

Joona Peltoniemi

KATTOHUOVAN KIERRÄTYS

Kandidaatintyö
Tekniikan ja luonnontieteellinen tiedekunta
Juha Nykänen
Toukokuu 2022

TIIVISTELMÄ

Joona Peltoniemi: Kattohuovan kierrätys, Recycling of roofing felt
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Materiaalitekniikka
Toukokuu 2022

Ilmastonmuutoksen luoman paineen takia öljypohjaisten materiaalien kierrättämisestä on tullut kiinnostavampaa. Tämän työn tarkoituksena on ottaa selvää, mitä kattohuovalle tapahtuu sen tullessa käyttöikänsä päähän vedeneristeenä, ja lisäksi ottaa selvää, miten kattohuopaa voitaisiin käyttää tulevaisuudessa kierrätysmateriaalina. Työn tiedonhankinnan yhteydessä on suoritettu myös kysely alalla työskentelevien henkilöiden kanssa. Kysely on suunnattu kattoja asentaville yrityksille ja heidän työntekijöilleen.

Kattohuopa on vedeneristeenä käytettävä materiaali, joka Suomessa valmistetaan SBS-kumibitumista. SBS-kumibitumin ominaisuudet vastaavat Suomen ilmaston asettamia tarpeita, kuten hyvät lämmön- ja kylmänkesto-ominaisuudet. Kumin tehtävä on tehdä bitumista elastisempaa ja mahdollistaa lämpöliikkeestä johtuvan rasituksen palautuminen. Kattohuovan runkorakenteena toimii polyesterihuopa, joka on lujuusominaisuuksiltaan parempi vaihtoehto vanhoihin orgaanisiin kuituihin verrattuna. Joissain tapauksissa polyesterirunkoa voidaan vahvistaa lasikuidulla, mutta tämä koskee lähinnä yksikerroskatteita.

Kattohuovan pääasiallinen tarkoitus on toimia vedeneristeenä, mutta sitä voidaan käyttää myös aluskatteena epäjatkuvissa katteissa, kuten tiili- ja konesaumakatoissa. Kattohuopa jaetaan kahteen pääryhmään kiinnitystavan mukaan liimattaviin ja hitsattaviin. Huopakatto on usein kaksiosainen, ja se koostuu pohja- ja pintahuovasta. Pohjahuovat tavallisesti kiinnitetään liimaamalla ja pintahuovat hitsaamalla.

Kattohuovan valmistuksessa on ennen käytetty terveydelle haitallisia aineita, ja niitä on edelleen mahdollista löytää purettavista kohteista. Haitta-ainekartoituksella pyritään selvittämään, mitkä rakenteet sisältävät mitäkin haitta-aineita. Asbesti ja PAH-yhdisteet ovat yleisimmät haitta-aineet. Haitta-aineet vaikeuttavat kattohuovan purkua, ja monissa tapauksissa ne tekevät jätteestä kelvotonta kierrätykseen. Haitta-aineita sisältävät kattohuovat hävitetään ongelmajätteenä.

Kattohuovan kaatopaikkasijoittaminen kiellettiin vuonna 2016, jonka jälkeen huopajätteen kierrättämisestä on tullut suositumpaa. Asfalttiteollisuus on ainoa teollisessa mittakaavassa toimiva kierrätystapa. Kattohuovan tämänhetkisessä kierrätysprosessissa huovasta erotellaan epäpuhtaudet, minkä jälkeen huopa jauhetaan. Jauhetusta huovasta erotellaan vielä epäpuhtauksia, kuten nauvoja ennen kuin kierrätysmateriaali käytetään asfaltin raaka-aineena. Muita vaihtoehtoisia kierrätystapoja kattohuovalle ovat esimerkiksi bitumin erottelu kumista kemiallisilla liuottimilla tai pyrolyysi, jonka tuotteita voitaisiin hyödyntää monissa sovelluksissa.

Kattohuovan kierrätyksen tulevaisuus näyttää hyvältä, sillä huopa on pääosin bitumia ja huopa on kokonaisuudessaan kierrätettävissä. Asfalttiteollisuuden raaka-aineeksi kattohuopa on kuin tehty, ja sillä voidaan jo nyt korvata kolmannes asfaltin bitumista. Mikäli esitetyt kierrätysmahdollisuudet tulevaisuudessa pystytään toteuttamaan teollisessa mittakaavassa kierrätyshuovan käyttökohteet laajenevat. Jos taas pyrolyysistä tulee johtava kierrätys metodi, on mahdollista hyödyntää sen lukuisia tuotteita muissa sovelluksissa, esimerkiksi etaania voidaan käyttää kylmäaineena.

Avainsanat: katot, kierrätys, bitumi, huopa

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ALKUSANAT

Työssä on hyvin päässyt soveltamaan jo työelämässä oppimiani asioita ja sen takia haluan kiittää kaikkia työhön osallistuneita henkilöitä, kyselyyn vastanneita ja ohjaajia. Suuret kiitokset ohjaaja Juha Nykäselle, joka on ollut korvaamaton apu työn edetessä.

Tampereella, 10.5.2022

Joona Peltoniemi

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. KYSELYTUTKIMUS.....	2
3. KATTOHUOPA.....	3
3.1 Kehitys.....	3
3.2 Rakenne	4
3.3 Käyttö	8
4. PURKAMINEN	9
5. HAITTA-AINEET	11
5.1 PAH	12
5.2 Asbesti.....	12
6. KIERRÄTYS	14
6.1 Kierrätys ennen.....	14
6.2 Kierrätys nyt.....	15
6.3 Kierrätys tulevaisuudessa	16
7. UUSIOKÄYTTÖ	17
8. YHTEENVETO.....	19
LÄHTEET	
LIITTEET	

1. JOHDANTO

Ilmastonmuutoksen luoman paineen takia öljypohjaisten materiaalien kierrättämisestä on tullut aina vaan tärkeämpää ja tärkeämpää. Ilmastonlämpenemisen hidastamiseksi on pyrittävä keksimään uusia käyttökohteita vanhoille tuotteille, joiden kierrätys ei ole ennen ollut kannattavaa. Lisäksi maapallon väistämättä loppuvat luonnonvarat, kuten esimerkiksi raakaöljy, on pystyttävä korvaamaan muilla materiaaleilla. Kiertotalouden merkitys raaka-aineongelmien vähentämisessä on tärkeää, jotta tuotantoprosessit voivat jatkuu.

Kattojen rakentaminen on Suomessa erittäin tarkkaa vaativien sääolojen takia. Kattojen tulee kestää kylmien talvien kovat pakkaset ja kesien helleaallot. Kattojen tarkoituksena on suojata niiden alle jäävät rakenteet ja sisätilat. Vaikka nykyiset SBS-bitumista valmistetut katemateriaalit ovat pitkäikäisiä ja kestäviä, niidenkin käyttöiällä on rajansa ja ne pitää uusia aika ajoin. Mikäli sitä ei voida kierrättää, tullaan se polttamaan energiaksi tai haudamaan kaatopaikalle, jossa siitä voi liueta haitallisia aineita ympäristöön. Tällä hetkellä suuri osa puretusta kattohuovasta menee maailmalla kaatopaikalle, eikä kierrätykseen, jossa sitä voitaisiin käyttää uudelleen. Tällä hetkellä edes kaikki yritykset, jotka väittävät kierrättävänsä kattohuopaa, eivät sitä todellisuudessa tee.[20]

Bitumia tuotetaan maailmassa noin 102 miljoonaa tonnia vuodessa, ja siitä noin 85 % menee asfalttiteollisuuteen, 10 % vedeneristeisiin ja loput menevät muihin kohteisiin, kuten auton renkaiisiin tai maaleihin. [1] Tämän työn tarkoituksena on ottaa selvää, mitä kattohuovalle tapahtuu, kun se tulee käyttöikänsä päähän vedeneristeinä ja miten sitä voidaan hyödyntää kierrätysmateriaalina.

