



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

EETU JOKINEN

Laitteiston kriittisyysluokittelu

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA
2022

Tekijä(t) Jokinen, Eetu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2022
	Sivumäärä 26	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Laitteiston kriittisyysluokittelu		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan koulutusohjelma		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä esitetään teoriaa kunnossapidosta, kunnonvalvonnasta, tuotanto-omaisuuden hallinnasta ja kriittisyysanalyysistä. Kriittisyysanalyysi tehtiin sahalinjalle, jotta laitekanta saadaan päivitettyä kunnon ja kriittisyyden perusteella sekä kunnonvalvontaa voitaisiin tehokkaammin kohdentaa sitä tarvitseville laitteille.</p> <p>Analyysin toteutukseen osallistui mekaanisen- ja sähkökunnossapidon päälliköt, kunnossapidon asentajat ja laitteen käyttäjät. Laitteisto arvioitiin tiimityöskentelynä, jotta laitekannan tarkastelu olisi mahdollisimman laajaa.</p> <p>Kriittisyysluokittelun arvosteluasteikko jaettiin kolmeen osaan, A, B ja C ja kuntoluokaisuuden 0-4. Kriittisyysanalyysin tuloksien pohjalta lopuksi luotiin kunnossapitosuunnitelma jatkotoimenpiteitä varten.</p> <p>Kriittisyysanalyysin avulla päivitettiin myös kunnossapito-ohjelman laitekanta sekä tarkastettiin varaosien saatavuus laitteille.</p>		
Avainsanat Kriittisyysanalyysi, PSK 6800, kunnonvalvonta		

Author(s) Jokinen, Eetu	Type of Publication Bachelor's thesis	Date April 2022
	Number of pages 26	Language of publication: Finnish
Title of publication Machinery's criticality classification		
Degree program Bachelor's degree of engineering		
Abstract This thesis presents theory of maintenance, condition monitoring, asset management and criticality analysis. Criticality analysis was performed on sawmill's production line so that the equipment base could be updated based on condition and criticality, and condition monitoring could be more efficiently targeted to the devices that need it. Mechanical and electrical maintenance chiefs, maintenance installers and machine users participated in the implementation of the analysis. Equipment was evaluated as a team effort in order to have widest possible review of the equipment. Criticality rating scale was divided into three parts A, B and C, and the condition rating of 0-4. Based on the results of the criticality analysis, a maintenance plan was finally created for further action. With the help of criticality analysis, the equipment base of maintenance program was also updated and availability of spare parts for the equipment was checked.		
Keywords Criticality analysis, PSK 6800, condition monitoring		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 YRITYSESITTELY	6
2.1 Seikun Saha (UPM KYMMENE OYJ).....	6
2.2 MABCO OY	6
3 TUOTANTO-OMAISSUUS	7
3.1 Hallinta	7
3.2 Hoitaminen	7
4 KRIITTISYYSLUOKITTELU	10
4.1 ABC luokitus.....	10
4.2 Kuntoluokitus	10
4.3 PSK-6800 standardi	10
4.4 Luokittelukriteerit	11
5 KUNNOSSAPITO	13
5.1 Perusteet	13
5.2 Kunnossapitolajit.....	13
5.2.1 Suunniteltu kunnossapito.....	13
5.2.2 Jaksotettu kunnossapito	14
5.2.3 Kuntoon perustuva kunnossapito.....	14
5.2.4 Häiriökorjaukset	15
5.3 TPM (Total Productive Maintenance)	15
5.4 RCM (Reliability Centered Maintenance)	16
6 KUNNONVALVONTA	18
6.1 Perusteet	18
6.2 Aisteihin perustuva kunnonvalvonta.....	18
6.3 Värähtelymittaus	19
6.3.1 Värähtelyn suureet, anturit ja mittayksiköt.....	20
6.4 Lämpömittaukset.....	23

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on luoda elävä kriittisyysluokittelu Seikun Sahalle, jota pystytään päivittämään mahdollisimman yksinkertaisesti. Kriittisyysluokittelu on tärkeä työkalu, jota voidaan hyödyntää pitkän tähtäimen suunnittelussa ja suunnitelmallisessa kunnossapidossa. Valmiilla kriittisyysluokittelulla pystytään kohdistamaan kunnossapito sahan tuotannolle kriittisimmille laitteille, sekä puuttumaan tarkastelussa ilmi tulleihin epäkohtiin. Kriittisyysluokittelu tehdään yhdessä toimeksiantaja yrityksen UPM KYMMENE OYJ:n kanssa sekä MABCO toimii yhteistyökumppanina.

2 YRITYSESITTELY

2.1 Seikun Saha (UPM KYMMENE OYJ)

Alkuperäisesti perustettu jo vuonna 1872 Fredrik Wilhelm Rosenlewin toimesta Ait-taluodon tehdasalueelle Isosannan sahan käydessä pieneksi. Sahan lähettyville perus-tettiin vuonna 1912 laatikkotehdas, joka uudelleen käytti jätelautoja raaka-aineena. 1913 valmistui vielä Rosenlewin oma voimalaitos, joka puolestaan käytti sahajätettä (mm. haketta) polttoaineenaan. Vaikka paljon sahan jätettä käytettiin uudelleen, jäi silti rimat ja muu pienempi jäte käyttämättä. Ratkaisu ongelmaan oli selluloosa tehdas. Sulfaattiselluloosa tehdasta suunniteltiin jo 1800-luvun lopulla, mutta sen toteutta-mista lykättiin pitkään. Vasta vuonna 1920 se valmistui yhdessä paperitehtaan kanssa sodan hidastamana. Sellutehdas on nykyään Corenso United Oy Ltd ja voimalaitos on Porin energian lämpövoimala.

