



Kevennysrakenteet maan- ja talonrakentamisessa

Aimo Kekäle

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2023

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

KEKÄLE, AIMO:
Kevennysrakenteet maan- ja talonrakentamisessa

Opinnäytetyö 31 sivua, joista liitteitä 1 sivua
Toukokuu 2023

Opinnäytetyön tarkoitus oli tutustua kevennysmateriaaleihin, joita voidaan käyttää sekä talon- että maanrakennuksessa. Työ pyrkii helpottamaan vaihtoehtoisen kevennysmateriaalin valintaa tilanteissa, joissa esiintyy mahdollisia materiaalien saatavuusongelmia ja vaihtoehtoista materiaalia on jo saatavilla. Työhön valikoitui neljä eri materiaalia, Foamit-vahtolasi, LECA-kevytsora, XPS- ja EPS-eriste. Materiaalien helppo saatavuus ja monikäyttöisyys olivat tärkeimpiä valintakriteereitä.

Työssä käydään läpi yleisimmät talonrakennuksen sekä maanrakennuksen rakenteet, jotka on mahdollista toteuttaa näitä kevennysmateriaaleja käyttämällä.

Lopputuloksena syntyi työ, joka on tarkoitettu avuksi tilanteisiin, joissa täytyy miettiä eri materiaalivaihtoehtoja kevennysrakenteiden toteuttamiseksi. Tarkemat suunnitelmat ja laskelmat työmaatoteutuksesta antaa suunnittelija.

Asiasanat: kevytsora, vahtolasi, kevennysrakenne, XPS-eriste, EPS-eriste

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Site Management

KEKÄLE AIMO

Lightening structures in earthworks and housing construction

Bachelor's thesis 31 pages, appendices 1 pages
May 2023

The purpose of the thesis was to familiarize oneself with lightweight materials that can be used both in earthworks and housing construction. The aim of the work is to facilitate the selection of alternative lightweight materials in situations where there may be availability issues with materials and alternative materials are already available. Four different materials were selected for the study: Foamit foamglas, light expanded clay aggregate (LECA), extruded polystyrene (XPS), and expanded polystyrene (EPS) insulation. Easy availability and versatility of the materials were the main selection criteria.

The thesis covers the most common structures in both housing construction and earthworks that can be implemented using these lightweight materials.

The result is a work intended to assist in situations where different material options need to be considered for implementing lightweight structures. Detailed plans and calculations for on-site implementation will be provided by the designer.

Key words: light expanded clay aggregate, foamglas, lightening structure, XPS-insulation, EPS-insulation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	Kevennysmateriaalit	7
2.1	Vaahtolasi	7
2.1.1	Vaahtolasin tekniset ominaisuudet	9
2.2	Leca-kevytsora.....	10
2.2.1	Leca-kevytsoran tekniset ominaisuudet	11
2.3	XPS-eriste.....	13
2.3.1	XPS-eristeen tekniset ominaisuudet	13
2.4	EPS-eriste.....	15
2.4.1	EPS-eristeen tekniset ominaisuudet	16
3	Kevennysrakenteet	18
3.1	Kevennysrakenteiden käyttö	18
3.1.1	Väestönsuojan yläpuoliset rakenteet	18
3.1.2	Kattorakenteet	19
3.1.3	Ulkopuoliset täytöt	22
3.1.4	Rakenteiden vierustäytöt	23
3.1.5	Pengertäytöt	24
4	Kevennysmateriaalien hinnat.....	27
5	POHDINTA	28
	LÄHTEET	29
	LIITTEET	30

ERITYISSANASTO TAI LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)

Tärylätkä	Moottorikäyttöinen maantiivistyslaite
Orgaaninen aine	Eloperäinen hiiliperustainen aine
Homogenisointi	Ainesten jakautuminen tasaisesti
Kierrätysbitumi	Uudelleenkäytettyä kattohuopaa
Kitkamaa	Maalaji, jonka rakeiden yhdistävä voima on kitka
Valssijyrä	Maantiivistyslaite yhdellä tai useammalla sylinterinmuotoisella metallitelalla
Massanvaihto	Menetelmä, jossa pintamaa poistetaan ja korvataan
Geotextiili	Kangas, jolla jaetaan rakennekerroksia ja maalajeja
Salaojamatto	Vettä johtava matto
Suojavalu	Betonivalu, joka suojaa rakennetta
Syvästabilointi	Menetelmä, jossa sekoitetaan sideainetta maamassaan sekoituskoneella

1 JOHDANTO

Kevennysrakenteiden käyttö on yleistynyt rakentamisessa. Näitä rakenteita käytetään sekä infra- että talonrakennuksen kohteissa luomaan lisäkantavuutta sekä vähentämään rakenteisiin kohdistuvaa painetta. Tutkin työtä varten materiaaleja, joita käytetään sekä talonrakentamisessa että infrarakentamisessa. Tutkimuksessa käsiteltyjen materiaalien lisäksi on olemassa myös muita materiaaleja, joiden käyttöä en tässä työssä käsittele, koska niiden käyttöön liittyy rajoituksia tai käyttö rajautuu vain joko talonrakennukseen tai maanrakennukseen. Kaikkia tässä työssä käsiteltyjä materiaaleja tuotetaan Suomessa sekä ulkomailla, joten niiden saatavuus on hyvä.

Työn tarkoituksena on tuoda esille, että esimerkkeinä käytettyjen käyttökohteiden toteuttaminen on mahdollista kaikilla esitellyillä materiaaleilla. Tavoitteena on helpottaa korvaavan materiaalin käyttöä tapauksissa, joissa on mahdollisesti saatavuusongelmia rakenteeseen osoitetulle materiaalille. Näin kevennysrakenteen rakentaminen voidaan suorittaa vaihtoehtoisella materiaalilla. Tapauksissa, joissa työmaalla on ennestään ylimääräistä materiaalia, voidaan materiaalia käyttää toisen rakenneosan tekoon, jolloin hävikkiä ei pääse syntymään.

Tarkoitus on avata mahdollisuuksia materiaalien käyttökohteisiin ja käyttötapoihin.

Tutkimus suoritettiin kirjallisuustutkimuksena. Pääasiassa tiedot on hankittu materiaalivalmistajien julkaisuista sekä Rakennustieto Oy:n RT-tietoväylän kautta.

2 Kevennysmateriaalit

2.1 Vaahtolasi

Vaahtolasi valmistetaan kierrätyslasista, josta on poistettu epäpuhtaudet. Prosessissa käytettävä lasi murskataan 0,1 mm:n raekokoiseksi jauheeksi. Vaahtomaiseen olomuotoon lasi saadaan lisäämällä valmiiseen lasijauheeseen vaahtotusagenttia, joka saa aikaan paisumisen lähes viisinkertaiseksi, kun seosta kuumennetaan 900 °C:ssa. Valmis vaahtolasi levy pirstoutuu jäähtyessään itsestään murskemaiseksi. Vaahtolasi sisältää valmiina tuotteena 92 % ilmaa ja 8 % lasia. Valmista tuotetta seulotaan ja murskataan sopivan rakeisuuden saavuttamiseksi.



KUVIO 1. Vaahtolasin valmistusprosessi (Aimo Kekäle 2023).



Kuva 1. Vaahtolasia valmiissa muodossaan (Aimo Kekäle 2023).

Vaahtolasia valmistaa Suomessa Uusioaines Oy. Tuote on valmistettu 99 % kierrätyslasista ja 1 % vaahdotusaineesta, joka on peräisin teollisuuden sivuvirrasta. Tästä syystä voidaankin puhua 100-prosenttisesti kierrätysmateriaaleista koostuvasta tuotteesta. Valmiista tuotteesta ei liukene ympäristöön yhdisteitä, joten sen käyttö on turvallista myös pohjavesialueilla.

