Tampereen yliopisto

Saku Kangasmäki

TEKONURMIPINTAISEN JALKAPALLOKENTÄN VAIHTOEHTOISET TÄYTEAINEET

Kandidaatintyö

Kandidaatintyö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Kesäkuu 2025

TIIVISTELMÄ

Saku Kangasmäki: Tekonurmipintaisen jalkapallokentän vaihtoehtoiset täyteaineet
(Alternative infill materials for football turfs)
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikka
Kesäkuu 2025

Tekonurmikentille pyritään löytämään kumirouheen korvaajaa. Kumirouheen myynti kielletään Euroopan Unionin alueella kahdeksan vuoden siirtymäajalla vuoteen 2031 mennessä. Kielto on osa EU:n pyrkimyksiä rajoittaa mikromuovin leviämistä. Tämän kandidaatintyön tavoitteena on kartoittaa jalkapallolle tarkoitettujen tekonurmikenttien vaihtoehtoisia täyteaineita kumirouheen korvaajaksi. Työ on rajattu käsittelemään Pohjoismaita samankaltaisten ilmasto-olosuhteiden vuoksi.

Työn alussa kerrotaan mikromuovin haittavaikutuksista ja EU:n toimista sen vähentämiseksi. Työssä kuvataan jalkapallolle tarkoitetun tekonurmikentän rakennetta ja sille asetettuja laatuvaatimuksia. Täyteaineet ovat osa tekonurmirakennetta. Työssä käsitellyt täyteaineet on jaettu kahteen ryhmään niiden tulevaisuuden käytettävyyden mukaan. Perinteiset täyteaineet ovat käytössä olevia, EU:n mikromuovikiellossa esitettyjä täyteaineita, kuten kumirouhetta. Vaihtoehtoiset täyteaineet ovat kumirouheen korvaamiseksi kehitettyjä uusia täyteaineita.

Kandidaatintyö on kirjallisuustutkimus, joka perustuu pääasiassa julkisesti saatavilla oleviin raportteihin ja jossa kuvataan käsiteltyjen täyteaineiden hyviä ja huonoja puolia. Osa käytetyistä lähteistä ovat kaupallisia ja tuotteiden valmistajien omia julkaisuja. Tarkasteltavaksi on valittu kaikista Pohjoismaista yksi tutkimus, johon on perehdytty tarkemmin tekonurmen täyteaineen näkökulmasta. Tutkimuksissa on toteutettu pelaajakyselyitä täyteaineiden vaikutuksista kentän peliominaisuuksiin ja pelituntumasta. Kyselyjen perusteella kumirouheen vertaista pelituntumaa eivät vaihtoehtoiset täyteaineet pysty vielä tarjoamaan.

Vaihtoehtoisten täyteaineiden suurimmat ongelmat liittyvät niiden kovuuteen, säänkestävyyteen, kulkeutumiseen ja hintaan. Täyteaineiden kovuutta voidaan kompensoida joustokerroksilla ja monen täyteaineen sekoituksilla. Testikentillä käytetyt täyteainesekoitukset ovatkin saaneet pelaajakyselyissä positiivista palautetta. Vielä ei ole löytynyt kumirouheelle selkeää vaihtoehtoa. Vaihtoehtoisten täyteaineiden kehitystyö on vielä kesken, eikä pitkäaikaista kokemusta vielä kertynyt.

Avainsanat: Tekonurmi, täyteaine, mikromuovi, jalkapallo, kumirouhe

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

TEKOÄLYN KÄYTTÖ OPINNÄYTTEESSÄ

Opinnäytteessäni on käytetty tekoälysovelluksia:

☐ Ei
☒ Kyllä

Ilmoitukseni mukaan olen käyttänyt opinnäytteessäni tutkielmaprosessin aikana seuraavia tekoälysovelluksia:

Tekoälysovellusten nimet ja versiot: Microsoft 365 Copilot

Käyttötarkoitus: Copilot-tekoälyä on käytetty tekstin kääntämisessä englannista, norjasta ja ruotsista suomeksi. Teksti on joko kopioitu tai koko tiedosto on ladattu tekoälyn saataville ja pyydetty tekoälyä kääntämään haluttu tekstiosio.

Osiot, joissa tekoälyä on käytetty: Tekoälyä on käytetty kappaleissa 3, 4, 5 ja 6. Kaikissa näissä kappaleissa on käytetty käännettyjä lähteitä.

Olen tietoinen siitä, että olen täysin vastuussa koko opinnäytteeni sisällöstä, mukaan lukien osat, joissa on hyödynnetty tekoälyä, ja hyväksyn vastuun mahdollisista eettisten ohjeiden rikkomuksista.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO 1
2. MIKROMUOVI 3
2.1 Mikromuovien kulkeutuminen 3
2.2 Mikromuovien haitat 4
2.3 EU:n mikromuovikielto 5
3. TEKONURMEN RAKENNE 6
4. LAATUVAATIMUKSET 9
5. TÄYTEAINEET 12
5.1 Perinteiset täyteaineet 12
5.1.1 Kumirouhe (SBR) 12
5.1.2 EPDM-kumirouhe 15
5.1.3 TPE ja TPO 16
5.2 Vaihtoehtoiset täyteaineet 16
5.2.1 Oliivinkivirouhe 17
5.2.2 Luonnonkorkki 18
5.2.3 Puurouhe 19
5.2.4 Maissi 20
5.2.5 BioFill™ 20
5.2.6 BioFlex™ ja BioFlex Eco™ 21
6. TÄYTEAINEET POHJOISMAISSA 23
6.1 Suomi 23
6.2 Norja 24
6.3 Ruotsi 29
7. YHTEENVETO 32
LÄHTEET 34

1. JOHDANTO

Kumirouheen aika tekonurmikenttien täyteaineena on tulossa päätökseensä. Euroopan unionin taistelu mikromuoveja vastaan edistyi merkittävästi syksyllä 2023, kun EU:n komissio hyväksyi mikromuovien käyttöä rajoittavan asetuksen 2023/2055. Kompromissin jälkeen asetukselle asetettiin kahdeksan vuoden siirtymäaika, jonka aikana nykyiset tekonurmikentät pystytään käyttämään elinkaarensa loppuun. Tämän jälkeen kumirouheen myyminen EU:n alueella kielletään. (Euroopan komissio 2023)

Tekonurmia on ollut Suomessa käytössä jo 1970-luvun lopulta lähtien. Ensimmäisen sukupolven kentät asennettiin sisähalleihin. Suomessa on aloitettu käyttää kumirouhetta täyteaineena 1990-luvulla. Kaikki Suomen nykyiset tekonurmet ovat niin sanottuja kolmannen sukupolven tekonurmia, jotka ovat ominaisuuksiltaan lähes vastaavia kuin hyvälaatuinen luonnonnurmikenttä. (Tekonurmiopas 2011) Uusilla täyteaineilla rakennetut tekonurmikentät todennäköisesti luokitellaan tulevaisuudessa neljännen sukupolven tekonurmiksi.

Tarve korvaaville täyteaineille on suuri. Euroopan alueella kumirouhekenttiä on yli 29 000 kappaletta. Suomessa on tällä hetkellä käytössä 457 kumirouhetäytteistä tekonurmikenttää. Suurimmaksi haasteeksi vaihtoehtoisissa täyteaineissa on noussut käyttäjien ja kansainvälisen jalkapalloliiton FIFA:n asettamien laatustandardien täyttäminen kestävyyden, turvallisuuden ja suorituskyvyn osalta. Lisää haasteita tulee Pohjoismaiden vaihtelevista sääoloista, jotka vaativat täyteaineilta enemmän kuin Etelä- ja Keski-Euroopassa, jossa suurimmat jalkapallomaat sijaitsevat. Monia vaihtoehtoisia täyteaineita on jo käyttö- ja kokeiluvaiheessa, mutta pitkän aikavälin käyttökokemuksista ei ole vielä tietoja laajasti saatavilla. Myös vaihtoehtoisten täyteaineiden hinta ja saatavuus tuovat haasteensa kenttien kunnossapidolle ja erityisesti uusien kenttien rakentamiselle. (Suomen Palloliitto 2023)

Tässä kandidaatintyössä selvitetään vaihtoehtoisia täyteaineita pohjoismaisille tekonurmikentille kumirouheen korvaajaksi. Työssä keskitytään vain tekonurmikenttiin, joilla pelataan aktiivisesti jalkapalloa. Aihe on suhteellisen uusi, joten pitkän aikavälin tutkimuksia ei ole vielä saatu päätökseen. Työ perustuu saatavilla oleviin tietoihin ja lähteisiin. Osa lähteistä joudutaan kääntämään alkuperäiskielestä suomeksi tekoälyn avulla. Työssä käsitellään siis markkinoilla saatavissa olevia vaihtoehtoisia täyteaineita,

joista saatu tieto on vielä paljolti kaupallista ja valmistajien itse tuottamaa. Aiheesta on julkaistu vuonna 2024 kaksi AMK-lopputyötä; Tytti Kauhala-Lundbergin “Tekonurmikenttien täyteainevaihtoehdot tulevaisuudessa” ja Joonatan Lagerströmin “Tekonurmikenttien suunnitteluratkaisut nykypäivän ympäristövaatimuksilla”. Näistä Tytti Kauhalan opinnäytetyö keskittyy täysin tulevaisuuden täyteaineisiin, kun taas Joonatan Lagerströmin opinnäytetyö sivuaa ympäristöystävällisiä täyteaineita osana ympäristöystävällistä tekonurmikenttää. Muita merkittäviä käytettyjä lähteitä ovat Suomen Palloliiton tekonurmiopas ja kansainvälisen jalkapalloliiton FIFA:n ohjeet.

2. MIKROMUOVI

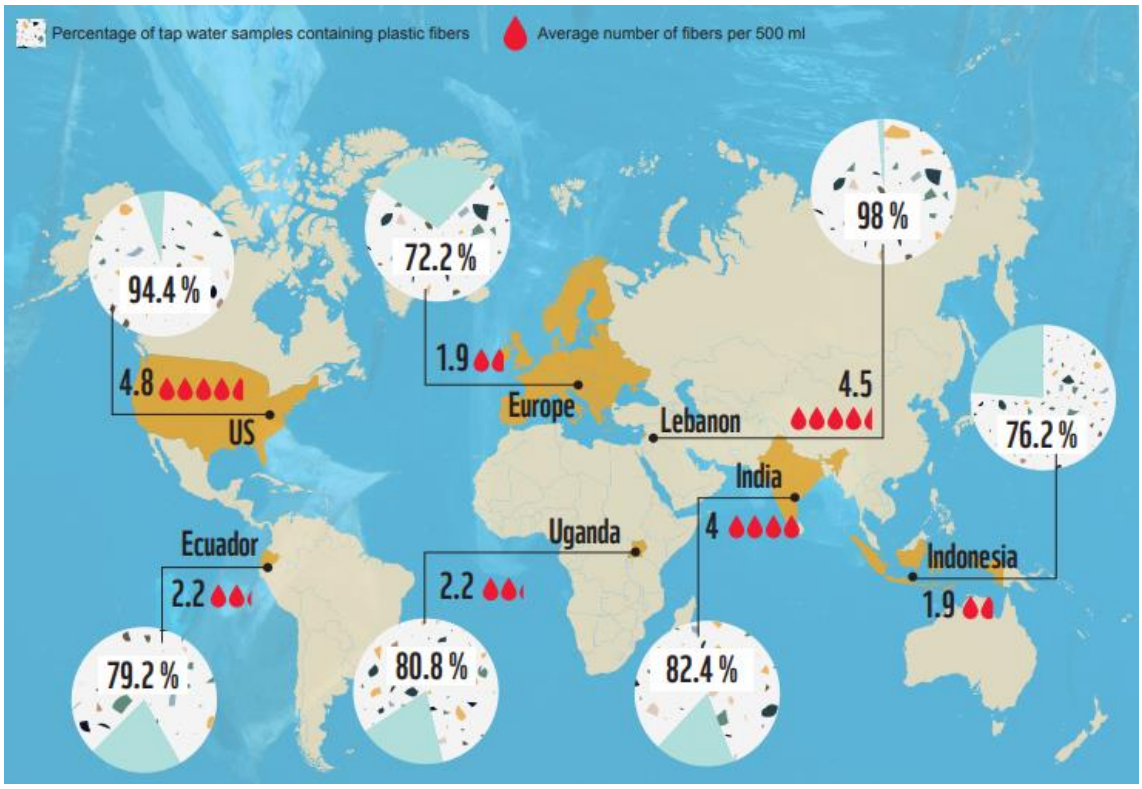
Mikromuovi on laaja käsite. EU määrittelee kaikki alle 5 mm:n synteettiset polymeerihiukkaset mikromuoveiksi, jos ne ovat orgaanisia, liukenemattomia ja hajoavia. Mikromuovia esiintyy monissa eri tuotteissa, joko sellaisenaan tai tarkoituksellisesti lisättynä. Tyypillinen esimerkki mikromuovilähteestä on vanhoista autonrenkaista tehty kumirouhe. (Euroopan komissio 2023)

Mikromuovit voidaan jaotella kahteen ryhmään niiden alkuperän perusteella. Primäärit mikromuovit vapautuvat luontoon valmiiksi pieninä, alle 5 mm:n partikkeleina. Niitä syntyy pääasiallisesti synteettisten vaatteiden pesemisen yhteydessä, autojen renkaiden kuluessa ja hygieniatuotteista. Sekundäärit mikromuovit syntyvät suurempien muovituotteiden, kuten juomapullojen, muovipussien ja kalaverkkojen hajotessa ympäristössä pienempiin osiin. Sekundäärit mikromuovit kattavat noin 69–81 % merten mikromuoveista. (Euroopan parlamentti 2018)

2.1 Mikromuovien kulkeutuminen

Newcastlen yliopiston tutkimuksen mukaan keskivertoihminen nielee noin viisi grammaa muovia viikon aikana. Suurin osa muovista kulkeutuu kehoon juomaveden mukana, mutta mikromuovia on löydetty myös jokapäiväisistä elintarvikkeista. Euroopan juomavesi on vielä suhteellisen mikromuovivapaata verrattuna Yhdysvaltojen tai Intian juomavesiin. Kuvassa 1 on esitetty mikromuovin esiintymistä juomavedessä eri maissa. Ilman kautta kulkeutuvan mikromuovin määrä on suhteellisen vähäinen, mutta sisätiloissa ja tuotantolaitoksissa pitoisuudet voivat nousta korkeiksi. (WWF 2019)

Ongelman laajuutta kuvastaa muovien löytyminen Mariaanien haudasta meren syvimmästä kohdasta. Mikromuovin synty johtuu muovien kierrätyksen puutteesta ja ihmisten välinpitämättömyydestä ympäristöä kohtaan. Noin 75 % maailman muovista päätyy jätteeksi. Kehittyvissä maissa jätteiden käsittely voi olla olematonta tai hyvin alhaisella tasolla, jolloin muovijätteet päätyvät ympäristöön ja vesistöihin. (WWF 2019)



Kuva 1. Kartta muovikuituja sisältävien vesijohtovesinäytteiden keskimääräisistä prosenttiosuuksista ja kuitujen määristä puolta litraa kohden eri puolilla maapalloa. (WWF 2019)

2.2 Mikromuovien haitat

Mikromuovien pitkäaikaisista vaikutuksista ihmiskehossa ei ole vielä tutkittua tietoa saatavilla. Muovit sisältävät tyypillisesti erilaisia lisäaineita, kuten stabilisaattoreita ja palonestoaineita, jotka vapautuvat eläinten ja ihmisten elimistöön. Muoveissa esiintyy myös usein epäpuhtauksien jäämiä. Tutkimukset ovat osoittaneet, että altistuminen suurille mikromuovimäärille aiheuttavat hengitysteiden tulehduksia. (WWF 2019)

Itä-Suomen yliopiston farmasian laitoksen tutkimus on vahvistanut mikromuovipartikkelien haitalliset vaikutukset ihmiskehossa. Tutkimuksessa altistettiin suolistosoluja muovihiukkasille kahden päivän ajan. Tutkimuksessa havaittiin solujen aktiivisuuden heikentymistä sekä reaktiivisen happiradikaalien muodostumista mitokondriossa. Reaktiivisten happiradikaalien lisääntyminen solussa voi johtaa DNA-vaurioihin. (Saarinen 2023)

2.3 EU:n mikromuovikielto

Euroopan unioni on pitkään pyrkinyt politiikallaan vähentämään muovijätteen syntyä. Vuonna 2015 EU:n komissio hyväksyi ensimmäisen kiertotalouspaketin, johon useat nykyiset säädökset kuuluvat (Euroopan komissio 2018).