(Satakunnan Museo, 2021)

1900-luvun lopulla Rosenlew yhdistyi moniin eri konserneihin omistajien vaihtuessa. Vuonna 1988 Rosenlew yhdistyi Rauman Repolaan, 1991 Yhtyneet Sahat Oy:hyn, 1996 UPM-Kymmene, 2004 UPM-Kymmene Wood Oy ja lopuksi nykyisin olevaan UPM-Kymmene Oyj. Seikun Saha tuottaa noin 400 000 kuutiota kuusisahatavaraa kahdessa vuorossa vuosittain, työllistäen noin. 75 henkilöä.

Saha on jaettuna 5 osaan, tukkilajittelu, saha, rimoitus, kuivausuunit ja tasaamo.

(UPM TIMBER, 2021)

2.2 MABCO OY

”MABCO on suomalainen liikkeenjohdon konsultointiyritys, jonka keskeisinä palve-luina ovat strategisen suunnittelun, operatiivisen toiminnan, tiedolla johtamisen ja muutosjohtamisen kehitys energiateollisuuden, valmistavan teollisuuden, logistiikan ja palveluliiketoiminnan aloilla.”

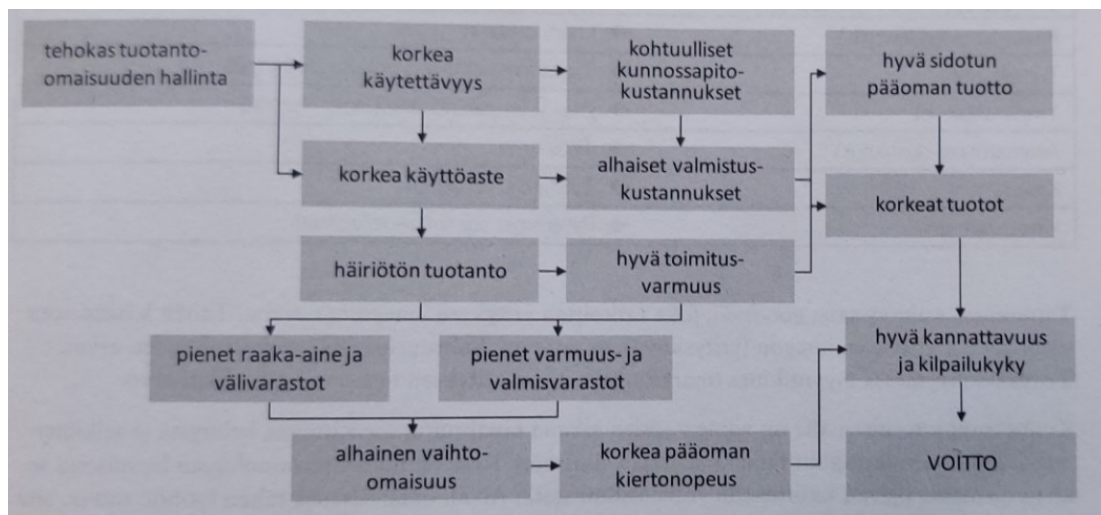
(MABCO, 2021)

3 TUOTANTO-OMAISSUUS

3.1 Hallinta

”Kunnossapito yksin (osana tuotanto-omaisuuden hallintaa) on yksi suurimmista yrityksen kustannuksista (itse asiassa pääoma- ja raaka-ainekustannusten jälkeen suurin). Tärkeää on ymmärtää, että kunnossapito on yritysten suurin kontrolloimaton kustannuserä. Hyvin johdetuissa yrityksissä onkin panostettu siihen, että kunnossapito saadaan hallintaan ja kustannukset kontrolliin.”

(Järviö & Lehtiö. 2012, s. 27)



Kuva 1. Tuotanto-omaisuuden hallinnan vaikutus yrityksen kannattavuuteen. (Järviö & Lehtiö. 2012, s. 27)

3.2 Hoitaminen

”Tuotanto-omaisuuden hoitaminen on osa tuotanto-omaisuuden hallintaa (Asset Management). Tätä käsitettä ei ole määritelty tai edes mainittu maassamme voimassa olevissa standardeissa. Tämä käsite on kuitenkin mielekkäämpi, koska se korostaa kaikkien tuotantoprosessiin osallistuvien ihmisten roolia ja tuotannon koneiden ja laitteiden toimintakunnosta huolehtimisessa. Koneen käyttökunto kuuluu yhtä hyvin koneiden käyttäjille kuin kunnossapitäjille. Roolit ja vastuut ovat samanlaiset kuin oman

asunnon hoitamisessa. Asukkaalle kuuluu koko joukko erilaisia tehtäviä, joilla hän pitää asunnon siistinä ja toimivana. Kaikkea asukas ei kuitenkaan pysty tekemään. Näissä tapauksissa hän kutsuu paikalle asiantuntijan, joka hoitaa asian kuntoon.

Valmistusprosessien käyttäjät ja kunnossapitäjät ovat perinteisesti olleet kaksi erillistä ryhmää. Japanilaiset oivalsivat ensimmäisinä, että vanha jako käyttäjiin ja korjaajiin synnytti tilanteen, jossa kumpikin osapuoli suuntaa mielenkiintonsa vain omien intressiensä ajamiseen. Paljon tehokkaampi toimintatapa perustuu sille, että koneiden käyttäjät käyttävät koneitaan oikein ja mahdollisimman tehokkaasti. Tämä onnistuakseen vaatii saumatonta yhteistyötä käyttäjien ja kunnossapitäjien välillä. Koneen käynnin hallintaa tavalla, jossa yhdistyvät laitteen käyttö ja kunnossapito, kutsutaan usein käynnissäpidoksi. Tämä toimintamalli on eräs TPM:n johtavista periaatteista.”.

(Järviö & Lehtiö. 2012, s. 30)

Tuotanto-omaisuuden hoitamisen voidaan jakaa viiteen päälajiin, joita ovat:

- Huolto
- Ehkäisevä kunnossapito, johon sisältyvät jaksotettu kunnostaminen, kunnonvalvonta, kuntoon perustuva kunnossapito sekä ennustava kunnossapito.
- Korjaava kunnossapito, johon sisältyvät kunnostaminen ja korjaaminen.
- Parantava kunnossapito.
- Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen.