Seuraavalla sivulla taulukko Foamit-vaahtolasin teknisistä ominaisuuksista.

Ominaisuus	FOAMIT Mitoitusarvot	Standardi / koemenetelmä
Raekoko	0-60 mm	SFS-EN 933-1 / SFS-EN 13055-2
Tiheys (irtokuiva)	210 kg/m ³ (±15 %)	SFS-EN 1097-3
Tiheys (kuiva, tiivistetty) ¹⁾	220–280 kg/m ³	ei
Kuivatilavuuspaino rakenteeseen tiivistettynä ¹⁾	²⁾ , ³⁾ , ⁴⁾ kN/m ³	ei
Tilavuuspaino		
rakenne, jossa toimiva kuivatus	3,5 kN/m ³	ei
rakenne ajoittain veden alla (≤ 1 kk)	6 kN/m ³	ei
rakenne pitkäaikaisesti veden alla (>1v.)	10 kN/m ³	ei
Tilavuuspaino (nostemitoltus)	3,0 kN/m ³	ei
Tiivistymiskerroin ⁵⁾	1,15-1,25	kokemusperäinen
Kiikkakulma (leikkauskestävyyskulma)		
kuormitus yli 100 kPa	36°	kolmiaksaalikoe
kuormitus alle 100 kPa	40°	
pH-arvo	10,5	
Vedenläpäisevyys	10 ⁻¹ m/s	arvioitu raekokojakauman perusteella
Vedenimeytyminen ²⁾		
lyhytaikainen (4 viikkoa)	≈ 60 paino-%	EN 12087
pitkäaikainen (1 vuosi)	≈ 100 paino-%	
Kapillaarinen nousukorkeus	375 mm	SFS-EN 1097-10
Puristuslujuus / murskautuvuus 20 % kokoonpuristumalla	> 0,9 MPa	Materiaalin laadunvalvontakoe tehtaalla. SFS-EN 13055-1
Lämmönjohtavuus		SFS-EN 12667
kuiva	0,1 W/mK	
kostea ³⁾	0,15 W/mK	
märkä	0,23 W/mK	
Vastaavuus eristävyyden kannalta ⁴⁾	ai = 4	
Hilijalanjälki (CO ₂ eq. / m ³)	58,93 kg	
Alapohjiin suositeltu suunnitteluarvo	300 mm	300 mm

1) tiheys riippuu tiiviydestä
2) näyte vesipotuksessa
3) vesipitoisuus 25 paino-%, kuivairtatiheys 210-280 kg/m³
4) vaahtolasimurskeen vastaavuus eristävyyden kannalta verrattuna hiekkaan (ai)
5) tiivistymiskertoimen ollessa 1,25 tiivistyy 500 mm paksuiseksi levitetty Foamit 60 kerros rakenteeseen 400 mm paksuiseksi kerrakseksi (500 mm / 1,25 = 400 mm)
6) tilavuuspainot on määritetty tiheydestä tiivistymiskertoimen avulla

Kuva 2. Foamit F60 tuotekortti (foamit.fi).

2.1.1 Vaahtolasin tekniset ominaisuudet

Vaahtolasin tärkeimpinä ominaisuuksina ovat keveys ja materiaalin hyvä kasautuvuus. Tiivistystä ei välttämättä tarvita, jos tuotetta käytetään välipohjarakenteena. Tiivistys voidaan suorittaa käyttökohteen mukaan 70–100 kg:n tärylätkällä tai infrarakenteissa esitiivistämällä kaivinkoneella ja 200 kg:n tärylevyllä.

Materiaali omaa hyvän kasautuvuuden kulmikkaan karheen raemuotonsa vuoksi. Talonrakentamisessa materiaali voidaan levittää käsityökaluin, kippaamalla tai puhaltamalla valmiiksi kohteeseen. Rakenteen maksimipaksuuksia tulee noudat-

taa, jotta saavutetaan paras mahdollinen lopullinen kantavuus. Lopputiivistys infrarakenteessa tehdään 0,15–0,20 m kiviainemurskekerrosten päältä. Muita ominaisuuksia materiaalille on sen hyvä lämmöneristävyys, jäätymisen ja sulamisen kesto, palamattomuus (A1), turvallisuus sisäilmalle (M1) sekä se, ettei tuotteesta liukene haitallisia aineita eikä se sisällä orgaanisia aineita.

Tärkeimpiä käyttökohteita tuotteelle ovat infrarakenteissa auto-, raitio- ja jalkankulkutiet, kentät, valettujen rakenteiden yläpuoliset täytöt, putkitäytöt, tulopenkeet ja käyttö routaeristeenä. Myös vedenalaiset rakennekerrokset on mahdollista toteuttaa vaahtolasimurskeella.

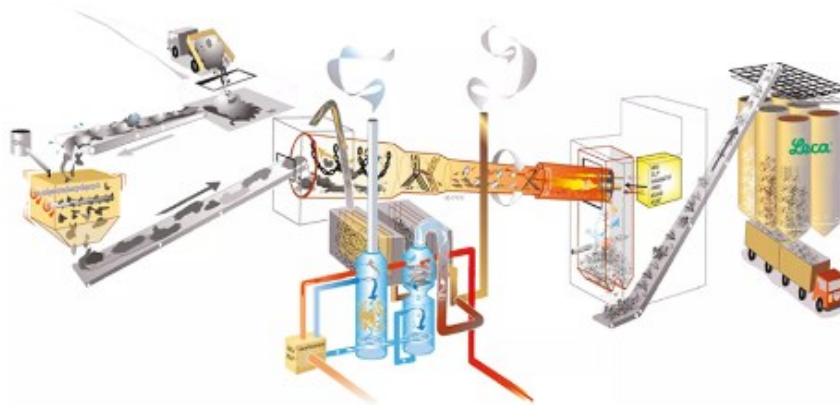
2.2 Leca-kevytsora

Leca-kevytsora valmistetaan savesta paisuttamalla sitä korkeassa lämpötilassa. Prosessin aikana savesta muodostuu pinnaltaan tiiviitä mutta sisältä huokoisia rakeita. Kevytsoran huokoisuus tekee siitä keveän ja hyvät eristysominaisuudet omaavan materiaalin. Keraamisen rakenteensa vuoksi se ei myöskään pala eikä ime vettä itseensä.

Kevytsoran valmistus alkaa saven nostosta ja kuljetuksesta tehtaalle. Tehtaalla saveen sekoitetaan lisäaineita, minkä jälkeen syntynyt seos homogenisoidaan ja valmis seos siirretään pyörivään uuniin. Lisäaineina käytetään kierrätysbitumia tai öljyä. Uunissa rakeet saavat lopullisen muotonsa yli 1 100 °C:n lämpötilassa. Lämmön vaikutuksesta lisäaineet saavat aikaan reaktion, jolla saavutetaan kevytsoran huokoinen sisärakenne. Uunista poistuneet rakeet seulotaan eri rakeisuuksiin käyttötarkoituksen mukaan. Reseptistä riippuen pystytään valmistamaan useita raekokoja käyttötarkoitusten mukaan. Myös kapillaarisen vedennousun pienentämiseksi voidaan lisätä lisäaineita.

Suomessa Leca-kevytsoraa valmistaa Leca Finland Oy, joka siirtyi vuoden 2022 loppupuolella käyttämään puupellettipölyä. Uusiutuvaa lämmönlähdettä käyttämällä tuotannon hiilidioksidipäästöt puolittuivat aiemmin käytettyyn kivihiileen verrattuna.

