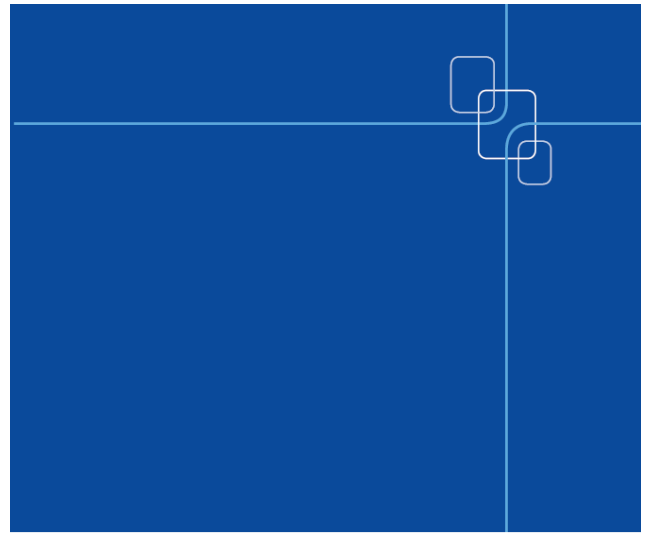




Hirsitalon ympäristövaikutusten elinkaarilaskenta

Kirjoittajat: Antti Ruuska, Tarja Häkkinen

Luottamuksellisuus: Luottamuksellinen

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	4
2	Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet	4
3	Tiivistelmä rakennusmateriaalien ympäristövaikutusten laskentatuloksista.....	5
4	Rakenteiden laskenta, Jokilehto	10
4.1	Rakenteet, ilmanvaihto ja vedenkulutus	11
4.2	Perustiedot	11
4.3	Perustukset.....	15
4.4	Alapohjalaatta	16
4.5	Ulkoseinät	18
4.6	Väliseinät	20
4.7	Yläpohja.....	22
4.8	Täydentävät rakenteet ja muut laskentasyötteet	22
5	Rakenteiden laskenta, normitalo-skenaario	23
6	Rakenteiden laskenta, ekologisin vaihtoehto-skenaario	24
7	Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset	25
7.1	Rakenteiden massa.....	25
7.2	Sitoutunut hiilidioksidi	27
7.3	Kasvihuonekaasupäästöt.....	29
7.4	Rakenteisiin sitoutuneen hiilidioksidin määrän ja rakennusmateriaalituotannon aiheuttamien kasvihuonekaasujen määrän vertailu	31
7.5	Rakenteiden energiasisältö	32
7.6	Rakennusmateriaalituotannon energiatarve	34
7.7	Rakenteiden energiasisältö ja rakennusmateriaalituotantoon vaadittu energiamäärä.....	37
7.8	Yhteenveto	39
8	Työmaa-aikainen hukka	39
9	Elinkaarenaikaiset uusimiset ja korjaukset.....	42
10	Kuljetusten vaikutus	44
10.1	Kuljetettavat materiaalmäärät ja kuljetussuoritteet	44
10.2	Kuljetusten ympäristövaikutukset.....	48
11	Rakentamisen ja purkuvaiheen energiankulutus	49
11.1	Työkoneiden päästöt	50
11.2	Työmaasähkö ja kaukolämpö	50
11.3	Yhteenveto	51
12	Elinkaarenaikainen energiankulutus.....	52

