

Edistyksellistä renkaiden kierrätystä 2015

tilastokatsaus





Edistyksellistä renkaiden kierrätystä

Tilastokatsaus 2015

Tilastokatsaus 2015

3	I	Termit ja lyhenteet
4	I	Johdanto
6	I	Maa- ja tierakentaminen
10	I	Suojat ja esteet
14	I	Päällysteet
18	I	Veden puhdistus
22	I	Energiahyötykäyttö
24	I	Tulevaisuuden näkymiä
28	I	Lähteet ja kuvatiedot

Edistyksellistä renkaiden kierrätystä 2015

tilastokatsaus



Edistyksellistä renkaiden kierrätystä Tilastokatsaus 2015

Julkaisija:

Suomen Rengaskierrätys Oy

Sisältö ja tekstit:

Apila Group Oy Ab (30.6.2016)

Graafinen Suunnittelu ja taitto:

Juho Paavola

Painopaikka:

Grano Oy, Helsinki

ELT

End of Life Tyre, käytöstä poistettu autonrenkas



rengasmateriaali

ELT renkaat ja palat, leikkeet, granulaatit ja jauhe; paloista ja leikkeistä käytetty myös nimitystä rouhe



rouhe

Rengaspalat tai leikkeet, noin 50—300 mm



granulaatti

Rengaskumigranulaatti, 2,5—25 mm, teräksestä ja tekstiileistä puhdas kumi. Alle 10 mm koot murumaisia

jauhe

Rengaskumijauhe, partikkelikoko noin 0,2 - 1,2 mm, teräksestä ja tekstiileistä puhdas kumi



Uusia ratkaisuja kiertotalouteen

Rengasalan keskeiset toimijat perustivat vuonna 1995 Suomen Rengaskierrätys Oy:n tuottajavastuuseen perustuvan kierrätysvelvoitteen hoitamiseksi. Rengaskierrätyksen kierrätysjärjestelmään on liittynyt 290 renkaiden tuottajaa ja 2 900 vastaanottopistettä (1.6.2016 mennessä). Suomessa poistuu vuosittain käytöstä yli 50 000 tonnia renkaita, jotka käytännössä kaikki kerätään talteen ja hyödynnetään eri käyttötarkoituksiin jätehierarkian periaatteiden mukaisesti.

Viime vuosina hyötykäyttöaste on ollut lähes 100 prosenttia. Renkaiden kierrätyksessä noudatetaan EU:n jätedirektiivissä ja uudessa jätelaissa säädettyä etusijajärjestystä, jonka mukaan ensisijaisesti on ehkäistävä jätteen syntyä. Mahdollisuuksien mukaan renkaat pyritään valmistelemaan uudelleenkäyttöön, kierrättämään materiaalina tai hyödyntämään energiana, tässä järjestyksessä. Renkaiden keräyksestä ja kierrätykseen toimittamisesta vastaa Kuusakoski Oy.

Renkaiden hyötykäytön osalta edessä on mittavia haas-

teita, sillä lainsäädäntö on rajoittanut renkaiden käyttöä kaatopaikkojen rakenteissa vuoden 2016 alusta alkaen. Kaatopaikkarakentamisen vähentyessä käytöstä poistetuille renkailla kehitellään jatkuvasti uusia hyötykäyttöraatkaisuja kotimaassa ja kansainvälisesti. Tiedossa on toistasataa tieteellistä tai teknistä selvitystä käytöstä poistettujen renkaiden jalostusmenetelmistä ja käyttöta-voista sekä eri hyötykäyttötapojen ympäristövaikutuksista. Rengasmateriaalilla on paljon hyviä materiaaliominaisuuksia, jotka tarjoavat uudenlaisia, kustannustehokkaita ja kiertotaloutta toteuttavia tuotemahdollisuuksia. Tilalle onkin kehitteillä uusia hyötykäyttöraatkaisuja vuosittain jopa 30 000 tonnin edestä.

Risto Tuominen

Toimitusjohtaja

Suomen Rengaskierrätys

Jätteen aika on ohitse

Tässä katsauksessa esitellään renkaiden kierrätyksen käytännön tilaa Suomessa. Esittelemme sekä olemassa olevia että kehitettyjä, kaupallistamisen kynnyksellä olevia hyötykäyttökohteita. Rengasmateriaaleja on hyödynnetty Suomessa maarakentamisessa ja kaatopaikkarakenteissa menestyksekkäästi jo vuosikymmeniä.

Useat kansainväliset tutkimukset ja vuosikymmenien käytännön kokemus käytettyjen renkaiden hyötykäytöstä on osittanut, että rengasmateriaalilla on useita merkittävästi hyödyllisiä teknisiä ominaisuuksia. Se on lähes ylivoimainen kevennysmateriaali pehmeillä, savisilla maa-

alueilla; se on roudankestävä ja helposti rakennettava; se puhdistaa vettä ravinteista ja vaimentaa tärinää ja iskuja erilaisilla alustoilla. Rengasmateriaalia ei tulisi enää mieltää jätteeksi, sillä kyseessä on kustannustehokkaita ja kiertotaloutta toteuttavia, käyttäjilleen arvoa luovia ja edistyskellisiä tuotemahdollisuuksia tarjoava materiaali.

Mervi Matilainen

FT, Kemia

Pirjo Rinnepelto

DI, Ympäristötekniikka

Apila Group Oy Ab

Suomessa on lähes 3000 keräyspistettä

Vuodesta 2007 Kuusakoski Oy on Suomessa kerännyt, käsitellyt ja hyödyntänyt käytöstä poistetut renkaat, jotka kuluttaja on veloituksetta voinut palauttaa lähes 3000 renkaiden vastaanottopisteeseen. Rengaskumin jalostaminen teollisuuden tarpeisiin vaatii laaja-alaista tutkimus- ja kehitystyötä, innovatiivista ajattelutapaa ja investointeja. Olemme sitoutuneita pitkäjänteiseen kehitystyöhön, jotta vähintään 95 prosen-

tin hyödyntämistä saavutetaan renkaiden kierrätyksessä jatkossakin. Intohimo materiaaleja, niiden tuntemusta ja kierrätystä kohtaan ajaa meitä kehittämään toimintaa, jotta pystymme tarjoamaan entistä tehokkaampia kierrätysratkaisuja.

Thomas Söderström

Material Manager

Kuusakoski Oy



Tilasto
2015
35 000 tonnia,
10–20 kohdetta

Renkaita ja rengasrouhetta on käytetty maarakentamisessa Suomessa jo kymmeniä vuosia. Pääasiassa materiaalia on hyödynnetty kaatopaikan rakenteissa sekä kaatopaikkakaasujen ja vesien johtamisessa ja keräyksessä. Vuonna 2015 suurin osa syntyvästä rengasmateriaalista hyödynnettiin kaatopaikan pintakerroksissa. Jatkossa hyödyntäminen kaatopaikan rakenteissa ei kuitenkaan ole mahdollista, sillä Suomen jätelainsäädäntö on kieltänyt kaiken orgaanisen jätteen sijoittamisen kaatopaikoille tammikuusta 2016 alkaen.

Maa- ja tierakentamisessa rengasmateriaaleja on perinteisesti käytetty korvaamaan neitseellisiä maa-aineksia. Tyypillisessä rengasrouheelle soveltuvassa kohteessa maan kantavuus on heikko, ja sitä parannetaan kevennyskerroksella.

Rengasrouheita on käytetty myös vaativammissa kohteissa, kuten liikennemelun ja tärinän vaimentamiseen tieliikennekäytössä sekä rataliikenteessä¹. Suomessa rengasrouheiden hyödyntäminen tierakanteissa on jo vakiintunutta, ja Liikennevirasto on antanut ohjeet rengasrouheista tehtyjen kevennysrakenteiden mitoittamiseen ja rakentamiseen². Lisäksi rouheiden käyttö on sisällytetty





Kemiönsaareen Amos-puistoon rakennettiin vuonna 2015 päiväkotia, jonka tontilla hyödynnettiin noin 400 tonnia kumirouhetta. Sitä käytettiin kevennyskerroksena päiväkodin leikkialueella, ja lisäksi sitä on myös osassa pihan muuta liikennöimätöntä aluetta. Kevennyskerroksen paksuus on 0,5-1,5 metriä. Kerros tarvittiin, sillä päiväkodin pihaa ja leikkialuetta piti nostaa täytöillä. Täyttö aiheuttaa painaumaa ja huonoa kantavuutta, johon rengasrouheesta haettiin apua¹⁰.

maa- ja tienrakentaminen

infrarakentamisen yleisiin laatuvaatimuksiin (InfraRYL 2010) ³.