Lainsäädäntö kehittyi vuonna 2019, kun Euroopan komissio hyväksyi kattavan lakipaketin, joka kieltää kertakäyttömuovit vuoteen 2021 mennessä. Kielto koskee kertakäyttöisiä ruokailuvälineitä ja hygieniatuotteita. Samassa laissa muovipulloille asetettiin 90 %:n keräystavoite vuoteen 2029 mennessä ja muovituotteiden valmistajille enemmän vastuuta ”saastuttaja maksaa” -periaatteella. (Euroopan parlamentti 2019)

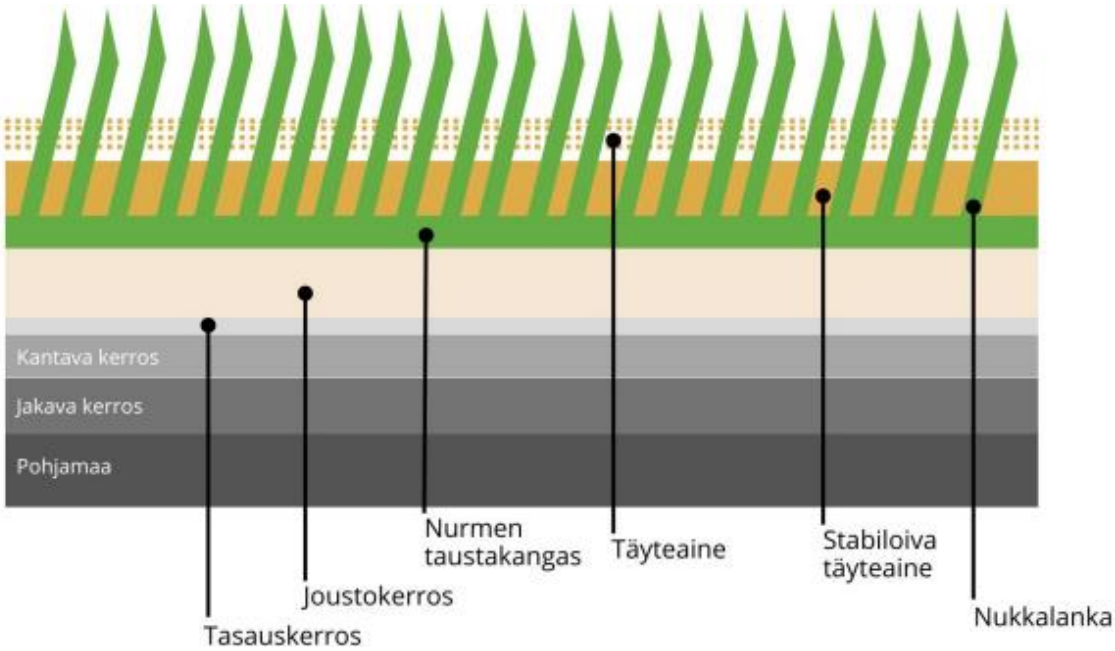
Viimeisin muoveihin ja erityisesti mikromuoveihin kohdistuva asetus hyväksyttiin vuonna 2023, kun EU komissio hyväksyi REACH-asetuksen 2023/2055, joka on Euroopan ensimmäinen mikromuovien leviämistä rajoittava asetus. Asetuksessa määrättiin synteettisiä polymeerimikrohiukkasia sisältävien tuotteiden myyntikiellosta vuoden 2023 lokakuusta lähtien. Osa tuotteiden valmistajista on neuvotellut Euroopan komission kanssa pidemmistä siirtymäajoista, jotka on kirjattu asetuksen (EY) N:o 1907/2006 liitteeseen XVII. (Euroopan komissio 2023)

Kielto vaikuttaa kosmetiikka-, maatalous-, lääke-, puhdistus- ja urheilutuotteisiin. Urheilutuotteissa kielto koskee synteettisten urheilupintojen rakeisia täyteaineita, kuten kumirouhetta. Kumirouheen siirtymäajaksi on asetettu kahdeksan vuotta, eli kielto astuu voimaan lokakuussa 2031. Kiellon jälkeen kumirouhetta saa vielä käyttää täyteaineena, mutta sen valmistus loppuu. (Euroopan komissio 2023)

3. TEKONURMEN RAKENNE

Tekonurmi on laadukas ja kustannustehokas urheilupinta, joka on valmistettu kestämään kovaa käyttöä. Lämmitetty ja aurattu tekonurmi voi olla jatkuvassa käytössä ympärivuotisesti. Kenttien rakenteet ja ominaisuudet vaihtelevat, mutta ne pyrkivät jäljittelemään mahdollisimman tarkasti luonnonnurmea. Tekonurmikentän pystyy parhaimmillaan tarjoamaan optimaaliset olosuhteet pelaajien ja kentän sekä pallon ja kentän väliselle kontaktille. (Tekonurmiopas 2011)

Modernin tekonurmikentän rakenne koostuu eri kerroksista. Kerrokset voidaan jakaa karkeasti pohja- ja tekonurmirakenteeseen. Kuvassa 2 on esitelty tavallisen tekonurmikentän kerrokset. Pohjarakenteen osia ovat pohjamaa, jakava kerros, kantava kerros ja tasauskerros. Tekonurmirakenteeseen kuuluvat joustokerros, nurmen taustakangas, nukkalanka, stabiloiva täyteaine ja täyteaine. Kerrosten ominaisuudet vaihtelevat eri kentillä erilaisten tekijöiden, kuten käyttöympäristön ja pohjaolosuhteitten asettamien vaatimusten mukaan (Lagerström 2024).



Kuva 2. Tekonurmikentän rakennekerrokset (Kauhala-Lundberg 2024)

Tekonurmikentän pohjarakenteet suunnitellaan aina tapauskohtaisesti riippuen pohjamaaolosuhteista ja kentän käyttötarkoituksesta. Suunnitteluideologia on samanlainen kuin tierakenteessa (Tekonurmiopas 2011).

Pohjamaa on tekonurmikentän rakenteen alin kerros, joka toimii perustana ylemmille kerroksille. Pohjamaan päälle tulee yleensä suodatinkangas, joka estää kerrosten

sekoittumisen. Suodatinkangas on tärkeä, jos pohjamaa on erityisen altis routimiselle. (Kauhala-Lundberg 2024) Pohjamaan tulee pystyä kantamaan tekonurmikentän rakenne sekä sen hoitoon käytettävien koneiden aiheuttamat kuormitukset. Rakenteen kaltevuus tulee olla ohjeiden mukainen, jotta kuivatus toimii ja kentän peliolosuhteet pysyvät kunnossa. (Tekonurmiopas 2011)

Jakava kerros jakaa ja tasaa ylemmiltä kerroksilta tulevan kuormituksen tasaisesti pohjamaalle. **Kantava kerros** vastaanottaa ja siirtää tekonurmirakenteilta tulevat kuormitukset alemmille kerroksille. Jakava ja kantava kerros tulee tiivistää huolellisesti. Materiaalina käytetään soraa tai kalliomursketta. (Tekonurmiopas 2011)

Kuivausjärjestelmä ja salaojitus rakennetaan tarpeen mukaan pohjamaan läpäisevyydestä riippuen. Kuivausjärjestelmä mitoitetaan vuotuisen sademäärän mukaan (Tekonurmiopas 2011). Salaojien putkikoot ja sijainnit esitetään tekonurmikentän kuivatussuunnitelmassa (Heikkilä 2024).

Lämmitysjärjestelmä mahdollistaa tekonurmikentän ympärivuotisen toiminnan ulkoilmassa. Tekonurmimaton alapuolelle rakennetaan nestekierto- tai sähkölämmitysjärjestelmä, joka pitää kentän sulana. Kaukolämpö on yleisin energianlähde lämmitysjärjestelmälle, mutta vaihtoehtoisia energiamuotoja on käytössä, kuten esimerkiksi bioenergia. Nestekiertojärjestelmässä lämmitetty neste kiertää kentän alla olevassa putkistossa. Putkisto tulee asentaa mahdollisimman lähelle tekonurmimattoa. (Tekonurmiopas 2011)

Tasauskerros on pohjarakenteen ylin osa, joka takaa tekonurmimatolle vaatimusten mukaisen tasaisen asennusalustan (Kauhala-Lundberg 2024). Tasauskerroksessa käytetään usein hienorakeista kivituhkaa. Tasauskerroksen materiaalin vedenläpäisevyys tulee olla riittävä. Mikäli tasauskerros tehdään asfaltista, tulee sen olla vettäläpäisevää. (Tekonurmiopas 2011)

Joustokerros voidaan asentaa tarvittaessa erikseen tekonurmimaton alle. Joustokerros koostuu iskuavaimentavasta tai elastisesta kerroksesta. Joustokerrosmatto valmistetaan tavallisesti joustavasta vaahtomuovista, jotka tuotetaan rullina tai toisiinsa lukittuvina levyinä ja on helppo asentaa tasauskerroksen päälle. Elastiset kerrokset on valmistettu kumirakeista ja sideaineesta. Materiaalit sekoitetaan rakennuspaikalla toisiinsa ja levitetään päällystyskoneella. (FIFA 2023)

Joustokerroksen asentaminen tekonurmikenttään ei ole pakollista, mutta useimmissa maissa sitä suositellaan. Se takaa kentän jousto-ominaisuuksien säilymisen pidempään. Joustokerros vähentää tarvittavan täyteaineen määrää ja mahdollistaa lyhyemmän nukkalangan käytön. Joustokerrosta käytetään Suomessa vain

stadiontasoisilla tekonurmilla sen suurten rakennuskustannusten takia. (Tekonurmiopas 2011)

Nurmen taustakangas voidaan valmistaa useasta eri materiaalista. Taustakangas on yleensä vahvistettu latex-käsittelyllä. Taustakankaan tärkein ominaisuus on sen vetolujuus ja nukkalangan kudonnan pitolujuus. Kankaaseen tehdään valmistusvaiheessa vesireiät, jotka parantavat taustakankaan vedenläpäisyä. Yhdessä taustakangas ja siihen kudottu nukkalanka muodostavat tekonurmimaton. (Tekonurmiopas 2011)

Nukkalangan ominaisuuksilla on todella suuri vaikutus tekonurmen ominaisuuksiin ja laatuun. Kentän elinkaari, pelattavuus ja yleisilme ovat suurilta osin kiinni nukkalankamateriaalista. Markkinoilla on paljon eri nukkalankavaihtoehtoja. Yleisin käytössä oleva nukkalankamateriaali on polyetyleeni, joka on syrjäyttänyt nylonin ja polypropyleenin. Nukkalanka voi olla yksisäikeistä tai verkkorakenteista. Nukkalanka pyrkii luomaan luonnonnurmen kaltaisen pinnan. Langan pystyssä pysyminen parantaa kentän elinkaarta ja ominaisuuksia. (Tekonurmiopas 2011)

Tekonurmi koostuu taustakankaasta, johon on punottu nukkalanka kiinni. Tekonurmi asennetaan levittämällä yleensä noin 4 metriä leveitä mattorullia, jotka saumataan yhteen. Tekonurmeen kuuluu täyteaine, jota käsitellään tarkemmin luvussa viisi.