13 Elinkaaren loppuvaihe	54
14 Tulosten analysointi.....	56
14.1 Elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset jaettuna elinkaaren eri vaiheisiin .	56
14.2 Elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset, As Oy Jokilehto	58
14.3 Elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset, Normitalo	61
14.4 Elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset, Ekologisin skenaario	63
14.5 Elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset, yhteenveto tuloksista.....	66
14.6 Sitoutuneen hiilen huomiointi laskennassa.....	67
14.7 Hirren bioenergiatarkastelut	70
14.7.1 Hirsitalon rakenteisiin sitoutuneen bioenergian merkitys	71
14.7.2 Hirren sivutuotteiden sisältämän bioenergian merkitys.....	72
14.7.3 Hirren ja sivutuotteiden sisältämän bioenergian merkitys suhteessa käyttövaiheen ympäristövaikutuksiin	72
14.7.4 Hirren ja sivutuotteiden bioenergian vaikutus hiilijalanjälkeen	75
14.7.5 Sitoutuneen hiilen ja bioenergian huomiointi laskennassa	76
14.8 Tuloskuvaajat.....	76
14.9 Kokonaisenergiatarkastelut.....	79
14.9.1 Bioenergian vaikutus kokonaisenergian tarpeeseen	81
14.9.1 Nollapäästöisen bioenergian vaikutus kokonaisenergian tarpeeseen	84
14.10 Kokonaisenergiatarkastelut, yhteenveto	86
Liite 1: laskennassa käytetyt ympäristöprofiilit	89
Liite2: Laskentatulosteet, As Oy Jokilehto	90
Liite 3: Materiaalikuljetukset	107

1 Johdanto

Tämä laskentaraaportti on tehty Hirsitaloteollisuus ry:n tilauksesta. Tässä raportissa esitetään hirsisen paritalon, sekä kahden vaihtoehtoisen laskentaskenaarion elinkaarenaikaisten ympäristövaikutusten laskentatulokset.

Ympäristövaikutusten laskenta on suoritettu rakennusmateriaalien osalta käyttämällä ”Hirsitalolaskuri 2011”-laskentaohjelmaa¹, jolla pystytään määrittämään hirsitalossa käytettyjen rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset nk. ”Cradle to Gate”-periaatteella. Tällä laskentaperiaatteella ympäristövaikutusten arviointiin kuuluvat hirsitaloon käytettävien tuotteiden valmistuksen ympäristövaikutukset.

Laskurilla saadut laskentatulokset on täydennetty ”cradle to gate”-laskennasta valmiiksi rakennukseksi määrittämällä rakennusmateriaalien kuljetuksen ja työmaalla tehtävän asennus- ja rakennustyön ympäristövaikutukset. Laskennassa huomioidaan myös rakennustyön aikainen hukka ja syntyvän rakennusjätteen kuljetukset.

Käyttövaiheen energiankulutuksesta aiheutuvat päästöt on arvioitu kohteen energiatodistukseen perustuen. Lisäksi käyttövaiheessa tehtävät korjaukset, korjauksiin liittyvien materiaalien kuljetus, sekä syntyvän purku- ja rakennusjätteen kuljetus on huomioitu laskennassa.

Laskenta kattaa myös elinkaaren loppuvaiheessa tapahtuvan purkutyön, sekä purkutyössä syntyvän jätteen kuljetuksen ympäristövaikutukset. Myös jätteen käsittely on huomioitu laskennassa.

2 Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet

Tässä raportissa esitetään lasketut elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset As Oy Pudasjärven Jokilehto-nimiselle paritalolle 50 vuoden elinkaarella. Kohteeseen viitataan myöhemmin lyhyemmin As Oy Jokilehtona, tai Jokilehtona. As Oy Jokilehto rakennetaan Pudasjärvelle hirsitalokortteliksi kutsutulle alueelle. Kohde on hirsirunkoinen paritalo, jossa on paikallavalettu betoninen alapohjalaatta.

Rakennuksen ympäristövaikutukset määritetään rakenteiden massan, uusiutuvan ja uusiutumattoman raaka-ainekulutuksen, sitoutuneen hiilidioksidin, uusiutuvan ja uusiutumattoman energian, energiasisällön ja kasvihuonekaasupäästöjen suhteen. Lisäksi verrataan kasvihuonekaasupäästöjen ja sitoutuneen hiilen määrän ja energiankulutuksen ja rakenteiden energiasisällön välistä suhdetta. Tässä raportissa esitetyissä ympäristövaikutuksissa huomioidaan rakennuksen koko elinkaari.

