Vesi Oy, Jyväskylän Energian vesiliiketoimi, Tekla Oyj sekä VTT. Hankkeen alussa tehdyissä haastatteluissa kävi ilmi, että verkostojen saneeraustarpeen arviointiin kaivataan vesilaitoksilla järjestelmällistä menettelyä.

Kunnossapidon kehittämiseen ja kunnossapitoon käytettävien resurssien optimointiin käytetään monia eri menetelmiä erilaisissa teollisuussovelluksissa. Näistä tunnetuin lienee RCM, Reliability Centered Maintenance, joka standardissa SFS-IEC 60300-3-11 (2001) käännetään ”toimintavarmuuskeskeiseksi kunnossapidoksi”. RCM-menettelyn tarkoituksena on laatia kohteelle tarkoituksenmukainen kunnossapito-ohjelma vika-analyysin tuloksiin perustuen.

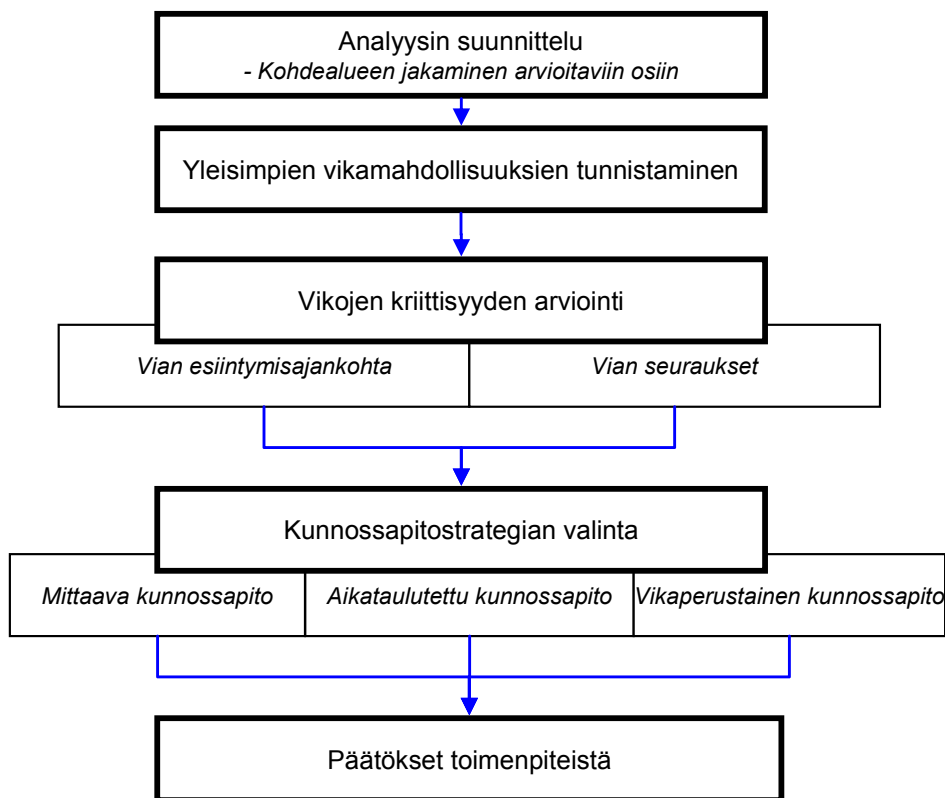
Tässä julkaisussa kuvataan erääksi verkosto-omaisuuden hallinnan työkaluksi soveltuva RCM-periaatetta mukaileva menettely. Menettelytapaa testattiin AssetVesi-tutkimushankkeen aikana kolmessa eri analyysi-casessa LV Lahti Vesi Oy:ssä (nyk. Lahti Aqua Oy), Jyväskylässä (Jyväskylän Energia Oy) ja Tampereella (Tampereen Vesi).

2. Tavoite

Tämän julkaisun tavoitteena on kuvata AssetVesi-hankkeen aikana kehitetty vesi- ja jätevesiverkoston analysointimenetelmä, joka toimii kunnossapidon suunnittelun tukena ja työkaluna. Menetelmäkuvauksen tavoitteena on, että analyysi olisi tehtävissä julkaisun avulla vesilaitoksen henkilökunnan toimesta ilman ulkopuolisia asiantuntijoita.