2. KYSELYTUTKIMUS

Työn ohessa suoritettiin myös kyselytutkimus alalla työskenteleville henkilöille. Kysely suoritettiin Microsoft Forms -kyselyn avulla, ja kyselyn tarkoituksena oli ottaa selvää tutkimattomasta, niin sanotusta hiljaisesta tiedosta, ja valaista asentajien käytäntöjä purkamiseen liittyvissä kysymyksissä. Kyselyllä pyrittiin saamaan tietoa alanosaajilta vahvistamaan muiden lähteiden tietoja. Kyselyssä esitetyt kysymykset on suunnattu bitumikattoja tekeville yrityksille. Kyselyn tarkoituksena on selvittää eri yritysten käytäntöjä työn aiheesta. Kysymykset ovat olleet avoimia, joihin vastaajat ovat vastanneet omin sanoin. Vastaajilla oli aikaa vastata kyselyn kysymyksiin kaksi viikkoa ja vastauksia tuli yhteensä seitsemän kappaletta.

Kyselytutkimuksessa nousi esiin vastaajien ammattitaito ja heidän käytännönsaamisensa alalla toimimisesta. Monet vastaajista ovat olleet alalla useiden vuosien ajan ja se ilmeni vastauksista. Kyselyssä esitetyt kysymykset ja niihin tulleiden vastausten yhteenveto on nähtävissä työn liitteenä (Liite 1).

3. KATTOHUOPA

Huopa on vedeneristyksessä käytettävä bitumista valmistettava rakennusmateriaali. Huovan tehtävänä on toimia vedeneristyskerroksena ja suojata rakenteita sääolosuhteilta. Huopa koostuu pääasiassa bitumista. Bitumi ei koostu yhdestä aineesta, vaan se on seos raskaita hiilivetyjä. Tavallisesti näihin hiiliketjuihin on myös sitoutunut rikkiä, typpeä, vanadiinia ja nikkelin lisäksi myös muita metalleja pienissä määrin. [2]

Suomessa on kolme huopavalmistajaa BMI Suomi, Katepal Oy ja Nordic Waterproofing Oy. BMI Suomen bitumikatteista vastaava BMI Icopal valmistaa tuotteensa Espoossa ja on perustettu vuonna 1931. Yrityksen liikevaihto oli 29,9 miljoonaa euroa vuonna 2020 ja voittoa yritys teki 4 miljoonaa euroa.[3] BMI Suomi valmistaa bitumikatteiden lisäksi myös monia muita kattotuotteita, esimerkiksi tiiliä.

Katepal Oy on suomalainen bitumikatteita valmistava yritys, joka valmistaa tuotteensa Lempäälässä. Yrityksen valmistavat tuotteet ovat yrityksen omalla nimellä, ja yritys on toiminut vuodesta 1969. Sen liikevaihto on 39,8 miljoonaa euroa, ja voittoa yritys teki 2,7 miljoonaa euroa vuonna 2020. [4]

Nordic waterproofing Oy on erikoistunut kattotuotteisiin ja valmistaa bitumikattotuotteensa Lohjalla. Nordic waterproofing Oy valmistaa Kerabitin tuotteet ja on toiminut 2010 vuodesta asti. Liikevaihto yrityksellä oli 26,8 miljoonaa euroa ja voittoa 1,8 miljoonaa euroa. [5]

Kattohuopien kierrätyspuolella tällä hetkellä suurin toimija on Tarpaper Recycling Finland Oy Lahdessa. Yritys on toiminut vuodesta 2013 saakka. Liikevaihto yrityksellä oli vuonna 2020 1,2 miljoonaa euroa ja voittoa 43 tuhatta euroa [6]. Yritys ottaa vastaan huopajätettä ja valmistaa siitä pääasiassa asfalttiteollisuuden käyttöön BitumenMix -nimistä tuotetta.

3.1 Kehitys

Ensimmäiset kattohuovat valmistettiin 1800-luvun alkupuolella. Nämä tervatut vuorauspaperit naulattiin lautakatoilla tasakantanauloilla. Huovat käsiteltiin hartsista, tervasta ja punamullasta tehdyllä seoksella. Lisäksi huovat vielä pinnoitettiin hiekan, punakuonan ja tiilijauhon seoksella ennen käsittelyaineen kuivumista. Varsinaisen huovan valmistus alkoi Suomessa 1800-luvun loppupuolella Turun

asfalttihuopatehtaassa ja huovasta tuli nopeasti yleinen kate kaupunkien puutaloihin. [7, s. 76]

1900-luvun alkupuolella alettiin käyttää runkorakenteena vanuketta, joka on valmistettu paperilla vahvistetuista kuiduista. Vanuke kyllästettiin asfalttitervallalla, ja jotkin huopalaadut pinnoitettiin hiekalla tai kumimaisella aineella. Osa näistä huopalaaduista vaati vielä pinnan tervauksen ja osa toimi katteena ilman. Näin valmistetut huopalaadut olivat usein hankalasti syttyviä, mikä mahdollisti niiden käytön pärekattojen katteena. [7, s. 77] 1960-luvulla alettiin käyttää bitumilla päällystettyä raakahuopaa. Raakahuovan runko koostui tavallisesti orgaanisista kuiduista, esimerkiksi lumppu- ja selluloosakuiduista. Vaativissa kohteissa runkorakenteena käytettiin juutti-, asbesti- tai lasikuidusta valmistettua tukirakennetta. Huovan pinnalle siroteltiin sirotetta, joka koostui hiekasta tai kalkista. [8] Samoihin aikoihin alettiin pinnoittaa huopaa muovikalvolla. Tämä mahdollisti huovan rullaamisen ilman vaaraa sen tarttumisesta itseensä. Näin valmistetut huovat eivät myöskään alkaneet valua kovillakaan kesähelteillä. Vanhoissa huopalaaduissa on käytetty puhallettua bitumia, jota nykyään käytetään edelleen liimattavien huopien kuumaliimaukseen eli puhekielessä tervaamiseen.

Modernit bitumikermit koostuvat Suomessa poikkeuksetta SBS-kumibitumista [9; 10; 11]. Styreeni-butadieni-styreeni-elastomeerillä muokataan bitumin ominaisuuksia. SBS-kumibitumi on elastista, eli se palautuu venytyksen jälkeen. Lisäksi SBS-kumibitumin lämmön- ja kylmänkesto-ominaisuudet ovat Suomen ilmastossa erittäin tärkeitä. Muualla maailmassa käytetään myös muita modifioituja bitumilajeja, esimerkiksi APP eli ataktista polypropeenaa on käytössä Pohjois-Amerikassa, esimerkiksi Johns Manville, APPEX® 4.5M [12]. Moderneissa bitumikermeissä runkorakenteena käytetään usein lasikuitua tai polyesteriä. Näistä kahdesta polyesteri on yleisempi, mutta on myös hybridiratkaisuja, joissa käytetään molempia. Tällaisia ovat esimerkiksi käyttöluokan 1 (TL) yksikerroskatteet. Modernit bitumikermit voidaan jakaa kahteen ryhmään, liimattaviin ja hitsattaviin, niiden kiinnitystavan mukaan. Liimattavat kermit kiinnitetään ja tiivistetään sulatetulla puhalletulla bitumilla. Hitsattavissa kermeissä on valmiiksi tartuntakerros, joka voidaan sulattaa kaasupolttimella ja liimata kiinni.

3.2 Rakenne

Huovan pinta koostuu sirotteesta, joka tavallisesti valmistetaan liuskekivistä. Sen tarkoituksena on suojata huovan pintaa ultravioletisäteilyltä, joka heikentäisi huovan

ominaisuuksia sen pitkän käyttöiän aikana. Sirote tuo myös mekaanista suojaa huovalle. Ilman sirotetta huovan pinta voisi vahingoittua helposti. Huovan pinta ilman sirotetta olisi myös liukas, ja sirote tuo liukkaudenestoa, joka puolestaan lisää työturvallisuutta. Kuvassa 1 on esitettyinä, miltä pinnan sirote näyttää. Kyseisen sirotteen väri on antrasiitti, joka on kaikkein yleisin ja eniten käytetty.