Laskurin tausta-aineistona käytetyt rakennusmateriaalien ympäristöprofiilit perustuvat Rakennustieto RT:n ympäristöselosteisiin ja VTT:n tutkimustietoon suomalaisista rakennusmateriaaleista. Laskennassa käytetyt profiilit on esitetty tämän raportin liitteenä.

¹ VTT (2011), Excel-pohjainen laskentaohjelma hirsitalon ympäristövaikutusten laskentaan.

Laskennassa on tarkasteltu Jokilehdon lisäksi myös kahta vaihtoehtoista laskentaskenaariota, ”normitalo”- ja ”ekologisin toteutustapa”-skenaariota. Laskennan normitalossa kantavat seinärakenteet on muutettu hirrestä puurunkoisiksi rakenteiksi. Lisäksi märkätilojen väliseinät on toteutettu harkkorakenteisina seininä.

Ekologisimmassa toteutustavassa kantavien seinärakenteiden lisäksi myös väliseinät on tehty hirrestä ja rakennuksen alapohjarakenne on vaihdettu puurunkoiseen alapohjarakenteeseen.

Kaikkien skenaarioiden käytönaikainen energiankulutus, sekä rakentamisen ja purun energiankulutus ovat toisiaan vastaavat.

Kappaleessa kolme esitetään tiivistelmä rakennusmateriaalien ympäristövaikutusten laskentatuloksista kaikille skenaarioille. Kappaleen kolme tulokset ovat ”cradle to gate”-tuloksia, eli ne sisältävät ainoastaan rakennuksen rakenteiden materiaalituotannon aiheuttamat ympäristövaikutukset. Tuloksissa ei ole huomioitu materiaalikuljetuksia työmaalle, työmaa-aikaista hukkaa, tai asennustyötä, eikä käyttö- tai purkuvaihetta.

Kappaleessa neljä esittää Jokilehdon rakenteet kohteen todellisiin suunnitelmiin, pinta-aloihin ja rakenteisiin perustuen.

Kappale viisi esittelee laskennan normitalo-skenaarion ja kappale kuusi laskennan ekologisimman skenaarion.

Kappaleessa seitsemän esitetään tarkemmin rakennusmateriaalien ympäristölaskennan laskentatulokset. Tulokset esitetään kaikille kolmelle laskentatapaukselle.

Kappale kahdeksan laajentaa laskentatulokset käsittämään myös työmaa-aikaisen hukan ja kappaleessa yhdeksän käsitellään käytönaikaisten uusimisten ja korjausten merkitystä.

Kappale kymmenen esittelee kuljetusten ympäristövaikutukset ja kappale 11 rakentamisen ja purkuvaiheen ympäristövaikutukset.

Kappale 12 käsittelee käytönaikaista energiankulutusta ja siitä aiheutuvia päästöjä, ja kappale 13 elinkaaren loppuvaihetta.

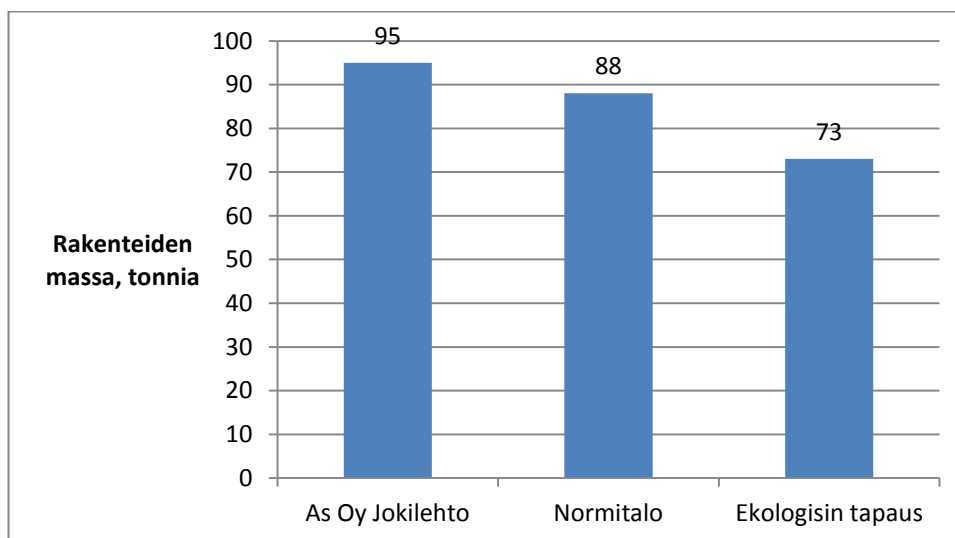
Tulosten tarkempi analysointi suoritetaan kappaleessa 14.