3. Verkosto-RCM-menetelmän vaiheet

Verkosto-RCM-menetelmä (kuva 1) pohjautuu RCM-metodologiaan, joka jakaantuu kahteen pääosioon: vika-analyysiin ja edellisen tulosten perusteella tehtävään kunnossapitostrategian valintaan. Vika-analyysin tekemisessä käytettiin menetelmänä vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysia (lyh. VVKA, engl. FMECA [IEC 60812, 2006], Failure Mode, Effect and Criticality Analysis). VVKA:n ja myös verkosto-RCM:n keskeinen osio on kriittisyysanalyysi, jonka avulla tunnistetut vikamahdollisuudet asetetaan keskinäiseen tärkeysjärjestykseen. Esimerkki täytetystä analyysilomakkeesta on tämän julkaisun liitteenä 1. Analyysin vaiheistus ja samalla analyysilomakkeen täyttäjärjestys esitetään seuraavissa luvuissa.



Kuva 1. Verkosto-RCM – analyysiprosessin yleinen kuvaus.

3.1 Analyysin suunnittelu

3.1.1 Analysoitavan alueen rajaus

Analyysin suunnitteluvaiheessa tehdään analysoitavan kohteen rajaus. Tavanomaisesti rajaus vesi- ja viemäriverkostoissa tehdään verkoston fyysiseen sijaintiin perustuen.

Rajaus voi olla esimerkiksi kaupunginosakohtainen tai pienempi, esimerkiksi muutamien korttelien muodostama alueellinen kokonaisuus. Laajuus kannattaa tehdä siten, että yksittäisen analyysin alueen käsittely saadaan tehtyä maksimissaan 3–4 istunnossa. Analyysicaseista saatujen kokemusten perusteella 3–4 istunnossa saadaan n. 100 000 asukkaan kaupungista arvioitua korkeintaan 10 % verkostopituudesta. Sijainnin lisäksi rajataan verkostot, joita käsittelyssä tarkastellaan: käsitelläänkö esim. vesi-, viemäri- ja hulevesiverkostot vai jätetäänkö jokin verkosto analysoimatta. AssetVesi-hankkeen analyysicaseissa tarkastelut rajoitettiin vesi- ja jätevesiverkostoihin, hulevesiverkostot jätettiin analysoimatta.

3.1.2 Analyysin tukena käytettävän aineiston hankinta

Verkkotietojärjestelmästä otetaan tarkastelun tueksi valitun alueen verkoston vika- ja kunnossapitotiedot. Valmisteluvaiheessa hankitaan myös tarvittavat verkkotietojärjestelmän ulkopuoliset aineistot analyysin tueksi, esim. maaperäkartat, tiedot liikennemääristä tai suunnitellut asemakaavamuutokset, joita voidaan tarkastelun aikana käyttää hyväksi alueen verkoston kuntoa ja kriittisyyttä arvioitaessa.

3.1.3 Arvioitavien yksiköiden muodostaminen

Analyysia ei käytännössä voi tehdä kovinkaan laajalta alueelta kerrallaan, jos verkostoa arvioidaan putki putkelta eli sillä tarkkuudella, jolla verkoston osien tiedot on verkkotietokantaan syötetty. Ennen varsinaisen analysoinnin aloittamista on siten muodostettava analysoitavaksi alueelta ns. *arvioitavat yksiköt*. Arvioitavana yksikkönä voidaan pitää sellaista verkoston osaa, joka tarpeen tullen todennäköisesti saneerataan, huolletaan tai jota muuten on tarkoituksenmukaista käsitellä yhtenä kokonaisuutena. Tyypillisesti tällainen yksikkö on taajama-alueella esim. katuosuus. Katualueen ulkopuolella arvioitava yksikkö voidaan muodostaa esim. maantieteellisin perustein. Arvioitava yksikkö kirjataan analyysilomakkeelle siten, että se on mahdollisimman yksiselitteinen. Esimerkki analyysilomakkeelle kirjatusta arvioitavasta yksiköstä esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. Esimerkki arvioitavasta yksiköstä analyysilomakkeelle kirjattuna. Arvioitavan yksikön tekniset tiedot saadaan verkkotietojärjestelmästä.

Arvioitavan yksikön tiedot (esim. katuosuus)	Putkityyppi (vesi/viemäri)	Asennusvuosi	Putkimateriaali	Putkikoko (mm)	Putken pituus (m)
Järvikatu: väli Keskuspuisto–Kellokatu	vesi	1935	V	100	120

3.1.4 Analyysi-istuntojen kokoonpano

Analyysiryhmän tulee koostua vähintään kolmesta asiantuntijasta, joilla on näkemystä ja kokemusta valitun alueen verkostojen kunnosta, kunnossapitohistoriasta ja käytöstä. Analyysiryhmän koon ei ole tarkoituksenmukaista olla kovin suuri, koska suuressa ryhmässä osa henkilöistä yleensä passivoituu eivätkä varatut henkilöresurssit ole siten tehokkaassa käytössä. Ideaalinen analyysiryhmän koko on 3–6 henkilöä. Mikäli analyysin vetäjä ei ole substanssiasiantuntija, voi analyysiryhmän koko kasvaa edellä mainitusta vetäjän verran tehokkuuden kärsimättä.