Seuraavan sivun kuvassa kevytsoran valmistusprosessi.



KUVIO 2. Kevytsoran valmistusprosessi (Leca 2022).

2.2.1 Leca-kevytsoran tekniset ominaisuudet

Leca-kevytsora on mekaanisten ominaisuuksien puolesta kitkamaatyypinen. Se on lisäksi kevyt ja sillä on hyvät lämmöneristysominaisuudet. Uutta kevytsoraa voidaan käyttää myös pohjavesialueilla, koska sen liukoisuudet ovat tutkitusti raja-arvoja pienemmät. Liikenteen kemikaaleja kevytsora kestää hyvin. Pakkas-kestoltaan sekä korkeiden lämpötilojen kestoltaan kevytsora kuuluu A1-luokkaan, mikä tarkoittaa, että se on palamatonta.

Kevytsora on yleisesti käytetty materiaali kevennyksissä sekä pengertäytöissä, joissa se toimii hyvin penkereen vakauttavana osana. Muita käyttökohteita ovat sisätäytöt, sillan liittymärakenteet, routasuojaus ja kuivatus, putkitäytöt ja piharakenteiden täytöt. Asennukseen voidaan käyttää samoja koneita kuin työkohteessa muutenkin käytetään. Levitys voidaan hoitaa käsin, kaivinkoneella tai puhaltamalla riippuen määrästä ja kohteesta. Tiivistykseen voidaan käyttää telakavinkonetta, tärylätkeä tai jyrää. Kerralla levitettävän rakennekerroksen paksuutta ei tule ylittää, jotta voidaan varmistua tarvittavan tiiveyden saavuttamisesta. Lopullinen tiivistys voidaan tehdä 0,15–0,30 m murskekerroksen päältä käyttäen valssijyrää.

Leca-kevytsora voidaan toimittaa työmaalle irtotavarana kuorma-autolla tai puhallustoimituksena, jolloin kuorma puretaan suoraan käyttökohteeseen kuljetusauton putkella ilmavirta-avusteisesti. Myös pienempiä määriä on saatavilla 1 000 litraa ja 50 litraa.

Alla olevassa kuvassa 3 Leca-kevytsoran tekniset ominaisuudet.

Taulukko 3.1 Leca®-sora 4–32 mm geotekniset ominaisuudet.

OMINAISUUS	VAIHTELUVÄLI	OMINAISARVO	YKSIKKÖ	STANDARDI / KOEMENETELMÄ
Raekoko	4–32	–	mm	EN 933-1
Alli- / Ylikoko	< 15 / < 10	–	p-%	EN 933-1
Tiheys (Irtokulva)	275 (±15 %)	–	kg/m ³	EN 1097-3
Tilavuuspaino			kn/m ³	EN 1097-3
– Irtokulva		3,0		
– kulva ($w_{max} = 30$ p-%) ⁽¹⁾		4,0		
– ajoittain veden alla		6,0		
– pysyvästi veden alla		10		
– nostemitoituksessa		3,0		
Kitkakuilma	33–40°			kolmiakslaalioke EN 15732 Annex A
– löyhänä		34°		
– tiivistettynä		37°		
Vedenläpäisevyys	10 ⁻² –10 ⁻¹	–	m/s	–
E-moduuli (kantavuusmitoitus)	30–80 ⁽²⁾	50	MPa	kantavuuskokeesta takaisnlaskettu
Lämmönjohtavuus	0,10–0,17	0,15	W/mK	EN-15732:2012
Vastaavuus eristävyiden kannalta, a_v ⁽³⁾	–	4	–	–

⁽¹⁾ aina veden pinnan päällä

⁽²⁾ jännitystilarilippuvainen

⁽³⁾ kevytsoran vastaavuus eristävyiden kannalta (a_v) 0,7 m syvyydessä, kulvatiheys ≤ 400 kg/m³, alla 0,15 m kulvatuskerros. Vertailumateriaalina hiekka ($a_v = 1$). Vaikeissa olosuhteissa lämmönjohtavuus voi olla suurempi.

Taulukko 3.2 Leca®-sora 4–32 mm teknisiä ominaisuuksia.

OMINAISUUS	OMINAISARVO	YKSIKKÖ	STANDARDI / KOEMENETELMÄ
Vedenimeytyminen		p-%	EN 1097-6
– 24 tuntia	< 20		
– 28 päivää	< 30		
– 300 päivää	< 60		
Murskautuvuus	> 0,7	MPa	EN 13055
Puristuslujuus ja kuormitus 4–32 mm		kPa	EN 15732 Annex C
– 2 % kokoonpuristumalla CS(2)	400		
– 10 % kokoonpuristumalla CS(10)	750		
pH	9–11		

Kuva 3. Leca-kevytsora infrarakentamisessa (Leca.fi 2023).

2.3 XPS-eriste

XPS-eriste (extrudet polystyrene) valmistetaan polystyreenistä ekstruusiomenetelmällä eli suulakepuristamalla. Sulaan polystyreenimassaan sekoitetaan kovassa paineessa ponneaine. Syntynyt massa puristetaan suuttimen kautta ohjainlevyjien väliin, jossa normaalin ilmanpaineen vaikutuksesta massa paisuu haluttuun paksuuteen ja muotoon jähmettyen. Ponneaineena käytetään hiilidioksidia tai HFC-kaasua. Menetelmän ansiosta rakenteesta tulee suljettu eikä solurakenteeseen pääse imeytymään kosteutta.

Tuotetta voidaan kierrättää uuden XPS-eristeen valmistukseen. Valmis tuote on väriltään keltainen, sininen tai vihreä riippuen valmistajasta.



Kuva 2. XPS-eristettä asennetaan liikennöidylle alueelle (Aimo Kekäle 2023).

2.3.1 XPS-eristeen tekniset ominaisuudet

XPS-eristeen umpinainen solurakenne on homeelta suojattu. Kemikaalien, emästen ja happojen kestoaltaan tuote on hyvä mutta ei hiilivetypohjaisten liuottimien. Esimerkiksi bensiini ja öljy voivat vahingoittaa sitä. XPS-eriste on lämmöneristyskyvyltään hyvä ja kestää lämpötilan vaihteluita. XPS-eristeen tiheys

on tuotteen mukaan 25–50 kg/m³. Mitä tiheämpää levy on, sitä parempi kuormittavuus sillä on. Eriste toimii valmiina pohjana valulle tai maakerroksille. Koska materiaali on tiivistä, tulee kuitenkin mahdollisista salaojitusratkaisuista aina huolehtia.

Käyttökohteina XPS-eristeelle ovat liikennöidyt alueet, kattorakenteet, rautatiet, maantiet, kadut, parkkihallien yläpuoliset täytöt ja perustukset. Paksuus vaihtelee yleisesti 20–400 mm ja leveyden ollessa yleensä 600 mm ja pituuden 2 400 mm. Tehdastoimituksena on mahdollista saada eri kokoja.