Tulevaisuus

Maa- ja tierakennuskohteissa materiaalitarve on usein niin suuri, että niissä on mahdollista hyödyntää koko Suomessa vuosittain kerätty rengasmäärä.

Neitseellisten maa-ainesten hyötykäyttöä tullaan rajoittamaan entisestään, ja se osaltaan lisää korvaavien uusiomateriaalien kysyntää. Lisäksi uusia maa-alueita rakennetaan entistä useammin pehmeille tai kosteille maa-alueille. Näin ollen on oletettavaa, että jo nykyään halutun maarakenteiden kevennysmateriaalin kysyntä lisääntyy tulevaisuudessa.

Rengasmateriaalin hyötykäytön haasteet maa- ja infrarakentamisessa liittyvät pääasiassa materiaalin saatavuuteen. Rakennusprojektit ovat yleensä suuria, ja kohteessa kerralla hyödynnettävä määrä voi olla tuhansia tonneja.

Samaan aikaan uusiomateriaalien saattaminen laajaan rakennustekniikkaan käyttöön on verrattain hidasta, vaikka hyödyntäminen olisikin taloudellisesti ja ympäristöystävällistä perusteltua. Tavoitteena onkin tuotteistaa rengasrouhe ja muut rengasmateriaalit paremmin, jotta niiden hyötykäyttö olisi helpompaa ja kiinnostavampaa.

Säädökset muuttuvat

Suomessa on käynnissä kansallinen UUMA2-ohjelma, jonka tavoitteena on edistää maarakentamisessa

hyödynnettävien uusiomateriaalien käyttöä materiaaleja tuotteistamalla ja kaupallistamalla sekä rakentamistekniikkaa, suunnittelua ja hankintamenettelyjä kehittämällä.

Käytöstä poistetuista renkaista valmistettu rengasrouhe on otettu mukaan UUMAN käsikirjastoon, jossa sen käytölle on annettu ohjeistuksia. Lisäksi, rengaskumi on ehdolla myös valmistelun alla olevaan lainsäädännön uudistukseen, joka edistää

kierrätysmateriaalien käyttöä maarakentamisessa.

Lainsäädännön uudistuksella päivitetään nykyisin voimassa oleva ns. MARA-asetus (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 591/2006), joka mahdollistaa tiettyjen sivuvirtojen hyödyntämisen maarakentamisessa ilmoitusmenettelyllä⁸.

Tämä vähentäisi hyödyntämiseen liittyvää byrokratiaa ja kustannuksia.

Materiaalin hyödyt^{4 5 6}

Rengasmateriaali on tasalaatuinen ja edullinen rakennusmateriaali.

Materiaalin keveys mahdollistaa käytön kevennysmateriaalina pehmeillä maa-alueilla.

Rouheen kuljetuksesta aiheutuvat CO₂ -päästöt ovat noin 40 % pienemmät kuin vastaavan määrän soraa.

Painavampaa kuin vesi ($\rho = 1.02 \dots 1.27 \text{ tn/m}^3$). Rouhe ei kellu, ja sitä voidaan käyttää myös tulva-alueilla ilman, että rouhe mobilisoituu vedessä.

Vedenjohtavuus. Rouhekerros johtaa hyvin vettä, eikä padota virtauksia

Roudankestävyys. Rengasmateriaali ja renkaista valmistetut kerrokset eivät ime eivätkä pidätä vettä.

- Niillä on noin 2-3 kertaa matalampi lämmönjohtavuus tyyppisiin maarakennusaineisiin verrattuna

Stabiili ja turvallinen, ei liukene. Kumi on orgaanista, pysyvää materiaalia, joka ei liukene veteen.⁷

- Renkaiden tukimateriaaleista liukenee vain pieniä määriä haitallisia aineita veteen (rauta, sinkki, mangaani);
- Vulkanoitu kumi on joustavaa ja kestää mekaanista kulutusta.

”Tavoitteena onkin tuotteistaa rengasrouhe ja muut rengasmateriaalit paremmin, jotta niiden hyötykäyttö olisi helpompaa ja kiinnostavampaa.”

Esimerkkejä maa- ja tienrakentamisesta

Ilona–Sanniaisen tieosuus



Painunut ja jokakeväisistä tulvista kärsinyt Ilola-Sannaisen tieosuus on yksi ensimmäisistä tierakennuspiloteista Suomessa. Rouheen avulla tietä korotettiin ja kevennettiin vuonna 1997, jolloin kohteessa käytettiin noin 3500 kuutiota eli 1900 tonnia rengasrouhetta. Tieosuutta parannettiin noin 350 metrin matkalta. Kohteen kymmenvuotisen seurannan aikana analysoitiin alueen pohja- ja pintavesiä sen arvioimiseksi, onko rakenteella vaikutuksia veden laatuun. Seuranta osoitti, että ympäristön kannalta liuenneet määrät olivat merkityksettömiä. Muutenkin Ilola-Sannainen-tie täytti odotukset. Painumat pysyivät kurissa eivätkä tulvavedet häirinneet enää liikennettä. Kuvassa näkyy 100x100 mm rengasrouheella korotettu ja kevennetty Ilola-Sannainen tieosuus kesällä 2003.



Rengasrouhetta käytetään maarakentamisessa myös äänen ja melun sekä tulvien hillintään tarkoitetuissa penkereissä. Käytöllä pyritään keventämään ja samalla stabiloimaan

rakennetta pehmeällä maalla sekä korvaamaan maa-aineksia. Renkaita käytetään näissä kohteissa sekä kokonaisina että paloiksi leikattuna, ja ne eristetään muusta maa-aineksesta geotekstiilillä.

Myös räjäytysuojapeitteiden valmistuksessa rengasmateriaali on yleisesti käytetty materiaali. Suomessa peitteitä valmistavat mm. Fibroc Oy:n tytäryhtiö HeMaVe Oy, Jurvan Räjähdysmatto Oy,

Finnsuoja Oy, Ykkös-
matto Oy sekä Jus Oy. Auki leikatut renkaat kiinnitetään toisiinsa teräsvaijereilla usean neliömetrin suuruiseksi peitteiksi, joilla estetään räjäytyksessä irtoavien kivien

"Kumibetonikomposiitit voisivat tarjota pidemmälle kehitettyjä liikenneturvallisuuksia parantavia tuotteita"

sinkoileminen ja leviäminen. Rengasmateriaali vaimentaa samalla tärinää.

Pieniä määriä rengasmateriaaleja on hyödynnetty myös ampumaradoilla ns. luotiloukuissa, joissa ammuttu luoti jää ehjänä kumikerrokseen. Tällöin maahan ei kerry ympäristölle haitallisia, esimerkiksi lyijyä sisältäviä luodinosia tai pölyä. Lisäksi kumista luodit on helppo erotella hyötykäyttöön. Kumiseinämillä on radoilla myös melua vaimentava vaikutus⁹.

Tulevaisuus

Erityisesti tulvapenkereiden rakenteissa rengasrouheen teknisten ominaisuuksien on todettu olevan



Räjätysmatot ovat tärkeä apu erityisesti tiiviisti asuttujen kaupunkialueiden työmailla, joissa räjäytystöitä on tehtävä usein asuin- ja liikekorttelien läheisyydessä.



”Tietoa renkaan käytön eduista ja erityisesti sen mahdollisista vesistövaikutuksista on kuitenkin tarjottava suunnittelusta ja rakentamisesta vastaaville tahoille.”

kilpaileviin materiaaleihin, kuten kevytsoraan ja vaahtolasiin, verrattuna paremmat. Tulvariskien ja tulvista aiheutuvien vahinkojen merkitys on viime vuosina otettu vakavasti myös Suomessa, ja tulvakartoitus on tehty 21 riskialueella.