3.1.5 Analyysi-istuntojen käytännön järjestelyt

Analyysi kannattaa tehdä koko päivän kestävien istuntojen asemasta lyhyemmissä, maksimissaan puolen päivän (3–4 tunnin) istunnoissa, jotta arviointiryhmän työteho säilyy hyvänä. Lyhyemmät istunnot ovat myös helpompia sijoittaa muiden töiden ohen.

Analyysin valmisteluun kuuluu myös tarvittavien tilojen ja välineiden varaaminen. As-setVesi-hankkeen aikana tehdyissä analyyseissa käytettiin samanaikaisesti kahta videoprojektoria, joista toisella heijastettiin analyysiryhmän näkyville analysoitavan alueen verkostotiedot tietojärjestelmästä (Tekla Xpipe) ja toisella analyysilomakkeille tehdyt muistiinpanot. Muistiinpanojen tekeminen videoprojektorin avustuksella vähentää virheellisten kirjausten määrää, kun analyysiin osallistuvat henkilöt näkevät tehdyt kirjaukset ja voivat tarpeen vaatiessa välittömästi korjata niitä.

Analyysi-istunnossa tulee olla puheenjohtaja, joka johdattelee keskustelua ja varmistaa, että oleelliset havainnot tulevat kirjatuiksi muistiin. Kirjausten tekijä voi olla joko istuntojen puheenjohtaja (analyysin vetäjä) tai joku muu analyysi-istuntojen kirjaamiseen valittu henkilö.

3.2 Vikamuotojen tunnistaminen

Vikamuotojen¹ tunnistamisessa keskitytään vain kulloinkin arvioinnin kohteena olevassa yksikössä käytettyyn putkityyppiin sen sijaintiolosuhteissa ja käyttöprofiilille todennäköisimpään vikamuotoon, josta aiheutuu ongelmia *asiakasnäkökulmasta*. Tyypillisiä asiakkaalle näkyviä vikamuotoja vesijohtoverkostossa ovat vuoto ulos tai vedenlaatuongelmat, viemäriverkostossa putken tukkeutuminen. Pienet, asiakkaalle näkymättömät vesijohtoverkoston vuodot ja viemärien vuodot sisäänpäin rajataan tarkastelun ulkopuolelle, koska ne eivät suoraan vaikuta asiakastytyvyyteen. Tällä rajauksella analysointi yksinkertaistuu huomattavasti. Jos analyysissä käsiteltäisiin myös asiakkaalle näkymättömiä vikamahdollisuuksia, analyysin läpivienti olisi huomattavasti hitaampaa ja käytännössä tarkasteltavan alueen pitäisi tässä tapauksessa olla laajuudeltaan erittäin suppea.

Jos tietyllä putkiosuudella on monia erilaisia vikamuotoja, jotka arvioidaan yhtä todennäköisiksi, voidaan ne molemmat käsitellä analyysilomakkeella omilla riveillään. Pääsääntöisesti arvioidaan kuitenkin vain yhtä, todennäköisimmäksi arvioitua vikamuotoa yhdeltä putkiosuudelta.

Analyysilomakkeelle kirjataan todennäköisimmän vikamuodon välitön syy, mutta varsinaista vikaantumisskenaarioiden rakentamista (syy-seurausketjut) ei ole tarpeen systemaattisesti tehdä verkostoa analysoidessa. Mikäli esille kuitenkin tulee vikaskenaarion hahmottamisen kannalta olennaisia lisätietoja, ne kannattaa kirjata muistiin esimerkiksi analyysilomakkeen ”lisätiedot”-kohtaan. Taulukko 2:ssa on esimerkki analyysitaulukosta, johon on lisätty arvioitaville yksiköille tunnistetut todennäköisimmät vikamuodot ja niiden syyt.

Taulukko 2. Esimerkki analyysitaulukosta, johon on kirjattu arvioitaville yksiköille todennäköisimmät vikamuodot ja niiden syyt.

Arvioitavan yksikön tiedot (esim. ka-tuosuus)	Putkityyppi (vesi/viemäri)	Asennusvuosi	Putkimateriaali	Putkikoko (mm)	Putken pituus (m)	Todennäköisin vikamuoto	Todennäköisin vioittumistapa ja -syy
Järvikatu: väli Keskuspuisto–Kellokatu	vesi	1935	V	100	120	vuoto	katkeaminen
Järvikatu: väli Keskuspuisto–Kellokatu	viemäri	1953	bet	300	230	tukkeutuminen	romahtaminen

¹ Vikamuodon (fault mode) määritelmä standardin SFS-IEC 50-191 (1996) mukaan: ”One of the possible states of a faulty item, for a given required function.”