3 Tiivistelmä rakennusmateriaalien ympäristövaikutusten laskentatuloksista

Tulokset osoittavat että As Oy Jokilehto on tutkittujen muuttujien osalta ympäristövaikutuksiltaan alhaisempi, kuin tyypillistä rakennustapaa edustava rakennus (normitalo-skenaario). Vertailu ekologisimpaan skenaarioon osoittaa että kohteen ympäristövaikutuksia voitaisiin edelleen alentaa suunnitteluratkaisuja ja materiaalivalintoja muuttamalla.

Rakenteiden massa

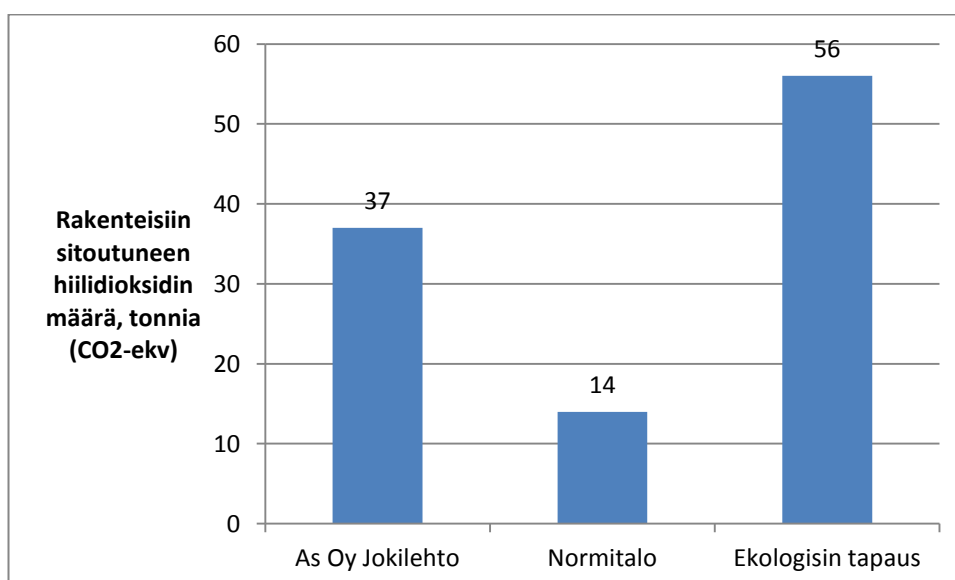
As Oy Jokilehdon laskennat osoittavat rakenteiden massan olevan yhteensä 95 tonnia. Vaihtoehtoisten laskentaskenaarioiden tarkastelu osoittaa että normitalon massa on 88 tonnia ja ekologisimmaksi arvioidun vaihtoehdon 73 tonnia. Normitalo on siis rakenteiltaan noin 7% ja ekologis in vaihtoehto noin 23% kevyempi kuin Jokilehto.



Kuva 1, Rakenteiden massa. As Oy Jokilehdon rakenteet verrattuna normitaloon ja ekologisimpaanskenaarioon.