Mikäli tulvariskialueella esiintyy pehmeitä maa-aineksia, rengasrouhe on kilpailukykyinen materiaali, ja todennäköinen valinta. Lisäksi vesistöjen rantoja rakennetaan jatkuvasti. Tietoa renkaan käytön eduista ja erityisesti sen mahdollisista vesistövaikutuksista on kuitenkin tarjottava suunnittelusta ja rakentamisesta vastaaville tahoille.

Kumibetonikomposiitit voisivat tarjota pidemmälle kehitettyjä liikenneturvallisuutta parantavia tuotteita, kuten meluseiniä ja törmäysesteitä tieliikenteeseen. Kumin avulla voidaan parantaa muun muassa rakenteen joustavuusominaisuuksia.

Suomessa kumibetonikomposiittien kehitystyötä tehdään yhteistyössä johtavien betoninvalmistajien kanssa¹⁰.

Rengasmateriaaleille löytyy hyötykäyttöä myös ampumaradoilta, joissa

rengasrouhetta ja kumigranulaattia on hyödynnetty erilaisissa rakenteissa mm. luotiloukkuina. Uudistunut ampumaratoja koskeva lainsäädäntö (ampumaratalaki 763/2015) helpottaa pieniä ampuratoja koskevia lupamennettelyjä, joten on odotettavissa että uusia ampumaratoja tullaan perustamaan lisää.

Toinen erikoiskohde on autoradat, joissa autonrenkaita on perinteisesti käytetty törmäysesteinä. Ratoja koskevat turvallisuus- ja ympäristövaatimukset luovat markkinoita myös rengaskumista valmistetuille, pidemmälle jalostetuille vesienkäsittely- ja turvarakenteille sekä tuotteille.

Materiaalin hyödyt suojissa ja esteissä

Tulva- ja melupenkereissä rengasrouheella on todettu seuraavat tekniset edut muihin käytössä oleviin materiaaleihin verrattuna:

- materiaali on edullista ja helppoa käsitellä.
- tiheys vastaa veden tiheyttä, jolloin rengaspalat eivät kellu vaikka joutuisivat veden varaan;
- tiheys on alhaisempi kuin kiviaineksen tiheys, jolloin rakenne on kevyt eikä vaadi paaluttamista;
- rengasmateriaali pysyy myös hyvin paikallaan eikä painumia esiinny.

Räjäytysmattojen hyviä ominaisuuksia ovat:

- tasalaatuisuus: renkaat, tyypillisesti kuorma-autojen renkaat valikoitetaan tarkasti;
- painavuus: 15 neliömetrin matto painaa parhaimmillaan yli 1250 kiloa;
- joustavuus: matot ovat paksuja ja tiiviitä ja täten joustavat paremmin;
- kestävyys: rengasmatot kestävät käyttöä jopa sadan räjäytyksen ajan.



HeMaVe:n räjäytyssuojat

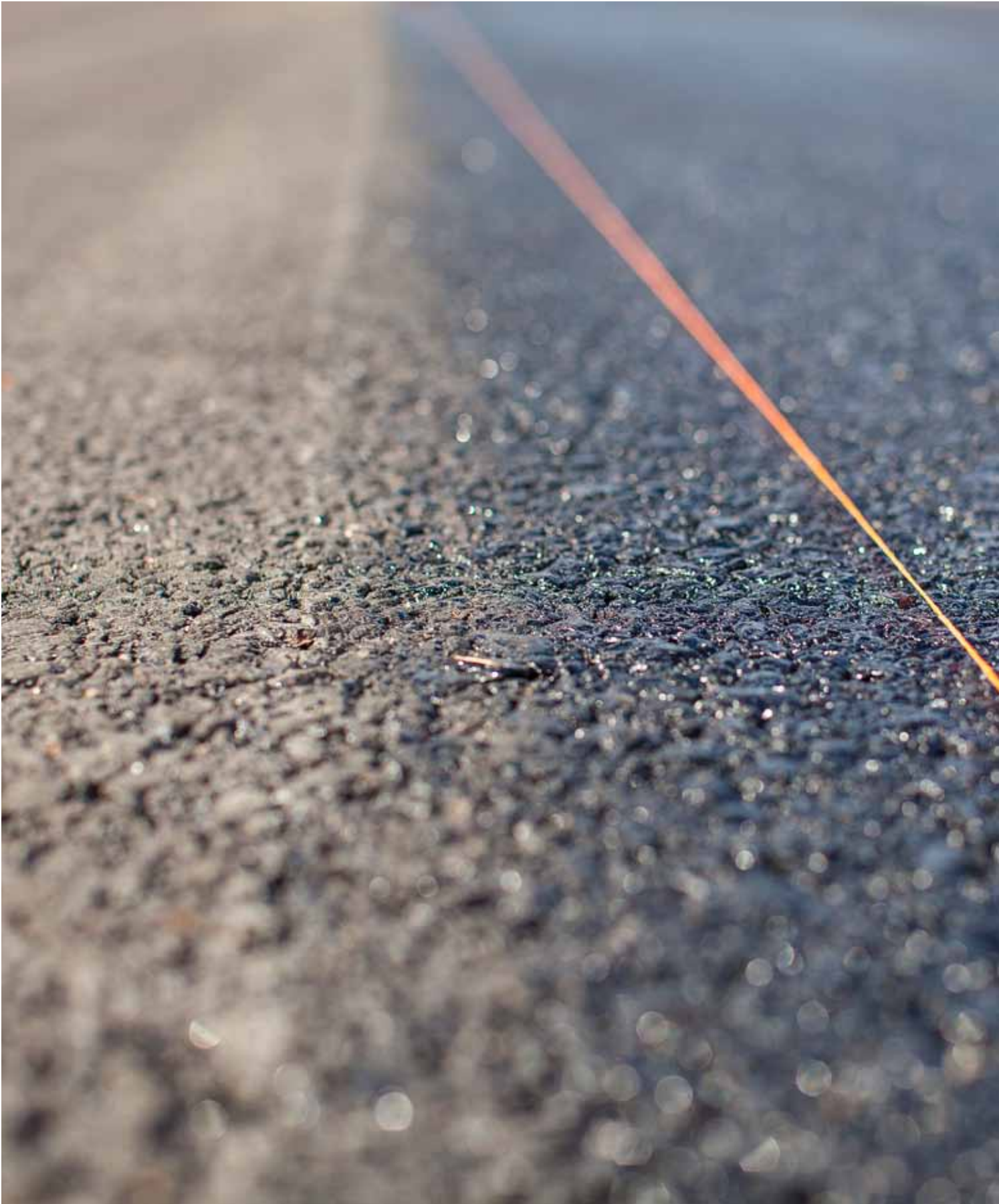
Kotimainen HeMaVe Oy valmistaa noin 2 000 räjäytyssuojapeitettä vuosittain. Tähän käytetään noin 3 000 tn rengasta vuodessa. Käytetyistä renkaista valmistetut räjäytyssuojapeitteet ovat tuotteina ylivoimaisia. Esimerkiksi puolustusvoimat ovat testanneet tässä käytössä myös muita materiaaleja, mutta yhtä hyvää korvaavaa vaihtoehtoa ei ole olemassa. Kumi joustaa sopivasti ja päästää räjähdyksessä syntyvän paineen purkaantumaan kohteesta vaurioitumatta itse. Tämän vuoksi peitteitä voidaan oikein käsiteltynä käyttää toistuvasti. Ne estävät räjäytystöissä tehokkaasti vieraan materiaalin leviämisen ympäristöön. Suomalaisten räjäytysuojapeitteiden valmistus on kaksinkertaistunut viimeisen kahden vuoden aikana. Valtaosa HeMaVe Oy:n tuotteista menee kotimaiseen käyttöön ja tulevaisuudessa tuotannon määrä pysyy todennäköisesti samana. Kuvassa maanalainen räjäytystyömaa on suojattu auton renkaista valmistetuilla suojapeitteillä.