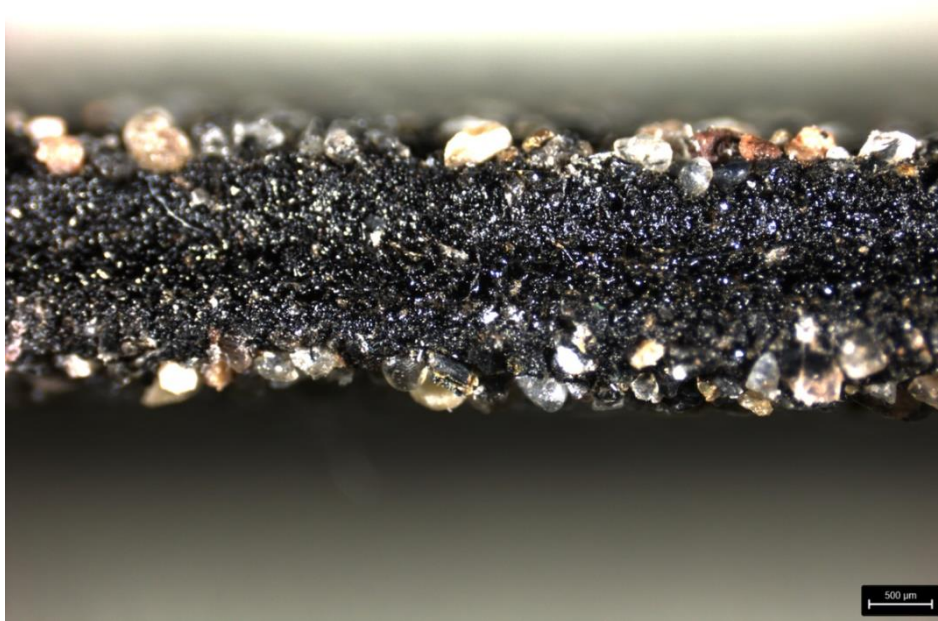


Kuva 1. Pintasirote

Toisena kerroksena on bitumimassa, joka Suomessa tällä hetkellä valmistetaan poikkeuksetta SBS-kumibitumista. Tämä on ensimmäinen varsinainen vedeneristyskerros. Bitumi tuo rakenteeseen hyvät elastiset ja mekaaniset ominaisuudet. Tämä bitumikerros tuo myös pitkäaikaista kestävyyttä rakenteeseen. Huovan bitumin on oltava joustavaa, ja sen venymisominaisuudet on oltava hyvät pitkäikäisen toiminnan ja luotettavuuden takaamiseksi.

Kattohuovan perusrakenne koostuu tukirakenteesta, joka nykyään koostuu pääasiassa polyesteristä. Suomessa valmistettujen kermien tukirakenteena käytetään polyesteriä. Palahuovissa runkorakenteena voi toimia myös lasihuopa. Runkorakenteen tarkoituksena on toimia kermien tukirankana. Se takaa kermille hyvän repäisy- ja puhkaisulujuuden. Runkorakenne myös tukee bitumin mekaanisia ominaisuuksia ja kasvattaa huovan vetolujuutta. Rungon tarkoituksena on myös taata huovalle hyvät elastiset ominaisuudet.

Neljäs kerros on toinen bitumikerros, joka valmistetaan toisen kerroksen tapaan Suomessa SBS-kumibitumista. Sen tarkoituksena on toimia toisena vedeneristyskerroksena ja ensimmäisen bitumikerroksen tavoin tuoda elastisia ja mekaanisia ominaisuuksia valmiiseen huopaan. Kuvassa 2 on esitetty pohjahuovan poikkileikkaus, jossa näkyvät eri kerrokset.



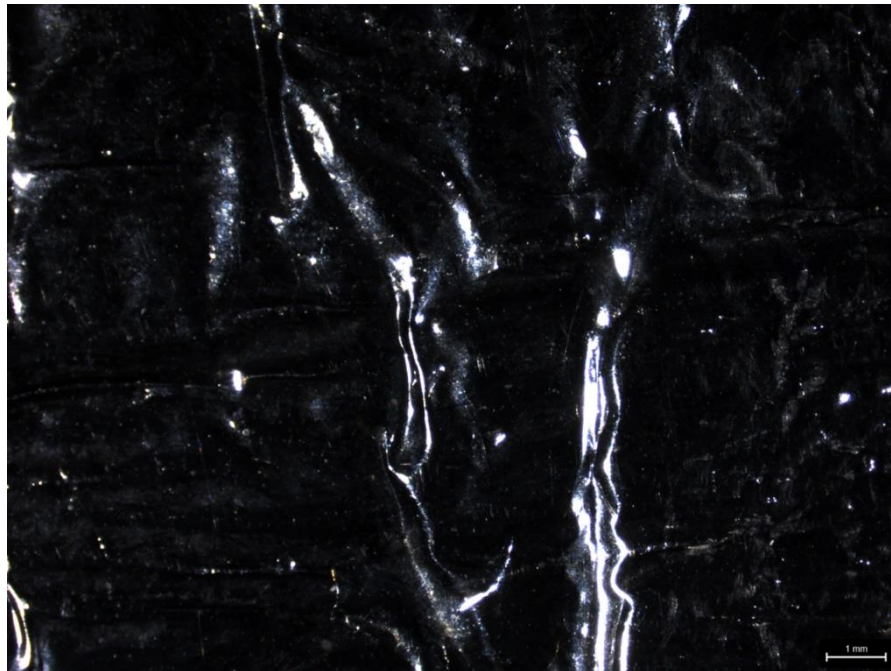
Kuva 2. *Katepal K-MS 170/3000 Poikkileikkaus*

Viimeinen kerros vaihtelee huopien kiinnitysmenetelmien välillä. Hitsattavien huopien tapauksessa kerros koostuu kiinnitysbitumista, joka on tavallisesti puhallettua bitumia. Kiinnityskerroksen tarkoituksena on taata vedenpitävä sauma ja pitää huopa tukevasti paikallaan, ettei katto pääse irtoamaan. Bitumikerroksen pinnalle tulee tavallisesti suojakelmu, jonka tarkoituksena on estää rullattua huopaa tarttumasta itseensä. Kyseinen kerros on esimerkiksi valmistettu polyolefiineista ja haihtuu hitsattaessa eikä näin estä huovan tarttumista kattoon. Jos taas kyseessä on liimattava kermi, viimeinen kerros koostuu suojarahiekasta, jonka tarkoituksena on taata, etteivät rullatut huovat tartu itseensä säilytyksen aikana. Viimeisen kerroksen tarkoituksena on myös suojata huopaa

säilytyksen aikana tulevista pienistä vaurioilta. Kuvissa 3 ja 4 on esitetty hitsattavien ja liimattavien vaihtoehtojen kiinnityspinnat.



Kuva 3. Liimattavan kermin hiekka



Kuva 4. Hitsausbitumikerros ja kalvopinnoite

3.3 Käyttö

Kattohuopaa käytetään monissa erilaisissa vedeneristyksen kohteissa. Kattohuovat voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan, aluskermit, pintakermit ja yksikerroskatteet. Kattoliitto julkaisi Toimivat Katot 2013 -julkaisun, jonka mukaan kermit voidaan jakaa kolmeen käyttöluokkaan TL1, TL2 ja TL3. Näistä jokaisella on omat vaatimuksensa kermin mekaaniselle ja kemialliselle kestävyydelle, sekä nimellispainolle.

TL1 kattaa vain yksikerroskatteet eli sellaiset ratkaisut, joissa yhdellä kerroksella saadaan aikaan riittävän tiivis ja luja vedeneriste. Yksikerroskatteissa on lähes poikkeuksetta Suomessa polyesterirunko, joka on vielä vahvistettu lasikuidulla. Yksikerroskatteet kiinnitetään lähes poikkeuksetta hitsaamalla.

TL2 kattaa alus- ja pintakermit. Näiden yhdistelmänä toteutettu vedeneriste on erittäin yleinen varsinkin suuremmissa tasakatto kohteissa. Aluskermit ovat usein liimattavia, mutta niitä löytyy myös hitsattavia vaihtoehtoja. Aluskermien rakenne koostuu pääasiassa polyesterirungosta, SBS-bitumista ja hiekkakerroksesta huovan molemmiin puolin. Pintakermit puolestaan ovat usein hitsattavia, vaikka niistäkin löytyy liimattavia vaihtoehtoja kuten esimerkiksi BMI:icopalin PintaPolar. Pintakermien erona aluskermeihin on pinnan sirote. Sirotteen tarkoituksena on suojata huopaa UV-säteilyltä ja mekaaniselta rasitukselta. Pintakermin sirotteen värillä on vaikutus katon käyttöikään ja energiankulutukseen. Vaalealla sirotteella päällystetyt bitumikermit ehkäisevät rakenteiden kuumenemista ja pidentävät käyttöikää.