Rakenteisiin sitoutuneen hiilidioksidin määrä

As Oy Jokilehdon laskennat osoittavat rakenteisiin sitoutuneen hiilidioksidin määrän olevan yhteensä 37 tonnia. Vaihtoehtoisten laskentaskenaarioiden tarkastelu osoittaa normitalon rakenteisiin sitoutuneen hiilidioksidin määrän olevan 14 tonnia ja ekologisimmaksi arvioidun vaihtoehdon 56 tonnia. Jokilehdon rakenteisiin sitoutuu noin 62 % enemmän hiilidioksidia, kuin normitalon rakenteisiin. On kuitenkin huomattava, että ekologis in vaihtoehto sitoo rakenteisiinsa vielä noin 51 % enemmän hiilidioksidia kuin Jokilehto.

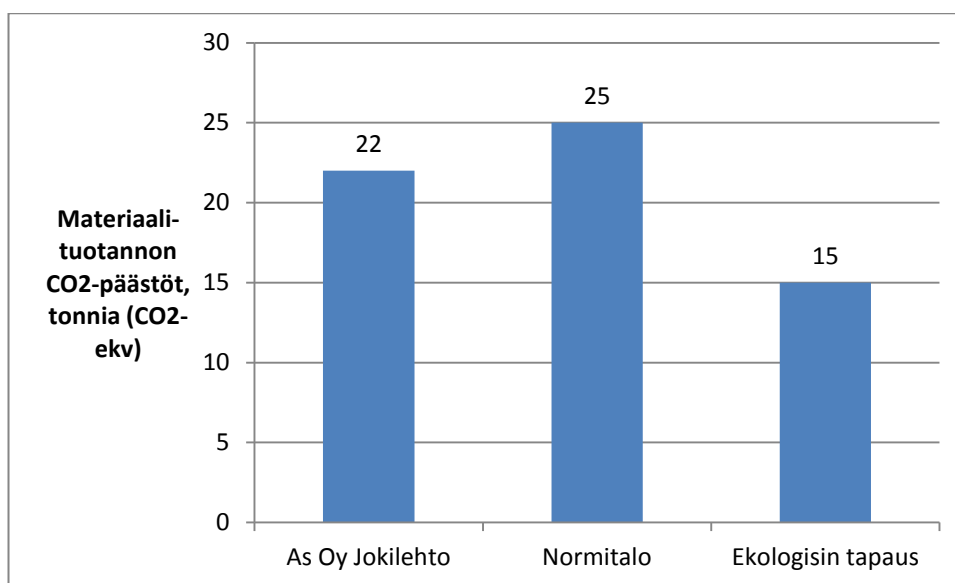


Kuva 2, Rakenteisiin sitoutuneen hiilidioksidin määrä. As Oy Jokilehdon rakenteet verrattuna normitaloon ja ekologisimpaan skenaarioon

Rakenteiden materiaalityönnön aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt

As Oy Jokilehdon laskennat osoittavat että rakenteiden materiaalityönnöstä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt ovat 22 tonnia. Vaihtoehtoisten laskentaskenaarioiden tarkastelu osoittaa että normitalon rakenteiden materiaalityönnön kasvihuonekaasupäästöt ovat 25 tonnia ja ekologisimman vaihtoehdon päästöt 15 tonnia.

Näin ollen kohteen päästöt ovat noin 14 % normitaloa alhaisemmat. Toisaalta, ekologisimman tapauksen päästöt ovat vielä noin 32 % kohteen päästöjä pienemmät.