Seuraavan sivun taulukossa taulukossa XPS-eristeen teknisiä tietoja

Tekniset tiedot

Ominaisuus	Arvo	Yksikkö	EN 13164 mukaan	Standardi
MITAT				
Pituus				EN 822
	<i>Puolipontattu, FL-200</i>	2485	mm	
Leveys				EN 822
	<i>Puolipontattu, FL-200</i>	585	mm	
Paksuus		50 - 100	mm	EN 823
TEKNISET OMINAISUUDET				
<i>Tarkemmat tiedot suoritusasointoituksessa DoP Nro. 001-FF-2020-04-29</i>				
Lämmönjohtavuus				EN 12667
	<i>λ Declared</i>	0,035-0,037	[W/(m K)]	
	<i>λ_u, kuivat rakenteet</i>	0,035-0,037	[W/(m K)]	
	<i>λ_u, routaeristys</i>	0,038-0,041	[W/(m K)]	
	<i>λ_u, maanvarainen alapohja</i>	0,036-0,038	[W/(m K)]	
	<i>λ_u, käännetty katto</i>	0,038-0,041	[W/(m K)]	
Puristuslujuus, lyhytaikainen 45vrk	200	kPa	CS(10/Y)200	EN 826
Kuormitusviruma 50 vuoden aikana	90	kPa	CC(2/1,5/50)90	EN 1606
Mittapysyvyys	< 5	%	DS (70,90)j	EN 1604
Vedenimeytyminen pitkäaikaisessa upotuksessa	≤ 0,7	t%	WL(T)i	EN 12087
Sulatus-jäädytys-kestävyys	≤ 2	t%	FTCDi	EN 12091
Vedenimeytyminen diffuusiolla	≤ 1	t%	WD(V)i	EN 12088
Vesihöyrynläpäisevyys	150	μ	MUi	EN ISO 10456
Kapillaarisuus	0			
Paloluokka	NPD			EN 13501-1
Lämpölaajeneminen	0,07	[mm/(m K)]		
Sisäilman päästöluokka	M1			

Kuva 4. Tuotekortti. Finnfoam XPS F200 (finnfoam.fi).

2.4 EPS-eriste

EPS on paisutettua polystyreenimuovia (expanded polystyrene). Eriste valmistetaan vesihöyryn avulla paisuttamalla muottiin tai jatkuvatoimiseen linjastoon. Valmis tuote sisältää 2–5 tilavuusprosenttia muoviraaka-ainetta. Paisutusaineena prosessissa käytetään pentaania. Pentaani korvautuu valmistusprosessin aikana ilmalla, joten valmis tuote ei ole terveydelle tai ympäristölle haitallinen. EPS-eriste on puhtaana lähes täysin uudelleenkäytettävissä. EPS-eristeen kemialliset ominaisuudet ja varsinkin kemikaalien kesto tulee ottaa huomioon.

Lisätietoa taulukosta Liite 1, josta ilmenee kemikaalien ja öljyn materiaalia heikentävä vaikutus. EPS-eriste on yleensä väriltään valkoinen tai harmaa mutta myös mustia rakeita sisältäviä levyjä on tuotannossa.



Kuva 3. EPS-eristeen asennusta työmaalla (Aimo Kekäle 2023).

2.4.1 EPS-eristeen tekniset ominaisuudet

Valmiin tuotteen tiheys vaihtelee 15–60 kg/m³. Tiheyden kasvaessa kuormituskestävyys paranee ja ilman läpäisevyys heikkenee.

Myös EPS-eriste toimii valmiina alustana maatäytöille ja betonivalulle. Tuote ei johda vettä mutta läpäisee vesihöyryä. Tuote on myös homehtumaton. Materiaalia käytettäessä tulee huolehtia salaojituksesta. Koska eristeen rakenne on hengittävä, tulee huomioida myös rakenteen veden poisto. Jos rakennuspaikan olosuhteiden mukaisesta vedenpoistosta ei ole huolehdittu, eristeen lämmöneristysominaisuudet heikkenevät huomattavasti.

Yleisin levykoko on 1000 x 1200 mm, käytetyimmät paksuudet ovat 50 mm ja 100 mm. Tehtaalta on mahdollista tilata halutun paksuisia ja kokoisia levyjä erityistoi-
mituksena. EPS-eristettä käytetään teiden ja katujen rakennuksessa, routaeristeenä, kattojen yläpuolisina rakenteina, sokkelieristyksinä ja kevennysrakenteina.

Seuraavan sivun kuvassa EPS-eristeen teknisiä ominaisuuksia.

ThermiSol lämmöneristeiden tekniset ominaisuudet

Ominaisuus ja käytettävä testimenetelmä	Lattiaeristeet				Routaeristeet	
	EPS 60 Lattia ³⁾	EPS 100 Lattia ³⁾	Platina Lattia	EPS 200 Lattia	EPS 120 Routa	SUPER 200
Pituus ja leveys, mm (EN 822)	±0,6 % tai ±3	±0,6 % tai ±3	±0,6 % tai ±3	±0,6 % tai ±3	±0,6 % tai ±3	±0,6 % tai ±3
Paksuus, mm (EN 823)	± 2	± 2	± 2	± 2	± 2	± 2
Suorakulmaisuus, mm/m (EN 824)	± 2	± 2	± 2	± 5	± 5	± 5
Tasomaisuus, mm/m (EN 825)	± 10	± 30	± 10	± 15	± 30	± 30
Mittapysyvyys/-tarkkuus (normaalit olosuhteet), mm/m (EN 1603)	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5
Mittapysyvyys/-tarkkuus (korotettu lämpötila tai kosteuspitoisuus), % (EN 1604)						
Mittapysyvyys/-tarkkuus (korotettu lämpötila ja kuormitus), mm/m (EN1605)						
Lämmönjohtavuuden ilmoitettu arvo $\lambda_{Declared}$, W/(m·K) (EN 12667)	0,040	0,036	0,031	0,033	0,037	0,033
Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo ²⁾ λ_{Design} , W/(m·K) (EN ISO 10456)	0,040 ³⁾	0,036 ³⁾ 0,038 ⁴⁾	0,031 ³⁾	0,033 ³⁾ 0,034 ⁶⁾	0,038 ⁴⁾ 0,039 ⁵⁾ 0,041 ⁶⁾	0,034 ⁴⁾ 0,035 ⁵⁾ 0,036 ⁶⁾
Puristuslujuus 10%, kPa (EN 826)	≥ 60	≥ 100	≥ 70	≥ 200	≥ 120	≥ 200
Taivutuslujuus, kPa (EN 12089)	100	150	125	250	170	250
Pitkäaikainen puristuslujuus, kPa (EN 1606). Kuormitusviruma ≤ 2%	20	30	25	60	36	60
Kimmokerroin E, suunnitteluarvo (MPa)	4	8	6	16	10	16
Vedenimeytyminen, til-% (EN 12087)	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 2,5	≤ 1
Vesihöyrynläpäisevyys, kg/(m ² ·s) (EN 12086)						
Nimellistiheys (kg/m ³) (EN 1602)						
Palo-ominaisuudet, euroluokat ³⁾ (EN 11925-2, EN 13823)	E, F	E, F	F	F	F	F

Kuva 5. Tekniset tiedot lämmöneristeiden ominaisuuksista (www.jackon.fi).

3 Kevennysrakenteet

3.1 Kevennysrakenteiden käyttö

Rakenteiden toteuttaminen maanrakentamisessa on vaatinut aiemmin suuria massanvaihtoja pehmeiden alueiden rakentamisessa. Tällöin massanvaihtoja ja vaativia paalutustöitä on jouduttu tekemään, jotta rakenteita varten on saavutettu riittävä kantavuus. Kevennysmateriaalien käyttö on mahdollistanut näiden alueiden käyttöönoton pienemmillä kustannuksilla. Koska yleisesti maanrakennuksessa käytetyt rakenteiden painot ovat suuria, tulee ongelmaksi toimivuus pidemmällä aikavälillä. Suuret kuormat aiheuttavat painumaa, rakenteen epävakautta sekä kuormitusta rakenteisiin. Näiltä haitallisilta vaikutuksilta voidaan välttyä kevennysmateriaalien käytöllä.