Oulunkylän tulvavalli, Helsinki



Oulunkylän siirtolapuutarhan ja Vantaanjoen väliin rakennettiin rengasrouheesta tulvavalli keväällä 2016. Kohteessa hyödynnettiin 1200 kuutiota eli noin 500 tonnia 300 mm kokoista rouhetta. Kyseessä on noin 1–2 metrin levyinen penkka, jonka tarkoituksena on noin estää joen tulviminen ympäristöön. Rouhetta hyödynnettiin noin 720 metrin matkalla, jossa materiaalia käytettiin noin 40–100 cm paksuisessa, geotekstiilillä vuoratussa kerroksessa. Rengasrouhetta käyttämällä toteutettiin kevyt rakenne herkälle savikolle. Lisäksi tällaisissa kohteissa rengasrouheen etuna on materiaalin helppo hyödynnettävyys ja paikallaan pysyvyys: vaikka rouhe joutuisi kosketuksiin veden kanssa, se ei lähde kellumaan veden mukana. Kuvassa näkyy Oulunkylän siirtolapuutarha-alueen läheisyyteen keväällä 2016 rakennettu tulvapenger.

päällysteet





Potentiaali

2015

Asfalttia valmistettiin
vuonna yli
5 miljoonaa tonnia.
Bitumin osuus tästä
on 30 %.

Rengaskumi on kiinnostava materiaali erilaisissa päällysteissä sen jousto-ominaisuuksien vuoksi. Esimerkiksi ratsastuskentillä rengasrouhetta on hyödynnetty tässä tarkoituksessa jo yli vuosikymmenen ajan.

Yleisiä käyttökohteita ovat myös urheilukenttien keinonurmet sekä leikkipaikkojen turva-alustat, joissa hyödynnetään rengasgranulaattia. Vahvin toimija urheilupaikkojen rakentamisessa Suomessa on Saltex Oy, joka yhdistyi Unisport Scandinavia AB:n kanssa joulukuussa 2015. Heidän markkinoimansa tuote täyttää ympäristöstandardin DIN18035-7 vaatimukset. Näiden lisäksi rengasmateriaalia käytetään useissa muissa päällystetuotteissa Suomessa ja ulkomailla. Näihin tuotteisiin kuuluvat muun muassa Kumitiili Oy:n maa- hantuomat, EN 1177 sertifioidut tiilet ja laatat, joita käytetään päällysteenä esimerkiksi lasten leikkialueilla, senioreiden liikunta-alueilla ja terasseilla.

Kumia on käytetty osana asfaltin sideainetta yli 40 vuoden ajan eri puolilla maailmaa. Kumia voidaan käyttää asfaltin sideaineena käytettävässä bitumissa noin 17–27 % bitumin määrästä, eli noin 1 kg/m² asfalttia. Ruotsissa Liikennevirasto on rakennuttanut 3500 km kumiasfaltilla päällystettyä tietä viimeisen kymmenen vuoden aikana ja kokemukset ovat olleet hyviä¹¹. Kumiasfaltin uusimpina sovellutuskohteina ovat

päällysteet

pehmeät asfaltit, jossa rengaskumia on käytetty korvaamaan asfaltissa kiviainesta ja näin asfaltista on saatu huomattavasti normaalia pehmeämpää. Ruotsissa ja Saksassa on tehty koetieosuuksia, joissa menetelmän etuja on tarkasteltu mm. pyöräilijöiden kaatumisen vaikutuksia työkyvyttömyysjaksoihin ja erilaisiin vartalo- ja vammoihin. Kokeilujen tulokset ovat olleet erittäin rohkaisevia.

Tulevaisuus

Rengaskumin kanssa kilpailevia materiaaleja maneeseilla ja urheilu-

kenttien ja leikkialueiden pohjissa ovat nykyisin teollisesti tuotetut kumit ja termoelastomeerit. Nämä materiaalit ovat kierrätettyä kumia kalliimpia, ja niiden ympäristöimago on neitseellisten raaka-aineiden käytön johdosta huonompi. Rengasmateriaalin kysyntää vääristävät kuitenkin ihmisten ennakkoluulot sen epäsuotuisista vaikutuksista: jätettä pidetään haitallisena. Rengasmateriaalin käyttöä kentillä on viime aikoina tarkasteltu myös PAH (polyaromaattinen hiilivety) -yhdisteiden takia: yhdisteitä käytetään renkaiden valmistuksessa. PAH pitoisuuksia ja niiden vaikutuksia kierrätetyissä

renkaissa on tutkittu paljon, ja on viitteitä siitä, ettei haitallisia pitoisuuksia olisi enää kierrätykseen päätyneen jälkeen havaittavissa¹⁵. Yhdisteille altistuminen käytön aikana on myös hyvin epätodennäköistä^{16, 17}.

Kumiasfaltin hyödyt on todennettu useissa kokeiluissa maailmalla, ja rengaskumin hyödyntäminen asfaltin seosaineena tulee todennäköisesti lisääntymään. Suomessa kumiasfaltin käyttöönottoa on hidastanut rengaskumin jätestatuksen aiheuttamat lupavelvoitteet ja näistä aiheutuvat kustannukset. Tähän ollaan saamassa helpotusta MARA-asetuksen (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 591/2006) uudistuksessa⁸, joka mahdollistaa tiettyjen sivuvirtojen hyödyntämisen entistä helpommin myös teiden päällystemassoissa.

Käytännön tasolla työtä kumiasfaltin markkinoille saattamiseksi tehdään jo Suomessakin: ensimmäinen koekohde rakennetaan syksyllä 2016 Etelä-Pohjanmaalle Kantatielle 68¹⁸. Suunnittelussa on hyödynnetty Ruotsissa tehtyä laajaa tutkimusta ja kehitystä, ja siinä on huomioitu myös kansainvälinen tutkimus ja käytännön kokemus kumiasfaltin osalta.

Tärkeä askel kaupungeissa

Suomessa tiheästi rakennetuilla kaupunkialueilla kohdataan enenevässä määrin hulevesien hallintaan liittyviä haasteita lisääntyneen sadannan ja sateen intensiteetin myötä. Kaupunkien suunnittelussa halutaan hyödyntää yhä enemmän vedenläpäiseviä materiaaleja ja rakenteita.

Rengasrouhe helposti vettä läpäisevänä ja jopa puhdistavana rakenteena tarjoaa erinomaisia vaihtoehtoja hulevesien johtamiseksi kaupungeissa. Lisäksi Suomessa on aloitettu kehitystyö vettä läpäisevien, kumia sisältävien materiaalien valmistamiseksi¹⁹.

Materiaalin hyödyt päällysteissä

Rengaskumi on loistava materiaali hevosmaneeseilla, leikkipaikoilla sekä urheilukentillä seuraavien ominaisuuksiensa vuoksi:

- pinta on joustava eli se antaa periksi vähentäen näin onnettomuuksien sekä pitkäaikaisen rasituksen aiheuttamia vammoja sekä ihmisillä että eläimillä;
- materiaali läpäisee hyvin vettä, jolloin se kuivuu nopeasti eikä pintaan jää lätäköitä, joten pinta ei ole liukas;
- materiaali kestää hyvin routaa, jolloin kenttien vuosittainen käyttöaika pitenee ja niiden rakenteisiin ei synny suuria vaurioita;
- materiaali on mukautuva mutta painumaton, eli käytön aikana pinta joustaa mutta pysyy paikallaan eikä luista tai "lähde alta", sekä muotoutuu helposti uudelleen, jolloin kentille ei synny uria tai painaumia.

Rengaskumi asfaltin bitumin lisäaineena parantaa asfaltin kylmänkestävyyttä ja muodonmuutoskestävyyttä, lisäksi se vähentää halkeamien muodostumista verrattuna normaalibitumiin. Lisäksi kumiasfaltilla on huomattu olevan seuraavia hyviä käyttöominaisuuksia^{11–14}:

- pinnan liikenneturvallisuus on tavanomaista parempi pinnan joustavuuden, kitkaominaisuuksien ja pitävyyden ansiosta;
- asfaltin käyttömukavuus parantuu ajon tasaisuuden ja alhaisemman melutason ansiosta;
- asfaltista saadaan kylmänkestävyyden ja rasituksenkestävyyden parantumisen ansiosta kustannustehokas;
- pidempi käyttöikä;
- vähemmän pinnoitevaurioita urautumisen tai materiaalin väsymisen takia; ja täten
- alhaisemmat vuosittaiset korjauskustannukset ja elinkaaren aikaiset käyttö-kustannukset.