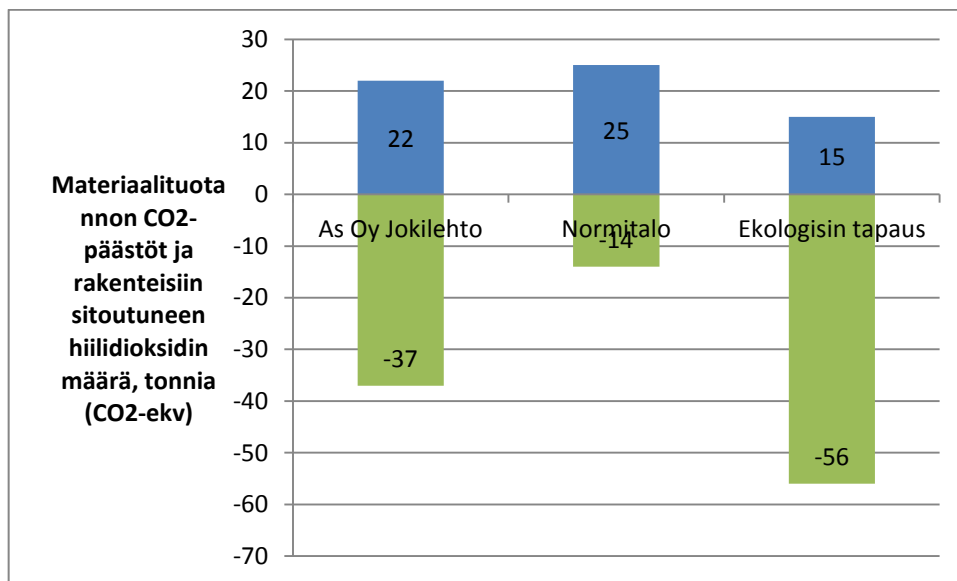


Kuva 3, Rakenteiden materiaalityönnön aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. As Oy Jokilehdon rakenteiden materiaalityönnön vaatima energiamäärä verrattuna normitaloon ja ekologisimpaan skenaarioon

Rakenteisiin sitoutuneen hiilidioksidin ja materiaalityönnön päästöjen vertailu

Verrattaessa rakenteisiin sitoutuneen hiilen ja rakennusmateriaalityönnön aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen määrää, huomataan että As Oy Jokilehdon rakenteisiin sitoutuneen hiilidioksidin määrä ylittää rakenteiden valmistuksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt noin 15 tonnilla.

Normitalo aiheuttaa 11 tonnia suuremmat kasvihuonekaasupäästöt, kuin sen rakenteet sitovat hiiltä. Ekologisimmassa tapauksessa rakenteiden sitoman hiilen määrä ylittää materiaalityönnön päästöt 41 tonnilla.



Kuva 4, Rakenteiden materiaalituotannon aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ja rakenteiden sitoma hiili. As Oy Jokilehdon rakenteiden materiaalituotannon aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ja rakenteiden sitoman hiilen määrä normitaloon ja ekologisimpaan skenaarioon verrattuna

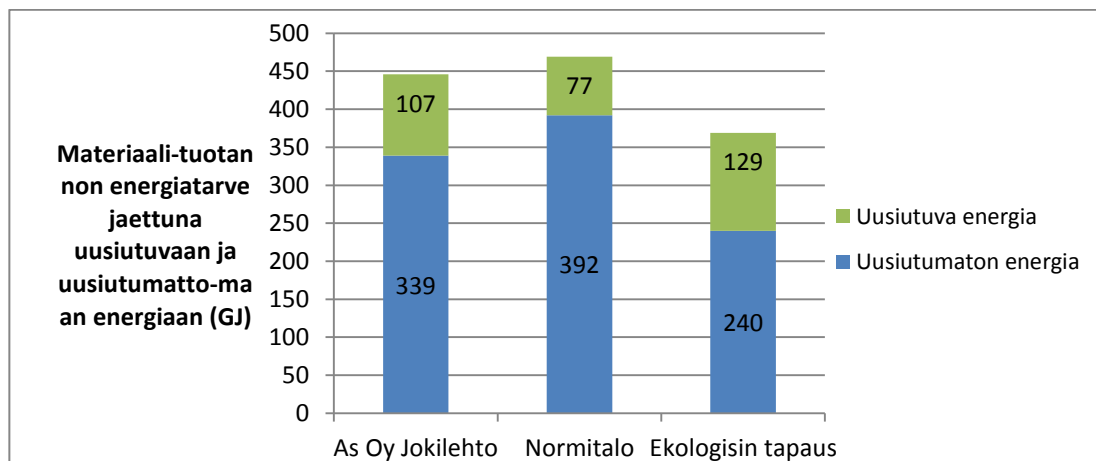
Rakennusmateriaalituotannon energiatarve

As Oy Jokilehdon laskennat osoittavat että rakenteissa käytettyjen materiaaliin tuotantoon tarvittava yhteenlaskettu energia on 446 GJ, josta 339 GJ on uusiutumatonta energiaa ja 107 GJ uusiutuvaa energiaa.