Talonrakennuksessa kevennysmateriaalien käyttö on luonut mahdollisuuksia rakennusten runkorakenteen keventämiseen, koska seinä-, katto- ja välipohjarakenteita ei tarvitse toteuttaa niin massiivisina. Siten kustannuksissa ja rakentamiseen käytettävässä ajassa voidaan säästää.

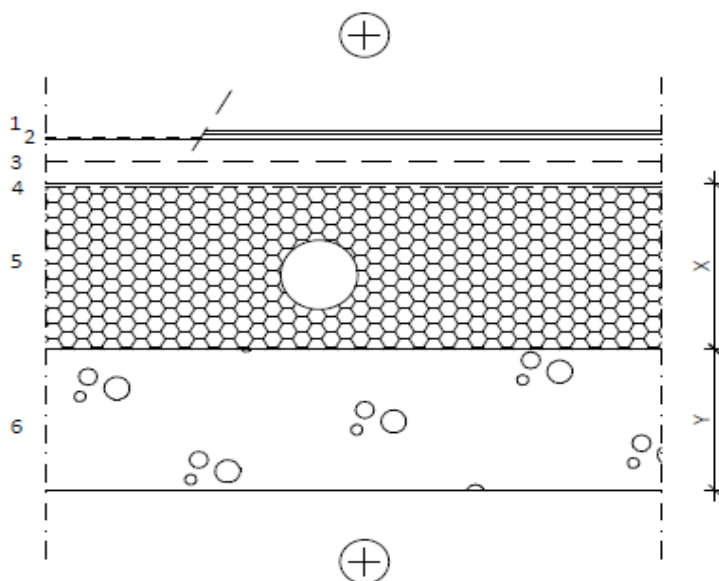
Yleisesti tässä työssä esitellyt kevennysrakenteet helpottavat ja nopeuttavat oikein käytettyinä rakentamista. Kaikkien esiteltyjen materiaalien soveltuvuus tulee hyväksyttäväksi tapauskohtaisesti suunnittelijalla.

3.1.1 Väestönsuojan yläpuoliset rakenteet

Usein väestönsuojan yläpuolisten rakenteiden toteuttamisessa tehokkainta on käyttää kevennysrakennetta. Koska väestönsuojan kattorakenteisiin ei voida sijoittaa tekniikkaa, jää yleensä ainoaksi mahdollisuudeksi tehdä rakenne väestönsuojan katon päälle. Tekniikan sijoittelua helpottaa, että käytetään jotain käytävissä olevista kevennysmateriaaleista tai niiden yhdistelmistä. Putkistot ja mahdolliset salaojitukset voidaan tehdä ensimmäiseen 50–100 mm kerrokseen, jonka täyttöön käytetään kevytsoraa tai vaahtolasia. Loput täytöstä voidaan tehdä pintavalun alapintaan asti XPS- tai EPS-eristeellä, jolloin saadaan tasainen pohja

raudoitukselle ja työskentelylle. Myös valun jälkeinen rakenteen kuivaaminen helpottuu, kun käytetään hyvin ilmaa läpäisevää kerrosta alimmaisena.

Alempana olevassa kuvassa on esitettyä periaatepiirros väestönsuojan yläpuolisesta rakenteesta.



Kuva 6. Väestönsuojan katto- tai lattiapinnan korotus vaahtolasimurskeella. Vss401 (Foamit.fi).

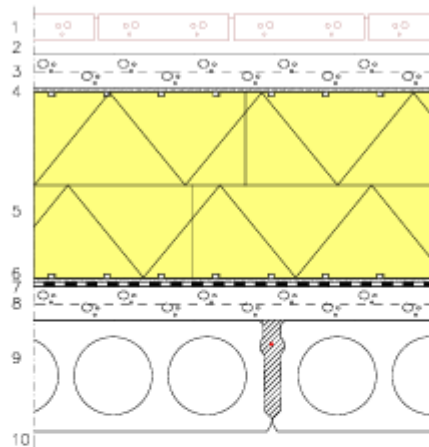
1 Pintarakenne	4 Geotextiili
2 Matala-alkalinen tasoite	5 Täytekerros Foamit 20 -vaahtolasimurske
3 Teräsbetoni-laatta	6 Kantava rakenne

3.1.2 Kattorakenteet

Käännetty katto on rakenne, jota käytetään yleisesti parkkihalleissa, kattoterasseilla ja viherkatoilla. Rakenteesta tekee vaativan jatkuva kosteus, jota esiintyy sekä vesihöyryinä että vetenä. Pintarakenteet suunnitellaan niin että sulamisvedet ja sade saadaan hallitusti ohjattua kaivoihin. Eristekerrosten vesi ohjataan salaojamatolla erityisiin kaivoliitoksiin vedeneristeen päällä. Eristekerros pyritään pitämään mahdollisimman kuivana, jotta lämmöneristeen toiminta ei heikenny.

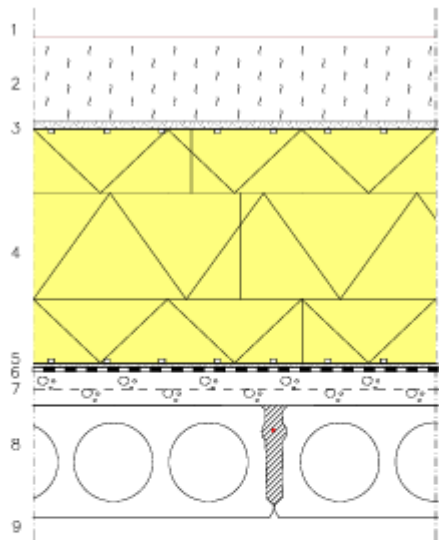
Eristeenä käytettävät materiaalit ovat yleisesti kevyitä ja niillä on helpompi toteuttaa pintakallistukset kuin esimerkiksi betonivalulla tai mursketäytöllä. Betonilla ja kiviaineksella toteutettaessa rakenteen kantavuus voi heikentyä. Myös kantavan ontelorakenteen rauditus vaatii yleensä enemmän työtä ja tarkempaa rakennesuunnittelua. Kevennysmateriaalit toimivat myös eristeenä ja tarvittaessa salaojituskerroksina.

Seuraavissa detailjikuvissa selviää raskaasti kuormitetun käännetyt yläpohjan ja viherkaton rakenne XPS-eristeellä toteutettuna sekä yläpohja Foamit-vahtolalla toteutettuna.



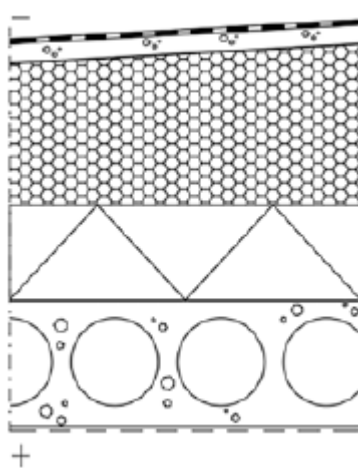
1. Betonilaatoitus, kiveys tai asfaltti 60...80 mm rakennusselvityksen mukaan
2. Asennushiekka ≥ 40 mm
3. Teräsbetoniotta rakennesuunnitelman mukaan, $\lambda_D = 1,7$ W/mK
4. Diffuusioavain kalva tai salaojamatto
5. Finfoam lämmeneriste F=300...700 kuormituksen mukaan, $\lambda_D = 0,039$ W/mK
Ylin kerros asennetaan urat ylöspäin ja alin urat alaspäin.
Urutetut levyt asennetaan niin, että urat muodostavat yhtenäisen kanaviston, joka tuuletetaan kattakaivajan kautta.
- Lämmönjohtavuus $\lambda_D = 0,037$ W/mK $\Rightarrow \lambda_D = 0,039$ W/mK
- Veden imeytyminen W(T) 0,7 ja WD(V)2
- Vesihöyrynläpäisyys $\mu = 150$
- Mittapysyvyys DS(70,90)
- Jäätymis-sulamiskestävyys FTCD1
6. Salaojamatto
7. Vedeneriste käyttöluokka VE80R
8. Tasausbetoni rakennesuunnitelman mukaan, kallistus $\geq 1:60$
9. Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan, R= 0,32
10. Pintakäsittely huoneselostuksen mukaan

Kuva 7. Raskaasti kuormitetun kansirakenteen käännetty yläpohja (finfoam.fi).