3.3 Riskin suuruuden (kriittisyyden) arviointi

Riskin suuruuden arvioinnissa eli kriittisyyсарvioinnissa tunnistetuille yleisimmille vikamuodoille määritetään esiintymisajankohta eli tapahtuman todennäköisyys ja sen seurausten vakavuus. Kriittisyys arvioidaan määritetty arvioitava yksikkö kerrallaan asian-
tuntijaryhmän toimesta.

Tapahtuman todennäköisyys arvioidaan neliportaiseen aika-asteikkoon perustuen, jonka luokat on määritetty AssetVesi-hankkeen aikana tehdyissä case-analyysseissa:

- A. Vika ilmenee yli 20 vuoden kuluttua.
- B. Vika ilmenee 10–20 vuoden kuluttua.
- C. Vika ilmenee 2–10 vuoden välillä.
- D. Vika ilmenee seuraavan 2 vuoden aikana.

Seurausten vakavuutta arvioidaan neljästä eri näkökulmasta, jotka on määritetty AssetVesi-hankkeen aikana tehtyjen case-analyysien kokemuksiin perustuen:

- 1. vesihuoltokatkoksen ajallinen pituus
- 2. vesihuoltokatkoksen vaikutusalueella olevien ihmisten määrä
- 3. teollisen toiminnan häiriöiden sietokerkkyys
- 4. vesilaitokseen kohdistuvat taloudelliset vaikutukset.

Seurausten vakavuutta kuvaavien näkökulmien arviointiluokat esitetään taulukossa 3.

Taulukko 3. Seurausten vakavuuden arviointiluokat.

Vesihuoltokatkoksen ajallinen pituus: K1. Alle 4 h K2. 4–8 h K3. 8 h – 1 vrk K4. Yli 1 vrk	Vesihuoltokatkoksen vaikutusalueella olevien ihmisten määrä: M1. Maksimi 20 henkilöä M2. 20–200 henkilöä M3. 200–1 000 henkilöä M4. Yli 1 000 henkilöä
Teollisen toiminnan häiriöiden sietokerkkyys: T0. Ei teollista toimintaa/laitoksia T1. Tavanomainen katkosten sieto T2. Katkoksia sallitaan tiettyinä vrk-aikoina/viikonpäivinä T3. Katkoksia ei sallita lainkaan	Vesilaitokseen kohdistuvat taloudelliset vaikutukset: L1. Kustannukset maksimi 5 000 € L2. Kustannukset 5 000–50 000 € L3. Kustannukset yli 50 000 € L4. Ympäristö- tai henkilövahinko

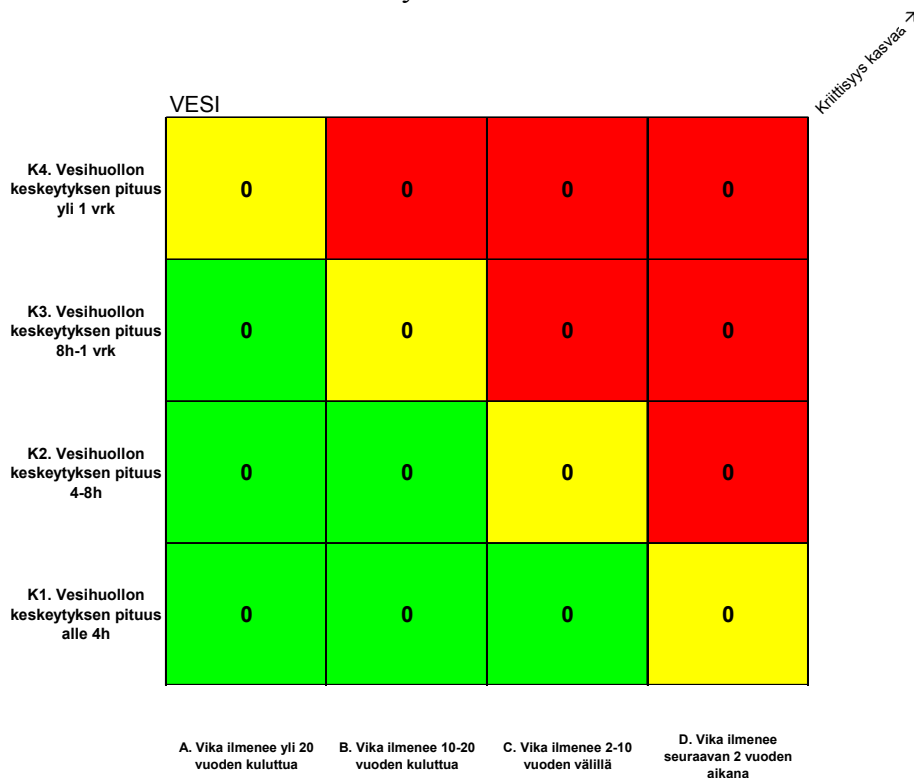
Seurausten vakavuuden arviot ovat erillisiä, eli toisesta näkökulmasta tehdyn arvioinnin ei pidä vaikuttaa toiseen. Esimerkki kriittisyyсарvioiden merkitsemisestä analyysilomakkeelle on taulukko 4:ssä.