Täyteaine parantaa tekonurmikentän turvallisuutta ja pelillisiä ominaisuuksia. Useimmissa jalkapallolle tarkoitetuissa tekonurmikentissä on kaksi täyteainekerrosta: alempi stabiloiva kerros ja ylempi suorituskykyä parantava kerros. Stabiloiva kerros on tavallisesti pyöristettyä hiekkaa. Ylempi suorituskykyä parantava täyteainekerros voi olla synteettistä, orgaanista tai vaihtoehtoista täyteainetta. (FIFA 2023)

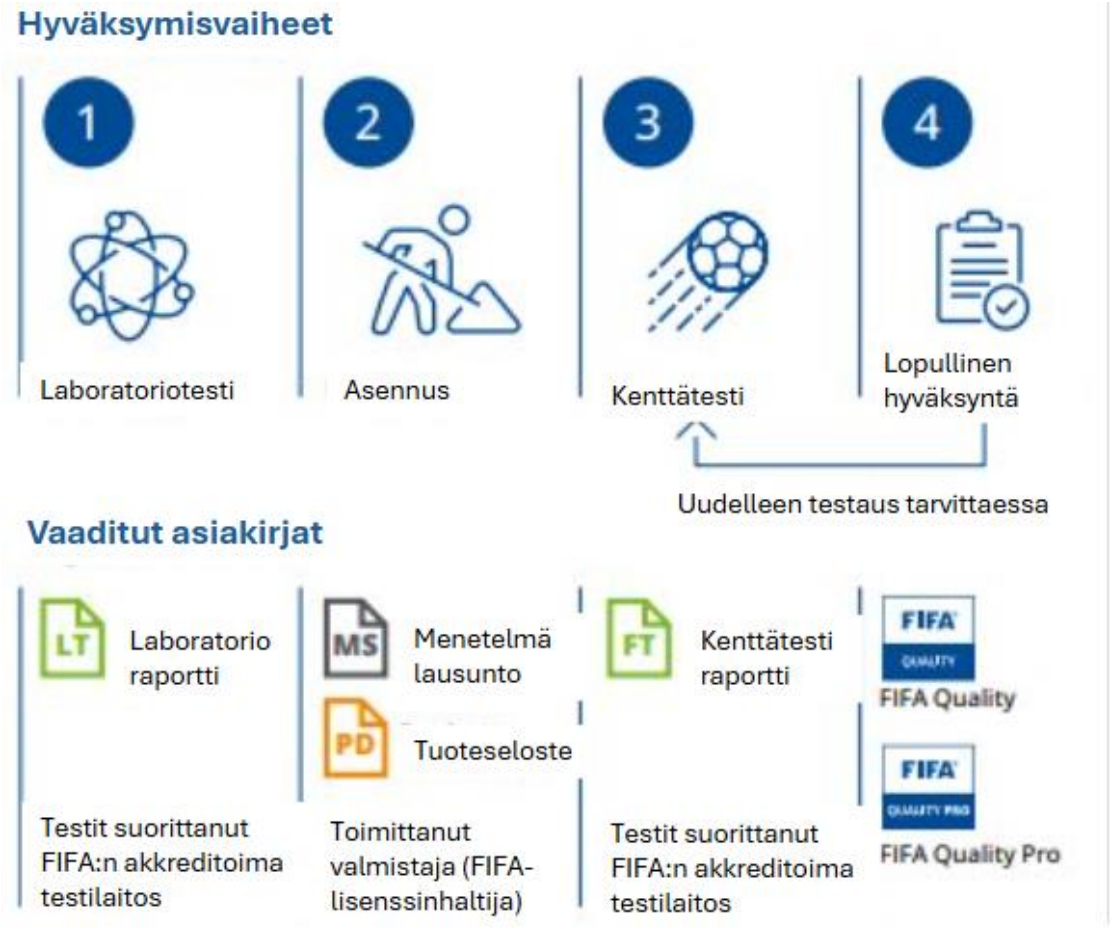
Yleisimmät täyteaineet ovat rakeinen kumirouhe tai kumin ja hiekan sekoitus. Tekonurmen ylemmän kentän suorituskykyä parantavan täyteainemateriaalin tarkoitus on tukea nukkalankoja pysymään pystysuorassa sekä edistää pinnan peli- ja iskunvaimennusominaisuuksia. Samalla täyteaine antaa tekonurmimatolle painoa, joka auttaa pitämään maton paikoillaan käytön aikana. Kentillä, joilla ei ole erillistä joustokerrosta, ylempi täyteaine luo tarvittavan jouston kentän käyttäjien loukkaantumisten minimoimiseksi. Täyteainemateriaalin ja tekonurmimaton valinnoilla pystytään takaamaan kentän käyttötarkoituksen mukainen suorituskyky. (The Football Association 2010)

4. LAATUVAATIMUKSET

Kansainvälinen jalkapalloliitto FIFA on asettanut laatuvaatimuksia täyteaineille ja tekonurmikentille. Jalkapallonurmeksi voidaan kutsua vain sellaisia pelialustoja, jotka ovat läpäisseet FIFA:n asettamat laboratorio- ja kenttätestit hyväksytysti ja saaneet FIFA-sertifikaatin (FIFA 2024).

FIFA:lla on kaksi eri sertifikaattia, joihin testattavat tuotteet voivat kuulua. Ensimmäinen on *FIFA Quality*, joka on tarkoitettu kentille, joiden dimensiot vaihtelevat. *FIFA Quality* ei ole lähtökohtaisesti tarkoitettu kansainvälisen tason kentille. Korkeampi sertifikaatti *FIFA Quality Pro* on taas tarkoitettu takaamaan parhaimmat mahdolliset peliolosuhteet kansainvälisen ammattitason jalkapallolle. Kenttien dimensiot on tarkasti määritelty. FIFA:n sertifikaatti ei itsessään tarkoita tuotteen hyväksyntää. (FIFA 2024)

Kuvassa 3 on esitelty FIFA:n vaatimat testit ja niiden dokumentoinnin vaiheet. Testit voi suorittaa vain FIFA:n akkreditoima testilaitos, joka vastaa laboratorio- ja kenttäkokeiden dokumentoinnista ja suorittamisesta (FIFA 2024).



Kuva 3. Neljä vaihetta FIFA-sertifikaatin saamiseksi. Muokattu lähteestä (FIFA 2024)

Ensimmäisessä vaiheessa tuotteen valmistaja tai lisenssinhaltija toimittaa tuotteen FIFA:n akkreditoimalle testilaitokselle, joka tekee sertifikaattiin vaadittavat laboratoriotestit. FIFA on määrännyt testit ja käytettävät testimenetelmät FIFA:n testausmenetelmien käsikirjassa. Testilaitos lähettää FIFA:lle täytetyn laboratoriotestiraportin, joka vahvistaa tuotteen täyttäneen FIFA:n laatuohjelman mukaiset laboratoriotestien vaatimukset. Tuotteen valmistajalle ilmoitetaan tuotteen olevan valmis asennettavaksi ja kelvollinen seuraavaan testausvaiheeseen, jos FIFA ja tuotteen valmistajat hyväksyvät lisenssisopimuksen. (FIFA 2024)

Toisessa vaiheessa tuote asennetaan kentälle kenttätestejä varten. Tuotteen materiaalikoostumuksen tulee olla samanlainen kuin aiemmassa vaiheessa tehtyjen laboratoriokokeiden aikana. Tuotteeseen tehdyistä mahdollisista muutoksista tulee ilmoittaa FIFA:lle. Lisäasiakirjat, kuten tuoteselostus ja menetelmäselostus on täytettävä viimeistään, kun lisenssinhaltija vahvistaa asennusprosessin. (FIFA 2024).

Kolmannessa vaiheessa tuotteen asennuksen jälkeen aloitetaan taulukossa 1 esitetyt kenttätestit. Tuotteen lisenssinhaltijan on pyydettävä FIFA:n kenttätestilaitokselta kenttätestien suorittamista. Pyyntö sisältää testattavan tuotteen tiedot, kuten tuoteselosteen ja menetelmäselostuksen. Suoritettavat testit on määrätty FIFA:n testausmenetelmien käsikirjassa. Lisäksi lisenssinhaltijan tulee ilmoittaa, minkä FIFA:n akkreditoiman testilaitoksen se on nimittänyt tehtävään. (FIFA 2024)

Testit suorittava FIFA:n akkreditoima testilaitos ottaa kentältä tekonurmi- ja täyteainenäytteitä, joilla varmistetaan tuotteen koostumuksen olevan sama kuin aiemmissa testeissä. Testit suoritetaan haettavan sertifikaatin mukaan joko *FIFA Quality* tai *FIFA Quality Pro* -tasolla. Testilaitos kirjaa kenttäkoe- ja laadunvalvontakokeiden tulokset FIFA:n kenttäraporttiin. Raportti tulee toimittaa FIFA:lle arvioitavaksi kolmen kuukauden kuluessa kenttätesteistä. (FIFA 2024)

Neljännessä vaiheessa FIFA myöntää tuotteelle asianmukaisen sertifikaatin, jos se on täyttänyt FIFA:n laatuohjelman mukaiset vaatimukset. *FIFA Quality* -sertifikaatti on voimassa kolme vuotta ja *FIFA Quality Pro* -sertifikaatti vuoden. Kenttätestien epäonnistuessa ilmoitetaan FIFA:lle. Kenttätestit voidaan uusia tehtyjen korjaustoimenpiteiden jälkeen. (FIFA 2024)

Taulukko 1*:* Kenttätestien vaatimukset *FIFA Quality* ja *FIFA Quality Pro* -sertifiointia varten. (FIFA 2024)

Property	Test method	Requirements			
		FIFA Quality Pro	Consistency	FIFA Quality	Consistency
Vertical ball rebound	FIFA Test Method 2024-01	0.60-0.85m	±5% relative	0.60-1.00m	±10% relative
Ball roll (length)	FIFA Test Method 2024-02	Initial 4.0-8.0m	±10% relative	Initial 4.0-10.0m	±15% relative
		Retests 4.0-8.0m	±10% relative	Retests 4.0-12.0m	±15% relative
Ball roll (deviation)	Visual	Straight ball roll		Straight ball roll	
Peak shock absorption	FIFA Test Method 2024-03	60-70%	±5% relative	60-75%	±10% relative
Peak deformation	FIFA Test Method 2024-04	≤15mm	±10% relative	≤16mm	±15% relative
Energy return	FIFA Test Method 2024-05	For information	±10% relative	For information	-
Peak torque	FIFA Test Method 2024-06	30-45Nm	±6% relative	25-50Nm	±10% relative
Torque at 10°	FIFA Test Method 2024-06	For information		For information	
Rotational shear stiffness	FIFA Test Method 2024-07	For information		For information	
Visual inspection	FIFA Test Method 2024-09	No defects hazardous to players and match officials and no installation defects listed in 5.11		No defects hazardous to players and match officials and no installation defects listed in 5.11	
Surface regularity of playing surface	FIFA Test Method 2024-08	<10mm	-	<10mm	-
Non-elongated free pile height	FIFA Test Method 2024-22	For information	-	For information	-
Infill depth	FIFA Test Method 2024-19	For information	-	For information	
Maintenance equipment inspection	Ball-roll ramp	Mandatory		Mandatory	-
	Brush	Mandatory		Mandatory	
	Tractor	Mandatory	-	Mandatory	
	Extra infill	Mandatory (if part of system)		Mandatory (if part of system)	
Minimising infill migration into the environment – field design	FIFA Test Method 2024-31	For information		For information	

5. TÄYTEAINEET

Jalkapallossa käytettävien tekonurmikenttien täyteaine on rakeista materiaalia (The Football Association 2010). Tekonurmikenttien kehittyessä myös täyteaineet alkoivat kehittyä vastaamaan luonnonnurmen ominaisuuksia. Ensimmäisen sukupolven tekonurmissa ei ollut lainkaan täyteainetta, mutta jo toisen sukupolven kentissä alkaen vuodesta 1978 alettiin käyttämään täyteaineena kvartsihiekkaa. Nykyisissä kolmannen sukupolven tekonurmissa käytetään synteettisiä täyteaineita, kuten kumirouhetta. (Tekonurmiopas 2011)

5.1 Perinteiset täyteaineet

Perinteisiä täyteaineita ovat EU:n mikromuovikieltoon asti käytössä olleet synteettiset eli keinotekoiset täyteaineet, jotka kielletään. Keinotekoiset täyteaineet sisältävät muovia ja niistä irtoaa ympäristöön mikromuoveja. Ensimmäinen synteettinen täyteaine SBR-kumirouhe ilmestyi markkinoille vuonna 1994 ja tämän jälkeen on markkinoille ilmestynyt muitakin täyteaineita, kuten EPDM, TPO ja TPE. (KG2021 2021)

5.1.1 Kumirouhe (SBR)

SBR-kumirouhe eli styreenibutadieenikumi (*Styrene-Butadiene-Rubber)* on vanhoista kuorma-autojen ja henkilöautojen renkaista rouhittua kierrätysmateriaalia. Vaikka yleisin SBR-kumirouheen alkuperä on käytetyt renkaat, valmistetaan sitä myös teollisuudessa syntyvistä kierrätyskumeista. Teollisuuden kierrätyskumeissa voi esiintyä haitallisia kemikaaleja ja raskasmetalleja. SBR-kumirouhe on Suomen suosituin tekonurmikenttien täyteaine. SBR-kumirouheen hyviä ja huonoja puolia on esitetty taulukossa 2. Kumirouheen vahvuuksia ovat hyvät tekniset ominaisuudet ja alhainen hinta verrattuna kilpaileviin tuotteisiin. Suomessa monet tekonurmikentät jäädytetään talvella jääkentiksi, ja SBR-kumirouhe kestää jäädytyksen muita täyteaineita paremmin. (Tekonurmiopas 2011)

Kumirouhe on väriltään mustaa ja sen raekoko on 0,5–2 mm. Tätä pienempää raekokoa tulee välttää sen tiivistymisen vuoksi. (Tekonurmiopas 2011) Rouhe valmistetaan joko leikkaamalla kumi pyörivillä veitsillä tai jäädyttämällä ja murskaamalla jäätynyt kumi. Molemmat tavat tuottavat testatusti laadukasta kumirouhetta. (The Football Association 2010).

Taulukko 2: SBR-kumirouheen hyviä ja huonoja puolia (Tekonurmiopas 2011)

Hyvät puolet	Huonot puolet
Edullinen hinta Hyvät jousto-ominaisuudet Hyvät peliominaisuudet Rouhe voidaan värjätä ja palosuojata Erinomainen UV-säteilynkesto Puhdistettuna voidaan kierrättää	Sitoo lämpöä ja voi kuumentua jopa 40–50 °C asteiseksi Teollisuuskumista valmistettu rouhe voi haurastua ja kovettua Ei suositella käytettäväksi sisätiloissa tai jalkapallohalleissa, sillä voi vaikuttaa haitallisesti sisäilman laatuun Voi tuottaa epämiellyttävää hajua Sisältää haitallisia aineita esimerkiksi PAH-yhdisteitä Paloherkkää ja palaessaan vapauttaa terveydelle vaarallisia kaasuja

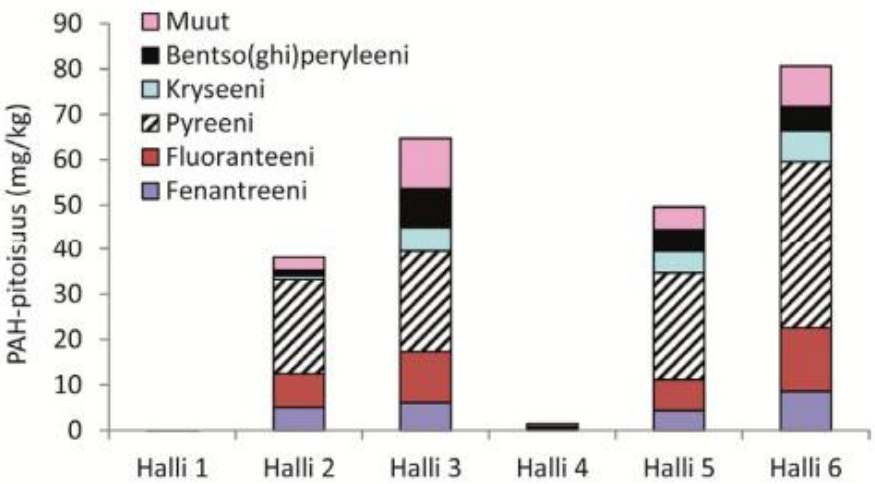
SBR-kumirouheella on todettu olevan haitallisia vaikutuksia sisäilmanlaatuun. Suomessa selvitettiin vuosina 2012–2014 tekonurmikenttien liittymistä jalkapallohallien sisäilmaongelmiin osana TekoNurmi -projektia. Sisäilmamittaukset toteutettiin yhteistyönä Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen ja Työterveyslaitoksen kanssa. Samalla tutkittiin täyteaineen ominaisuuksia. (RAP2015) Taulukossa 3 on esitetty perustiedot tutkimuksessa tarkastelluista jalkapallohalleista.