1. Kasvillisuus istutussuunnitelman mukaan.
2. Ruokamultakerros ≥ 200 mm rakenneselostuksen tai istutussuunnitelman mukaan.
3. Kasvuulostaksi tarkoitettu, juurisuojattu salaajamatto.
4. Finnfoam lämmäneriste, lujuusluokka kuormituksen mukaan, paksuus 550 mm, $\lambda_D = 0,039$ W/mK. Ylin ja alin kerros uritettu. Ylin kerros asennetaan urat ylöspäin ja alin urat alaspäin. Uritetut levyt asennetaan niin, että urat muodostavat yhtenäisen kanoviston, joka tuuletetaan kattokoivon kautta.
150 ura+250+150 ura
Finnfoam FL-300
- Lämmönjohtavuus $\lambda_D = 0,037$ W/mK $\rightarrow \lambda_D = 0,039$ W/mK
- Lyhytaikainen puristuslujuus CS(10) 250 kPa
- Veden imeytyminen WL(T) 0,7 ja WD(V)2
- Vesihöyrynläpäisyys $\mu = 150$
- Mittapysyvyys DS(70,90)
- Kuormitusviruma CC(2/1,5/50) 130 kPa
- Jäätymis-sulamiskestävyys FTCD1
5. Salaajamatto
6. Vedeneriste käyttöluokka VEBCR, ylin kermi juurisuojattu.
7. Tasusbetoni rakennesuunnitelman mukaan, kallistus $\geq 1:60$
8. Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan R=0,36
9. Pintakäsittely huoneselostuksen mukaan.

Kuva 8. Viherkaton käännetty yläpohja (finfoam.fi).



Rakenne ylhäältä alaspäin:

1. Vedeneriste
2. Suojavalu
3. Vaahtolasi
4. XPS-eriste
5. Ontelolaatta
6. Pintakäsittely

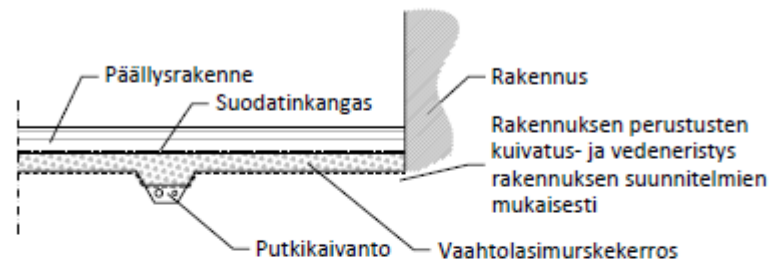
Kuva 9. Tasakattoinen yläpohja vedeneristyskerroksella pinnassa (foamit.fi).

3.1.3 Ulkopuoliset täytöt

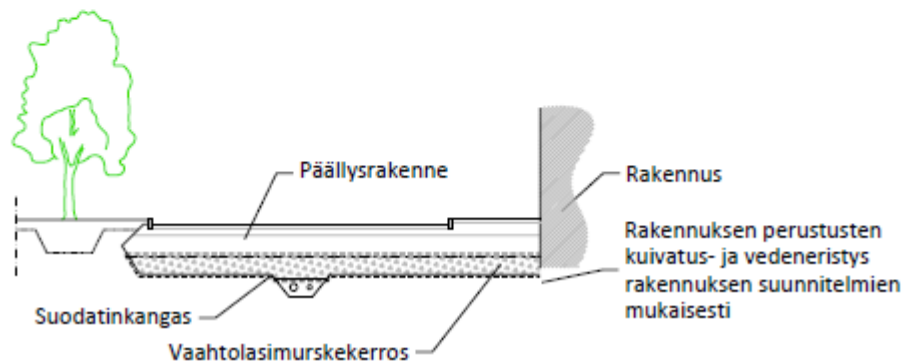
Huonon kantavuuden omaavilla ulkoalueilla on taloudellisesti kannattavaa käyttää kevennysmateriaaleja, koska siten vältetään kalliilta ja aikaa vieviltä massan vaihdoilta. Kevennysmateriaalit toimivat myös eristeenä ja estävät saviperäisen maan routimista. Putkilinjojen yläpuolisiin täyttöihin on myös mahdollista käyttää vaahtolasia tai kevytsoraa. Näissä tapauksissa voidaan estää putkilinjojen painumista, jolloin erillistä eristekerrosta ei välttämättä tarvita. Saneerauskohteissa painuneiden putkilinjojen arinan alle on mahdollista tehdä kevennyskaistaa käyttämällä vaahtolasia. Varsinainen putkiarina tulee kuitenkin tehdä murskeesta InfraRYL-laatuvaatimusten mukaisesti.

Seuraavissa kuvissa vaahtolasimurskeella toteutettuja piharakenteita.

Kuva 3.7. Pihan ja putkikaivannon kevennys ja routaeristys vaahtolasimurskeella toteutettuna.



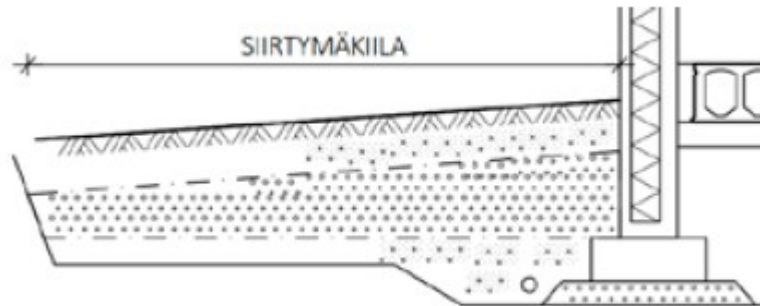
Kuva 3.8. Kadun kevennys ja routaeristys vaahtolasimurskeella toteutettuna.



Kuva 9. Piharakenteen poikkileikkaus. Suunnitteluohje (foamit.fi).

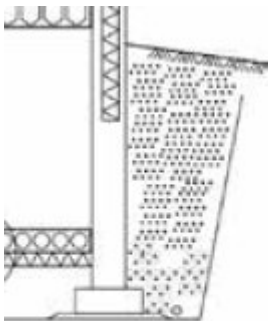
3.1.4 Rakenteiden vierustäytöt

Anturan ja muiden rakenteiden vierustäytöissä voidaan käyttää kevennysmateriaaleja osana täyttöä tai maanpaineen vaikutuksen vähentämiseksi suurempina määrinä. Kevennysmateriaalit toimivat tässä tarkoituksessa salaojittavina ja lämpöä eristävinä rakenteina.



Kuva 10. Seinänvierustäyttö. Foamit-suunnitteluohjeistus talonrakentamiseen (foamit.fi).

Kellarin seinänvierustäytöissä betoni- tai harkkoseinään kohdistuu usein suuri maanpaine. Kellarin seinään kohdistuvaa painetta on mahdollista saada pienemmäksi käyttämällä kevennyskaistaa, joka toimii samalla lämmöneristeenä ja salaojittavana kerroksena. Käytettäessä rakeista kevennysmateriaalia tulee muistaa rajata se suodatinkankaalla kevennysmateriaalin muusta täyttöön käytettävästä materiaalista. Seinän vierustan pinnantasaus tulee myös tehdä rakennuksesta poispäin viettäväksi.