Taulukko 4. Yhden arvioitavan yksikön todennäköisimmän vikamuodon kriittisyyden arviointi analyysilomakkeella. Lyhenteet ovat edellä mainittujen arviointiluokkien mukaiset.

Kriittisyyden arvioinnin osatekijät				
Tapahtuman todennäköisyys	Vesihuoltokatkoksen pituus	Vesihuoltokatkoksen vaikutusalueella olevien ihmisten määrä	Vaikutusalueella olevien teollisuuden, laitosten tms. katkosten ja laatuhäiriöiden sietokyky	Taloudelliset vaikutukset (Vesilaitoksen näkökulma)
C	K2	M2	T0	L1

3.3.1 Kriittisyysmatriisien muodostaminen

Kriittisyysarvioita voidaan havainnollistaa ns. kriittisyysmatriisien (kuva 2) avulla. Kriittisyysmatriisissa vaaka-akselilla ovat esiintymistodennäköisyysarviot ja pystyakselilla erikseen kunkin seurauksen vakavuusasteikon luokat. Neljää seurausten vakavuusluokkaa käytettäessä muodostetaan siis neljä erilaista kriittisyysmatriisia, joissa kaikissa on sama todennäköisyysasteikko, mutta eri seurausten vakavuusasteikko. Tällä tavoin eri näkökulmista kriittiset arvioitavat yksiköt nousevat esiin eri matriiseissa.



Kuva 2. Esimerkki kriittisyysmatriisista, näkökulmana vesihuollon keskeytyksen pituus. Matriisin soluihin voidaan kirjoittaa kuhunkin arviointiluokkaan sijoitettujen arvioitavien osuuksien lukumäärät.

Kriittisyysmatriiseihin voidaan määrittää erilaisia kriittisyysrajoja toimenpiteiden kiireellisyyden perusteella. AssetVesi-hankkeessa määritetyt kriittisyysrajat esitetään esimerkkimatriiseissa tämän julkaisun liitteissä 2–5. Kriittisyysmatriisien **punaiset** alueet edustavat putkilinjoja, jotka on nopeimmin otettava toimenpiteiden kohteiksi, **keltaiset** sellaisia, jotka on otettava korjaavien toimenpiteiden kohteiksi muutaman vuoden sisällä, ja **vihreät** sellaisia, jotka eivät tarvitse lähivuosina kiireellisiä toimenpiteitä.

3.4 Kunnossapitostrategian valinta

RCM-menettelystä poiketen kunnossapitostrategian valintaa ei tehdä ns. päätöksentekologiikkakaaviota soveltaen, vaan se tehdään yleisesti analyysiryhmän kokemuksiin perustuen. Kunnossapitostrategia tulee määrittää vähintään arvioitaville yksiköille, joiden jokin kriittisyysnäkökulma sijoittuu arviointitulosten kriittisyysmatriisien punaisille alueille, mutta suotavaa on, että myös keltaisille alueille sijoittuneille yksiköille mietitään tarkoituksenmukaista kunnossapitostrategiaa.

RCM-logiikkaa mukaillen pyritään ennakoivaan kunnossapitoon ja ensisijaisesti löytämään

- 1. mittauksiin tai tarkastuksiin perustuva kunnossapitostrategia (kuntoon perustuva kunnossapito, condition-based maintenance).**

Elleivät mittaukset tai tarkastukset ole teknisesti tai taloudellisesti mahdollisia, toissijaisesti pyritään

- 2. käyttömäärään tai aikaan perustuvaan kunnossapitoon (aikataulutettu kunnossapito, scheduled maintenance).**

Ellei tämäkään ole teknisistä tai taloudellisista syistä mahdollista, kohdetta

- 3. kunnossapidetään vikojen ilmetessä (vikaperustainen kunnossapito, failure-based maintenance).**