(Järviö & Lehtiö. 2012, s. 49)

”Tämä jako ryhmittää kunnossapitolajit luonteviksi kokonaisuuksiksi, joiden avulla hallitaan tuotantolaitoksen kunnossapito seuraavasti:

- Huollon keinoin pidetään koneiden toimintaympäristö ja edellytykset mahdollisimman hyvänä. Huolto on pääsääntöisesti jaksotettua (jaksotuksen perusteena voi olla käyttöaika, tuotantomäärä, sekä käytön rasittavuus).
- Ehkäisevä kunnossapito koostuu joukosta tekniikoita, joiden avulla pyritään vikaantumisen estämiseen tai hallintaan. Vikaantumisen estäminen perustuu komponentin vaihtamiseen (korvaaminen uudella) määrätyin väliajoin. Vikaantumisen hallinnassa etsitään vikoja, jotka eivät ole vielä pysäyttäneet

konetta. Toimenpiteet voivat olla jaksotettuja, jatkuvasti suoritettavia tai ne tehdään tarvittaessa.

- Korjaavan kunnossapidon menetelmin korjataan (kunnostetaan) havaitut viat.
- Parantavan kunnossapidon menetelmin parannetaan koneiden käytettävyyttä ja luotettavuutta sekä muutetaan kunnossapidollisesti epäedullisia kohteita paremmiksi.
- Vikojen ja vikaantumisen selvittämisen menetelmillä paikannetaan tekijöitä, jotka vaikuttavat tuotantoprosessiin epäsuotuisasti. Ongelma saattaa olla esimerkiksi väärä käyttötapa tai huonosti suunniteltu komponentti.”

(Järviö & Lehtiö. 2012, s. 49)

4 KRIITTISYYSLUOKITTELU

4.1 ABC luokitus

Kriittisyysluokituksen tarkoitus on tarkastella laitoksen tuotannolle tärkeää laitteistoa ja antaa niille luokitukset A, B ja C niiden kriittisyysindeksin mukaan. A-luokka on eniten kriittisin tarkoittaen sen tarvitsevan välittömiä toimenpiteitä, B-luokka kuvaa laitteistoa, joissa on kohonnut kriittisyys ja niihin puututaan A-luokan jälkeen ja viimeisenä luokka C, jonka kriittisyys on hyväksyttävällä alueella. Luokittelu antaa hyvät pohjatiedot kunnossapidolle ja helpottaa tämän kohdistamista jatkotoimenpiteitä varten.

4.2 Kuntoluokitus

Kriittisyysluokituksen yhteydessä käydään myös samalla laitteiston kuntoluokitus, joka määritetään laitteen kunnan ja ikääntymisen avulla. Arvioidaan laitteen kunto ja ikääntyminen esimerkiksi asteikolla 1-4, jonka jälkeen kerrotaan saadut arvot keskenään. Hyvä kuntoluokka molempien osa-alueiden arviointialueen ollessa 1-4 on: C-luokka = 0-4 pistettä, B-luokka = 5-9 ja A-luokka 10+. Kuitenkin kriittisyysluokat ja niiden arvoalueet kannattaa päättää vasta kun pisteytys on tehty ja laitteiden pistemäärien hajonta-alue on nähtävissä.

4.3 PSK-6800 standardi

Osana teollisuuden riskienhallintaa on laadittu standardi käsittelemään kriittisyysluokittelun tekemistä, PSK 6800.

”Menetelmää käytetään kunnossapitosuunnitelman lähtötiedon tuottamiseen. Lisäksi sitä voidaan käyttää esimerkiksi hankintavaiheen tukena määriteltäessä hankittavan kriittisen laitteen ominaisuuksia, laatutasoa ja vastaanottokriteerejä.

Standardissa keskitytään kriittisyyden luokitteluun pääsääntöisesti taloudellisten vaikutusten perusteella.

Kriittisyyden arviointi tehdään seuraavasti:

1. Määritetään tarkastelun laajuus.
2. Määritetään standardin kohdan 5 mukaan tuotannon menetyksen painoarvo W_p .
3. Arvioidaan sopivatko taulukossa 1 annetut muut painoarvot sovellettavalle teollisuuden toimialalle. Tarvittaessa standardissa annettuja painoarvoja muutetaan.
4. Listataan standardin liitteenä 1 olevaan taulukkolaskentaohjelmaan tarkasteltavat laitteet.
5. Valitaan tarkasteltaville laitteille taulukosta 1 käytettävät kertoimet.
6. Ohjelma laskee laitteiden kriittisyysindeksin (K) ja sen osaindeksit (K_s , K_e , K_p , K_q ja K_r) käyttäen hyväksi annettuja parametreja.
7. Kriittisyysluokittelu tehdään lajittelemalla laitteet kriittisyysindeksin K mukaiseen järjestykseen.

Mikäli laitteiden kriittisyyttä halutaan tarkastella vain esimerkiksi laatukustannusten kannalta, käytetään lajitteluperusteena kriittisyyden osaindeksiä K_q . Katso kohta 6.”.