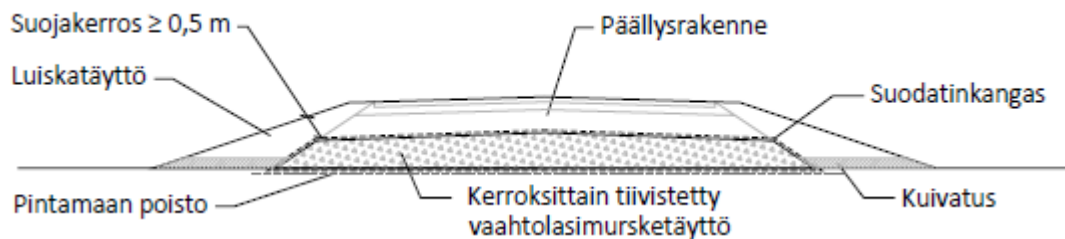


Kuva 11. Kellarin ulkopuolinen täyttö. Foamit-suunnitteluohjeistus talonrakentamiseen (foamit.fi).

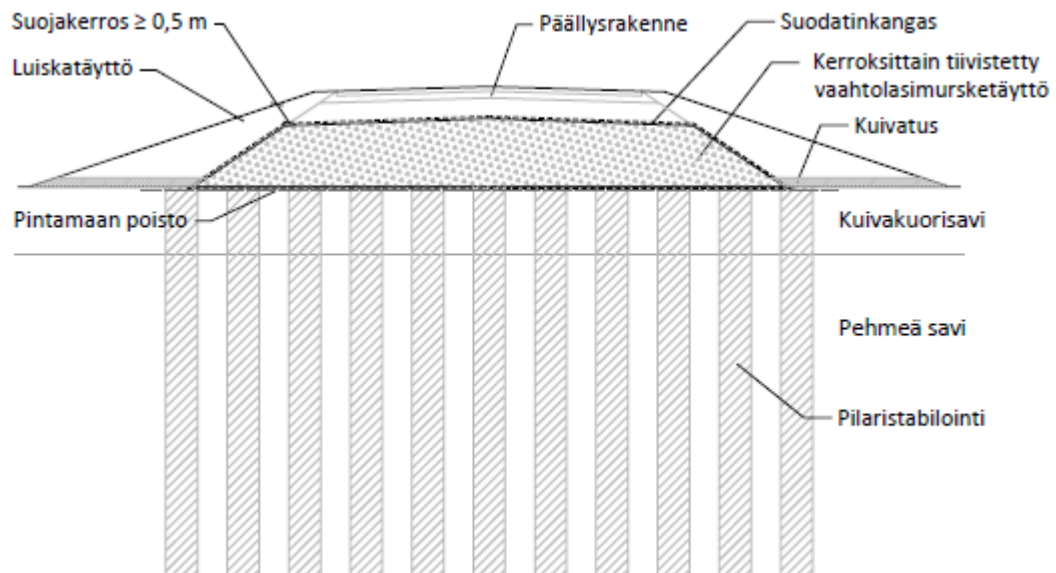
3.1.5 Pengertäytöt

Tie- ja kadunrakentamisessa huonon kantavuuden omaavilla osuuksilla saavutetaan huomattavaa hyötyä kevennysmateriaalien käytöllä. Suurten massanvaihtojen kustannuksilta ja logistisilta ongelmilta voidaan välttyä käyttämällä kevennyskerroksia. Menetelmä toimii suoraan perusmaan kaivuupintaan asennettuna sekä syvästabiloidulla tai paalutetulla alueella jakavana rakenneosana. Näin paaluväliä pystytään kasvattamaan eikä käytettävän syvästabiloinnin tarvitse olla niin lujaa. Yleensä kevennyksen paksuus on 0,5–2 metriä, mutta tarvittaessa kerros voidaan toteuttaa paksumpanakin. Kaikissa tapauksissa kerrospaksuus määräytyy rakennesuunnittelijan laskelmien mukaan.

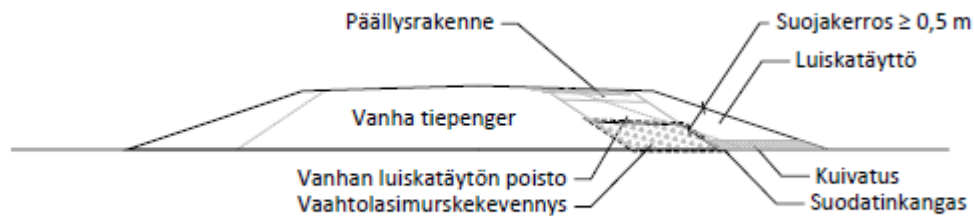
Myös vanhojen tierakenteiden levennykset voidaan toteuttaa pienemmillä kustannuksilla, kun ei ole tarvetta kaivaa niin syväälle kuin alkuperäisen tien perustamisessa. Tarvittavaan kantavuuteen päästään suunnittelemalla kevennysrakenne maapohjan ja kuormituksen mukaan.



Kuva 12. Pengerrakenteen kevennystäyttö. Foamit-suunnitteluohjeistus (foamit.fi).

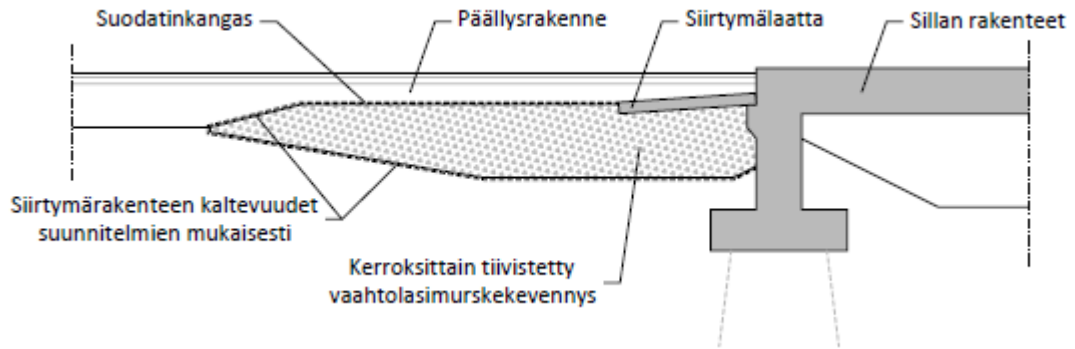


Kuva 13. Pilaristabiloidun pohjamaan kevennystäyttö. Foamit-suunnitteluohjeistus (foamit.fi).



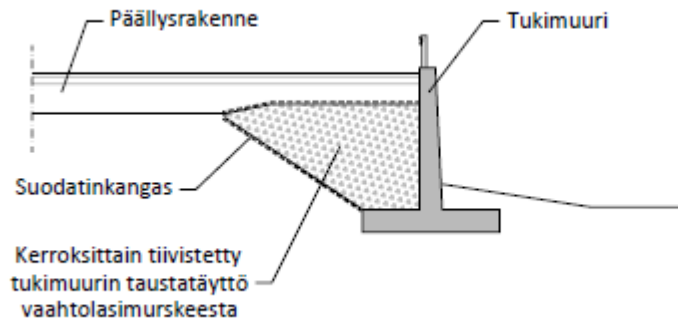
Kuva 14. Vanhan tienpenkereen levennys kevennystä hyödyntäen. Foamit-suunnitteluohje infrarakentamiseen (foamit.fi).