3.5 Päätökset toimenpiteistä

Analyysin tulokset voidaan esittää yksinkertaisena taulukkona tai luettelona, jossa viikamahdollisuudet on koottu kriittisyysjärjestykseen (kriittisimmät ensin). Luettelon ohessa voidaan kirjoittaa auki tärkeimmät perustelut kyseisten arvioitavien yksiköiden kriittisyyden tueksi. Näin muodostettua luetteloa voidaan käyttää päätöksenteon tukena. Kunnossapitotoimenpiteistä päättäminen vaatii monien eri näkökulmien huomioonotta-

mista. Verkosto-RCM:n avulla saadaan aikaan verkoston tekniset ominaisuudet ja kunnottiedot summaava dokumentti, jolloin päätöksenteko teknisien ominaisuuksien huomioinnin puolelta yksinkertaistuu.

4. Yhteenveto

Verkoston osien kriittisyyden arviointiin kehitetty verkosto-RCM-menetelmä koostuu vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysistä sekä kriittisimpien verkoston osien kunnossapitostrategian valinnasta. Jotta verkoston osien kunnossapitotarvetta voitaisiin arvioida tehokkaasti, on verkosto jaettava ns. arvioitaviin yksiköihin eli sellaisiin osiin, jotka todennäköisesti saneerattaisiin tai joihin kohdistettaisiin muuta kunnossapitoa samalla kerralla. Näiden yksiköiden kriittisyysarvioiden perusteella voidaan tehdä keskinäisiä vertailuja kunnossapidon kiireellisyydestä ja siten priorisoida kohteiden kunnossapitotarpeet tarkoituksenmukaisesti.

Kriittisyyden määrittäminen ei ole aina yksiselitteistä. Erityisesti viemäriverkoston viukojen kriittisyyden arviointi on usein ongelmallista: Vaikka viemäriputkessa onkin tukos, asiakasnäkökulmasta vesihuolto tukoskohtaa ylempänä toimii ja ongelma näkyy vain osalla viemäriinjassa kiinni olevilla asiakkailla. Taajama-alueella myös viemäritukoksen aiheuttamat kustannukset vaihtelevat suuresti jo arvioitavien putkilinjojen sisällä: tukos putkilinjan toisessa päässä aiheuttaa aivan erilaisia vaikutuksia esim. kellareiden tulvimisen suhteen kuin sama tapahtuma putkilinjan toisessa päässä. Samanlaisia ongelmia saattaa tulla katkosaikoja arvioitaessa: lasketaanko katkosaika siitä, kun katkos on ilmoitettu vesilaitokselle, siihen, kun se on täydellisesti korjattu ja liikenne toimii normaalisti? Koska verkosto-RCM:n tarkoituksena ei ole tuottaa absoluuttisia arvoja tapahtumien esiintymisajankohdasta tai seurausten vakavuudesta vaan vertailuarvoja eri arvioitavien yksiköiden välillä, kuvattu ongelma ei aiheuta vakavia ongelmia arviointiin. Analysointia aloitettaessa on kuitenkin arvioinnin oletukset ja peruseräatteen lyötävä lukkoon. Jos näkökulmaa tai arviointitapaa muutetaan kesken analysoinnin, arviot eivät ole vertailukelpoisia ja tulokset voivat siten olla epäluotettavia.

Analysoinnin varsinaisten tulosten eli kriittisyysarvioiden lisäksi analyysiprosessin aikana havaitaan verkkotietojärjestelmään tehtyjä virheellisiä kirjauksia ja niitä saadaan korjattua. Myös tietojen vaihdossa analyysitilanteet, joissa on läsnä edustajia monilta eri vesilaitosorganisaation tahoilta, ovat arvokkaita. Tällaisen ns. hiljaisen tiedon keräämisessä ja sen siirtämisessä eläkkeelle siirtyviltä työntekijöiltä nuoremmille analyysistunnot ovat varsin tehokas väline.

Analyysin tulokset perustuvat pääosin arvioinnissa mukana olleiden henkilöiden henkilökohtaisiin kokemuksiin ja mielipiteisiin, joten tulosta ei voida pitää absoluuttisen oikeana. Tällä hetkellä verkoston analysoinnissa paras tietämys verkoston kunnosta ja odotettavissa olevasta käyttöiästä löytyy kuitenkin kokeneelta ja ammattitaitoiselta henkilökunnalta, koska tietojärjestelmiin tallennetun tapahtumatiedon määrä ei vielä ole riittävä tarkkojen analyysien tekemistä varten.