TL3 kattaa kevyemmissä vesikatteissa ja höyrynsulkuna käytettävät aluskatteet. TL3 luokan aluskermien tarkoituksena on toimia epäjatkovien katemateriaalien varmistavana kerroksena. Tällaisia käyttökohteita ovat muun muassa tiili-, palahuopa- ja konesaumakatot. TL3 luokan kermien tehtävänä on ohjata sen päälle päässyt vesi rakenteen ulkopuolelle. TL3 luokan kermien rakenne vaihtelee sen mukaan, mihin sitä käytetään. Esimerkiksi kangaspintaisia aluskermejä voidaan asentaa konesaumakattojen alle, jolloin lämpöliike ei naarmuta ja kuluta peltiä. Nämä katteet voidaan myös jakaa alapuolisen kosteusrasituksen mukaan kondensiosuojattuihin- ja diffuusioavoimiin aluskatteisiin [9]. Kondensiosuojattu tarkoittaa tässä tapauksessa sitä, että aluskate voi sitoa alapuolista kosteutta itseensä ja diffuusioavoin tarkoittaa, että kosteus pääsee aluskatteen läpi.

4. PURKAMINEN

Jotta materiaalia voidaan alkaa kierrättää se pitää ensin purkaa pois sen vanhasta käyttöympäristöstä. Kattohuopien tapauksessa purkuympäristö on usein korkealla ja kaltevalla paikalla. Tämä tuo purkutyön suorittamiseen omat haasteensa. Työturvallisuus ja puretun materiaalin talteenotto on erityisen tärkeää.

Rakenteen purkaminen saattaa tapahtua esimerkiksi käyttöiän päättymisen seurauksena. Käyttöikä tarkoittaa käyttöönoton jälkeistä aikaa, jolloin rakenteelle annetut toimivuusvaatimukset täyttyvät. Tähän sisältyy myös asiaankuuluvat tarkastukset, kunnossapito ja huolto. Modernien kermikattojen käyttöikä on arviolta noin 50 vuotta [9; 10; 11].

Kyselyssä selvisi, että purkuprosessissa on tärkeää saada poistettua halutut kerrokset mahdollisimman tehokkaasti ja turvallisesti. Jos purkutyötä ei voida suorittaa tehokkaasti se vaikuttaa kustannuksiin ja välillisesti myös tuotteen kierrätettävyyteen. Toisaalta jos tuote on helposti purettava, on sen purkukustannukset pienemmät. Esimerkiksi palahuovan purkaminen verrattuna rullatun huovan purkuun. Palahuovan tapauksessa purkujätteen mukaan tulee paljon enemmän mekaanisia kiinnikkeitä kuten nauvoja. Tämä hidastaa purkua ja näin ollen saman alueen purkaminen vaatii enemmän työtä, mikä maksaa enemmän. Toisaalta jos purettaisiin rullattua huopaa, mekaanisia kiinnikkeitä on vähemmän ja purettavat palaset ovat suurempia. Näin ollen purkaminen on nopeampaa ja purkujätteen hinta on halvempi.

Huopakatojen purkamisessa on useita vaiheita ja monia asioita, joista pitää olla tietoinen ennen purkamisen aloittamista. Purkamisprosessi alkaa katon haitta-aine kartoituksella, jonka jälkeen katon varsinainen purkamien voi alkaa, lopuksi purettu jäte kuljetetaan jätteenkäsittelylaitokseen.

Purkaminen aloitetaan aina purettavan alueen suojauksella. Tämä tehdään sen takia, ettei purettu jäte päädy sille kuulumattomaan paikkaan. Esimerkiksi omakotitalon palahuopakattoa purettaessa on suojattava talon edusta ja sivut, ettei katolta putoavan jätteen joukossa olevat naulat jää omakotitalon pihaan. Tämän jälkeen vanha katemateriaali puretaan pois. Purkuprosessissa on mahdollista käyttää monenlaisia apuvälineitä. Kyselyn mukaan useat vastaajat käyttivät purkamiseen muun muassa huopateriä, petkeleitä, käsisirkkeleitä ja moottorisahoja. Lisäksi vastaajat kertoivat, miten tärkeää on valita oikeat työkalut oikeaan tehtävään. Purkamisprosessissa tavallisesti pyritään irrottamaan katosta mahdollisimman suuria paloja, koska niiden irrottaminen on

nopeampaa ja tehokkaampaa, lisäksi niiden irrottamisesta seuraa tavallisesti vähemmän pientä jätettä, joka päätyy sekajätteen joukkoon. Purkamisprosessissa käytettävillä apuvälineillä on myös vaikutusta asiaan. Huopaveitset eivät tuota pientä jauhomaista jätettä leikatessaan toisin kuin sahat, mutta niiden käyttö on hidasta verrattuna nopeampiin sahoihin. Purettu kattohuopa pakataan kuljetusta varten. Kyselyssä selvisi, että pakkaustapa vaihtelee purettavan materiaalin määrän mukaan, jos jätemateriaalia on vähän, se voidaan pakata kuormalavan päälle toisaalta, jos materiaalia on paljon, se puretaan suoraan jätelavalle. Pakkaustapa on aina kohdekohtainen ja se määritetään purettavan materiaalin määrän mukaan. Purkamisesta syntynyt jäte toimitetaan jätteenkäsittelylaitokseen tai suoraan kierrätyksestä vastaavaan yritykseen.

Kattohuopaa purettaessa haitta-aineet vaikuttavat lähinnä purkutyön suorittamiseen, ja siihen miten kattohuopaa purettaessa suojaudutaan ja mihin se toimitetaan purkuprosessin jälkeen. Henkilökohtaisten suojavälineiden käyttö korostuu ja jätettä käsiteltäessä on kiinnitettävä erityistä huomiota, ettei jäte pääse leviämään ympäristöön. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi pakkaamalla jäte kuormalavalle ja peittämällä jäte tiiviisti pakkausmuovilla. Jäte tulee myös hävittää eri tavalla puhtaaseen jätteeseen verrattuna. Haitta-aineita sisältävää jätettä käsitellään ongelmajätteenä.

5. HAITTA-AINEET

Haitta-aineiksi luokitellaan aineet, joita on käytetty rakentamisessa ja rakennusten korjaamisessa, jotka ovat todettu olevan ihmisen terveydelle haitallisia. Kattohuopien tapauksessa yleisimmät haitta-aineet ovat asbesti ja PAH-yhdisteet. Näiden yhdisteiden tunnistaminen tehdään haitta-ainekartoituksella, jonka tehtävänä on selvittää, mitkä rakenneosat sisältävät terveydelle haitallisia ja vaarallisia aineita.

Haitta-aineiden kartoitusprosessi alkaa tiedustelulla, jonka tarkoituksena on selvittää kuinka todennäköisesti purettava rakenne sisältää haitta-aineita. Jos voidaan olla varmoja, että kohde ei sisällä haitta-aineita voidaan purku aloittaa normaalisti, jos taas ei voida olla varmoja purettavan rakenteen koostumuksesta, tehdään virallinen haitta-aineiden kartoitus. Kartoitusta varten otetaan purettavasta rakenteesta näytepala, joka lähetetään analysoitavaksi laboratorioon. Kattohuovan tapauksessa näytepala on tavallisesti noin 5 senttimetriä leveä ja 10 senttimetriä pitkä. Kuvassa 5 on esitettyinä näytepalat haitta-ainekartoitusta varten.



Kuva 5. Näytepalat haitta-ainekartoitusta varten. (kuva Jyri Peltoniemi pvm. 3.2.2022)

Tarkoituksena on saada kaikki purettavat huopakerrokset mukaan. Varsinkin jos kyseessä on saneerattu kohde, sillä purettavia kerroksia on useampia. Näytteenoton jälkeen pinnan päälle asetetaan paikkalappu, joka tulee olla 15 senttiä suurempi joka suuntaan, kuin tehty reikä. Tämä tehdään sen takia, ettei vesi pääse avoimesta reiästä

sisään rakenteisiin. Paikkaamiseen käytetään yleensä hitsattavaa kermiä, koska se on nopea kiinnittää ja sen asennusolosuhteet eivät ole suuresti lämpötila riippuvaisia.