(PSK 6800 2008, s. 3)

4.4 Luokittelukriteerit

PSK-6800 standardissa on annettu ohjeelliset lukuarvot kriteerien määrittämiseen seuraavasti:

Taulukko 1 Laitetason kriittisyyden tekijät¹⁾

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaantumisväli [p]	Kerroin [M]	Valintakriteeri
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit $W_s = 30$	1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta 2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2 – 5 vuotta 4 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5 – 2 vuotta 8 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 – 0,5 vuotta	$M_s = 0$	Ei turvallisuusriskiä
			$M_s = 2$	Vähäinen turvallisuusriski
			$M_s = 4$	Kohtalainen turvallisuusriski
			$M_s = 8$	Merkittävä turvallisuusriski
			$M_s = 16$	Vakava turvallisuusriski
	Ympäristöriskit $W_e = 20$		$M_e = 0$	Ei ympäristöriskisiä
			$M_e = 2$	Vähäinen ympäristöriski
			$M_e = 4$	Kohtalainen ympäristöriski
			$M_e = 8$	Merkittävä ympäristöriski
			$M_e = 16$	Vakava ympäristöriski
Tuotantovaikutukset	Tuotannon menetykset $W_p = 0...100$	$M_p = 0$	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle	
		$M_p = 1$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi ≤ 3 h)	
		$M_p = 2$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi ≤ 10 h)	
		$M_p = 3$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi 10 - 24 h)	
		$M_p = 4$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi >24 h)	
	Laatukustannus $W_q = 30$	$M_q = 0$	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.	
		$M_q = 1$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 1 h)	
		$M_q = 2$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 3 h)	
		$M_q = 3$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h)	
		$M_q = 4$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >8 h)	
Korjaus- tai seurauksenkustannukset $W_r = 20$	$M_r = 0$	Korjauskustannuksilla tai seurauksenkustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.		
	$M_r = 1$	Vähäiset korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 2 h)		
	$M_r = 2$	Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 10 h)		
	$M_r = 3$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h)		
	$M_r = 4$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >24 h)		

¹⁾ Lukuarvot ovat ohjeellisia

Kuva 2. Laitetason kriittisyyden tekijät. (PSK 6800 2008, 7)

Kriteerien määrittäminen kuitenkin riippuu hyvin pitkälti laitoksesta, johon luokitus tehdään ja painoarvot sekä kriteerien osa-alueet ovat hyvin räätälöitävissä. Edellä mainitussa taulukossa kriittisyys indeksi muodostuu turvallisuusriskistä, ympäristöriskistä, tuotannon menetyksestä, laatukustannuksista, korjaus- tai seurantakustannuksista ja vikaantumisvälistä. Painoarvo (100%) jaetaan tarpeen mukaan osa-alueille ja kerrotaan osa-alueelle annettulla kertoimella. Kriittisyysindeksin kaava: $K = P \times (W_s \times M_s + W_e \times M_e + W_p \times M_p + W_q \times M_q + W_r \times M_r)$.

(PSK 6800 2008, s. 7)

5 KUNNOSSAPITO

5.1 Perusteet

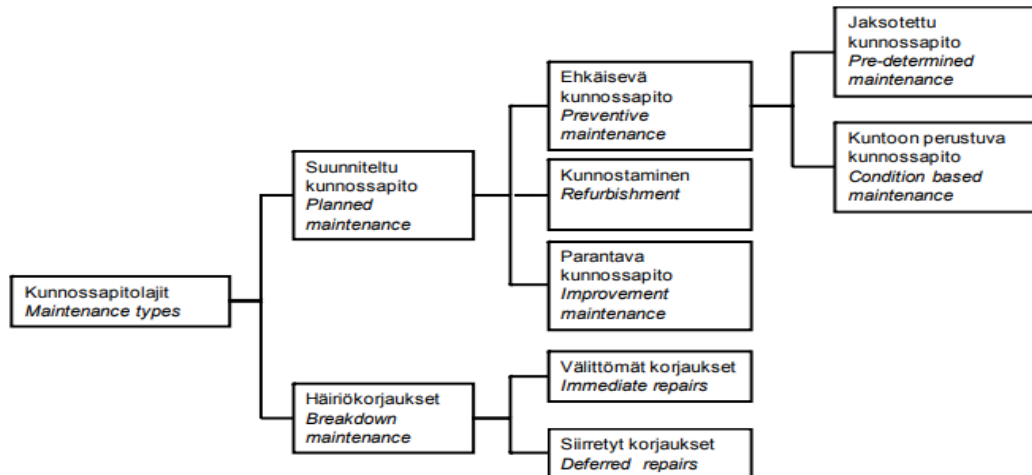
Tiivistettynä sana kunnossapito kuvataan PSK-standardeissa seuraavasti: ”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.”

(PSK 6201 2011, s. 2)

Käytännössä kunnossapidon vastuulla on pitää laite toimintakykyisenä mahdollisimman paljon ja minimoida sen haitalliset vaikutukset tuotantoon, ympäristöön, laatuun ja turvallisuuteen.

5.2 Kunnossapitolajit

Standardin mukainen jaottelu kunnossapitolajeille on määritelty kuvan mukaisesti:



Kuva 3. (PSK 6201 2011, s. 22)

5.2.1 Suunniteltu kunnossapito

Suunniteltu kunnossapito muodostuu kolmesta alalajista, jotka ovat ehkäisevä kunnossapito, kunnostaminen ja parantava kunnossapito. ”Ehkäisevällä kunnossapidolla

pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen.”

(PSK 6201 2011, s. 22)

Kunnostamisesta ja parantavasta kunnossapidosta on kerrottu standardissa seuraavasti:
”Kuluneen tai vaurioituneen käytöstä pois otetun kohteen palauttaminen käyttökuntoon korjaamalla.”

”Parantavan kunnossapidon tarkoituksena on parantaa kohteen luotettavuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä muuttamatta kohteen toimintoa.”

(PSK 6201 2011, s. 23)

5.2.2 Jaksotettu kunnossapito

”Ehkäisevän kunnossapidon toimenpide, joka tehdään suunnitelluin jaksotuksin esimerkiksi käyttötuntien, kalenteriajan, tuotantomäärän tai energian käytön mukaisesti ilman edeltävää toimintakunnon tutkimusta.”

(PSK 6201 2011, s. 22)

5.2.3 Kuntoon perustuva kunnossapito

”Kunnonvalvonnalla tai tarkastustoiminnalla havaittujen kohteiden suunniteltu korjaus. Kunnonvalvonnan toimenpiteitä ovat aistein sekä mittalaittein tapahtuvat tarkastukset ja valvonta sekä mittaustulosten analysointi. Kunnonvalvonnalla määritellään kohteen toimintakunnon nykytila ja arvioidaan sen kehittyminen mahdollisen vikaantumis-, huolto-, ja korjausajankohdan määrittämiseksi.”