Verkosto-RCM-analyysin ei ole tarkoitus olla kertaluonteinen toimenpide, vaan sen on tarkoitus toimia jatkuvana pitkän tähtäimen kunnossapitotöiden työkaluna. Analyysi tulisi siis päivittää tietyin väliajoin, esim. 3–5 vuoden välein, jolloin alueen kuntoa voidaan arvioida entistä tarkempien toteumatietojen perusteella ja lisääntyneen verkoston käyttöikätietyksen valossa. Tulevaisuudessa on mahdollista, että verkosto-RCM-työkalun kaltainen verkoston arviointimenettely integroidaan verkkotietojärjestelmän osaksi, jolloin analysoitavasta alueesta voidaan tehdä alustava arviointi automaattisesti ja arviointiprosessissa tarvittava henkilötyömäärä vähenee oleellisesti.

Lähdeluettelo

IEC 60812. 2006. Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA). Geneve: International Electrotechnical Commission. 93 s.

SFS-IEC 50-191. 1996. Sähköteknillinen sanasto. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 143 s.

SFS-IEC 60300-3-11. 2001. Luotettavuuden hallinta. Osa 3–11: Sovellusohje. Toimintavarmuuskeskeinen kunnossapito. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 90 s.

Taustatietoa

SFS-IEC 60300-3-9. 2000. Luotettavuusjohtaminen. Osa 3: Käyttöopas. Luku 9: Teknisten järjestelmien riskianalyysi. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 47 s.

Liite 1: Verkosto-RCM – analyysilomake-esimerkki

Arvioitavan yksikön perustiedot						Vikaantumis-skenaario		Kriittisyyden arviointi					RCM		
Arvioitava yksikkö	Putki-tyyppi (vesi/viemäri)	Asennus-vuosi	Putki-materiaali	Putki-koko (mm)	Putken pituus (m)	Toden-näköisin vika-muoto	Toden-näköisin vioittu-missyy	Vian kriittisyyden arvioinnin osatekijät					Kunnossapi-tostrategia: Mitä tehdään, millä aikatau-lutuksella?	Parannus-ehdotukset, kommentteja	
								Tapahtu-man toden-näköisyys	Vesihuolto-katkoksen pituus	Vesihuoltokat-koksen vaiku-tusalueella olevien ihmis-ten määrä	Vaikutusalueella olevien teollisuuden, laitosten tms. katkos-ten ja laatuhäiriöiden sietokyky	Taloudelliset vaikutukset (vesilaitoksen näkökulma)			
Järvikatu: väli Keskuspuisto–Kellokatu	vesi	1935	V	100	120	vuoto	katkea-minen	C	K2	M2	T0	L1	Kiinteätä kuuntelua ei kannata järjes-tää -> vikaperustai-nen kunnossapi-to. Ilmenee parhaiten, jos vuoto tulee pintaan.	Aikataulutettu vuotokuuntelu ei varsinaisesti toimi, koska normaali vioit-tumistapa valu-rautaputkelle on katkeaminen.	
Järvikatu: väli Keskuspuisto–Kellokatu	viemäri	1953	bet	300	230	tukkeu-tuminen	romah-taminen	B	K2	M2	T0	L2	Kuvataan linja (TV-kuvaus) ja päätetään kuvaustulosten perusteella linjalle tehtävistä kunnossapito-toimista.	Linjan alapäässä tapahtuva romah-taminen aiheut-taa enemmän kellareiden tulvi-misia.	
Tehtaankatu	vesi	1995	SGB	200	160	vuoto	syöpymä	A	K2	M1	T1	L1			
Tehtaankatu	viemäri	1995	pvc	250	1400	tukkeu-tuminen	vieras-esineet, rasva	B	K1	M1	T1	L1		Mukaan säännö-liseen huuhte-luohjelmaan?	
Assetinkatu: väli Managee-rausrasraitti–Kupikuja	vesi	1994	Betonoitu, vars. putki vanhaa	V	225	130	vuoto	kat-keaminen	B	K2	M2	T1	L1		Betonoitu v. 1994

Liite 2: Kriittisyysmatriisit katkoksen ajallisen pituuden suhteen

Kriittisyys kasvaa →

VESI					
K4. Vesihuollon keskeytyksen pituus yli 1 vrk	0	0	0	0	
K3. Vesihuollon keskeytyksen pituus 8h-1 vrk	0	0	0	0	
K2. Vesihuollon keskeytyksen pituus 4-8h	0	0	0	0	
K1. Vesihuollon keskeytyksen pituus alle 4h	0	0	0	0	
		A. Vika ilmenee yli 20 vuoden kuluttua	B. Vika ilmenee 10-20 vuoden kuluttua	C. Vika ilmenee 2-10 vuoden välillä	D. Vika ilmenee seuraavan 2 vuoden aikana