5.1 PAH

PAH-yhdisteet eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt ovat koostuvat yhteen liittyneistä hiilivetyrenkaista. PAH-yhdisteitä syntyy tavallisesti epätäydellisessä palamisessa ja teollisuudessa. PAH-yhdisteet ovat syöpää aiheuttavia aineita ja niitä esiintyy maaperässä, ilmassa ja vesistöissä. PAH-yhdisteiden rakenne on yleensä tasomainen johtuen bentseenirenkaista. Nämä yhdisteet eivät liukene veteen ja lisäksi niiden hajoaminen on hidasta.

Kattohuovassa 1960-luvulle saakka käytetty kreosootti, eli kivihiilipiki, sisältää PAH yhdisteitä vaarallisia määriä, mutta tällä hetkellä näiden kohteiden käyttöikä on jo mennyt umpeen, joten on syytä olettaa nykyisten purkukohteiden olevan vapaita kreosootista. Kreosootti korvattiin 1960-luvun alussa öljypohjaisilla bitumeilla ja niiden seoksilla. Nämä yhdisteet sisälsivät vähemmän PAH yhdisteitä [13]. Nykyään kreosoottia saa käyttää Suomessa rajoitetusti. Teollisuudessa ja ammattimaisesti käyttö on edelleen sallittua. Tähän kuuluu muun muassa rautatiet, sähköpylväät ja vesiväylien rakentaminen. [14]

Tällä hetkellä käytössä olevat kattohuovat saattavat vielä sisältää haitallisia määriä PAH —yhdisteitä ja sen takia purkukohteiden kartoittaminen niiden osalta on edelleen tärkeää, varsinkin jos on syytä olettaa, että purettava kohde sisältää PAH —yhdisteitä. PAH —yhdisteiden toteaminen tehdään laboratoriokokeilla

Huopaa kierrätettäessä PAH —yhdistepitoisuudet vaihtelevat kierrättäjä kohtaisesti, mutta Tarpaper Recycling Oy:n lajitteluohjeen mukaan tulee pitoisuuksien olla alle 200 mg/kg.

5.2 Asbesti

Asbesti on yleisnimitys kuitumaisille silikaattimineraaleille. Asbestin käyttö kiellettiin Suomessa vuonna 1994. Asbestia voi löytyä kattohuopien tapauksessa erilaisista liimoista, runkorakenteista ja sirotteista. Asbestia on käytetty kattohuovissa aina 1950-luvulta asti ja sen käyttö on vaihdellut valmistajakohtaisesti. Suomessa valmistetuissa bitumikatteissa asbestin käyttö on kuitenkin loppunut jo 1980-luvun puoleenväliin.

Asbestia on käytetty monessa eri sovelluksessa bitumikermien kanssa ja sitä voi löytyä monesta paikkaa. Ensimmäiset sovellukset ovat olleet täyteaineena ja sirotteena. Lisäksi

asbestia on käytetty myös liimoissa 1950-luvulta aina 1980-luvulle asti. Asbestin käyttö on myös vahvasti ollut valmistaja kohtaista, osa on käyttänyt asbesti ainoastaan täyteaineena ja toiset ainoastaan sirotteena. [15]

Lisäksi huopakattojen korjaus rakentamisen yhteydessä ei tarvitse aina purkaa vanhaa huopaa pois vaan vanhan huovan päälle voidaan laittaa uusi huopakerros, jonka käyttöikä voi olla jopa 30 vuotta. On siis mahdollista, että vielä 2050-luvulla purettavissa kohteissa on mukana asbestia.

Näiden syiden takia on erittäin tärkeää kartoittaa purkukohteet haitta-aineiden varalta. Joissain tapauksissa on mahdollista, että kartoitusta ei tehdä ollenkaan ja jäte puretaan ja käsitellään niin kuin siinä olisi asbestia. Tämä voi tapahtua esimerkiksi siinä tapauksessa, että on varmaa tietoa entuudestaan, tai rakennus ajankohta ja asennettu tuote ovat sopivia sisältämään asbestia.

Asbestin toteaminen tehdään haitta-ainekartoituksessa. Suomessa asbestikuitujen tunnistukseen käytetään sekä optisia-, että elektronimikroskooppeja ja tulokset ilmoitetaan kvalitatiivisesti. Asbestia sisältävästä näytteestä lisäksi tunnistetaan asbestin tyyppi. Asbestien tyypit erotellaan muista kuiduista optisten ominaisuuksien perusteella. Tässä apuna käytetään polarisaatiomikroskooppia. Lisäksi erityyppiset asbestikuidut eroavat myös ulkonäöltään. Esimerkiksi krysotiili, joka on ulkonäöltään kaareva. [15] Kierrätettäessä huopaa asbesti rajaa kierrätysmahdollisuuksia, esimerkiksi Tarpaper Recycling Oy ei ota vastaan asbestia sisältävää materiaalia.

6. KIERRÄTYS

Kyselyyn tuli myös muutamia vastauksia koskien kattohuopien kierrätystä Suomessa ja siitä, miten sitä oli yritetty 2000-luvulla muutamaankin otteeseen. Nämä kierrätystä yrittäneet yritykset eivät vielä silloin pystyneet menestymään. Ensimmäisissä kierrätysyrityksissä asfalttiteollisuudessa oli käytetty ilmeisesti pelkästään kierrätettyä materiaalia ilman neitseellistä bitumia, tämä johti siihen, että asfaltin ominaisuudet eivät olleet riittävät suureen mittakaavaan siirtymiseksi.

Kattohuovan kierrättäminen ja kierrätysprosessien kehittäminen on tärkeää luonnonvarojen säästämiseksi sen takia, että kattohuopa on kokonaan kierrätettävissä oleva materiaali [16]. Kierrätetylle tuotteelle on myös löydettävä sopivia käyttökohteita, jotta kierrättäminen olisi kannattavaa. Suomessa kattohuovan kierrätystä on haluttu edesauttaa kieltämällä kattohuovan kaatopaikkasijoittaminen vuonna 2016 [17]. Tämä johtaa siihen, että kiinnostus kierrättämisestä ja kierrätettävyyttä kohtaan kasvaa. Tällä hetkellä suurin kattohuovan kierrättäjä Suomessa on Tarpaper Recycling, joka kierrättää noin 20 000 tonnia huopaa vuodessa [18]. Tämä kierrätetty tuote käytetään asfaltin valmistukseen ja niin, kuin edellä jo mainittiin asfalttiteollisuus miljoonien eurojen arvoinen. Jos asfaltti teollisuuden kuluttama bitumi voitaisiin korvata kierrätetyllä tuotteella, saataisiin aikaan merkittäviä säästöjä ympäristön kannalta.

Kattohuovan kierrättäminen on tärkeää sen suuren bitumipitoisuuden kannalta. Teoriassa kattohuopa on kokonaan kierrätettävissä, sillä kaikki sen osat ovat kierrätettävissä. Suurin este kattohuovan täydelliseen kierrättämiseen on rakenteen kerrosten irrottamisen toisistaan. Mutta jos kerrokset voitaisiin erottaa toisistaan täydellisesti olisi mahdollista kierrättää bitumi, runko ja täyteaineet erikseen. Bitumi voitaisiin kierrättää asfalttiteollisuudessa tai käyttää uusien kattohuopien valmistukseen. Polyesteristä koostuneet runkorakenteet voitaisiin kierrättää muovina ja täyteaineet omien kategorioidensa mukaan.

6.1 Kierrätys ennen

Kattohuovan kierrätys on ennen ollut minimaalista ja sen takia suurin osa vanhasta kattohuopajätteestä on hävitetty hautaamalla tai polttamalla. Parhaimmillaan kokonaisia rullia kattohuopaa on päätynyt kaatopaikalle. Joissain tapauksissa on haudattu kaikki bitumituotteet samaan paikkaan, jotta ne voitaisiin kaivaa tarvittaessa ylös ja kierrättää, kun se on kannattavaa. Kattohuopien hautaamisen suurin ongelma tulee niiden

sisältämistä haitta-aineista. Varsinkin PAH-yhdisteet ovat erittäin hankalia pitkäikäisyyden ja vaarallisuuden takia. Ne voivat sitoutua maahan pitkiksi ajoiksi ja niiden poistaminen vaatii usein maansiirtoa tai muita erityisjärjestelyitä. Toisaalta bitumijätettä on myös sekoitettu polttokelpoisen jätteen joukkoon pieniä määriä, sillä runkorakenteena on ennen käytetty eloperäisiä kuituja, jotka palavat hyvin. Kyseistä menetelmää on käytetty 1990- ja 2000 luvuilla, ja nykyään kattohuopa ei kelpaa energiajätteeseen vaan se kuuluu rakennusjätteen tai kaupan ja teollisuuden jätteeseen [19]. Tehdyssä kyselyssä myös kävi ilmi, että epäpuhtauksia, kuten villaa tai puuta, sisältävää huopajätettä on myös käytetty teiden pohjaratkaisuissa täyteaineena.