Vaihtoehtoisten laskentaskenaarioiden tarkastelu osoittaa että normitalon rakenteiden tuottamiseen tarvittava energia on 469 GJ ja ekologisimman vaihtoehdon 369 GJ.

Jokilehdon rakenteiden tuottaminen tarvitsee siis noin 5% vähemmän energiaa kuin normitalo. Ekologisin vaihtoehto tarvitsee vielä 17% tätä vähemmän energiaa.

Tuloksista havaitaan myös, että uusiutuvan energian osuus energian kokonaiskulutuksesta vaihtelee skenaarioittain. As Oy Jokilehdon energiankulutuksesta uusiutuvan energian osuus on 24%. Normitalolla uusiutuvan energian osuus jää 16 %:iin, kun taas ekologisimmassa vaihtoehdossa uusiutuvalla energialla katetaan 35% koko energiatarpeesta.

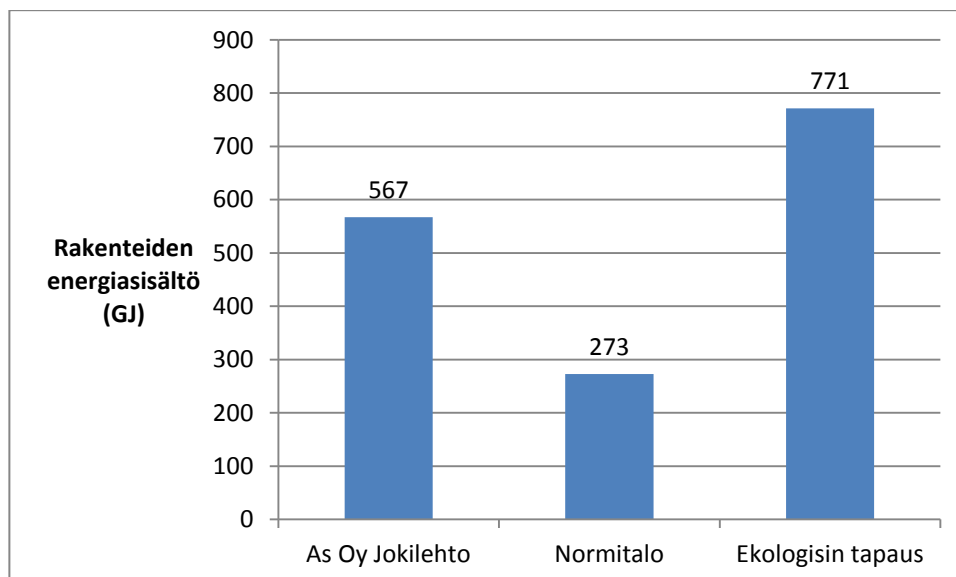


Kuva 5, As Oy Jokilehdon rakenteiden materiaalityönnön vaatima energiamäärä verrattuna normitaloon ja ekologisimpaan skenaarioon

Rakenteiden energiasisältö

Rakenteiden rakennusmateriaalien energiasisältö on hyödynnettävissä rakennuksen elinkaaren loppuvaiheessa energiatuotannossa. As Oy Jokilehdon laskennat osoittavat että rakenteiden yhteenlaskettu energiasisältö on 567 GJ. Vaihtoehtoisten laskentaskenaarioiden tarkastelu osoittaa että normitalon rakenteiden energiasisältö on 273 GJ ja ekologisimman vaihtoehdon 771 GJ.

Jokilehdon rakenteiden energiasisältö on noin 52% normitaloa suurempi. Ekologisimman vaihtoehdon energiasisältö on puolestaan vielä 36% tätäkin suurempi.