Hevosmaneesit



Rengasrouheen avulla toteutettu ratsastusmaneesi on nopeampi ja helpompi rakentaa kuin perinteisellä salaojarakenteella tehty kenttä: koska rouhekerros johtaa hyvin vettä, ei salaojakerrosta tarvita. Käytön kannalta on tärkeää myös, että rengasrouheella tehty kenttä kuivuu nopeasti. Vedenläpäisykyvyn ansiosta kenttä ei myöskään jäädy kuten tavallinen kenttä. Esteratsastus on vauhdikas laji, jossa tapahtuu toisinaan myös kaatumisia. Onnettomuustilanteessa rengasmateriaalista rakennettu pinta on hyvä: se ei lähde niin helposti alta, mutta on silti pehmeä. Rengasrouhekenttä joustaa koko ajan.

Tekonurmikentät



Leikkialueet



Päällysteet





Käytettyjen autonrenkaiden materiaalin hyödyntäminen vedenpuhdistuksessa perustuu sen kykyyn suodattaa kiintoainesta ja toimia ravinteita hyödyntävien mikrobien kasvualustana. Lisäksi renkaiden tukirakenteissa käytettävät teräslangat sisältävät rautaa, joka voi saostaa vedestä fosforia. Yhdysvalloissa rengasmateriaalia on käytetty vedenpuhdistuksessa kymmeniä vuosia. Suomessa on tehty useita pilot-mittakaavan kokeita rengasmateriaalin vedenpuhdistuskäytön todistamiseksi kotitalous- ja teollisuusjätevesien käsittelyssä sekä patorakennelmia käytettäväksi luonnonvesissä. Tulokset ovat selviä, ja jotkin tekniikat ovat jo valmiita kaupallistettaviksi.

Seuraavia vesienpuhdistussovelluksia on testattu Suomessa:

- suodatusjärjestelmät käytettäväksi kunnallisilla jätevedenkäsittelylaitoksilla tai teollisuuden jätevesiprosesseissa ^{20, 21, 22}
- kotitalouksien jätevesien suodatuksessa moduuleissa ja suodatuskentillä ²³
- kosteikko- ja virtavesi/ojarakennelmat käytettäväksi maatalousympäristöissä tai metsä/turvesuo-vedenjakajien hoidossa ²⁴.





*Haja-asutusalueiden kotitalousjätevedet puhdistetaan perinteisesti suodattamalla vedet hiekkakentän läpi. Neitseellistä hiekkaa ja soraa korvaavia rengasrouheesta rakennettuja suodatuskerroksia on käytetty laajasti USA:ssa 1990-luvulta lähtien. Suomessa menetelmää on testattu yhdessä kohteessa ja tulokset osoittavat, että puhdistustehokkuus on huomattava. Rengasrouhetäytteisillä suodatusmoduuleilla on saatu vähennettyä jopa 84 % typpeä ja 89 % fosforia kotitalousjätevesistä ²³. Renkailla täytetyt biomo-
duulit tarjoavat kompaktin kotitalouden puhdistusjärjestelmän käytettäväksi pienillä pihilla ja alueilla, joissa syvät kaivannot eivät ole mahdollisia.*

”Erityisesti ravinteiden kierron tehostaminen on nostettu esille, tavoitteena hillitä Itämeren ja muiden luonnonvesien rehevöitymistä.”

Tulevaisuus

Kiertotalouden edistäminen on yksi Suomen hallitusohjelman kärkihankkeista. Erityisesti ravinteiden kierron tehostaminen on nostettu esille, tavoitteena hillitä Itämeren ja muiden luonnonvesien rehevöitymistä. Näin ollen uusia menetelmiä ravinteiden talteenottoon jäte- ja valumavesistä tarvitaan.

Rengasmateriaali tarjoaa kustannustehokkaan ratkaisun luonnonvesien rehevöitymisen hillitsemiseksi ja asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Materiaali on kilpailukykyinen nykyisiin biologisessa vedenpuhdistuksessa hyödynnettäviin polymeerimatriiseihin verrattuna.

Rengasmateriaaliin perustuvissa sovelluksissa suodatusjärjestelmän lopullinen optimointi riippuu kohteen hydraulisista ja veden laatuun liittyvistä tekijöistä, kuten veden ravinne- ja kiintoainepitoisuudesta, pH:sta, lämpötilasta, käsiteltävän veden määrästä ja tietysti myös halutusta puhdistustuloksesta. Näin ollen ratkaisujen käyttöönotto ja vaativat kohdekohtaisen mitoituksen.

Materiaali soveltuu käytettäväksi useissa erilaisissa kohteissa ja ratkaisuilla on nähtävissä jo kysyntää, joten kohteiden ja käyttömäärän uskotaan lisääntyvän tulevina vuosina. Tuotteistettuja teknisiä sovelluksia pyritään saamaan markkinoille viimeistään vuonna

2017.²⁵ Mekaaniseen suodatukseen ja mikrobien puhdistavaan vaikutukseen perustuvan suodatusrakenteiden lisäksi rengasmateriaali on kiinnostava materiaali hyödynnettäväksi myös vaativammissa kohteissa. Laboratoriossa tehdään parhaillaan tutkimustyötä pinta-aktiivisen suodati-

naineen kehittämiseksi rengaskumista. Pinta-aktiivisiin suodinmateriaaleihin perustuvia vedenpuhdistusteknologioita voidaan hyödyntää sellaisissa teollisissa kohteissa, joissa olosuhteet ovat haastavat biofilmin muodostumiselle tai käsiteltävät vesimäärät ovat suuria.²⁶

Materiaalin hyödyt vedenpuhdistuksessa

Pohjoisissa sääolosuhteissa rengasmateriaali on erinomainen, sillä se sietää hyvin routimista: sen lämmönjohtokyky on matala eikä se ime lainkaan vettä. Rengasrouheen avulla on saavutettu muun muassa seuraavia keskimääräisiä puhdistustuloksia eri kohteissa.

Kiintoaineen puhdistus:

- 30 % kunnallisen jäteveden suodatuksessa²⁰
- 42 % terästeollisuuden prosessiveden suodatuksessa²¹
- 39–63 % kunnallisen jäteveden suodatuksessa hiekkakolonnissa²²
- 94 % kotitalousjäteveden suodatusmoduulissa²³

Kokonaistypen ja –fosforin puhdistus:

- N 40 % ja P 40 % kunnallisen jäteveden suodatuksessa²⁰
- P 36 % kunnallisen jäteveden suodatuksessa hiekkakolonnissa²²
- N 84 % ja P 89 % kotitalousjäteveden biomoduulissa²³
- N 12 % ja P 14 % maatalouden kosteikkorakennelmassa²⁴

Metallien puhdistus:

- kromi 45 % terästeollisuuden prosessiveden säiliösovelluksessa²¹
- Pitkän aikavälin tulosten perusteella rengasmateriaalista liukenee vain pieniä määriä rautaa ja mangaania. On myös osoitettu, että rengasmateriaalilla ei ole haitallisia vaikutuksia pohjaveden laatuun^{7, 27}.

Kesälahden kosteikkopato



Syksyllä 2013 rakennettiin maatilalle Pohjois-Karjalaan rengasrouheista pato kahden kosteikkolammen väliin. Puolitoistavuotisen seurantajakson (2014-2015) aikana kasvillisuus kosteikkopadolla oli runsaampaa kuin kosteikkoa ympäröivillä alueilla. Lisäksi pieneliöt kuten sammakot ja hämähäkit näyttivät löytävän piilopaikkoja ja suojaa padosta. Puhdistustulokset keväällä, lumen sulamisen ja erittäin runsaan valunnan aikana, olivat huomattavia: kokonaisfosfori väheni 70 %, ja ympäröiviltä alueilta liuennut rauta väheni 50 % padon hapettavan vaikutuksen ansiosta. Myös padon läpi virranneen veden ammoniumtyppi väheni keväällä 76 % nitrifikaatioprosessin käynnistytessä. Myöhemmin kesällä ravinteiden vähentyminen heikkeni, mutta sekä kokonaistypen että –fosforin keskimääräiset vähenemät olivat silti yli 12 prosenttia²⁴. Kuvissa näkyy kosteikkorakennelma lokakuussa 2013 ja kesällä 2015.