6.2 Kierrätys nyt

Tällä hetkellä Suomessa kaikki jäteasemat ottavat vastaan kattohuopaa. Tarkoituksena on pystyä kierrättämään kaikki huopajäte. Mutta esimerkiksi Yhdysvalloissa Forbesin mukaan katolta puretun huovan hautaaminen on erittäin yleistä ja siihen tällä hetkellä yritetään saada muutosta [20].

Kierrätetyllä kattohuovalla on tarkoitus korvata asfaltin valmistuksessa käytettävää bitumia ja vähentää tuotavan öljyn määrää. Tällä hetkellä kustannustehokkainta on käyttää kierrätettyä kattohuopaa asfaltin valmistuksessa niiden erittäin samankaltaisten koostumusten takia.

Tällä hetkellä kierrätysprosessi alkaa kierrätettävän materiaalin tarkastuksella ja puhdistuksella, mikäli kierrätettävän materiaalin seasta löytyy sinne kuulumatonta materiaalia, esimerkiksi puuta tai eristevillaa. Tämän vaiheen tarkoituksena on saada aikaan mahdollisimman hyvä ja tasalaatuinen tuote kierrätysprosessin muihin vaiheisiin ja varmistaa kierrätetyn tuotteen laatu. Sallittujen epäpuhtauksien määrä vaihtelee, esimerkiksi Tarpaper Recycling Oy:n lajitteluohjeen mukaan epäpuhtauksia pitää olla alle 2 % [16].

Kun kierrätettävän huovan laatu on varmistettu, aloitetaan huovan murskaaminen. Tarkoituksena on saada aikaan mahdollisimman tasalaatuinen ja tasakokoinen tuote, jota on helppo käyttää kierrätetyn materiaalin sovelluksissa. Murskatun huovan koko vaihtelee 0–12 mm välillä. Murskauksen jälkeen erotellaan seoksesta metalliset epäpuhtaudet, kuten naulat. Metallien erottelu tapahtuu magneettien avulla. Kattohuopa jauhetaan aina tilauskohtaisesti ja syynä siihen on bitumin paakkuuntuminen. Tästä syystä jauhaminen pitää tehdä tilausten mukaan, eikä tuotetta voida varastoida ennakkoon suuria määriä. Tämä aiheuttaa ongelmia silloin, kun asfalttiteollisuudessa ei

tarvita raaka-aineita, niin huopa jätettä ei voida myöskään kierrättää. Haitta-aineita sisältävät kattuhuovat kuuluvat ongelmajätteeseen. Niitä ei voida kierrättää tällä hetkellä vaan ne hävitetään ongelmajätteenä. Syynä tähän on terveysriskit.

6.3 Kierrätys tulevaisuudessa

Tulevaisuudessa kattuhuovan kierrätys tulee todennäköisesti perustumaan bitumin kierrätettävyyteen ja kierrätetyn bitumin käyttökohteisiin. Moderneilla prosesseilla on mahdollista erotella bitumi ja kumi toisistaan, näin on mahdollista tuottaa uutta neitseellistä bitumia, jonka käyttö on monipuolisempaa, kuin seostetun kumibitumin. Erottelu olisi mahdollista toteuttaa kemiallisesti.

X. Yang et al. mukaan on mahdollista erottaa SBS-kumi bitumimatriisista. Tämä prosessi perustuu materiaalien liukoisuuksiin eriaineissa. Tässä tapauksessa SBS-kumin, asfalteenin ja malteenin liukoisuuksien eroja erilaisiin liuottimiin. Tutkimuksissa esitettiin kaksi vaihtoehtoa erotteluprosessille, niiden erona on eroteltavien aineiden järjestys. Molemmissa prosesseissa käytetään liuottimina n-heptaania, dietyylieetteriä ja trikloorietyleniä. [21]

M. Maniscalco et al. mukaan toinen vaihtoehto bitumin kierrätykselle on pyrolyysi, eli kuivatuslaus, jossa korkeassa lämpötilassa ja inertissä atmosfäärissä hajotetaan bitumi. Kyseisessä tutkimuksessa jätebitumi kuivatuslattiin tarkoituksena aikaan monikäyttöisempi tuote. Pyrolyysin maksimilämpötilaa ja lämmitys nopeutta muuttamalla voidaan vaikuttaa tuotteen koostumukseen ja laatuun. Tavalliset tämän kaltaisessa pyrolyysissä on kaasumaiset kevyet hiilivedyt, nestemäinen öljy ja kiinteä sakka. Näistä vaihtoehtoista kaasu on kaikkein halutuin ja tavoitelluin. Tutkimuksessa havaittiin, että korkeammassa 550 °C lämpötilassa saavutetaan parempi saanti kaasulle, kuin matalammassa 450 ja 500 °C. Tutkimuksessa havaittiin, että hidas pyrolyysi on hyvä vaihtoehto, jos kierrätetystä jätteestä halutaan tuottaa uusia tuotteita. [22]

Molemmat edellä

mainitut vaihtoehdot eivät ole vielä valmiita teolliseen mittakaavaan, mutta molemmilla on potentiaalia vaikuttaa tulevaisuudessa kattuhuovan kierrätykseen. Näin myös parannettaisiin kierrätetyn kattuhuovan kierrätysmahdollisuuksia ja laajennettaisiin sovelluksia, joihin kierrätettyä kattuhuopaa voitaisiin käyttää. Tulevaisuudessa olisi siis mahdollista valmistaa uutta bitumia kierrättämällä kattuhuopaa tai valmistaa siitä muita tuotteita kokonaan.

7. UUSIOKÄYTTÖ

Uusiokäyttökohteita kierrätetylle kattuhuovalle on erittäin rajallisesti. Kattuhuovan kierrätyksen suurimpana ongelmana on muun materiaalin erottelu haluttavasta bitumista. Vaikka kattuhuopa sisältää paljon bitumia on siinä myös paljon hiekkaa ja runkorakennetta, jota ei ideaalisesti haluttaisi mukaan.

Kattuhuopaa käytetään tällä hetkellä asfalttiteollisuuden raaka-aineena asfaltin valmistuksessa ja sillä voidaan tällä hetkellä korvata 30—40 % neitseellisestä bitumista [16; 23].

Asfaltti koostuu tavallisesti noin 5 %:sta bitumia ja loput 95 % koostuvat murskeesta ja täyteaineesta. Kierrätys on erittäin tärkeää asfalttiteollisuudelle, sillä sen hinta on pelkästään Euroopassa 80 miljardia euroa vuodessa. [24] Bitumen Industry:n mukaan noin 85 % tuotetusta bitumista kuluu asfalttipäällysteiden valmistukseen, 10 % kattoteollisuudelle ja loput noin 5% muihin käyttötarkoituksiin kuten äänieristeisiin. [1]

Suomen Tieyhdistyksen ”Mitä tarkoitetaan vihreällä asfaltilla?” mukaan asfaltti kiertää tällä jo tällä hetkellä syklisesti eli vanha käytöstä poistettu asfaltti voidaan käyttää uudelleen toisaalla. Asfaltin kierrätyksessä vanha asfaltti kerros poistetaan joko jyrsimällä tai kuorimalla. Asfaltin jyrsimisessä jyrsinkone poistaa asfaltin pintakerroksen ja kuorinnassa pintakerros poistetaan kaivinkoneella. Jyrsimen etuna on mahdollisuus poistaa erittäin tarkasti asfaltin eri kerrokset toisistaan. Tämä mahdollistaa tarkemmin määritellyt ominaisuudet kierrätetylle ja erotellulle tuotteelle. Esimerkiksi vilkasliikkeisten teiden pinnoitetta voidaan käyttää uudelleen samassa käyttöympäristössä. Murskattu asfaltti tutkitaan vielä ennen kuin sitä voidaan käyttää raaka-aineena uusissa päällystyskohteissa. [25]