(PSK 6201 2011, s. 23)

5.2.4 Häiriökorjaukset

Häiriökorjaukset voidaan jakaa kahteen osioon, välitön- ja siirretty häiriökorjaus.

”Välitön häiriön korjaus suoritetaan heti vian havaitsemisen jälkeen, jotta voidaan palauttaa toimintakunto tai rajoittaa vian aiheuttamat seuraukset hyväksyttävälle tasolle.”
(PSK 6201 2011, s. 22)

Standardi kuvaa siirretyn korjauksen seuraavasti: ”Korjaus, jota ei suoriteta välittömästi vian havaitsemisen jälkeen, vaan se on siirretty tehtäväksi kohteen, tuotannon tai organisaation tilan salliessa.”

(PSK 6201 2011, s. 23)

5.3 TPM (Total Productive Maintenance)

Suomennettuna tarkoitetaan kokonaisvaltaista tuottavaa kunnossapitoa. Osana TPM-filosofiaa on tuottaa koneille optimaaliset toimintaolosuhteet ja ylläpitää niitä.

Keskeiset päämäärät TPM-menetelmässä on maksimoida koneen kokonaistehokkuus (aika, teho ja laatukertoimet huomioiden), kehittää kunnossapitosysteemi, joka jatkuu laitteen koko eliniän, sisällyttää mukaan organisaation osastot ja ihmiset, jotka ovat osallisia laitteen käyttöön, suunnitteluun tai kunnossapitoon kaikilta tasoilta ja siirtää kunnossapitoa suunnittelevat ja toteuttavat ryhmät niille, joita laite jotenkin koskee.
(Järviö & Lehtiö. 2012, s. 143)

Kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon kolmena erityispiirteenä voidaan siis pitää seuraavat asiat Jorma Järviön mukaan:

- ”Sisältää eri menetelmiä tiedonkeruuseen, analysointiin, ongelmien ratkaisuun ja prosessin ohjaukseen. Tällä pyritään kehittämään laitteen tehokkuutta.

- Kannustaa käyttäjien/kunnossapidon henkilöstöä toimimaan yhdessä tasaver-
taisina kumppaneina. Sisältäen myös muita toimintoja, kuten suunnittelun, laa-
dun, tuotannonohjauksen, ostotoiminnan, johdon ja valvonnan.
- Edistää laitekehitystä ja tuoden sille laajaa käyttöä ongelman ratkaisuisissa, stan-
dardisoinnissa, visuaalisessa johtamisessa ja työpaikkojen organisoinnissa.”
(Järviö & Lehtiö. 2012, s. 146)

5.4 RCM (Reliability Centered Maintenance)

Suomennettuna luotettavuuskeskeinen kunnossapito. ”RCM on työkalu (toiminta-
malli), jonka avulla kehitetään koneelle tai sen osalle kunnossapito-ohjelma. Oleellista
on tuntea prosessit ja laitteet siten, että jokaisen komponentit kohdalla voidaan valita
sopiva kunnossapidon strategia. Viimeisten Vuosikymmenien aikana on kehitetty työ-
kaluja, joilla kyseiset kriittiset prosessit voidaan tunnistaa ja valita sitten sopivimmat
kunnossapitomenetelmät. Nämä menetelmät on kehitetty sellaisia prosesseja varten,
joissa epäluotettavuus aiheuttaa riskejä, jotka eivät ole hyväksyttävissä. Näiden pro-
sessien kunnossapito onkin suunniteltu siten, että riskitilanteisiin ei edes jouduta.

Näitä periaatteita käyttäen kunnossapito voidaan suunnitella niin, että se toimii kustan-
nustehokkaasti myös tavanomaisessa teollisuuslaitoksessa.

RCM-menetelmässä korjataan yllä olevat epäkohdat. Kunnossapidon suunnittelu aloi-
tetaan selvittämällä, missä prosesseissa kunnossapitoa eniten tarvitaan. Kun prosessit
on määritetty ja asetettu tärkeysjärjestykseen, selvitetään, millaisia koneita ja laitteita
prosesseissa on. Tämän jälkeen tutkitaan, millä tavalla kyseiset laitteet voivat vikaan-
tua ja millaiset seuraukset kullakin vikaantumisella on. Näin erilliset laitteet saadaan
järjestykseen sen mukaan, kuinka vakavat seuraukset vikaantumisella on. Seuraavassa
vaiheessa tutkitaan, millaisia kunnossapidollisia keinoja on olemassa ja onko niiden
käyttö järkevää. Näiden tietojen perusteella kirjoitetaan tuotantolaitoksen kunnossa-
pito-ohjelma uudelleen.”.

(Järviö & Lehtiö. 2012, s. 161)

RCM metodin päämäärät:

- Asettaa tärkeysjärjestykseen laitteet ja täten kohdistaa kunnossapito eniten sitä tarvitsevaan. Yleisimmät kriteerit ovat laatu, ympäristövaatimukset, kustannukset ja laatu.
- Laitteiston vikaantumismekanismien selvitys ja näiden avulla pohjan luominen tehokkaille kunnossapitomenetelmille.
- Laajentaa kunnossapitoa myös niille laitteille, jotka ovat ”passiivisia” prosessin toimiessa.
- Laatia toimintaohjeet laitteistolle, joilla ei ole tehokkaita ehkäisevän kunnossapidon menetelmiä, kun vikaantuminen ilmenee.
- Käyttöhenkilöstön opastus kriittisten komponenttien seurantaan.
- Kunnossapidon kustannuksien analysointi, prosessin tehokkuuden ja laitteiston luotettavuuden parantaminen.

(Järviö & Lehtiö. 2012, s. 163)

6 KUNNONVALVONTA

6.1 Perusteet

”Kunnonvalvonnan tehtävät perustuvat siihen, että alkanut vikaantuminen on oireilevaa ja havaittavissa. Tästä johtuen näitä vikoja kutsutaankin oirehtiviksi. Ne määritellään vikaantumiseksi, joiden keittyminen on alkanut ja jotka voidaan tunnistaa eri tavoilla (esimerkiksi aistein, mittauksin, toiminnan muutoksina).