Taulukko 3: Tutkimukseen valittujen jalkapallohallien perustiedot (RAP2015)

Halli	**Rakennustyyppi**	**Tilavuus (m^3)**	**Rakennusvuosi**	**Rouhemateriaali**	**Ilmanvaihdon käyttö (h/vrk)**	**Harjaustiheys**
1	Kiinteä	132 150	2009	TPO	4 / 20[1]	1 / vko
2	Ylipaine	35 000	2011	SBR	24[2]	1 / 3–4 vko
3	Ylipaine	65 000	2007	SBR	24[2]	1 / kk
4	Kiinteä	105 700	2002	EPDM	16 / 8[1]	1 / vko
5	Kiinteä	72 800	2009	SBR	0 / 24[3]	1 /2–3 kk
6	Kiinteä	50 000	2996	SBR[4]	0 / 24[1]	1 / vko

[1]Aikaohjauksen lisäksi CO_2-pitoisuuteen perustuva ohjaus. [2]Jatkuva ylipaineinen (180–300 Pa) ilman, puhallus josta 60–90 % lämmitettyä ulkoilmaa. [3]Hallissa ei koneellista ilmanvaihtoa, pienitehoista ilmanvaihtoa muihin tiloihin menevien kanavien kautta. [4]Nurmi ja rouhe asennettu v. 2010

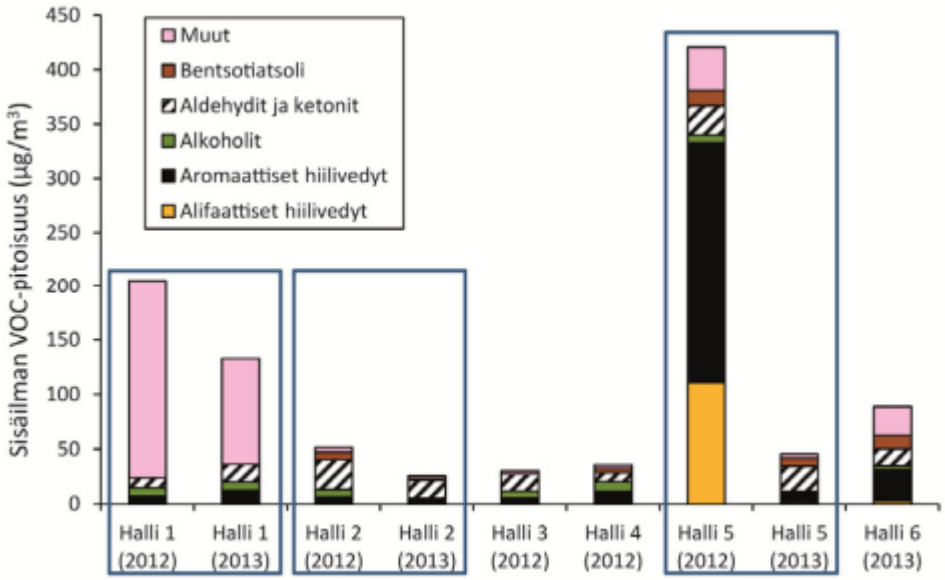
Jokaisen tutkittavan hallin kentästä kerättiin imuroimalla 3 kg:n näyte. Näytteistä selvitettiin syöpävaarallisten polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen eli PAH-yhdisteiden pitoisuudet ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) emissiot. (RAP2015) Tulokset on esitetty kuvissa 4 ja 5.



Kuva 4: Täyteaineen PAH-yhdisteiden pitoisuudet. Halleissa 2, 3, 5 ja 6 oli SBR-kumirouhe, hallissa 1 TPO-kumirouhe ja hallissa 4 EPDM-kumirouhe. (RAP2015)

Kuten kuvasta 4 nähdään, PAH-pitoisuudet olivat kohonneita halleissa, joissa oli käytetty SBR-kumirouhetta. Hallissa 1 käytetty TPO-kumirouhe ja hallissa 4 käytetty EPDM-kumirouhe eivät juurikaan sisältäneet PAH-yhdisteitä. Kumirouhe sisälsi tutkituista PAH-yhdisteistä eniten pyreeniä. (RAP2015) Tuloksia voidaan verrata esimerkiksi jäte luokittelussa käytettäviin pitoisuusrajoihin. Vaarallisten jätteiden raja-arvona ovat PAH-pitoisuus on 200 mg/kg ja pysyvän jätteen 40 mg/kg. (FINLEX 2013)

Kuvassa 5 on esitetty haituvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuudet. Kuten kuvasta 5 nähdään, hallien 1 ja 5 sisäilman VOC-yhdisteiden pitoisuudet erottuvat selkeästi joukosta. Vuosien 2012 mittauksien jälkeen hallien 1 ja 5 ilmanvaihtojärjestelyitä muutettiin, minkä vaikutus näkyy selkeästi seuraavan vuoden mittaustuloksissa: VOC-pitoisuudet ovat merkittävästi alentuneet etenkin hallissa 5. SBR-kumirouheen kohonneet PAH-pitoisuudet eivät näkyneet hallien ilman VOC-pitoisuuksissa ainakaan tutkimusajankohtana.



Kuva 5: Hallien sisäilman VOC-yhdisteiden pitoisuudet normaalin ilmanvaihtotilanteen aikana vuonna 2012 ja/tai 2013. Ryhmä 'Muut' sisältää terpeeni-, esteri-, laktoni-, halogeeni-, typpi-, fosfori- ja silikoniyhdisteitä sekä tunnistamattomia yhdisteitä. (RAP2015)

Tutkimuksessa toteutetut mittaukset vahvistivat kumirouheen negatiiviset vaikutukset hallien ilmanlaatuun. TekoNurmi-projektin perusteella annettiin hallien omistajille ja ylläpitäjille suosituksia, joilla sisäilmanlaatua voidaan parantaa. Tärkeimmiksi toimenpiteiksi ehdotettiin hallin ilmanvaihdon tehostamista ja SBR-kumirouheesta luopumista. (RAP2015)

5.1.2 EPDM-kumirouhe

Etyleenipropyleenidieenimonomeerikumi eli EPDM on teollisesti tuotettu polymeeri, jolla on elastisia ja kumimaisia ominaisuuksia. Tuote kestää hyvin lämpöä, säätä ja kemikaaleja. (TURI 2017) EPDM-kumirouhetta on aiemmin käytetty lasten leikkipaikkojen turva-alustoissa ja yleisurheilun kestopinnoitteena. (Tekonurmiopas 2011) Taulukossa 4 on esitetty tuotteen hyviä ja huonoja puolia.

Norjan rakennusinstituutti (NBI) tutki vuonna 2004 EPDM-kumin ja kierrätetyn kumirouheiden kemikaalipitoisuuksia. Tutkimuksessa havaittiin EPDM-kumin sisältävän kumirouheeseen verrattuna pienempiä pitoisuuksia vaarallisia aineita. EPDM-näytteet sisälsivät huomattavasti vähemmän syöpävaarallisia PAH-yhdisteitä (polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä), VOC-yhdisteitä (haihtuvia orgaanisia yhdisteitä) ja vaarallisia metalleja kromia ja sinkkiä lukuun ottamatta. (TURI 2017) Pienempien pitoisuuksien takia EPDM-kumirouhe soveltuu SBR-rouhetta paremmin jalkapallohalleihin (Tekonurmiopas 2011).

Taulukko 4: EPDM-kumirouheen hyvät ja huonot puolet (Tekonurmiopas 2011)

Hyvät puolet	Huonot puolet
Erittäin hyvät jousto-ominaisuudet Hitaampi lämmönsitominen SBR-kumiin verrattuna Hidastaa ja tukahduttaa tekonurmimaton mahdollista tulipaloa Sisältää SBR-kumia vähemmän haitallisia aineita Puhdistettuna voidaan kierrättää	Voi olla liian joustava ja heikentää kentän peliominaisuuksia Rouheen muodosta riippuen tiivistyminen mahdollista Korkea hankintahinta Voi tuottaa epämiellyttävää hajua Voi sisältää sinkkiä ja kromia

5.1.3 TPE ja TPO

Termoplastinen elastomeeri eli TPE on teollisesti tuotettu korkealaatuinen kumituoteperhe. TPE-kumit säilyttävät muotonsa venytyksen jälkeen eivätkä tarvitse kovettamista tai vulkanointia valmistuksen aikana. Vulkanointiprosessissa polymeeriin lisätään lisäaineita, jotka vahvistavat rakennetta muodostamalla ristikkäisiä sidoksia polymeeriketjujen välille. TPO kuuluu samaan kumituoteperheeseen kuin TPE, mutta siihen on lisätty valmistuksen aikana polyolefiiniä. (TURI 2017) Kumirouheet valmistetaan rouhimalla tai puristamalla muotoon (Tekonurmiopas 2011). Taulukossa 5 on esitetty materiaalien hyviä ja huonoja puolia.

Taulukko 5: TPE ja TPO -kumirouheen hyvät ja huonot puolet (Tekonurmiopas 2011)

Hyvät puolet	Huonot puolet
Hyvä UV-säteilynkesto, ei tiivisty tai kovetu Ei kuumene auringonvalossa Ei pala, hidastaa ja tukahduttaa tekonurmimaton palamista Sisältää pieniä määriä haitallisia aineita Puhdistettuna voidaan kierrättää	Voi olla liian joustava ja heikentää kentän peliominaisuuksia Korkea hankintahinta

5.2 Vaihtoehtoiset täyteaineet

Vaihtoehtoisia täyteaineita on markkinoilla jo useita, mutta ominaisuuksiltaan kumirouheen tasoista vaihtoehtoa ei ole vielä löydetty. Suurimpia ongelmia vaihtoehtoisissa täyteaineissa ovat korkeampi hankintahinta, huonommat tai erilaiset peliominaisuudet, heikompi säänkestävyys ja käyttökokemusten vähyys. Uusien

tekonurmikenttien rakennuskustannukset kasvavat, sillä vaihtoehtoisten täyteaineiden jousto-ominaisuudet eivät ole kumirouheen tasolla. Tästä syystä kentän alle täytyy rakentaa erillinen joustokerros. Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa on rakennettu useita pilottikenttiä, joissa testataan eri täyteaineita.

Vaihtoehtoisia täyteaineita valmistetaan erilaisista orgaanisista materiaaleista sekä biohajoavasta muoveista ja mineraaleista. Oliivinkivirouhe, puurouhe, maissintähkä, luonnonkorkki ja kookoskuitu ovat kaikki orgaanisia materiaaleja, joista on valmistettu täyteaineita. Esimerkiksi Saltex on kehittänyt useita vaihtoehtoisia tekonurmen täyteaineita. BioFill™ on valmistettu sokeriruosta ja on täysin biohajoava. BioFlex™ ja BioFlex Eco™ ovat päällystettyä hiekkaa. Polymeerin eli muovin määrä BioFlex™-tuoteperheessä on alle 1 %:n. Mikromuovikielto koskee vain tuotteita, joihin on lisätty yli 1 % polymeeriä. (Kauhala-Lundberg 2024)

5.2.1 Oliivinkivirouhe

Euroopan Unioni on maailman suurin oliiviöljyn valmistaja. Italia, Kreikka ja Espanja ovat Euroopan suurimmat oliivin kasvattajat ja oliivituotteiden valmistajat. Oliiveista valmistetaan öljyä ja säilykkeitä. Öljyn valmistuksessa oliiveista poistetaan kivet ennen puristamista, ja suurin osa markkinoilla olevista säilykkeistä on kivettömiä. Oliivinkivet ovat orgaaninen sivutuote, josta valmistetaan murskaamalla oliivinkivirouhetta. (LEROMA 2021) Taulukossa 6 on esitetty täyteaineen hyviä ja huonoja puolia.

Oliivinkivirouhetta on saatavilla pyöristettynä tai karkeana. Rouhe toimitetaan määritellyn raekoon seoksena. Oliivinkivirouhetta ei käytetä yksinään, vaan kentille lisätään myös hiekkaa, joka parantaa kentän ominaisuuksia. Oliivinkivirouhe ja hiekka eivät tarjoa kumirouheen vertaista kimmoisuutta, joten tekonurmen alle on asennettava joustokerros. (KG2021 2021)

Taulukko 6: Oliivinkivirouhetäyteaineen hyvät ja huonot puolet

Hyvät puolet	Huonot puolet
Oliiviteollisuuden sivutuote, joka voidaan hyötykäyttää (LEROMA 2021) Ei ole hygroskooppinen, eli ei ime vettä (KG2021 2021) Kestää hyvin lumiset olosuhteet (FIDRA 2021) Muita orgaanisia täyteaineita halvempi hinta (KG2021 2021)	Kumirouhetta heikommat jousto-ominaisuudet. Tarvitsee erillisen joustokerroksen (KG2021 2021). Asennuksen jälkeen tarvitsee muutaman viikon tiheämpää hoitoa asettuakseen (KG2021 2021). Tuntuu hyvin karkealta (KG2021 2021) Ei tietoa pitkäaikaisesta kulutus kestävyydestä (IVL 2025)

Norjassa on oliivinkivirouhetta asennettu muutamille pilottikentille. Kerätyt käyttökokemukset ovat olleet pääasiassa positiivisia. Kentät ovat toimineet hyvin myös vaikeissa sääolosuhteissa. Oliivinkivirouhe läpäisee veden, joten vesi ei jää kentän pinnalle, mikä mahdollistaa pelaamisen runsaiden sateiden aikana. Rouhe on toiminut hyvin myös lumisissa olosuhteissa, sillä kenttä pysyy pehmeänä ja kestävänä talviolosuhteissa. Kenttää on pystytty käyttämään aiempaa enemmän talvella. (FIDRA 2021)

Yhdellä pilottikentällä on esiintynyt ongelmia heti oliivikivirouheen asennuksen jälkeen. Rouhe on jäänyt liian pintaan ja aiheuttanut ensimmäisten viikkojen aikana hiertymiä ja rikkonut varusteita. Kentän harjausta lisäämällä ja kastelemalla täyteaine asettui lopulta halutulle syvyydelle nukan sisään. (FIDRA 2021)

5.2.2 Luonnonkorkki

Korkkitammen kuori eli korkki on nimitys tammen kuolleelle kuorelle. Korkki on täysin uusiutuva materiaali, sillä korkkia voidaan kuoria tammesta noin yhdeksän vuoden kuluttua uudestaan. Yli puolet maailman korkista tuotetaan Portugalissa. (Korkki24 n.d.) Taulukossa 7 on esitetty täyteaineen hyviä ja huonoja puolia.