Kattuhuopa on asfalttiteollisuuden näkökulmasta hyvä raaka-aine sen suuren bitumipitoisuuden kannalta. Kattuhuovassa käytetty bitumi on asfaltin valmistuksen kannalta hyvä raaka-aine myös sen takia, että huopajäte tarvitsee vain jauhaa ennen kuin sitä käytetään asfaltin raaka-aineena. Tarpaper Recycling:in valmistama BitumenMix on arvioitu Väyläviraston toimesta sopivan maanteiden päällystekerrokseen, joihin ei kohdistu kulutusta ja kevyen liikenteen päällysteeksi. [26]

Tulevaisuudessa, kun kattuhuovan kierrätysprosessit kehittyvät olisi mahdollista käyttää kierrätettyä kattuhuopaa myös muissa sovelluksissa. Mikäli bitumin ja SBS-kumin erottelusta tulee teollisesti kannattavaa, voidaan käyttää siitä saatava bitumi sen

normaaleissa sovelluksissa, esimerkiksi vedeneristeissä ja SBS-kumi voidaan käyttää esimerkiksi auton renkaissa [27]. Toisaalta mikäli pyrolyysistä tulee kannattavampaa, on mahdollista soveltaa siitä saatavia tuotteita monissa eri sovelluksissa, kuten esimerkiksi etanaa energian lähteenä tai kylmäaineena. Myös kierrätetty runkorakenne olisi mahdollista käyttää uudelleen. Modernien kermien runko voitaisiin kierrättää polyesterinä ja käyttää uudelleen. Hiekka ja sirote puolestaan voitaisiin kierrättää esimerkiksi uusien kermien raaka-aineena. Näin saataisiin suurempi osa kierrätettävästä materiaalista tehokkaampaan käyttötarkoitukseen. Lisäksi vanhan kierrätysmetodin parantelu voisi mahdollistaa suurempien huopamäärien käytön asfaltin valmistuksessa.

8. YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli perehtyä kattuhuovan kierrätykseen ja siihen, mitä kattuhuovalle tapahtuu sen tullessa käyttöikänsä päähän vedeneristeenä. Tässä työssä hyödynnettiin kirjallisuuden lisäksi myös työn ohessa suoritettua kyselytutkimusta, jonka tarkoituksena oli hankkia tietoa alalla työskenteleviltä ihmisiltä toimintatapoihin ja käytäntöihin liittyen.

Kattuhuovan kierrätys on mullistunut viimeisten vuosikymmenten aikana suuresti. Vielä 2000-luvun alussa kattuhuopaa ei kierrätetty. Muutamia kierrätystä tekeviä yrityksiä oli 2000-luvun aikana, mutta niiden toiminta ei ollut vielä silloin kannattavaa. Tällä hetkellä huopajätteen kaatopaikkasijoitus on Suomessa kielletty ja se on yksi syy kierrätyksen kannattavuuden nousuun.

Kattuhuovan kierrätykseen ja kierrätettävyyteen vaikuttaa monet asiat, ja sen takia on tärkeää tehdä vaadittavat esivalmistelut ennen purkutyön aloittamista. Tähän kuuluvat muun muassa haitta-ainekartoitus ja purkukohteen suojaus. Varsinainen purkutyö käy nopeasti ja jäte toimitetaan jätteen vastaanottajalle, joka voi olla kierrätyksestä vastaava yritys tai jätteenkäsittelylaitos. Kattuhuopaa ei saa Suomessa enää loppusijoittaa kaatopaikalle ja tämä on lisännyt tarvetta ja kiinnostusta kierrätyksen ympärillä. Tällä hetkellä jätehuopa rouhitetaan ja käytetään asfaltin raaka-aineena. Haitta-aineet estävät tällä hetkellä jätehuovan kierrätyksen. Asbestia ja PAH-yhdisteitä sisältävää jätehuopaa ei tällä hetkellä kierrätetä, vaan se käsitellään ongelmajätteenä. Toinen tämänhetkinen kattuhuovan kierrätystä rajoittava tekijä on sen perustuminen asfalttiteollisuuteen ja asfalttiteollisuuden tarpeisiin. Rouhitun kattuhuovan paakkuuntuminen estää sen valmistamisen varastoon.

Kattuhuovan kierrätysmahdollisuudet tulevaisuudessa tulevat kasvamaan kierrätysprosessien kehittyessä ja uusia kierrätysmahdollisuuksia tulee vanhojen rinnalle samalla, kun vanhoja kierrätystapoja tullaan optimoimaan käyttökohteisiin sopivammaksi. SBS-kumin erottaminen bitumista lisäisi mahdollisia sovelluksia kierrätetylle kattuhuovalle merkittävästi ja pyrolyysi mahdollistaisi laajan määrän muita sovelluksia kevyiden hiilivetyjen useiden käyttökohteiden takia.

LÄHTEET

- [1] The Bitumen Industry, A Global Perspective, Third edition, 2015, viitattu: 2.3.2022, linkki: https://www.eurobitume.eu/public_downloads/General/The%20Bitumen%20Industry%203rd%20edition.pdf
- [2] RAHABitumen Inc, Bitumen components, verkkosivut, viitattu: 20.4.2022, linkki: <https://rahabitumen.com/bitumen-components/>
- [3] Fonecta Finder, BMI Suomi Oy, verkkosivu, viitattu: 15.3.2022, linkki: <https://www.finder.fi/Katot+ja+kattomateriaalit/BMI+Suomi+Oy/Espoo/yhteystiedot/138915>
- [4] Fonecta Finder, Katepal Oy, verkkosivu, viitattu: 15.3.2022, linkki: <https://www.finder.fi/Katot+ja+kattomateriaalit/Katepal+Oy/Lemp%C3%A4%C3%A4I%C3%A4/yhteystiedot/101967>
- [5] Fonecta Finder, Nordic Waterproofing Oy, verkkosivu, viitattu: 15.3.2022, linkki: <https://www.finder.fi/Kattoty%C3%B6t/Nordic+Waterproofing+Oy/Vantaa/yhteystiedot/2517827>
- [6] Fonecta Finder, Tarpaper Recycling Finland Oy, verkkosivu, viitattu: 15.3.2022, linkki: <https://www.finder.fi/Kierr%C3%A4tys/Tarpaper+Recycling+Finland+Oy/Lahti/yhteystiedot/2852192>
- [7] E. Helamaa, Vanhan rakentajan sanakirja, Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Toimituksia 988. Helsinki: Suomalaisen Kirjallisuuden Seura, 2004
- [8] Otavan iso tietosanakirja. Osa 4, palsta 625, Helsinki: Otava, 1963.
- [9] Katepal Oy, verkkosivut, viitattu: 20.3.2022, linkki: <https://katepal.fi/>
- [10] Kerabit, verkkosivut, viitattu: 20.3.2022, linkki: <https://www.kerabit.fi/>
- [11] BMI Group, verkkosivut, viitattu: 20.3.2022, linkki: <https://www.bmigroup.com/fi/>
- [12] Johns Manville, APPEX® 4.5m, tuotekortti, viitattu: 3.4.2022, linkki: https://www.jm.com/content/dam/jm/global/en/commercial-roofing/Data%20sheets/APP%20Data%20Sheets/RS-4302_APPeX_45M.pdf
- [13] P. Ahokas, PAH-yhdisteet bitumikatteissa ja niiden aiheuttamat riskit bitumikatteen kierrätykselle, Lahden ammattikorkeakoulu, 2016, viitattu: 19.2.2022, linkki:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/110919/Ahokas_Pauliina.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[14] Jätelaki, 8/2003, viitattu: 8.4.2022, linkki:

<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2003/20030008?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=8%2F2003>

[15] P. Savioja, Asbesti bitumikatteissa ja sen aiheuttamat riskit bitumikatteiden kierrätyksessä, Lahden ammattikorkeakoulu, 2016, viitattu: 21.3.2022, linkki:

<https://www.theseus.fi/handle/10024/105972>

[16] Tarpaper Recycling Finland Oy, nettisivut, viitattu: 23.3.2022, linkki:

<https://tarpaper.fi/>

[17] Jätelaki, 978/2021, viitattu,8.4.2022, linkki:

<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210978>

[18] V. Haapanen, Bitumikermijätteen kierrätys, Hämeen ammattikorkeakoulu, 2017, viitattu: 27.1.2022, linkki: <https://www.theseus.fi/handle/10024/134361>