Kunnonvalvonnalla pyritään havaitsemaan oirehtivat viat niin, että ne pystytään korjaamaan suunnitellusti. Tähän kategoriaan sisältyvät mm. seuraavat menetelmät: enustava ja ehkäisevä kunnossapito sekä kunnonvalvonta.”

(Järviö & Lehtiö. 2012, s. 167)

6.2 Aisteihin perustuva kunnonvalvonta

Aisteihin perustuvaa kunnonvalvontaa tehdään kuuntelemalla, näkemällä ja kokeilemalla. Menetelmällä voidaan prosessin käynnin ja korjauksien aikana havaita kaikkia niitä tekijöitä, jotka kuvastavat mahdollisia vikaantumisia tai tulevia sellaisia. Prosessiautomaatiossa käytettävät mittalaitteistot ovat oivallisia seurantalaitteita kertomaan muutoksista kunnonvalvonnassa. Määrittämällä mittauslaitteille hälytysrajat, trendisaurannat ja tarkastelemalla näiden sisäisiä ja ulkoisia hälytyksiä voidaan otaksua toiminnassa tapahtuvia muutoksia. Etevä laitteen käyttäjä tai kunnossapitäjä voi myös vaivattomasti huomata laitteen kunnon silmätarkastuksella.

Katselen, kuuntelen ja kokeilen menetelmässä yleisesti, sovitaan seurauksen kohteet ja syyt, joiden jälkeen toteutetaan seurantakierrokset ja -tarkastukset. Kierroksille voidaan myös ottaa tarpeellisuuden mukaan apuvälineitä, mm. kuuntelulaite tai lämpökamera. Havaintojen tulkinnasta on myös hyvä sopia käyttäjien ja kunnossapitäjien kesken niin tuotannon aikana kuin myös korjaustöiden aikana. Havaintojen dokumentaatiosta on myös tarpeellista sopia. Kierrostehtäviä ja apuvälineitä voivat olla seuraavallisesti:

Katselu:

- Valoa käyttämällä:
 - Stroboskoopilla esimerkiksi voidaan mitata pyörimissuunta ja nopeus.
 - Suurennuslasilla tai peilillä voidaan tarkastella paremmin haluttua kohtaa
 - Rikkomaton aineenkoetus esimerkiksi jauho tai tunkeumaneste halkeamien tarkasteluun
- Nesteenpinnan tarkastelu vuotojen varalta
- Materiaalimuutokset rakenteissa, esimerkiksi ruoste, liitosten pursuaminen, irtto-osat ja kuluminen

Kuuntelu:

- Jokin ääntä siirtävä kappale/esine, vaikka keppi tai tanko. Näiden avulla voidaan kuunnella tärinää ja kolinaa
- Stetoskoopin avulla kuunnella suljettujen laitteiden ääniä
- Desibelitasoja mittaava akustinen koetin
- Ihmisen kuulemattomia ääniä mittaava ultraäänikoetin
- Vanha ääni nauhoitus, jota voidaan verrata tarkastushetken ääniin

Kokeilu:

- Lämpötarrat ja -liidut (lämpötilan tarkasteluun)
- Tärinän ja iskusysäysten kokeilu kosketuksella
- Lämpömittarien avulla nesteiden lämpötilan tarkistus

(Heinokoski. 2013, s. 190-191)

6.3 Värähtelymittaus

Kunnossapitojärjestelmiä voidaan käyttää yhden tai useampien suureiden mittaamiseen sekä yhden tai useampien toimintojen mittaamiseen. Iskusysäysmittauksilla voidaan esimerkiksi mitata laakereiden tärinää. Mittausalue on riippuvainen anturin kiinnitystavasta, esimerkiksi kosketinsauvalla maksimi taajuusalueeksi saadaan 500 Hz, magneettikiinnityksellä 1-2 kHz ja vaarnaruuvikiinnityksellä laitevalmistajan ilmoitettuun arvoon. Kunnonvalvonta perustuu mitattavan kohteen vikakäyrään, jossa ovat tunnetut tärinäarvot vakiintuneen käytön tai kohteen uutuuden mukaan. Värähtelyn muutos on havaittavissa varhaisesti ennen vikaantumista tai vaurioitumista.

Värähtelymittaukset ovat ensisijaisesti tarkoitettu nopeasti pyöriville kohteille taajuuden suuruuden vuoksi, mutta sitä voidaan myös käyttää hitaasti pyörivissä kohteissa.