Kriittisyys kasvaa →

VIEMÄRI					
K4. Vesihuollon keskeytyksen pituus yli 1 vrk	0	0	0	0	
K3. Vesihuollon keskeytyksen pituus 8h-1 vrk	0	0	0	0	
K2. Vesihuollon keskeytyksen pituus 4-8h	0	0	0	0	
K1. Vesihuollon keskeytyksen pituus alle 4h	0	0	0	0	
		A. Vika ilmenee yli 20 vuoden kuluttua	B. Vika ilmenee 10-20 vuoden kuluttua	C. Vika ilmenee 2-10 vuoden välillä	D. Vika ilmenee seuraavan 2 vuoden aikana

Liite 3: Kriittisyysmatriisit vian vaikutusalueella olevien ihmisten määrän suhteen

Kriittisyys kasvaa →

VESI

M4. vaikutusalueella yli 1000 ihmistä.	0	0	0	0
M3. vaikutusalueella 200-1000 ihmistä	0	0	0	0
M2. vaikutusalueella 20-200 ihmistä	0	0	0	0
M1. vaikutusalueella max. 20 ihmistä	0	0	0	0

A. Vika ilmenee yli 20 vuoden kuluttua B. Vika ilmenee 10-20 vuoden kuluttua C. Vika ilmenee 2-10 vuoden välillä D. Vika ilmenee seuraavan 2 vuoden aikana

Kriittisyys kasvaa →

VIEMÄRI

M4. vaikutusalueella yli 1000 ihmistä.	0	0	0	0
M3. vaikutusalueella 200-1000 ihmistä	0	0	0	0
M2. vaikutusalueella 20-200 ihmistä	0	0	0	0
M1. vaikutusalueella max. 20 ihmistä	0	0	0	0

A. Vika ilmenee yli 20 vuoden kuluttua B. Vika ilmenee 10-20 vuoden kuluttua C. Vika ilmenee 2-10 vuoden välillä D. Vika ilmenee seuraavan 2 vuoden aikana

Liite 4: Kriittisyysmatriisit teollisen toiminnan viansietoherkkyuden suhteen

Kriittisyys kasvaa →

VESI

T3. Katkoksia ei sallita lainkaan	0	0	0	0
T2. Katkoksia/laatuhäiriöitä sallitaan vain tiettyinä vrk-/vko aikoina	0	0	0	0
T1. Tavanomainen katkosten/laatuhäiriöiden sieto	0	0	0	0
T0. Ei teollisuutta tai laitoksia alueella	0	0	0	0

A. Vika ilmenee yli 20 vuoden kuluttua B. Vika ilmenee 10-20 vuoden kuluttua C. Vika ilmenee 2-10 vuoden välillä D. Vika ilmenee seuraavan 2 vuoden aikana

Kriittisyys kasvaa →

VIEMÄRI

T3. Katkoksia ei sallita lainkaan	0	0	0	0
T2. Katkoksia/laatuhäiriöitä sallitaan vain tiettyinä vrk-/vko aikoina	0	0	0	0
T1. Tavanomainen katkosten/laatuhäiriöiden sieto	0	0	0	0
T0. Ei teollisuutta tai laitoksia alueella	0	0	0	0

A. Vika ilmenee yli 20 vuoden kuluttua B. Vika ilmenee 10-20 vuoden kuluttua C. Vika ilmenee 2-10 vuoden välillä D. Vika ilmenee seuraavan 2 vuoden aikana

Liite 5: Kriittisyysmatriisit vesilaitokseen taloudellisesti vaikuttavien tekijöiden suhteen

Kriittisyys kasvaa →

VESI

L4. Ympäristö- tai Henkilövahinko	0	0	0	0
L3. Korjauskustannukset yli 50.000 €	0	0	0	0
L2. Korjauskustannukset 5000-50.000 €	0	0	0	0
L1. Korjauskustannukset max. 5.000€	0	0	0	0

A. Vika ilmenee yli 20 vuoden kuluttua B. Vika ilmenee 10-20 vuoden kuluttua C. Vika ilmenee 2-10 vuoden välillä D. Vika ilmenee seuraavan 2 vuoden aikana

Kriittisyys kasvaa →

VIEMÄRI

L4. Ympäristö- tai Henkilövahinko	0	0	0	0
L3. Korjauskustannukset yli 50.000 €	0	0	0	0
L2. Korjauskustannukset 5.000-50.000 €	0	0	0	0
L1. Korjauskustannukset max. 5.000 €	0	0	0	0

A. Vika ilmenee yli 20 vuoden kuluttua B. Vika ilmenee 10-20 vuoden kuluttua C. Vika ilmenee 2-10 vuoden välillä D. Vika ilmenee seuraavan 2 vuoden aikana