Markkinoilla on kahta korkkia sisältävää täyteainetta. Toinen täyteaine on valmistettu korkin ja kookoskuidun sekoituksesta, ja toinen on valmistettu pelkästään korkista. Korkista valmistettuja täyteaineita on jo laajasti käytössä erityisesti Etelä-Euroopassa. (KG2021 2021)

Täyteaineen valmistajan mukaan korkki tarjoaa hyvät jousto-ominaisuudet ja iskunvaimennuksen tekonurmelle. Korkkitäyteaineen suurin vahvuus on korkin pieni lämmönjohtavuus. Kenttää ei tarvitse kastella sen viileänä pitämiseksi, mikä lisää käyttömukavuutta. Valmistajan mukaan korkkitäyteaine laskee pelipinnan lämpötilaa noin 30 % muihin ratkaisuihin verrattuna. Korkista valmistettua täyteainetta on kokeiltu ensimmäisen kerran vuonna 2006. (Amorim n.d.)

Taulukko 7: Luonnonkorkista valmistetun täyteaineen hyvät ja huonot puolet

Hyvät puolet	Huonot puolet
Luonnollinen, uudelleenkäytettävä ja kierrätettävä (Kauhala-Lundberg 2021) Pieni lämmönjohtavuus (Korkki 2024) Hyvät jousto- ja iskunvaimennus ominaisuudet (KG2021 2021) Paloturvallinen (Korkki 2024)	Vettä kevyempää (KG2021 2021) Alhainen kulutuskestävyys (KG2021 2021) Täytyy uusia noin kolmen vuoden välein (IVL 2025) Rajoitettu saatavuus hitaan uudistumisen vuoksi (KG2021 2021)

Norjassa Oslon Nordre Åsenin ja Sukkevann Kristiansandin kentille asennettiin korkki- ja kookostäyteaine kumirouheen tilalla vuonna 2021. Vuoden 2022 kesällä ja syksyllä alueilla sattui useita rankkasateita, jotka huuhtoivat kenttien täyteaineet mukanaan. Korkki on vettä kevyempää, joten se nousee veden mukana kentän pinnalta ja kulkeutuu kentän ulkopuolelle. Kentät olivat osa Norjan jalkapalloliiton tukemaa KG2021-tutkimusta. Tutkimuksessa todettiin kenttien kuivatusjärjestelmien olevan alimitoitettuja sateiden määrille. Ilmastonmuutoksen seurauksena hulevesimäärien laskennassa käytetyt sademäärien normaaliarvot ylittyvät yhä useammin. (KG2021 2021)

5.2.3 Puurouhe

Puusta valmistettuja täyteaineita on markkinoilla monia erilaisia. Yleisesti täyteaineena käytetty puurouhe valmistetaan yhdysvaltalaisesta keltamännystä. Puurouheen suurin maahantuoja Suomessa on Lappset Oy. Lappsetin (2021) mukaan suomalaisesta männystä valmistettu puurouhe ei ole tarpeeksi kovaa täyttääkseen täyteaineelta vaadittavat ominaisuudet. Puurouheen valmistus on 11–15 vaiheinen tuotantoprosessi, jossa puuta mm. rummutetaan ja lämpökäsitellään (Forest News 2022). Norjassa on kokeilussa koivusta valmistetut puupelletit, jotka on kyllästetty suolalla (KG2021 2021). Taulukossa 8 on esitetty täyteaineen hyviä ja huonoja puolia.

Taulukko 8: Puurouhetäyteaineen hyvät ja huonot puolet

Hyvät puolet	Huonot puolet
Viileä, ei tarvitse kastelua (Lappset 2021) Matalat kitka-arvot (Lappset 2021) Matala roiskearvo (Lappset 2021) Hyvä vedenläpäisevyys (Lappset 2021)	Jäätyy talvella Pelaajien kaatuessa terävät tikut voivat aiheuttaa ruhjeita ja haavoja (Kauhala-Lundberg 2024) Valmistettu Euroopan ulkopuolella (Kauhala-Lundberg 2024)

Lappsetin mukaan (2021) puurouhe tuotti laboratoriotesteissä pienemmän ihon ja alustan välisen kitka-arvon kuin korkki tai kumirouhe. Tämä vähentää kitkan aiheuttamia palovammoja. Puurouhe ei vaadi kastelua kentän viileänä pitämiseksi, vaan se varastoi kosteutta ja vapauttaa kosteuden hitaasti auttaen kenttää pysymään viileänä. (Lappset 2021)

Kauhala-Lundbergin opinnäytetyössä tehtiin kysely, jossa kysyttiin, ovatko vaihtoehtoiset täyteaineet aiheuttaneet enemmän loukkaantumisia. Noin 44 % vastaajista oli sitä mieltä, että vaihtoehtoiset täyteaineet ovat aiheuttaneet enemmän

loukkaantumisia. Vastauksissa on mainittu puurouheen tikkuuntumisen aiheuttaneen haavoja ja ruhjeita.

Puurouhe ei sovellu ympärivuotiseen käyttöön ulkona. Puurouhe imee vettä itseensä ja jäätyessään muuttuu pelikelvottomaksi (KG2021 2021). Sateiden aikana vesi imeytyy rouheeseen ja rouhe muuttuu painavammaksi eikä kulkeudu veden mukana. Lappset lupaa tuotteelleen 10 vuoden takuun (Lappset 2021).

5.2.4 Maissi

Maissista valmistettu täyteaine on tehty maissintähkän puumaisesta keskiosasta, johon jyvät kiinnittyvät. Täyteaine valmistetaan makeasta maissista, jota kasvaa pääasiassa Ranskassa. Maissirouhe tuotetaankin tällä hetkellä Ranskassa ja Hollannissa. Maissin ominaispaino on suurempi kuin korkin, joten se ei kulkeudu sadevesien mukana. Maissirouhe kestää kulutusta korkkia paremmin. (Oldenkotte 2022) Taulukossa 9 on esitetty täyteaineen hyviä ja huonoja puolia.

Täyteaineen valmistajan mukaan maissi ei houkuttele eläimiä. Vain märehtijät syövät kovia maissintähkiä, ja linnut ja jyrsijät pitävät tuotetta liian kovana. (Oldenkotte 2022)

Tekonurmikenttiin erikoistunut yritys Greenfields markkinoi täyteaineeksi maissin ja korkin yhdistelmää. Korkki tarjoaa iskunvaimennuksen ja maissi tekee täyteaineesta raskaampaa, jolloin se kelluu vähemmän. Maissi turpoaa ollessaan veden kanssa kosketuksissa ja pidättää siten vettä. Turpoaminen vähentää maissin pakkautumista kentän pohjalle. (Oldenkotte 2022) Maissin palonkestävyydestä ei ole tehty tutkimuksia, joten sitä ei suositella käytettäväksi sisätiloissa (Kauhala-Lundberg 2024).

Taulukko 9: Maissi- ja maissi-korkkiseostäyteaineen hyvät ja huonot puolet

Hyvät puolet	Huonot puolet
Viilentää kastelun jälkeen tekonurmea (Oldenkotte 2022) Täyteainetta riittää ohut kerros (Oldenkotte 2025) Imee itseensä vettä (Kauhala-Lundberg 2024)	Pelituntuma kova (Kekäläinen 2025) Ei tietoa palonkestävyydestä (KG2021 2021) Kentän peliominaisuudet muuttuvat maissin turvotessa (Kauhala-Lundberg 2024)

5.2.5 BioFill™

Suomalainen Saltex Oy on erikoistunut liikuntapaikkarakenteiden valmistukseen Alajärvellä. Vuonna 2015 suomalainen Saltex ja ruotsalainen Unisportin yhdistyivät. Saltex on kehittänyt useita vaihtoehtoisia täyteaineita tekonurmikentille. (STT-info 2025)

BioFill™ on Saltexin teollisesti valmistama orgaaninen täyteaine. BioFill™ on valmistettu ruokosokerista tai biohajoavasta muovista Hollannissa. Täyteaine on täysin luonnonmukainen ja se voidaan kompostoida elinkaarensa lopuksi. BioFill™-täyteainetta käytetään tällä hetkellä lähinnä ulkokentillä, mutta se soveltuu myös sisähalleihin. Täyteaine on kumirouhetta viileämpi ja se on paloturvallisuustestauksissa luokiteltu B-luokkaan. (Kauhala-Lundberg 2024) Paloluokitus B tarkoittaa materiaalin osallistuvan paloon hyvin rajoitetusti, eli se on vaikeasti syttyvää, mutta ei palamatonta. (Talotekniikka info 2021) Taulukossa 10 on esitetty täyteaineen hyviä ja huonoja puolia.

BioFill™ on osa FIFA:n hyväksymää *Saltex Legacy*™ -tekonurmirakennetta, johon kuuluvat joustokerros, tekonurmi ja täyteaine. BioFill™ tarvitsee alleen joustokerroksen ja stabiloivan täyteaineen, kuten hiekan tarjotakseen optimaalisen pelituntuman. (Saltex BioFill n.d.)

Taulukko 10*:* BioFill™ täyteaineen hyvät ja huonot puolet

Hyvät puolet	Huonot puolet
Täysin orgaaninen ja biohajoava (Saltex BioFill n.d.) Ei pölyä (Saltex BioFill n.d.) Kumirouhetta viileämpi (Kauhala-Lundberg 2024) Paloturvallinen (Kauhala-Lundberg 2024)	Tarvitsee joustokerroksen (Saltex BioFill n.d.) Kevyt, irtotiheys 200 kg/m^3 ; kulkeutuu veden mukana (Unisport 2018)

5.2.6 BioFlex™ ja BioFlex Eco™

Saltex toimittaa BioFill™-täyteaineen lisäksi BioFlex™ ja BioFlex Eco™ -täyteaineita Pohjoismaiden markkinoille. BioFlex™ nimellä kulkevat täyteaineet tuotetaan samassa tehtaassa Hollannissa kuin BioFill™. BioFlex™ on polymeerillä päällystettyä hiekkaa. Hiekkaa on vähintään 98 %. Hiekkarakeiden pinta on tasoitettu polymeerillä eikä ole kokonaan pinnoitettu. Pienen polymeerimäärän takia BioFlex™ täyttää EU:n asettamat mikromuovirajoitukset. (Saltex BioFlex n.d.) Alkujaan polymeerillä tasoitettu hiekka on kehitetty öljyteollisuudelle, joka tarvitsi hiekalle vähemmän pumppu- ja putkijärjestelmiä kuluttavan vaihtoehdon (KG2021 2021). Taulukossa 11 on esitetty täyteaineen hyviä ja huonoja puolia.

BioFlex™ on painavaa, sen irtotiheys on 1 200 kg/m^3, joten tuote on suunniteltu käytettäväksi ilman stabiloivaa täyteainetta. Painonsa vuoksi täyteaineen kulkeutuminen kentän ulkopuolelle on vähäistä normaaleissa olosuhteissa ja sen

roiskearvot ovat alhaiset. (Saltex BioFlex n.d.) BioFlex™ käyttäytyy roisketestissä kumirouhetta paremmin, kuten kuva 6 osoittaa. Saltex BioFlex-tuotteet vähentävät roisketta vähintään 70 % (Saltex BioFlex n.d., Saltex BioFlex Eco n.d.).

Kuva 6: Vasemmalla SBR-kumirouheen käyttäytyminen ja oikealla BioFlex™-täyteaineen käyttäytyminen roisketestissä (Unisport 2020)

Mineraalit on päällystetty matalatiheyksisellä LDPE-polymeerillä. LDPE on hyvin pehmeää ja sen kulutuskestävyys on alhainen. Tämän takia BioFlex™-tuotteen on havaittu pölyävän huomattavasti, joten sen käyttöä sisähalleissa ei suositella. Tuotteen kierrätettävyydestä on ristiriitaista tietoa. (KG2021 2021)

BioFlex Eco™ on ympäristöystävällisempi vaihtoehto, jossa mineraali on pinnoitettu biohajoavalla selluloosapohjaisella pinnoitteella. BioFlex Eco™ -tuotteella on samat ominaisuudet kuin BioFlex™-täyteaineella, ja se soveltuu hyvin lämmitetyille tai jäädytettäville kentille, sillä tuote johtaa hyvin lämpöä. (Saltex BioFlex Eco n.d.)

Taulukko 11: BioFlex™ ja BioFlex Eco™ täyteaineiden hyvät ja huonot puolet

Hyvät puolet	Huonot puolet
Hyvä lämmönjohtavuus Eco-tuotteella (Saltex BioFlex Eco n.d.)	BioFlex™ pölyää sisätiloissa (KG2021 2021)
Painavaa, ei kulkeudu veden mukana (Saltex BioFlex n.d.)	Täyteaineen kierrätettävyys epäselvää (KG2021 2021)
Ei tarvitse stabiloivaa täyteainetta (Saltex BioFlex n.d.)	Korkea hinta

6. TÄYTEAINEET POHJOISMAISSA

Pohjoismaiset sääolosuhteet ovat hyvin vaihtelevat. Tekonurmet ovat käytössä vuoden ympäri lämmitettyinä, jäädytettyinä tai aurattuina. Kumirouhe säilyttää peliominaisuutensa kaikissa näissä olosuhteissa. Säänkestävän korvaavan täyteaineen kehittäminen on vielä kesken. Norjassa ja Ruotsissa on rakennettu pilottikenttiä vuodesta 2019 lähtien, tulosten ollessa vaihtelevia. Suomessa vaihtoehtoisia täyteaineita on käytetty vasta muutamia vuosia eikä pitkän aikavälin tutkimustietoa ole saatavilla. Aiheesta on tehty muutamia opinnäytetöitä, joissa on kerätty kyselyillä kokemuksia vaihtoehtoisista täyteaineista.