Outokumpu Oy:n prosessivesien puhdistus -pilottihanke



Rengasrouheen puhdistuskykyä testattiin Outokumpu Oy:n terästehtaan prosessivesillä vuonna 2015. Pilot-kokeessa tutkittiin kolmen palakooltaan erikokoisen rengasrouheen vaikutuksia prosessivesien liukoisen sinkin, kromin ja kiintoaineen pitoisuuteen sekä pH-tasoon. Tutkimuksen perusteella rengasrouhe soveltuu hyvin veden kiintoaineen ja kromin sekä kiintoaineeseen absorboituneen sinkin sitomiseen. Heti alkuun oli nähtävissä, että kiinteät raskasmetallit jäävät tehokkaasti kiinni rengasrouheen synnyttämään biofilmiin. Uudessa rouheessa teho on 50–60 prosentin luokkaa. Muutaman kuukauden jälkeen se hipoo sataa. Kun huokostila on täydempi, kiintoaine tarttuu siihen paremmin kiinni.²¹ Kuvassa näkyy suodattimien tyhjentäminen 6 kuukauden koejakson jälkeen Outokummun Tornion terästehtaalla.

”Renkailla on korkea energiasisältö, joten se on kiinnostava polttoaine energiantensiiviselle sementtiteollisuudelle.”

Renkaiden energiahyötykäyttö on muutaman viime vuoden lisääntynyt Suomessa. Vuonna 2010 energiana hyödynnettiin 1 700 tonnia renkaita, kun taas vuonna 2015 määrä oli 10 000 tonnia eli noin 20% kaikesta kierrätykseen päätyvästä rengasmateriaalista. Renkailla on korkea energiasisältö, joten se on kiinnostava polttoaine energiantensiiviselle sementtiteollisuudelle, joka ottaa vastaan energiana hyödynnettävät renkaat Suomessa.

Viime vuosina Suomessa on tehty myös kehitystyötä rengasmateriaalin pyrolyysikäsitteilyn osalta. Tavoitteena on ollut tuottaa kevyeen polttoöljyn rinnastettavaa pyrolyysiöljyä.²⁸ Täyden mittakaavan tuotantolaitoksia ei kuitenkaan ole vielä perustettu Suomessa, sillä tuotannon taloudellinen kannattavuus on epävarmaa, ja laitos on aina merkittävä investointi.

Tulevaisuus

Lähiuosina renkaiden energiahyötykäyttö tulee hetkellisesti lisääntymään orgaanisen jätteen kaatopaikkakiellon myötä.

Käytöstä poistettujen renkaiden etusijajärjestyksen mukainen materiaalihyötykäyttö on kuitenkin Suomen Rengaskierrätys Oy:n ensisijainen tavoite, ja on todennäköistä että kiinnostavia materiaalihyötykäyttökohteita löytyy meneillään olevista kehityshankkeista.

Pyrolyysiöljyn tuottaminen rengasmateriaalista on mielenkiintoinen vaihtoehto, jos se mahdollistaa materiaalin kierrättämisen takaisin raaka-aineeksi kustannustehokkaasti. Tuotetun öljyn käsittely- ja puhdistusmahdollisuudet ovat tällöin avainasemassa.

Materiaalin hyödyt energiantuotannossa

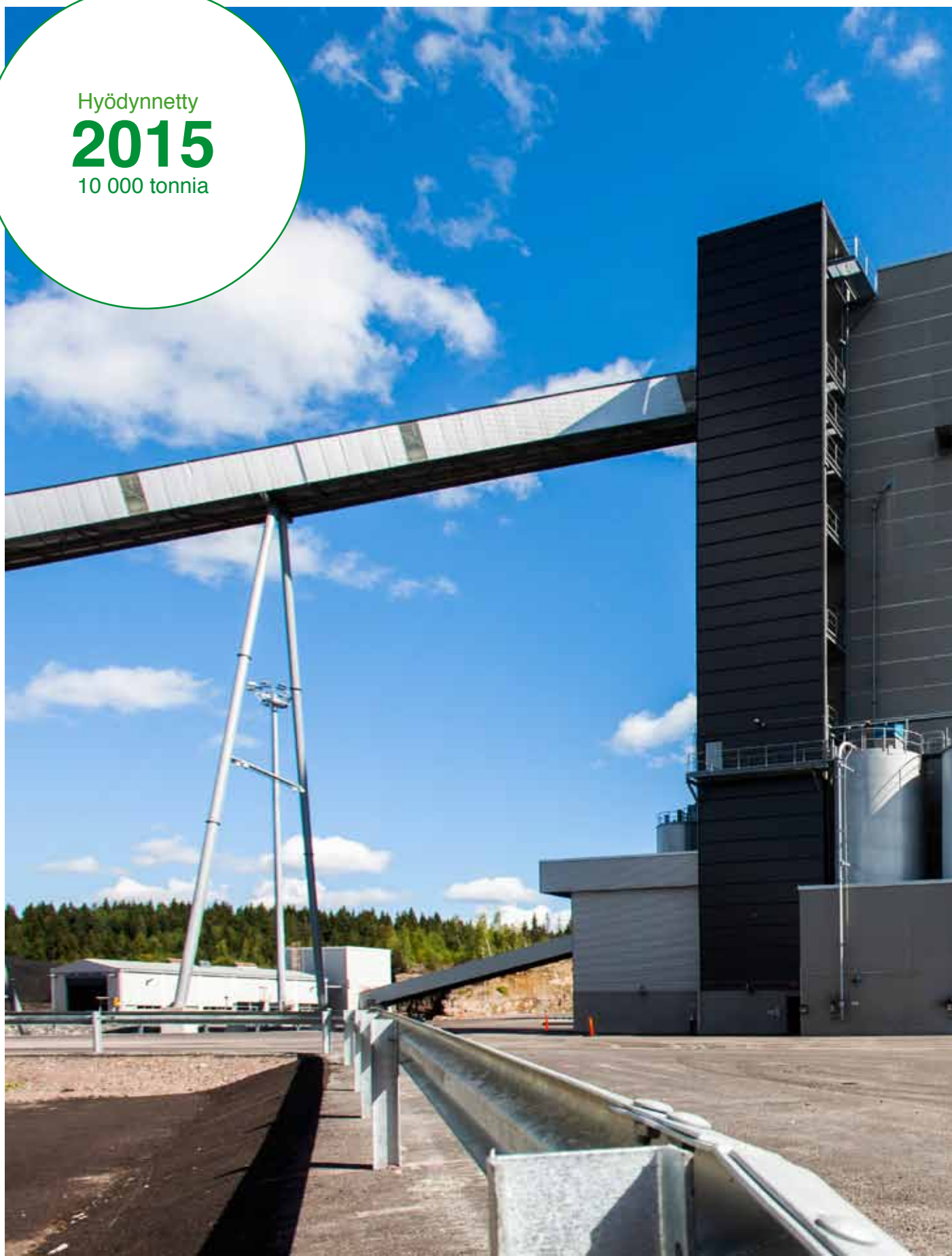
Autonrenkaat ovat noin 45 % kumia, ja se on useasta syystä johtuen kiinnostava polttoaine:^{29, 30}

- Rengasjätteen lämpöarvo on noin 30 MJ/kg, joka vastaa hyvälaatuisen hiilipolttoaineen lämpöarvoa.
- Henkilöautojen hiilestä keskimäärin 18,3 % ja rekka-autojen renkaiden hiilestä 29,1 % on peräisin luonnonkumin biomassasta.
- Renkaiden energiakäytön hiilidioksiditase on tällöin selvästi parempi kuin fossiilisten polttoaineiden poltossa.
- Fossiilisen hiilen päästökerroin on 90-95 t CO₂ / TJ. Kun huomioidaan renkaiden sisältämä biomassa, on niiden päästökerroin 43-59 t CO₂ / TJ.

Sementtitiilien korkeat lämpötilat, positiivinen happitase ja suhteellisen pitkä kaasujen viipymäaika takaavat yhdessä sen, että rengasmateriaali palaa täydellisesti.

Sementtiteollisuudelle on lisäksi etua rengasmateriaalin sisältämästä teräksestä, jolla voidaan korvata osa muista raaka-aineista.