[19] Delete Group, lajitteluohje, viitattu: 27.4.2022, linkki: https://www.delete.fi/wp-content/uploads/Lajitteluohjeet_delete.pdf

[20] A. Feldman, With Landfills Filled With Old Roofing, Standard Industries' GAF Debuts Recycled Shingles, Forbes, 29.3.2022, viitattu: 22.4.2022, linkki:

<https://www.forbes.com/sites/amyfeldman/2022/03/29/with-landfills-filled-with-old-roofing-standard-industries-gaf-debuts-recycled-shingles/?sh=3fac69d0775c>

[21] X. Yang, H. Zhang, Z. Chen, C. Shi, An improved method for separating styrene-butadiene-styrene triblock copolymer (SBS) and bitumen matrix from SBS modified bitumen, Fuel, Vol. 286, Part 1, 15 February 2021, 119314

[22] M. Maniscalco, L. Mistretta, P. Iannotta, G. Caputo, F. Scargiali, F. Grisafi, A. Brucato, Experimental study of the pyrolysis of waste bitumen for oil production, Journal of the Energy Institute, Volume 93, Issue 6, 2020, Pages 2456-2463,

[23] T. Townsend, J. Powell, C. Xu, Environmental Issues Associated With Asphalt Shingle Recycling, 2007, viitattu: 25.4.2022, linkki: <http://roofingroger.com/wp-content/uploads/shingles-CMRA-environmental-issues.pdf>

[24] The Asphalt Paving Industry, A Global Prespective, Third Edition, Production, Use, Properties, and Occupational Exposure Reduction Technologies and Trends, 2011, viitattu:2.3.2022, linkki: https://web.archive.org/web/20140107203855/http://www.asphalt-pavement.org/images/stories/GL_101_Edition_3.pdf

- [25] S. Väänänen, L. Thompson, Mitä tarkoitetaan vihreällä asfaltilla?, Suomen Tieyhdistys, viitattu: 15.4.2022, linkki: <https://www.tieyhdistys.fi/tie-ja-liikenne/artikkelit/mita-tarkoitetaan-vihrealla-asfaltilla/>
- [26] Väylävirasto, Tarpaper Recycling Finland Oy, BitumenMix-bitumikaterouhe. Teknisen soveltuvuuden arviointi, arviointikirje, 14.1.2021, viitattu: 15.4.2022, linkki: https://tarpaper.fi/wp-content/uploads/2021/03/Arviointikirje_BitumenMix_liite_1.pdf
- [27] K. Kanny, T.P. Mohan, Rubber nanocomposites with nanoclay as the filler, Composites Science and Engineering, Woodhead Publishing, 2017, Pages 153-177, viitattu: 25.4.2022, linkki: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978008100409800005X>

LIITTEET

LIITE 1 Kyselytutkimuksen kysymykset ja vastaukset tiivistetysti:

- **Kauanko olet työskennellyt alalla?**
- Vastaukset vaihtelivat 5 ja 25 vuoden välillä.
- **Miten huovat ovat muuttuneet 20 vuoden aikana?’**
- Kattohuopien muutos vanhoista huovista moderneihin kermeihin. Vanha eloperäisistä kuiduista valmistettu huopa on jäänyt pois ja sen tilalle on tullut moderni polyesterihuoparunko. Huovan ominaisuudet ovat parantuneet huomattavasti puhkaisu- ja repäisylujuus kaikkein merkittävimmin.
- **Paljonko vanhaa kermiä puretaan vuodessa?**
- Purettavan kermin määrä vaihtelee yrityskohtaisesti ja sen mukaan miten paljon saneeraustöitä yritys tekee.
- **Millaisissa rakenteista purettava kermi esiintyy?**
- Purettava kermi esiintyy tavallisesti katemateriaalina, mutta myös aluskatteena tiili- ja konesaumakattojen tapauksessa.
- **Mitä työkaluja purkutyössä käytetään?**
- Huopaveitsi ja petkele yleisimmät työkalut, mutta myös moottorisahat ja käsisirkkelit ovat yleisiä.
- **Miten purku suoritetaan?**
- Ensin purkukohde tarkistetaan ja kartoitetaan, jonka jälkeen purettavan alueen ympäristö suojataan. Tämän jälkeen alkaa varsinainen purkutyö eli vanha huopa poistetaan ja kierrätetään. Kaikessa yksinkertaisuudessaan vanha huopa revitään pois apuvälineitä käyttäen mahdollisimman nopeasti ja tehokkaasti. Huovan alla olevat kerrokset, kuten esimerkiksi aluslaudoitus, voivat jäädä paikalleen, mikäli ne ovat hyvässä kunnossa, muutoin nekin puretaan ja vaihdetaan.
- **Mikä on puretun huovan keskimääräinen massa/pinta-ala?**
- Palahuopaa purettaessa koko on verrattaen pieni, sillä se koostuu useasta palasesta, jotka on naulattu yhteen. Palahuovan tapauksessa puhutaan noin 0,25–0,5 m² kokoisista palasista. Rulla tavarasta valmistettu katto voidaan

purkaa suurempina palasina, sillä katto koostuu suuremmista yhteen liimatuista palasista. Purettujen palasien koko on noin 5–10 m²

- **Mihin purettu kermi toimitetaan?**
- Purettu kermi toimitetaan tavallisesti jäteasemille lavoilla tai sitten kierrätyksestä vastaavalle yritykselle.
- **Otetaanko kaikista purkukohteista asbesti- ja PAH-näytteet?**
- Jos on epäily siitä, että purettava materiaali sisältää haitta-aineita niin kyllä. Jos taas voidaan olla varmoja siitä, että purettava tuote ei sisällä haitta-aineita näytteet eivät ole pakollisia, mutta ne voidaan silti ottaa ja tarkastaa varmuuden vuoksi. Jos tiedetään varmaksi katon sisältävän haitta-aineita näytteitä ei välttämättä oteta ja jätettä käsitellään ongelmajätteenä.
- **Miten asbesti ja PAH-ydisteet vaikuttavat purkutoimiin?**
- Haitta-aineita purettaessa on muistettava työturvallisuus ja jätteen käsitteleminen ongelmajätteenä. Purettaessa on myös huolehdittava henkilökohtaisista suojavaolineista
- **Miten haitta-aineita sisältävät jätteet pakataan?**
- Haitta-aineita sisältävät huovat voidaan pakata monella tapaa ja siihen vaikuttaa purettavan materiaalin määrä ja sisältö. Vaihtoehtoja ovat esimerkiksi muovilla päällystetty lava, joka suljetaan niin, että jäte jää sisälle tiiviisti tai mikäli jätettä on paljon, umpinainen jätelava on todennäköinen vaihtoehto.
- **Onko jätteenvastaanottajalla jotain vaatimuksia jätteen toimituksesta?**
- Lajiteltavan jätteen on oltava mahdollisimman puhdasta ja haitta-ainevapaata
- **Lajitellaanko kermi muista rakennusjätteistä?**
- Kyllä. Tulee lisäksi halvemmaksi kierrättää huopa erikseen verrattuna toiseen vaihtoehtoon, jossa kattuhuopa sekoitetaan rakennusjätteen joukkoon.
- **Miten lajittelu suoritetaan? (Jätelavat, jassikat, trukkilavat, suursäkit)**
- Tavallisesti huopajätteelle on oma jätelavansa, mutta jos tiedetään, että huopajätettä tulee vain rajallinen määrä, voidaan se lajitella esimerkiksi trukkilavalle tai teollisuusjättesäkkiin.
- **Onko kierrätys vaikuttanut jätehuovan hintaan, ja jos on niin miten viimeisen 20 vuoden aikana?**

- Jätteen hinta on noussut suhteellisen tasaisesti 2000 luvun alusta tähän päivään saakka.
- **Mihin purettua kattohuopaa voidaan käyttää?**
- Huopaa kierrätetään asfalttiteollisuuden eri sovelluksiin. Tavallisin sovellus lienee pyörätiet ja maantiet.
- **Onko sinulla muita asiaan liittyviä huomioita tai ajatuksia, joista haluaisit kertoa?**
- Kattohuovalla on pitkä historia ja se on edelleen hyvä valinta oikein asennettuna, hoidettuna ja huollettuna. Varsinkin tasakatoilla kattohuopa loistaa nopealla asennuksella ja pitkällä käyttöiällään.