6.1 Suomi

Suomessa ei olla vielä tehty kattavia raportteja tai selvityksiä vaihtoehtoisista täyteaineista eikä pitkän aikavälin dataa ole saatavilla. Kumirouheen vaikutuksista sisäilmaan ja sen leviämisestä tekonurmikenttien ulkopuolelle on tehty TEKONURMI-nimellä kulkeva tutkimus. TEKONURMI-hanke toteutettiin vuosina 2019–2021. Hanke keskittyi kumirouheen leviämiseen ja sen hallintaan (Lagerström 2024).

Suomessa on jo käytössä useita kumirouheen korvaajia, kuten puurouhe, Saltexin kehittämä BioFlex™ ja BioFill™, oliivinkivirouhe ja maissirouhe. Aiheesta on valmistunut kaksi AMK-opinnäytetyötä vuonna 2024. Tytti Kauhala-Lundbergin opinnäytetyössä tehtiin kysely, jolla kartoitettiin käyttökokemuksia ammatti- ja harrastejalkapalloilijoilta, Suomen Palloliiton edustajilta sekä tekonurmikenttien asiantuntijoilta. Kyselyyn vastasi 55 henkilöä, joista noin puolet oli seuratoimijoita, 10 % kentänhoitajia ja noin 40 % pelaajia. Vastaajilla oli eniten kokemusta BioFill™ ja BioFlex™ -tuotteista sekä puurouheesta. Käyttökokemuksia oli myös oliivinkivirouheesta ja luonnonkorkista. (Kauhala-Lundberg 2024)

Seuratoimijat ovat arvioineet parhaaksi täyteaineeksi BioFill™ ja BioFlex™ -tuotteet, jotka on koettu pehmeämmiksi ja hienorakeisemmiksi kuin muut täyteaineet. Seuratoimijoiden tyytyväisyys uusiin täyteaineisiin oli asteikolla 1 (huono) – 5 (erinomainen) hieman alle kolmen. Vastaajista noin 60 % oli sitä mieltä, että vaihtoehtoiset täyteaineet aiheuttavat kumirouhetta enemmän loukkaantumisia. Täyteaineet aiheuttavat pelaajille kaatumistilanteissa herkemmin naarmuja ja haavoja. Vaihtoehtoinen täyteaine koetaan yleisesti kumirouhetta kovemmaksi. Erityisesti puurouhe muuttuu pakkasella jäätyessään liukkaaksi, mikä kasvattaa

loukkaantumisriskiä. Seuratoimijoiden kokemusten perusteella yksittäisiä vastaajia lukuun ottamatta vaihtoehtoiset BioFill™ ja BioFlex™ -tuotteet eivät aiheuttaneet kohonnutta loukkaantumisriskiä. (Kauhala-Lundberg 2024)

Kyselyyn vastanneilla **pelaajilla** oli kokemusta lähinnä puurouheesta. Tyytyväisyyskyselyn mukaan pelaajat pitivät kumirouhetta vaihtoehtoisia täyteaineita parempana vaihtoehtona. Puurouhe sai pelaajilta eniten negatiivista palautetta. Kyselyn mukaan puurouhe aiheuttaa pelaajille kaatumistilanteissa runsaasti naarmuja. Erityisesti lapset ovat kokeneet puurouheen kovaksi, joten he pelkäävät kaatumista kentällä. (Kauhala-Lundberg 2024)

Kookoskuiturouheesta pelaajat olivat antaneet positiivista palautetta. Kuumalla ilmalla kenttä kasteltiin ennen pelin alkamista ja puoliajalla, jotta kenttä pysyi viileänä. Tässä tilanteessa kentän peliolosuhteet koettiin lähes luonnonnurmen kaltaisiksi ja kumirouhetta luonnollisemmiksi. (Kauhala-Lundberg 2024).

6.2 Norja

Norjassa on toteutettu useita tutkimuksia ja selvityksiä liittyen vaihtoehtoisten täyteaineiden ominaisuuksiin ja vaikutuksiin tekonurmikentillä. Norjan jalkapalloliitto NFF (*Norges Fotballforbund*) on tilannut useita selvityksiä liittyen uusien täyteaineiden kustannuksiin ja ympäristövaikutuksiin. Norjassa on selkeästi panostettu vaihtoehtoisiin täyteaineisiin ja niiden käyttöönotto on aloitettu jo vuonna 2017 (KG2021 2021).

Tässä luvussa tarkastellaan KG2021-tekonurmiprojektia, jota varten Norjassa rakennettiin kuusi pilottikenttää Keski- ja Etelä-Norjaan. Projekti on neljän läänin, Akershusin, Østfoldin, Hordalandin ja Trøndelagin sekä Norjan jalkapalloliiton yhteisprojekti. Hankkeen akateemisista näkökulmista vastaa Norjan teknis-luonnontieteellinen-yliopisto NTNU (*Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet*). Projekti aloitettiin vuonna 2017 ja kesti viisi vuotta. Pilottikenttien tavoitteena oli rakentaa tekonurmipintoja, joilla voidaan vähentää mikromuovin leviämistä tekonurmikentiltä yli 80 %, vähentää synteettisten materiaalien määrää yli 85 %, vähentää raskasmetallipäästöjä yli 90 %, saavuttaa yli 60 % kierrätysaste ja parantaa tekonurmien käyttöikää. (KG2021 2021)

Taulukossa 12 on esitetty kaikkien kuuden pilottikenttien tekonurmirakenteissa käytetyt materiaalit. Pilottikentän 3 tapauksessa tekonurmirakenteet olivat lähes samanlaiset ulko- ja sisäkentillä, joten ne on esitetty yhdessä. Taulukosta nähdään kaikkien pilottikenttien käyttäneen Alveon tai Trocellen ohuita joustokerroksia. Poikkeuksena on pilotti kenttä 3, jossa joustokerroksesta tehtiin paksumpi käyttäjien antaman palautteen

perusteella. Pilottikenttien nukkalangat olivat Fildturfin, Tiscan ja Limontan valmistamia. Pilottikentillä 4 ja 5 on käytetty Tiscan täyteaineetonta tekonurmirakennetta, jossa on kahden pituista nukkalankaa. Pilottikentällä 6 on käytetty huomattavasti pidempää 45 mm nukkalankaa alhaisella tiheydellä. (KG2021 2021)

Taulukko 12: KG2021-tekonurmiprojektin pilottikenttien materiaalitiedot (KG2021 2021)

Pilottikenttä (Rakennusvuosi)	**Joustokerros**	**Tekonurmimatto**	**Täyteaine**
1 (2018)	12 mm Alveo	32 mm Fieldturf Ultra HD fiber, 2 560 g/m^2	Stabiloiva hiekkakerros, myöhemmin lisätty oliivinkivirouhetta
2 (2018)	12 mm Alveo	32 mm Fieldturf Ultra HD fiber, 2 560 g/m^2	Stabiloiva hiekkakerros
3 (2018)	12 mm Alveo, myöhemmin 30 mm	32 mm Fieldturf Ultra HD fiber, 2 560 g/m^2	Stabiloiva hiekkakerros 13 kg/m^2, myöhemmin lisätty oliivinkivirouhetta 1,5 kg/m^2
4 (?)	10 mm Trocellen XC5010	36 mm Tisca S9 Revolution PE/PA + PA kiharrettu, 2 810 g/m^2	Ilman täyteainetta, myöhemmin lisätty hiekkaa
5 (?)	6 mm Trocellen 9008 XC	36 mm Tisca S9 Revolution PE/PA + PA kiharrettu, 2 810 g/m^2	Ilman täyteainetta
6 (?)	10 mm Trocellen XC5010	45 mm Limonta Duo Shape P+45, 1 160 g/m^2	Stabiloiva hiekkakerros 20 kg/m^2 ja Geo+ korkki-kookossekoitus

Projektin **ensimmäinen pilottikenttä** rakennettiin vuonna 2018 Råden kuntaan Østfoldin lääniin. Tekonurmi rakennettiin ilman suorituskykyä parantavaa täyteainekerrosta, mutta tekonurmessa oli stabiloiva hiekkakerros. Kentän alle tuli 12 mm paksuinen vaimennusmatto. Tekonurmen nukkalangalla oli suuri kuitupaino (2 560 g/m^2). Kenttä todettiin kuitenkin pelaajien toimesta liian liukkaaksi, joten kentälle lisättiin oliivinkivirouhetta täyteaineeksi (1–2 kg/m^2). Täyteaineen lisäyksen jälkeen kenttä täytti kaikki sille asetetut vaatimukset.

Ajan kuluessa pilottikentän hiekka ja täyteaine alkoivat tiivistyä, minkä seurauksena kentän iskunvaimennuskyky ja peliominaisuudet heikkenivät. Ongelmat saatiin korjattua tehostamalla kentän hoitoa ja seurantaa. Ensimmäisen pilottikentän kokemusten perusteella on kehitetty toimivampia kokonaisuuksia käyttäen

oliivinkivirouhetta. Suurin muutos myöhemmin rakennetuissa kentissä on ollut vaimennusmatto paksuntaminen 12 mm:stä 30 mm:iin. Tästä on tullut standardiratkaisu monille Norjan kentille. (KG2021 2021)

Projektin **toinen pilottikenttä** rakennettiin Gressvikkiin Fredrikstadin kuntaan Østfoldin lääniin. Kenttä rakennettiin samalla konseptilla kuin Råden kenttä, eli ohuella joustokerroksella ilman täyteainetta. Molemmat kentät kärsivät samoista ongelmista. Senioripelaajat kommentoivat kentän olevan kova ja liukas. Kentälle lisättiin vuonna 2020 oliivinkivirouhetta täyteaineeksi. Täyteaine tiivistyi ajan kuluessa ja kentän peliominaisuudet heikkenivät. Kaksi parametriä ei pysynyt pohjoismaisten ohjeiden asettamissa rajoissa; pallon vierimisvastus heikkeni ja pallon vieriminen nopeutui. Pohjoismaisilla ohjeilla viitataan Norjassa käytettävään eurooppalaisen EN 15330 standardin ja FIFA:n asettamien kenttätestivaatimuksien yhdistettyyn hybridimalliin. Kentällä päädyttiin samoihin johtopäätöksiin kuin ensimmäisellä pilottikentällä: kentän hoidon lisääminen ja paksumpi joustokerros estäisivät syntyneet ongelmat. (KG2021 2021)

Projektin **kolmannet pilottikentät** rakennettiin Flatås IL -jalkapalloseuralle Trondheimin kuntaan vuonna 2018. Kenttiä on kaksi, joista toinen rakennettiin jalkapallohalliin ja toinen hallin viereen ulkokentäksi. Hallia käytetään päivisin lähikoulujen liikuntatunneilla ja ulkokenttä on päivisin vapaassa käytössä. Kentät rakennettiin samalla periaatteilla kuin ensimmäinen ja toinen pilottikenttä: rakenteessa oli ohut vaimennusmatto painavalla kuidulla ilman täyteainetta. Syksyllä 2019 molempiin tekonurmiin päätettiin vaihtaa paksumpi vaimennusmatto, koska senioripelaajat kokivat alustan kovaksi ja liukkaaksi. Kenttiin lisättiin myös oliivinkivirouhetta täyteaineeksi. Jalkapallohalliin tuli SBR-kumista valettu 30 mm joustokerros. Ulkokentälle vaimennusmatto valmistettiin EPDM-kumista. Perusteluina SBR-kumin käytölle oli, että sisätiloissa vaimennusmatto ei ole alttiina ympäristönvaikutuksille, eivätkä pelaajat ole suorassa kontaktissa, joten SBR katsottiin hyväksyttäväksi materiaaliksi. Ulkokenttä on ympärivuotisessa käytössä, joten sen joustokerros päätettiin valmistaa kierrätetystä EPDM:stä. Samalla ulkokentän salaojitus ja kantava kerros uusittiin. (KG2021 2021)

Vaimennusmaton lisäyksen jälkeen ainoa merkittävä muutos on iskunvaimennuskyvyn huomattava parantuminen, muut mittausarvot pysyivät samalla tasolla. Ulkokenttä on testien mukaan hieman jalkapallohallin kenttää pehmeämpi, mikä saattaa johtua EPDM on SBR-kumia pehmeämpää. Koska koulu käyttää jalkapallohallia liikuntatunneilla, pelataan tekonurmella paljon lenkkitossuilla, minkä on todettu tiivistävän tekonurmea. Kenttien testitulosten pysyminen samalla tasolla kuitenkin osoittaa, että kenttien välillä

ei ole havaittavissa suuria eroja kulumisessa. Selityksenä on todennäköisesti nukkalangan korkea kuitupaino ja kahden eripituisen kuitulangan käyttö. Pystysuora kuitu ja alla oleva teksturoitu kuitu luovat tilavuutta sekä pitävät alaosan vakaana järjestelmän alaosassa. Tekonurmirakenne on todettu toimivaksi monilajikäyttöön hyvän kulutuskestävyyden ja vähäisen ylläpitotarpeen vuoksi. (KG2021 2021)

Projektin **neljäs pilottikenttä** rakennettiin Øvrevoll-Hosle 7 ja Haslum IL -seuroille Bærumin kuntaan. Tekonurmi rakennettiin ohuella 10 mm joustokerroksella, pitkällä nurmella ja ilman täyteainetta. Kenttä oli ensimmäinen Norjassa puhtaasti urheilullisiin tarkoituksiin ilman täyteainetta asennettu tekonurmikenttä. Kenttä ei ole FIFA:n hyväksymä, mutta se on sertifioitu eurooppalaisen EN 15330 tekonurmistandardin mukaan ja siten hyväksytty Norjassa. (KG2021 2021)