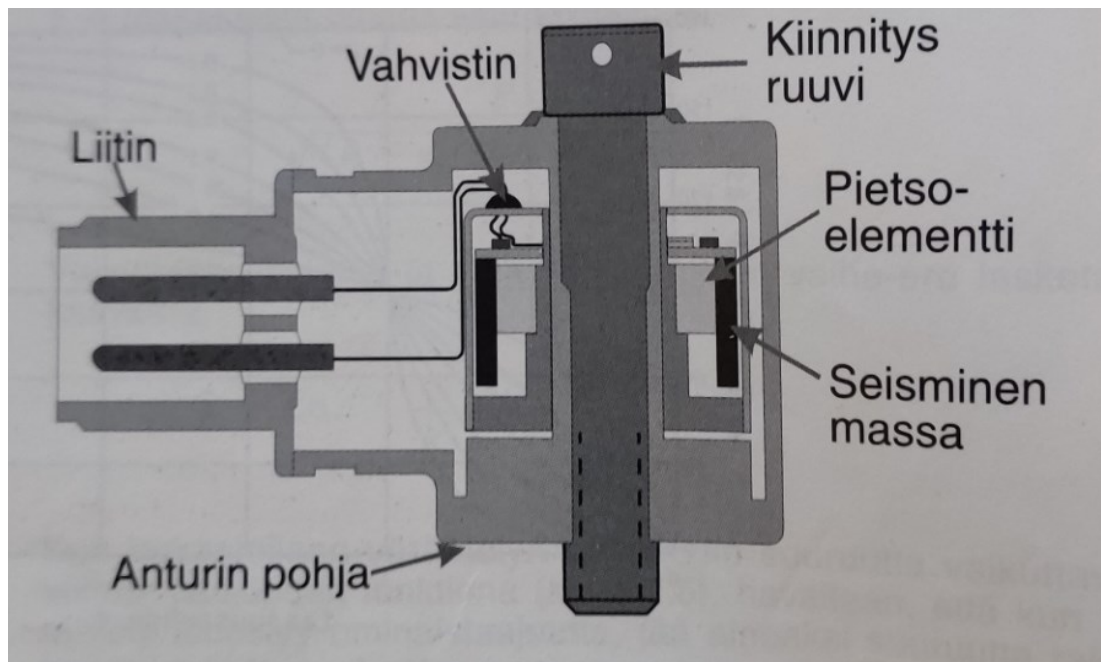
Värähtelyä voidaan mitata mm. mekaanisella värähtelymittarilla, siirtymäanturilla, laseranturilla, nopeusanturilla sekä pietsosähköisellä kiihtyvyydenturilla. Ultraäänimitauksella, akustisella emissiolla sekä ihmiskorvalla voidaan värähtelyä ”kuunnella”. Värähtelyä mitattaessa voidaan myös käyttää käsimittareita, kannettavia tiedonkeruu laitteita, kiinteästi asennettuja antureita ja kannettavat/kiinteät mittalaitteet, analysointilaitteita sekä prosessiin tai järjestelmään liitettyjä mittauslaitteita tai ohjelmia. Haasteena kunnonvalvonnassa on oikeat määritykset värähtely- ja värähtelytasolle, joten apuna käytetään ISO- ja PSK-standardeista saatuja ohjeita erilaisille kohteille. Myös prosessin toiminta vaikuttaa laajasti kohteiden toimintoihin ja siksi mittausarvojen vaihtelu on mahdollista.

(Heinokoski. 2013, s. 192-195)

6.3.1 Värähtelyn suureet, anturit ja mittayksiköt

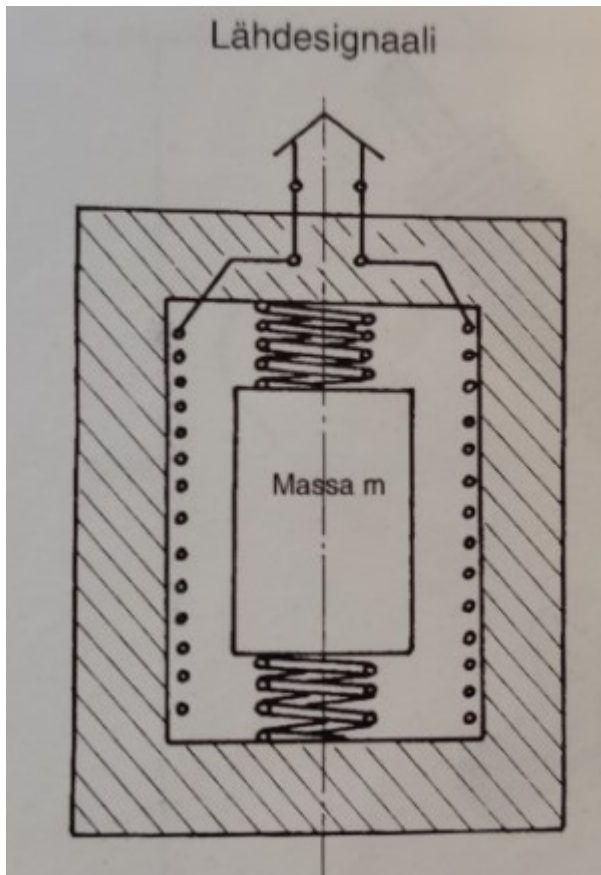
Värähtelyä on mahdollista mitata siirtymänä, nopeutena tai kiihtyvyytenä. Suureita voidaan derivoida tai integroida ja näin voidaan muuttaa yksi mittasuure toiseksi ja samalla saada myös toisia suureita esimerkiksi kiihtyvyyden derivaatat. Siirtymämittaus ilmaisee kohteen paikan suhteessa vertailupisteeseen, nopeusmittaus kuvastaa kappaleen matkan tietyn ajan kuluessa ja kiihtyvyys ilmaisee kappaleen nopeuden muutoksen tietyn ajanhetken aikana.

(Nohynek & Lumme. 1996, s. 55)



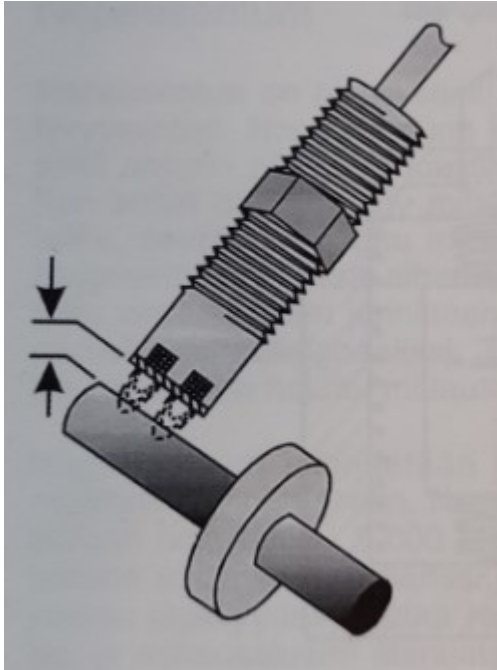
Kuva 4. Kiihtyvyyssanturi. (Nohynek & Lumme. 1996, s.54)