Sillan liittämärakenteen liitoskohta muodostuu usein haastavaksi, jos siirytään huonommin kantavalta pohjalta paremmin perustetulle, yleensä paalutetulle siltarakenteelle. Kevennysmateriaalin käyttö ajaa tässä tapauksessa hyvin asiansa. Liittyminen siirtymälaatalle on mahdollista tehdä sujuvasti ja kuormituksen mukaan tarpeeksi paksulla rakennekerroksella. Näin voidaan välttyä routimisen aiheuttamalta jyrkältä pykälältä liitoskohdassa.



Kuva 15. Sillan siirtymärakenteen toteutus vaahtolasikevennyksellä. Foamit-suunnitteluohje infrarakentamiseen (foamit.fi).

Tukimuurin rakennetta on mahdollista keventää, kun taustatäytössä käytetään kevennysmateriaalia. Siten muuriin kohdistuvaa maanpainetta voidaan vähentää huomattavasti. Murskeen tai muun maan käyttö voidaan korvata kevennysmateriaalilla, jolloin maanpainetta saadaan vähennettyä 70–90 %.



Kuva 16. Tukimuurin taustatäyttö kevennysmateriaalilla. Foamit-suunnitteluohje infrarakentamiseen (foamit.fi).

4 Kevennysmateriaalien hinnat

Hintatietoina on käytetty, vapaasti saatavilla olevia rautakauppahintoja. Eri toimittajien välillä voi olla eroavaisuuksia hinnoissa. Myös suurempien määrien tilaaminen vaikuttaa hankintahintaan. Mahdollisia toimituskuluja ei ole huomioitu. Alapuolella vertailu neljän yleisesti käytetyn tuotteen välillä.

Tuotteiden markkinointinimet:

- Foamit-vahtolasimurske 20p
- Leca-kevytsora KS410
- Finnfoam FL-300
- EPS-120 routa

Kevennysmateriaalien hinnat myyntierittäin		
Materiaali	Myyntierä	Hinta
Foamit-vahtolasi	1m ³ suursäkki	269,00 €
Leca-kevytsora	1m ³ suursäkki	254,00 €
Finnfoam XPS-eriste	100x585x2485 mm / 4,36m ²	100,28 €
EPS-120 routa	100x1000x1200 mm / 6m ²	75,00 €

KUVIO 2. Kevennysmateriaalien rautakauppahinnat (Aimo Kekäle 2023).

Vertailussa käytän esimerkkinä neliön alueella 0,5 metrin kevyysrakenteen paksuutta, joka on yleinen maan- ja talonrakennuksessa.

Kevennysmateriaalien hinnat 1000 x 1000 x 500 mm	
Materiaali	Hinta
Foamit-vahtolasi	134,50 €
Leca-kevytsora	127,00 €
Finnfoam XPS-eriste	115,00 €
EPS-120 routa	62,50 €

KUVIO 3. Kevennysmateriaalien hinnat € / 0,5 m³ (Aimo Kekäle 2023).

5 POHDINTA

Kevennysrakenteiden käyttö rakentamisessa on mahdollistanut rakentamisen heikommin kantaville alueille ja tehnyt rakentamisesta helpompaa, koska siten massiivisilta massanvaihdolta voidaan välttyä. Kevennysmateriaalien tärkeimmän ominaisuuden eli keveyden lisäksi myös hyvä lämmöneristyskyky lisää materiaalien käyttökelpoisuutta pohjoisella ilmastoalueellamme. Kahdella käsitellyistä tuotteista eli Leca-kevytsoralla ja Foamit-vahtolasilla on myös ominaisuudet toimia salaojittavana osana rakenteita. Levyinä myytävät EPS- ja XPS-eristeet ovat puolestaan helppoja asentaa myös kohteisiin, joissa vaaditaan tiiviyttä, esimerkiksi betonirunkoja vasten ja asennusalustaksi.

Työtä tehdessä materiaalien huonona puolena tuli esille polystyreenipohjaisten tuotteiden heikko kemikaalien kesto. Tämä seikka tulee ottaa huomioon asennuksessa sekä käyttökohteen mukaan, jos kemikaalirasitusta on odotettavissa.

LÄHTEET

Finnfoam Luettu 15.5.2023.

<https://finnfoam.fi/>

Foamit. Suunnittelu ja rakennusohje. 2016. Pdf-dokumentti. Luettu 11.5.2023.

http://www.foamit.fi/wp-content/uploads/2016/10/Suunnittelu-ja_Rakennusohje.pdf

Foamit. Suunnitteluohje. 2019. Pdf-dokumentti. Luettu 11.5.2023.

https://foa.mit.fi/wp-content/uploads/2019/06/Suunnitteluohje_30s_lr.pdf

Hartman. Rakennustarvikkeet ja eristeet. Luettu 2.6.2023.

<https://www.hartman.fi/fi/rakennustarvikkeet/eristeet-ja-tiivisteet>

Jackon. Tekniset tiedot lämmöneristeiden ominaisuudet. 2018.

Luettu 15.5.2023

https://www.jackon.fi/media/tekniset-tiedot/elementit/tekniset-tiedot/tekniset-tiedot_lammoneristeiden_ominaisuudet.pdf

Leca Finland. Luettu 14.5.2023.

<https://www.leca.fi/tietoa-meista/tuotanto>

RT 36-11102 XPS-eristeet. Lämmöneristystarvikkeet. 2012. RT-kortisto. Rakennustieto Oy. Luettu 16.5.2023.

RT 36-11113 EPS-eristeet. Lämmöneristystarvikkeet. 2013. RT-kortisto. Rakennustieto Oy. Luettu 16.5.2023.

Styroplast. Luettu 15.5.2023.

<https://www.styroplast.fi/eps-eristeet>

Väylävirasto, 2011. Kevennysrakenteiden suunnittelu. Luettu 10.5.2023.

https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2011-05_kevennysrakenteiden_suunnittelu_web.pdf

LIITTEET

Liite 1. EPS-tuotteiden kemiallinen kestävyys Kevennysrakenteiden suunnittelu
Tien pohjarakenteiden suunnitteluohjeet Liikenneviraston ohjeita 5/2011.

Liikenneviraston ohjeita 5/2011
Kevennysrakenteiden suunnittelu

Liite 1

EPS-tuotteiden kemiallinen kestävyys

Aine	Normaali ja palosuojattu S-laatu	Aine	Normaali ja palosuojattu S-laatu
Muurahaishappo	-	Alifaattiset hiilivedyt	
Savuavat hapot	-	Metaani, etaani	-
Heikot hapot		Propaani, butaani	-
Anhydridit	-	Heptaani	-
Nesteytetyt kaasut (epaorgan.)		Kevyt ja raskat bensiini	-
Rikkidioksidi	-	Superbensiini, 10 % benzolia	-
Nesteytetyt kaasut (organ.)		Diesel, polttoöljy	+/-
Metaani	-	Parafiiniöljy	+/-
Etaani	-	Vaseliini	+/-
Propaani	-	Kasvis- ja eläinrasvat sekä öljyt	+/-
Butaani	-	Ketonit	
Propyleeni	-	Asetoni	-
Etyteenioksidi	-	Sykloheksanoni	-
Butadieni	-	Halogeenihiilivedyt	-
Orgaaniset rakennusmateriaalit		Amiinit	-
Bitumiliuokset	-	Amidit	-
Alkoholit		Nitriitit	-
Eetterit	-	Aromaattiset hiilivety-yhdisteet	-
Esterit	-		

+/- = Osittain kestävä.

Solumuovi vahingoittuu pidemmän vaikutusajan jälkeen

- = Kestämätön.

Solumuovi kutistuu nopeasti tai liukenee