Rakentamisen jälkeen kenttätestien mukaan tekonurmen ja jalkapallokengän välinen kiertovastusarvot olivat huonoja, mutta kentän käyttäjäryhmistä lapset ja nuoret antoivat tekonurmesta positiivista palautetta. Norjan jalkapalloliitto pyysi Haslum IL -seuraa lisäämään kenttään hiekkaa, mikä paransi kiertovastusarvoja hyväksytylle tasolle, mutta käyttäjien antama palaute heikkeni. Hiekan määrää kentässä vähennettiin käyttäjien antaman palautteen mukaan. Kokemukset osoittivat, että kentän rakenne toimii tyydyttävästi urheiluseurakäytössä, vaikka kentän testiarvot ovat olleet vaihtelevia. Viimeisen kahden vuoden aikana kiertovastusarvot eivät ole täyttäneet standardien vaatimuksia ja kenttä on kovettunut lisätyn hiekan tiivistyessä. Tekonurmea, jossa on korkea kuitutiheys ja hiekkaa, voi olla haastava ylläpitää, joten suositellaan muutoksia huoltorutiineihin, -väleihin ja -laitteisiin. (KG2021 2021)

Projektin **viides pilottikenttä** rakennettiin Egge-seuralle Steinkjerin kuntaan. Kenttäkatselmuksien jälkeen sveitsiläinen Tisca valittiin tekonurmen toimittajaksi. Toimittaja on sama kuin pilottikenttä nelosessa. Kokemukset tekonurmen rakenteesta olivat samanlaisia kuin neljännellä pilottikentällä: kiertoliikkeenvastusarvoissa ja nurmen liukkaudessa oli ongelmia. Nämä heikkoudet kuitenkin korjaantuivat kentän käytön myötä. Tekonurmi ilman täyteainetta edellyttää pidempitappisia jalkapallokenkiä pidon löytämiseksi. Tavalliset tekonurminappulakengät voivat olla osoittautua kentällä liian liukkaiksi. (KG2021 2021)

Projektin **kuudes pilottikenttä** rakennettiin Kråkerøyhin Fredikstadin kuntaan. Kaupungin jalkapallojoukkue pelaa 4. divisioonassa, mutta tavoittelee nousua korkeampaan divisioonaan. Kentän tulee olla *FIFA Quality Pro* -sertifioitu, sillä tämä on Norjan 3. divisioonan vaatimus. Kenttä ei ole talvikäytössä. Tekonurmelle rakennettiin ohut joustokerros ja täyteaineeksi valittiin Limontan tuote Geo+, joka on korkin ja

kookoksen sekoitus. Täyteaine vaati alleen stabiloivan kerroksen hiekkaa. (KG2021 2021)

Kentän on todettu toimivan tyydyttävästi jalkapalloseuran käytössä. Lähikoulut eivät käytä kenttää, jotta vältyttäisiin täyteaineen tiivistymiseltä ja nukkalangan taittumiselta. Kahden käyttövuoden jälkeen kenttä täyttää sekä pohjoismaisen ohjeen että *FIFA Quality* -vaatimukset. Kenttää on käytetty referenssinä 25 tekonurmikentälle Etelä-Norjassa. Osa kentistä on lämmitettyjä ja käytössä vuoden ympäri.

Taulukossa 13 on esitetty pilottikenttien tyytyväisyyskyselyiden tulokset. Käyttäjät ovat selvästi tyytyväisempiä kenttään, jossa on korkki-kookostäyteainetta. Kenttiin, joissa oli käytetty hiekkaa ja oliivinkivirouhetta oltiin selkeästi tyytymättömämpiä. Pelaajilta saatujen palautteiden perusteella hiekan määrää lisättiin oliivinkivirouheen sekaan. Hiekan lisäämisen jälkeen ei valitettavasti toteutettu uutta kyselyä. Todennäköisesti pelaajat olisivat olleet tyytyväisempiä muokattuihin kenttiin. Täyteaineettomaan kenttään oltiin yllättäen todennäköisesti pienen otannan vuoksi tyytyväisiä. (KG2021 2021)

Taulukko 13: Pilottikenttien tyytyväisyyskyselyn tulokset eri täyteainevaihtoehdoilla. Prosentti ilmaisee vaihtoehdon valinneiden osuutta vastaajista. Muokattu lähteestä (KG2021 2021)

Täyteaine	**Vastaajien määrä**	**Tyytymätön** (%)	**Neutraali** (%)	**Tyytyväinen** (%)
Hiekka + oliivinkivirouhe	53	30,2	26,4	43,4
Korkki-kookoskuitu	29	17,2	13,8	69,4
Ei täyteainetta	11	9,1	9,1	81,8

KG2021-raportin perusteella täyteaineettomia tekonurmia on rakennettu Norjassa, mutta lopulta niihin on täytynyt lisätä suorituskykyä parantava täyteainekerros. Pilottikentissä on suosittu oliivinkivirouhetta ja hiekkaa. Kuudennen pilottikentän mukaisesti rakennetuilla kentillä on käytössä korkki-kookossekoitusta, joka on rakennusajankohtana todettu toimivaksi ratkaisuksi. Vuoden 2022 aikana rankkasateet olivat kuljettaneet korkista, kookoksesta ja puupelleteistä valmistettuja täyteaineita kenttien ulkopuolelle. Vettä kevyemmät täyteaineet ovat osoittautuneet erityisen ongelmallisiksi. (KG2021 2021)

Raportissa painotetaan tekonurmikentän olevan kokonaisuus, jossa kaikki kentän osat tulee huomioida. Kumirouhe pystyi yksin hoitamaan joustokerroksen, täyteaineen ja

osan tekonurmimaton tehtävistä, mutta seuraavan sukupolven tekonurmiin tarvitaan useampia materiaaleja saavuttamaan samat toiminnalliset ominaisuudet. (KG2021 2021)

6.3 Ruotsi

Ruotsissa on toteutettu useita selvityksiä kumirouheen haitoista ja ympäristövaikutuksista. Solnan kunnassa rakennettiin vuonna 2021 neljä pientä testikenttää vaihtoehtoisilla täyteaineilla. Testikenttiä tarkkailtiin 12 kuukauden ajan. Tänä aikana testikentille tehtiin FIFA:n testioppaan mukaiset kenttäkokeet. Kenttien käyttäjät vastasivat myös sähköiseen käyttäjäkyselyyn, jolla kartoitettiin kokemuksia ja mielipiteitä testikentistä. (TestbedNordic Report 2022)

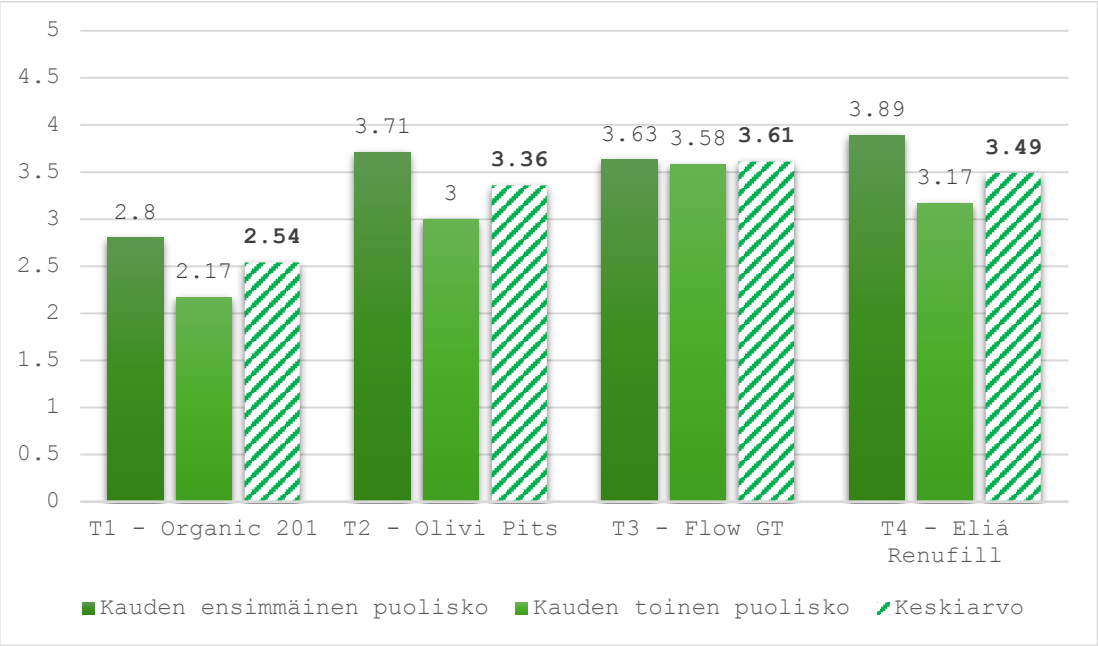
Solnan testikentillä tehtiin ensimmäiset peliominaisuuksien mittaukset vuonna 2021 asennuksen yhteydessä. Vuoden kuluttua kesällä toteutettiin toinen mittauskierros. Tuloksia vertailtiin keskenään ja FIFA:n asettamiin vaatimuksiin. Käytetyt täyteaineet olivat vasta tuotekehitys vaiheessa, joten niiden tiedot olivat luottamuksellisia. Käytettyjen täyteaineiden tuotenimet ovat kuitenkin saatavilla. Testikentissä käytetyt täyteaineet ovat Amorim Sportsin valmistama *Organic 201*, *Solna City Olive Pits*, Polytanin valmistama *Flow GT* ja Sports Provision valmistama *Eliá Renufill*. (TestbedNordic Report 2022).

Testikenttien rakentamisesta on kulunut yli neljä vuotta, ja osa testikentillä käytetyistä täyteaineista on jo markkinoilla, joten niiden koostumus on tiedossa. Täyteaine *Organic 201* on korkin ja oliivinkivirouheen sekoitus (Amorin Sport 2020). *Solna City Olive Pits* viittaa todennäköisesti Solnan kaupunkiin ja Olive Pits viittaa oliivinkivirouheeseen, mutta täyteaineen valmistaja ei ole tiedossa. *Eliá Renufill* täyteaine on Sports Unified Europen oliivinkivistä valmistettu täyteaine (Sports Unified Europe 2022). *Flow GT* nimistä täyteainetta ei ole löytynyt valmistajan sivuilta, mutta GT-lyhenteellä viitataan Polytanin Green technology -tuoteperheeseen. Polytan tarjoaa tällä hetkellä tekonurmikentille korkki-, puurouhe-, hiekka- ja korkki-oliivinkiviseostäyteaineita (Polytan n.d.).

Kaikkien testikenttien tulokset täyttivät vaatimukset ensimmäisellä mittauskierroksella vuonna 2021. Toisella mittauskierroksella vain *Organic 201* korkkioliivi-täyteaineen pallon vierimisarvot olivat sallitun alueen ulkopuolella. *Organic 201* -täyteainetta käytettiin ensimmäisenä rakennetussa testikentässä. Raportissa arvioitiin mittaustulosten heikkenemisen johtuvan kentän pidemmästä käyttöajasta muihin

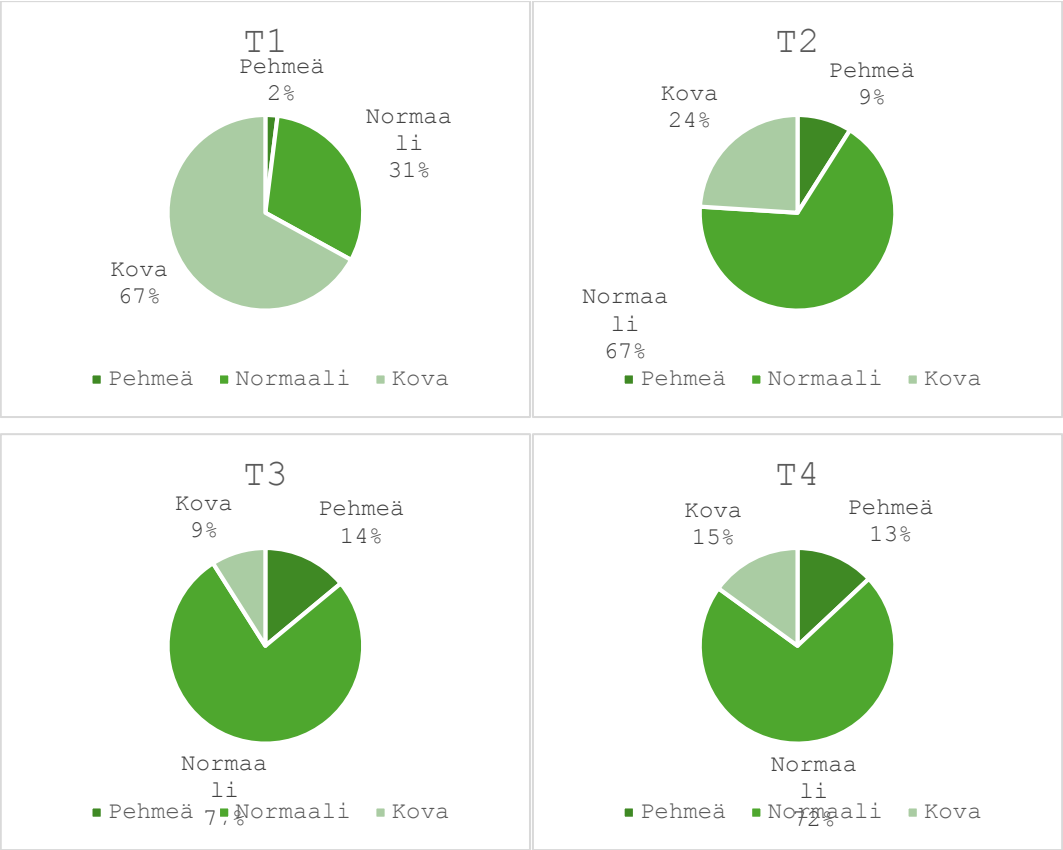
testikenttiin verrattuna eikä itse täyteaineen ominaisuuksien heikkenemisestä. (TestbedNordic Report 2022)

Testikenttien käyttäjäkyselyyn vastasi 176 pelaajaa, joista 107 oli miehiä ja loput 69 naisia. Kyselyn tuloksista on poistettu kaikki alle 16-vuotiaiden antamat vastaukset. Keskiarvoksi kentät saivat 3,23 pistettä asteikolla 1 (huono) – 5 (erinomainen), jossa ykkönen alin ja vitonen korkein arvosana. Kuvassa 7 on esitetty kaikkien neljän testikentän pelaajakyselyjen tuottamat arvosanat. (TestbedNordic Report 2022)



Kuva 7: Testikenttien eri täyteaineille pelaajakyselyssä saamat arvosanat kauden ensimmäisellä puoliskolla ja toisella puoliskolla ja keskiarvo, asteikolla 1 (huono) – 5 (erinomainen). Muokattu lähteestä (TestbedNordic Report 2022)

Testikenttä 1 on saanut selkeästi huonoimmat arvosanat kauden molemmista pelaajakyselyistä saaden keskiarvoksi 2,54. Testikentällä 1 käytettiin täyteaineena *Organic 2021* -oliivikookosrouhetta. Parhaimman arvosanan sai testikenttä 3 keskiarvolla 3,61. Kentän 3 arvosanat olivat samaa suuruusluokkaa molemmissa kyselyissä. Testikentän 3 täyteaineen tarkkaa koostumusta ei ole tiedossa. Korkeimman yksittäisen arvosanan 3,89 sai testikenttä 4 kauden ensimmäisestä kyselystä arvosanalla. Huomattavaa on, että kaikki testikentät saivat kauden ensimmäisestä pelaajakyselystä paremmat arvosanat.