Hyödynnetty
2015
10 000 tonnia



tulevaisuuden näkymiä





Kierrätettyjen materiaalien hyödyntämiseen perustuvan liiketoiminnan, kierrätysteollisuuden, erityisyys on, että tuotannon laajuus on sidottu kierrätykseen päätyvän materiaalin määrään, ja markkinaa voidaan kasvattaa vain rajallisesti. Tässä tulevaisuuskatsauksessa on käsitelty myös muita tekijöitä, jotka eivät ole suoraan kierrätysteollisuuden hallinnassa.

Materiaalin laatu – Prosessien tehostaminen

Renkaiden ja täten myös kierrätetyn rengasmateriaalin koostumus ja laatu riippuvat renkaiden valmistajista. Renkaiden ominaisuuksia mm. käyttöturvallisuuden ja –mukavuuden parantamiseksi kehitetään jatkuvasti, ja kierrätettävä materiaali tulee täten aina olemaan koostumukseltaan jonkin verran heterogeenista.

Kierrätysteollisuuden ja materiaalia edelleen raaka-aineena hyödyntävien tuotteistajien tehtäväksi jääkin osoittaa, etteivät vaihtelut materiaalin koostumuksessa vaikuta negatiivisesti materiaalin hyötykäyttöominaisuuksiin. Rengasominaisuuksien kehityksestä ja materiaalien koostumuksen vaihtelusta johtuen hyödynnettävän rengasmateriaalin analysointi ja laaduntarkkailu tulee lisääntymään entisestään tulevaisuudessa.

Suomessa Kuusakoski Oy kehittää jatkuvasti kierrätysjärjestelmää ja materiaalin prosessointia. Jo nykyinen monivaiheinen prosessointiketju renkaiden esilajitteluineen takaa useimpien fraktioiden laadun. Tulevaisuudessa voidaan käyttää myös vielä kehittyneempiä menetelmiä, mikäli renkaiden hyötykäyttö saadaan taloudellisesti kiinnostavammaksi.

”Rengasmateriaalia voidaan käyttää riskittömästi myös vesiympäristössä.”

Luokittelu – Jätteestä tuotteeksi

Käytetyistä autonrenkaista valmistettu rengasmateriaali luokitellaan tällä hetkellä jätteeksi, ja jätteen teollinen käsittely vaatii Suomessa jätelainsäädännön perusteella ympäristöluvan. Toisaalta, tiettyjen jätteiden uusio- käyttöä maanrakentamisessa koskeva Valtioneuvoston asetus (591/2006, Finlex) ollaan ajantasaistamassa.

Asetus mahdollistaa materiaalien käytön maanrakentamisessa ilmoitusmenettelyllä ympäristöluvan sijasta. Tämä tulee todennäköisesti koskemaan myös rengasmateriaaleja. Lisäksi, UUMA2-hankkeessa on jo julkaistu keväällä 2016 opas Uusiomateriaalien tuotteistamiseen maanrakentamisessa. Oppaassa on mukana myös rengasrouhe, ja se on sisällytetty mukaan myös UUMA-käsikirjaan.³¹

Suomessa on selvitetty myös mahdollisuuksia tuotteistaa eli CE-merkitä rengasmateriaali käytettäväksi muihin rakentamisen kohteisiin. Soveltuvia, harmonisoituja tuotestandardeja CE-merkinnän saamiseksi ei ole olemassa, mutta materiaalille voidaan hankkia tuote/käyttökohdekohtainen tuotesertifikaatti VTT:ltä.³² Tuotesertifikaatteja laaditaan rakentamisen tuotteille ja tuotejärjestelmille sekä kotimaan että viennin tarpeisiin. Sertifiointi tukee ja tarvittaessa täydentää vähimmäisvaatimustason osoittavaa CE-merkin- täjärjestelmää.

ETRMA:n mukaan rengasmateriaalien tuotteistaminen on yksi tulevaisuuden tavoitteista. Keväällä 2016 on aloitettu mm. yhtenäisen Material Information Sheet –dokumentin laatiminen rengasgranulaateille,

Euroopan komission määriteltä, että granulaatti ja jauhe ovat REACH-asetuksen alaisia seoksia. Jätteeksi luokittelun päätyminen eli End-of-Waste –kriteerien (EoW) täyttäminen on eräs keino luokitella rengasmateriaali jätteen sijasta uusiomateriaaliksi.

Käytöstä poistettujen renkaat täyttävät selvästi EU:n jätedirektiivin yleiset End-of-waste kriteerit:

- *käytöstä poistetuille renkaille on olemassa markkinat ja käyttökohde*
- *materiaalia käytetään yleisesti tunnettuihin tarkoituksiin, ja sen ominaisuudet täyttävät tekniset vaatimukset sekä olemassa olevan lainsäädännön ja standardien vaatimukset.*

Turvallisuus on taattava

Rengasmateriaalin hyödyntäminen edellyttää useissa tapauksissa vielä ympäristölupaa. Käyttökohteesta ja määrästä riippuen joskus edellytetään myös vaikutusten seurantaa, esimerkiksi ympäristönäytteiden ja analyysin avulla.

Useissa tutkimuksissa on osoitettu, että rengasmateriaali voidaan käyttää riikittömästi myös vesiympäristössä; tuloksia on sekä lyhyen että pitkän aikavälin kokeista.⁷ Tutkimuksissa on havaittu, että suuremman kokoluokan rengasmateriaalien sisältämästä teräskuidusta voi liueta veteen metalleja, mutta käyttöön ei ole silti havaittu liittyvän riskiä merkittävistä haitallisten metallien päästöistä.

Rengasmateriaalia on hyödynnetty maanrakentamisessa erilaisissa kohteissa standardoiduin rakennusmenetelmin jo vuosikymmeniä ja tekonurmissa sekä leikkikentissäkin

vuosia ilman ilmi käyneitä haittavai- kutuksia. Edelleen tulee kuitenkin tehdä jatkuvaa tiedottamis- ja vuoro- vaikutustyötä, jotta tietoisuutta materiaalin turvallisuudesta ja sen asemaa useita hyödyllisiä ominai- suuksia omaavana uusiomateriaalina voidaan parantaa.

Kiertotalouden tavoitteet

Sekä EU:ssa että Suomessa kiertota- lous on yksi tulevaisuuden kehitys- teemoista, Suomessa myös yksi hallituksen kärkihankkeista. Kiertota- louden tavoitteet parantavat uusioma- teriaalien kiinnostavuutta ja kysyntää.

On esitetty, että jopa 10 % raaka- aineista pitäisi tulevaisuudessa korvata kierrätetyillä materiaaleilla.¹⁵ Tämän ansiosta neitseellisten raaka-aineiden tarve vähenee ja luonnonresurssien tuhlaamisen kasvu saadaan taitettua. Jotta tavoitteeseen voidaan päästä, on kierrätettyjen materiaalien hyötykäyt- töä tuettava lainsäädännöllä ja asetuksilla, jotta materiaalin jätesta- tuksesta ei enää aiheudu lisäkustan- nuksia hyödyntäjälle.

Materiaalien hyödyntäminen tulee saattaa vähintään yhtä helpoksi kuin neitseellisten raaka-aineiden käyttä- minen. Suomessa kierrätetyn rengas- materiaalin käytön ja hankintojen ohjeistamisen osalta on tehty jo paljon työtä viime vuosina, ja tähän panostetaan myös jatkossa. Edistyk- sellisten, pitkälle kehitettyjen ja rengasmateriaalin erinomaisia ominaisuuksia hyödyntävien hyöty- käyttökohteiden markkinoille tulo vahvistaa materiaalin tuotestatusta.