Kiihtyvyyssantureiden toiminta perustuu pietsosähköiseen kiteeseen, joka kiinnittää kiinnityselementit anturikuoreen, jonka sivut tai päällinen on varustettu massalla. Anturin ollessa kiinni kohteessa, massa puristaa pietsosähköistä kidettä ja näin kiteeseen syntyy anturin kiihtyvyyden vertainen varaus. Varaus siirtyy anturin sisäiseen tai ulkoiseen varausvahvistimeen johdettuna, jossa se muuntuu jännitteeksi muodostaen mittaussignaalin anturiin. Mittausyksiköt ovat g tai m/s^2 ja yleisimmät taajuusalueet ovat 2 Hz – 2000 Hz. Kiihtyvyyssanturit ovat eniten käytettyjä ja niiden hyviä puolia on laajat taajuusalueet (kiinnitystavasta riippuen), pieni koko, edullinen ja kevyt. (Nohynek & Lumme. 1996, s. 55-56)



Kuva 5. Nopeusanturi. (Nohynek & Lumme. 1996, s. 57)

Nopeusanturi toimii siten, että kuoren sisällä olevan käämin anturin päähän on jousilla kiinnitetty magneettinen massa, joka mittauspisteessä kiinnitettynä seuraa anturikuorien liikkeitä viiveellä rakenteen värähdellessä. Magneettinen massa luo anturin nopeuteen verrannollisen jännitteen, joka johdetaan mittaussignaaliaksi anturin ulkopuolelle. Nopeuden ollessa haluttu suure, ei tarvitse signaalia muuntaa ja mittausyksikkö on tällöin mm/s. Optimaalinen mittausalue nopeusanturilla on noin 5 Hz – 2000 Hz, mutta anturin sisäinen resonanssi jousen jäykkyydestä ja tai magneetin massasta johtuen voi olla 3 Hz – 12 Hz. Sähkömagneettiset kentät sekä lämpötilan vaihtelut vaikuttavat nopeusanturin toimintaan ja tekee siitä häiriöalttiimman kuin kiihtyvyyssanturista. (Nohynek & Lumme. 1996, s. 56-57)



Kuva 6. Siirtymäanturi. (Nohynek & Lumme. 1996, s. 58)

Siirtymäanturit ovat tyypillisesti pyörrevirta-antureita, jolla mitataan noin 2 mm päästä mittauskohteen ja kiinnityskohdan keskinäistä suhteellista liikettä. Yleisin käyttökohde on koneet, jotka ovat liukulaakeroituja. Tällöin anturit ovat kiinnitettyjä koneen laakerikuoreen mittaamaan akselivärähtelyjä. Anturi toimii siten, että sen päässä oleva kela luo magneettikentän, indusoiden pyörrevirtoja kohdatun ferromagneetin pintaan. Pyörrevirrat aiheuttavat muutoksia anturin päässä olevaan kelan jännitteeseen. Anturin ja pinnan välimatkan muuttuessa pinnan pyörrevirroissa sekä anturin kelan päässä aiheutuu muutoksia, jotka saadaan jännitteenä ulos anturista. Tästä saatu signaali kertoo anturin ja mittauspisteen välisen etäisyyden. Akselin värähtelyjen lisäksi siirtymäanturilla on mahdollista mitata myös staattista etäisyyttä, pinnanmuodon muutoksia, akselin ratakäyriä, sekä suorittaa linjaustilan ja liukulaakerin kunnonvalvontaa.

(Nohynek & Lumme. 1996, s. 57-58)

6.4 Lämpömittaukset

Lämpökamera- ja infrapunamittaukset perustuvat mitattavan aineen ominaisuuteen päästää infrapunälämpösäteilyä sen tunnistavaan kameraan, joka pystyy havaitsemaan sen ja tallentaa kuvana. Mittauksen hyötyinä voidaan pitää koskemattomuutta ja

nopeutta, mutta sitä ei ole mahdollista käyttää kiiltävien metallipintaisten kohteiden mittauksissa niiden lämpötilojen ollessa alle 100 °C, koska ne heijastavat enemmän energiaa ympäristöön lämpösäteilyn sijaan. Lämpökameralla on mahdollista mitata laaja alue nopeasti, kun taas koskemattomalla mittarilla liikutetaan mittaria kohteiden mittauspisteistä toisiin. Lämpömittauksien tarkoitus on vertailla tuloksia mittauskertojen välissä ja tarkastaa onko mitattavien kohteiden lämpötila kohonnut. Lämpötilamittausten koskemattomuus takaa enemmän turvallisuutta esimerkiksi sähkökaapeleiden ja -laitteiden mittauksissa. Yleisimpiä käyttökohteita ovat laakereiden ja moottorien lämpötilat sekä lämpövuotomittaukset energiamittauksissa.

(Heinokoski. 2013, s. 195)

LÄHTEET

Järviö, J. & Lehtiö, T. (2012). Kunnossapito, tuotanto-omaisuuden hoitaminen. (5p)
Helsinki: KP-media Oy.

MABCO. (2021). Haettu 20.12.2021 osoitteesta
<https://www.mabco.fi/>

Nohynek, P. & Lumme, V E. 1996. Kunnonvalvonnan värähtelymittaukset. Rajamäki:
KP-Tieto Oy.

PSK 6201. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. Maintenance. Terms and defini-
tions. (2011). 3. p. PSK Standardisointiyhdistys ry. Helsinki: PSK.

PSK 6800. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Criticality classification of
equipment in industry. (2008). 18. p. PSK Standardisointiyhdistys ry. Helsinki: PSK.

Heinokoski, R. 2013. Kone- ja prosessiautomaation kunnossapito. Helsinki: Opetus-
hallitus.

Satakunnan Museo. (2021). Rosenlewin teollisuus Aittaluodossa. Haettu 20.12.2021
osoitteesta
<https://www.pori.fi/satakunnanmuseo>

UPM Timber. (2021). UPM Seikun saha. Haettu 20.12.2021 osoitteesta
<https://www.upmtimber.com/fi/>