Kuva 8: Pelaajien vastaukset kentän kovuudesta testikenttien pelaajakyselyssä. Muokattu lähteestä (TestbedNordic Report 2022)

Kuvassa kahdeksan on esitetty pelaajakyselyn tuloksia testikenttien kovuuksista. FIFA:n standardisoimien testien tulosten perusteella kentät ovat lähes identtiset. Testitulosten perusteella kentät täyttävät FIFA:n vaatimukset. Silti testikentän 1 on todennut kovaksi 67 % pelaajakyselyyn vastaajista, mikä on melkein kolminkertainen verrattuna toiseksi kovimmaksi arvioituun testikenttä kakkoseen (24 %). Testikentillä 2, 3 ja 4 on pieni joukko vastaajista arvioinut kentän pehmeäksi tai kovaksi. Todennäköisesti pelaajien kokemus kentän 1 kovuudesta on vaikuttanut eniten kentän saamiin huonompiin arvosanoihin. Kova kenttä kasvattaa loukkaantumisriskejä ja heikentää pelikokemusta. Testikenttä 1 oli ensimmäiseksi rakennettu testikenttä, joten pitkäaikaisemmassa käytössä täyteaine on voinut pakkautua ja kovettua. (TestbedNordic Report 2022)

7. YHTEENVETO

Suomalainen jalkapallo on erittäin riippuvainen tekonurmikentistä. Tekonurmikentät tarjoavat kustannustehokkaan ja säänkestävän pelialustan vuoden ympäri sekä mahdollistavat monikäytön. Kumirouheen poistamisella tekonurmikentiltä mikromuovien leviäminen vähenee, mutta ei katoa kokonaan, sillä myös tekonurmimaton nukkalangat tulevat olemaan jatkossakin mikromuovin lähde. EU:n asettamat mikromuovirajoitukset pakottavat siirtymään kumirouheesta vaihtoehtoisiin täyteaineisiin. Täyteaineiden tulee läpäistä FIFA:n asettamat laatuvaatimukset. Lisäksi niiden yleistyminen edellyttää positiivisia käyttökokemuksia kenttien käyttäjiltä ja kunnossapitäjiltä.

Vaihtoehtoisia täyteaineita on markkinoilla jo useita, mutta pitkäaikaisia käyttökokemuksia on vielä vähän. Saatavilla olevien kokemusten mukaan yksikään markkinoilla oleva täyteaine ei pysty vielä tarjoamaan kumirouheen veroisia peliominaisuuksia. Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa tehtyjen pelaajakyselyjen vastauksissa on noussut esille samantyyppisiä uusiin täyteaineisiin liittyviä haasteita. Suurimmat ongelmat liittyvät vaihtoehtoisten täyteaineiden aiheuttamaan kentän kovuuteen, korkeampaan loukkaantumisriskiin ja heikkoon säänkestävyyteen sekä täyteaineen kulkeutumiseen. Kentän kovuus pystytään ratkaisemaan lisäämällä tekonurmirakenteeseen joustokerros. Joustokerros nostaa kuitenkin tekonurmikentän rakennuskustannuksia. Tekonurmikenttä tulee suunnitella tulevaisuudessa yhtenäisenä kokonaisuutena, jossa tekonurmimatto, täyteaine ja joustokerros tukevat toistensa ominaisuuksia. Lisääntynyt loukkaantumisriski voi johtaa lopulta uusien suojavarusteiden käyttöönottoon ja kehitykseen. Ennen kumirouhe pystyi hyvillä jousto-ominaisuuksillaan ja painollaan korvaamaan tekonurmikentän muiden komponenttien puutteet.

Vaihtoehtoiset täyteaineet kehittyvät kovalla tahdilla ja uusia testikenttiä rakennetaan. Uutena innovaationa esiin ovat nousseet täyteainesekoitukset, joista suosituimpia ovat olleet korkki-kookos- ja korkki-oliivinkiviseoksissa. Seoksissa eri täyteaineet pystyvät paikkaamaan toistensa puutteita. Esimerkiksi korkin ja kookoskuidun seoksessa kookoskuitu antaa täyteaineelle tarvittavan painon, jotta se ei kulkeudu veden mukana, ja korkki joustoa.

Monen vaihtoehtoisen täyteaineen selkeä etu kumirouheeseen verrattuna on täyteaineen viileys. Lähes kaikki tässä kandidaatintyössä tarkastellut vaihtoehtoiset

täyteaineet sitovat kumirouhetta vähemmän lämpöä ja kasteltuna auttavat hallitsemaan kentän lämpötiloja. Tämä tulee olemaan tulevaisuudessa tärkeä täyteaineen ominaisuus, sillä ilmastonmuutos tulee nostamaan vuoden keskilämpötiloja merkittävästi.

LÄHTEET

Amorim. Cork infills. (n.d.). Bring Back nature to artificial turf systems. E-kirja. Viitattu 15.4.2025 https://amorimcorksolutions.com/media/5550/e-book_infills.pdf

Amorim Sport. (2020). Organic 201. Viitattu 26.6.2025 https://amorim-sports.com/media/4343/mds_as_organic-201_en.pdf

Euroopan komissio. (2018). Muovijäte: Eurooppalainen strategia maapallon, kansalaisten ja yritysten hyväksi. Euroopan Unionin virallinen verkkosivu. Viitattu 28.3.2025 https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/ip_18_5

Euroopan komissio. (2023). Mikromuovien käytön rajoittaminen EU:ssa 17. lokakuuta 2023 alkaen. Euroopan Unionin virallinen verkkosivu. Viitattu 12.2.2025 https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/fi/news/mikromuovien-kayton-rajoittaminen-eussa-17-lokakuuta-2023-alkaen

Euroopan parlamentti. (2018). Mikromuovit: Lähteet, haitat ja EU:n ratkaisut. Viitattu 28.3.2025 https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20181116STO19217/mikromuovit-lahteet-haitat-ja-eu-n-ratkaisut

Euroopan parlamentti. (2019). Parlamentti sinetöi kertakäyttömuovin kiellon vuoteen 2021 mennessä. Lehdistötiedote. Viitattu 28.3.2025. https://www.europarl.europa.eu/news/fi/press-room/20190321IPR32111/parlamentti-sinetoi-kertakayttomuovin-kiellon-vuoteen-2021-mennessa

FIDRA. (2021). Alternative Infill Case Study. Viitattu 14.4.2025 https://www.fidra.org.uk/artificial-pitches/plastic-pitches/solutions/alternative-infill-case-study/

FIFA. (2023). Code of Practice for the Desing, Construction and Testing of Football Turf Fields (2023 edition). FIFA Viitattu 6.3.2025 https://digitalhub.fifa.com/m/235e3d6a9a502840/original/Code-of-Practice-for-the-Design-and-Construction-of-Football-Turf-Fields-2023-edition.pdf

FIFA. (2024). FIFA QUALITY PROGRAMME FOR FOOTBALL TURF TEST MANUAL II TEST REQUIREMENT. Viitattu 6.3.2025 https://digitalhub.fifa.com/m/44e19efa8822f5e/original/FIFA-quality-programme-for-football-turf-Test-Manual-II-Test-requirements.pdf

FINLEX. (2013). Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013. Viitattu 24.7.205 https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saadoskokoelma/2013/331#OT9

Forest News. (2022). Puu korvasi kumirouheen jalkapallokentällä – pelaajilta suora palaute. Artikkeli. Viitattu 15.4.2025 https://forest.fi/fi/artikkeli/puu-korvasi-kumirouheen-jalkapallokentalla/

Heikkilä, A. (2024). Tekonurmikentän suunnittelu Säkylään. Opinnäytetyö (AMK). Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Turku: Turun ammattikoulu. Viitattu 26.3.2025 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/856975/heikkila_aleksi.pdf?sequence=2

IVL. (2025). Moving towards sustainable artificial turf pitches. Swedish Environmental Research Institute. Viitattu 30.7.205 https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1975697/FULLTEXT01.pdf

Kauhala-Lundberg, T. (2024). Tekonurmikenttien täyteainevaihtoehdot tulevaisuudessa. Opinnäytetyö (AMK). Liikenneala. Hämeenlinna. Hämeen ammattikorkeakoulu. Viitattu 8.5.2025 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/818848/Kauhala-Lundberg_Tytti.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Kekäläinen, E. (2025). Tekonurmirakenteen tulevaisuus – Uusien materiaalien soveltuvuus kesä- ja talvikäyttöön. Insinöörityö (AMK). Rakennustekniikka. Metropolia ammattikorkeakoulu. Viitattu 8.5.2025 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/882785/Kekalainen_Eemeli.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Korkki24. (n.d.). Korkin ominaisuudet. Viitattu 14.4.2025 https://www.korkki24.fi/korkin-ominaisuudet/

Lagerström, J. (2024). Tekonurmikenttien suunnitteluratkaisut nykypäivän ympäristövaatimuksilla. Opinnäytetyö (AMK). Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Turku: Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu 12.2.2025 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/860041/Lagerstrom_Joonatan.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Lappset. (2021). Lappset puurouhe. Lappset Oy. Viitattu 26.6.2025 https://ss-usa.s3.amazonaws.com/c/308459798/media/1147160c837ba83a4a54254918952110/Lappset_Sport_puurouhe_2021_SIVUT_testimaininta.pdf

LEROMA. (2021). What do olive stones have in common with barbecue and soccer fields. Viitattu 14.4.2025 https://leroma.de/blog/id/olive_stones.html

KG2021. (2021). NTNU Et prosjekt om fremtidens kunstgressbaner. Viitattu 23.4.2025 https://www.ntnu.no/documents/11601816/1285177107/Sluttrapport+for+KG2021.pdf/f6afb6f8-5d3f-3d63-f71c-416dd57f8b45?t=1732021439164

Oldenkotte, G. (2022). Will corn infill bring the solution? Sportsfields.info. Viitattu 26.6.2025 https://sportsfields.info/corn-infill/

Talotekniikka info. 2021. 5.4 Rakennusosien ja tarvikkeiden luokat. Opastava teksti. Viitattu 27.7.2025 https://talotekniikkainfo.fi/ilmanvaihtolaitosten-paloturvallisuus-opas/54-rakennusosien-ja-tarvikkeiden-luokat

Tekonurmiopas. (2011). Opetus- ja kulttuuriministeriä. Suomen Palloliitto ry. Viitattu 23.4.2025 https://docplayer.fi/3428521-Opetus-ja-kulttuuriministerio-suomen-palloliito-ry-tekonurmiopas-2011-voittoja-joka-paiva.html

Polytan. Green technology. (n.d.). Viitattu 6.7.2025 https://www.polytan.com/en/green-technology

RAP2015. (2015). Tekonurmikenttiin liittyvät sisäilmaongelmat jalkapallohalleissa. TekoNurmi -projektin loppuraportti Viitattu 10.4.2025 https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/126355/URN_ISBN_978-952-302-425-0.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Saarinen, E. (2023). Tutkijat selvittivät mikromuovin haittoja ihmisen elimistöön – Yksi yleisimmistä muovilaaduista aiheutti toksisia vaikutuksia suolistosolukokeissa. Kiertotalouden erikoislehti. Uusiouutiset. Viitattu 16.4.2025 https://uusiouutiset.fi/tutkijat-selvittivat-mikromuovin-haittoja-ihmisen-elimistoon-yksi-yleisimmista-muovilaaduista-aiheutti-toksisia-vaikutuksia-suolistosolukokeissa/

Saltex BioFill. Saltex Oy. (n.d.). Viitattu 22.4.2025 https://saltex.eu/fi/saltex-biofill

Saltex BioFlex. Saltex Oy. (n.d). Viitattu 23.4.2025 https://saltex.eu/fi/saltex-bioflextm

Saltex BioFlex Eco. Saltex Oy. (n.d.) Viitattu 23.4.2025 https://saltex.eu/fi/saltex-bioflex-ecotm

Sports Labs. (2022). TestbedNordic Report. Testing technology for sports. Viitattu 21.5.2025 https://www.stff.se/4ad927/globalassets/distrikt/stockholm/dokument/forening/2022/anlaggning/testbednordic_year-1-report_final.pdf

Sports Unified Europe. (2022) Eliá Renufill. Viitattu 6.7.2025 https://www.sportsunifiedeurope.eu/products/elia

STT-info. (2025) Unisport uutishuone. Viitattu 24.7.2025 https://www.sttinfo.fi/uutishuone/69817594/unisport-saltex-oy

Suomen Palloliitto. (2023). EU:n mikromuovirajoituksen siirtymäajaksi kahdeksan vuotta. Suomen Palloliitto. Viitattu 12.2.2025 https://www.palloliitto.fi/ajankohtaista/eu-n-mikromuovirajoituksen-siirtymaajaksi-kahdeksan-vuotta

The Football Association. (2010). The FA Guide to Artificial Grass Pitches. TheFA. Viitattu 6.3.2025 https://www.thefa.com/GetIntoFootball/~/media/94E74AF1897644AC912731E7617FAFB2.ashx

TURI. (2017). INFILL MADE FROM EPDM. The Massachusetts Toxics Use Reduction Institute. Viitattu 10.4.205 https://www.uml.edu/docs/EPDM-2017_tcm18-386012.pdf

Unisport. (2018). Saltex BioFill technical data sheet. Viitattu 27.6.2025 https://www.unisport.com/sites/default/files/2018-09/saltex-biofill-datasheet-unisport.pdf

Unisport. (2020). Saltex BioFlex -datablad. Viitattu 27.6.2025 https://www.unisport.com/sites/default/files/2020-03/DK%20-%20Saltex%20BioFlex-Unisport.pdf

WWF. (2019). Assessing plastic ingestion from nature to people. Viitattu 28.3.2025 https://www.epressi.com/media/userfiles/138617/1560257495/plastic-ingestion-raportti-wwf.pdf