Raportin lähteet

1. Aurinko, H. (2012) "Selvitys rengasrouheen käyttömahdollisuuksista rata- ja tierakenteissa. Kirjallisuusselvitys." Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 42/2012. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2012-42_selvitys_rengasrouheen_web.pdf
2. Liikennevirasto (2011) Kevennysrakenteiden suunnittelu, Tien pohjarakenteiden suunnitteluohjeet, Liikenneviraston ohjeita 5/2011. http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2011_05_kevennysrakenteiden_suunnittelu_web.pdf
3. Rakennustieto (2006 ja 2010) InfraRYL, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, internet-linkki aineistoon <https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/ryl/infraryl.html>
4. Edeskär, T. (2004) Technical and Environmental Properties of Tyre Shreds Focusing on Ground Engineering Applications. Technical Report 2004:5, Luleå University of Technology. <https://pure.ltu.se/portal/files/145149/LTU-TR-0405-SE.pdf>
5. Aurinko, H. (2012) Ohje rengasrouheen käyttämisestä ja mitoittamisesta kaatopaikkarakenteissa. http://www.rengaskierratys.com/files/60/Ohje_rengasrouheen_kayttamisesta_kaatopaikkarakenteissa_01102012.pdf
6. Apila Group Oy Ab (2015) Rengasrouheen käyttö maarakennuskohteissa. Sovelluskohteet ja tutkimustulokset http://www.rengaskierratys.com/files/74/Rengasrouhe_marakentamisessa_6.2015.pdf
7. Apila Group Oy Ab (2016) Rengasrouhe vesiympäristössä. Kooste tutkimustuloksista 1994 – 2015.
8. Ympäristöministeriö, Jätteiden hyödyntämismahdollisuuksia maarakentamisessa laajennetaan, Ympäristönsuojelun valmisteilla oleva lainsäädäntö, Julkaistu 24.5.2016, päivitetty 25.5.2016. http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Ymparistonsuojelun_valmisteilla_oleva_lainsaadanto/Jatteiden_hyodyntaminen_maarakentamisessa
9. Kuusakoski Oy (2015) Pilot-hanke
10. Apila Group Oy Ab (2016), Kumibetoni-kehityshanke.
11. Trafikverket Gummiasfalt- asfalt med gummimodifierat bitumen, Internet-linkit aineistoihin, päivitetty 30.09.2015. <http://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/vag/underhall-vag/utveckling-inom-drift-och-underhall/gummiasfalt-asfaltmed-gummimodifierat-bitumen/>
12. Aurinko, H. (2016) Laatuinsinöörit Oy. Selvitys kierrätysrengasmateriaalien käyttökohteista MARA-asetusta varten.
13. He, Z., Lu, Z., and Zhang, W. (2010) Performance Study on Rubber Powder Modified Asphalt of Waste Tire. ICCTP 2010: pp. 3272-3278.
14. Presti, D.L., (2013) Recycled Tyre Rubber Modified Bitumens for road asphalt mixtures, Construction and Building Materials. 49(2012): pp. 863-881. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061813008477>
15. ETRMA, Tyre Recycling Workshop 18.2.2016
16. Denly E., Rutkowski K., Vetrano, K.M., TRC (2008) A Review of the Potential Health and Safety Risks from Synthetic Turf Fields Containing Crumb Rubber Infill. Report, prepared for New York City Department of Health and Mental Hygiene. https://rma.org/sites/default/files/turf_report_05-08.pdf
17. Ecopneus, PAH in tyre recycled rubber. Content, migration and risk associated with dermal contact, Esitelmä. ECHA/ETRM tapaaminen. Toukokuu 2016.
18. Laatuinsinöörit Oy (2016) Kumiasfaltin käytännön kokeilu, Kantatie 68.
19. Apila Group Oy Ab (2013) Kirjallisuuskatsaus komposiiteista.
20. Pisto S., Alho, V., Rinnepelto P., Matilainen M., Apila Group Ltd. (2014) End of Life Tyre (ELT) Rubber Material as Biofilter Carrier. Summary of the Final Report. http://www.rengaskierratys.com/files/76/Tiivistelmä_8_2015_ELT_rubber_material_as_biofilter_media_Final.pdf
21. Aurinko H., Laatuinsinöörit Oy (2015) Loppuraportti II: Outokumpu Oy:n Tornion tehtaan prosessivesien puhdistaminen rengasrouheella.
22. Rinnepelto P., Matilainen, M., Apila Group Oy Ab (2015) Rengasrouhe hiekkasuodatuksessa. Suodatus tehokkuus ja energiansäästö. Raportti.
23. Rinnepelto P., Matilainen M., Pisto S., Apila Group Oy Ab (2015) Rengasrouhe kotitalousjätevesien käsittelyyn tarkoitetuissa biomoduleissa.
24. Matilainen M., Rinnepelto P., Pisto S., Kauppinen E., Apila Group Oy Ab (2016) Rengasrouhe kosteikkorakenteissa. http://www.rengaskierratys.com/files/328/Raportti_Kesalahti_2013-2016_tivistelmä.pdf
25. Apila Group Oy Ab (2016) Aktiivikumi kehityshanke.
26. Apila Group Oy Ab (2016) Kehityshanke.
27. Humphrey D.N., Swett M. (2006) Literature review of the water quality effects of tire derived aggregate and rubber modified asphalt pavement, Report. https://rma.org/sites/default/files/LEA-013Literature_Review_of_the_Water_Quality_Effects_of_Tire_Derived_Aggregate_and_Rubber_Modified_Ashphalt_Pavement.pdf
28. Pajala T., Ecomation Oy (2013) Muovi- ja kumijätteestä öljyä. Esitelmä. http://www.lut.fi/documents/10633/314255/6_Pajala_Tommi_Ecomation+LUT-FCG+19+11+2013+FIN.pdf/f70ac64c-7cf4-4aaa-950d-358925de373c
29. Global cemfuels (2011) Tyres as an alternative fuel. Internet-artikkeli. <http://www.cemfuels.com/articles/318-tyres-as-an-alternative-fuel>
30. Clauzade C. (2009) Using used tyres as an alternative source of fuel - Reference values and characterisation protocols. Reference document, R&D department ALIAPUR. https://www.aliapur.fr/sites/default/files/files/RetD_Extract_-_Used_tyres_as_an_alternative_source_of_fuel_July_09.pdf?rewrite
31. Koivisto K., Forsman J., Vaajasaari K., Ramboll Oy (2016) Uusiomateriaalit maarakentamisessa. Ohjelma 2013—2017. Raportti. http://www.uuma2.fi/sites/default/files/Tuoteistamisohje%202016_05_20_0.pdf
32. Matilainen M., Apila Group Oy Ab (2013) Rengasrouheen tuoteistaminen.

Raportin kuvat

Kannen kuva JUHO PAAVOLA | sisäkannen kuva JUHO PAAVOLA | sivu 2 ETU JA SUKU | sivu 5 JUHO PAAVOLA | sivut 6 ja 7 ANTTI VETTENRANTA | sivu 9 SUOMEN RENGASKIERRÄTYS OY | sivut 10–11 SUOMEN RENGASKIERRÄTYS OY | sivu 13 SUOMEN RENGASKIERRÄTYS OY ja HELSINGIN KAUPUNGIN RAKENNUSVIRASTO | sivut 14–15 JUHO PAAVOLA | sivu 17 APILA GROUP OY AB ja JUHO PAAVOLA | sivut 18–19 JUHO PAAVOLA | sivu 21 APILA GROUP OY AB ja HANNU AURINKO | sivu 23 JUHO PAAVOLA | sivut 24–25 JUHO PAAVOLA | sivu 27 JUHO PAAVOLA.



Edistyksellistä renkaiden kierrätystä 2015 tilastokatsaus

Edistyksellistä renkaiden kierrätystä – tilastokatsaus on vuosittain ilmestyvä julkaisu, joka kertoo lukijalle olennaiset asiat rengaskierrätyksen trendeistä, kehityksestä ja tulevaisuuden mahdollisuuksista osana laajempaa ympäristöalan kokonaisuutta. Tilastokatsaus kertoo, miten käytöstä poistettuja ajoneuvojen renkaita uudelleenkäytetään maa- ja tierakentamisessa, erilaisten suojien ja esteiden rakentamisessa, asfaltin sidosaineena, veden puhdistamisessa sekä energian tuotannossa.

Renkaiden kierrättäminen on alan toimijoille Suomen lakiin kirjattu velvollisuus. Renkaiden kierrättämisestä Suomessa vastaa tuottajayhteisö Suomen Rengaskierrätys Oy. Se on tehnyt tilastokatsauksen yhteistyökumppaniensa kierrätysoperaattori Kuusakoski Oy:n sekä ympäristöalan asiantuntijayritys Apila Group Oy Ab:n kanssa.