Kuva 6, As Oy Jokilehdon rakenteiden materiaalityönnön vaatima energiamäärä verrattuna normitaloon ja ekologisimpaan skenaarioon

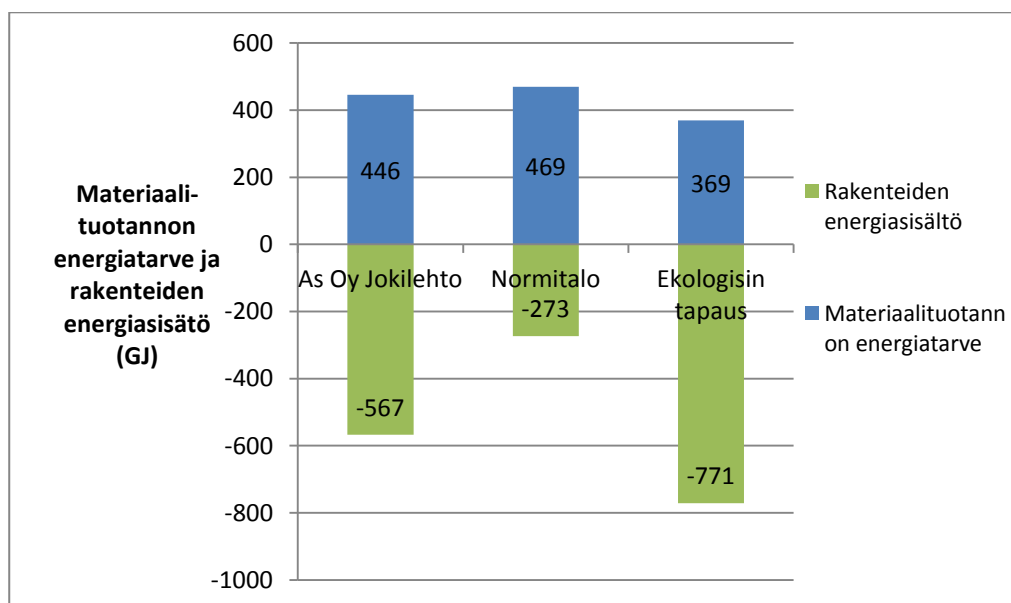
Materiaalituotannon energiatarpeen ja rakenteiden energiasisällön vertailu

As Oy Jokilehdon rakenteiden energiasisältö on suurempi kuin rakenteiden valmistuksen vaatima energia. Kohteelle laskettu rakenteiden energiasisältö (567 GJ) ylittää rakenteiden valmistuksen tarvitseman energian (446 GJ) noin 121 GJ:lla.

Ekologisimman tapauksen laskenta osoittaa että rakenteiden energiasisältö (771 GJ) ylittää materiaalituotannon energiatarpeen (369 GJ) noin 402 GJ:lla.

Normitalon rakenteiden energiasisältö (273 GJ) jää sen sijaan 196 GJ pienemmäksi, kuin sen rakennusmateriaalien tuotannon vaatima energia (469 GJ).

Oheinen kuva kokoaa edellä esitetyt laskentatulokset yhteen. Viivan yläpuolella on rakennusmateriaalituotannosta aiheutuva energiankulutus ja viivan alapuolella rakenteiden energiasisältö. Energiasisältö on esitetty negatiivisena laskennallisista syistä.



Kuva 7, Rakenteiden materiaalituotannon aiheuttama energiankulutus ja rakenteiden energiasisältö. As Oy Jokilehdon rakenteiden materiaalituotannon aiheuttama energiankulutus ja rakenteiden energiasisältö, normitaloon ja ekologisimpaan skenaarioon verrattuna

4 Rakenteiden laskenta, Jokilehto

Laskettava rakennus on yksikerroksinen, hirsirunkoinen paritalo. Rakennuksessa on ristikkorakenteinen huopakatto ja maanvarainen, betoninen alapohja. Rakennuksen kaksi asuinhuoneistoa ovat keskenään identtiset ja niitä erottaa puurakenteinen huoneistojenvälinen seinä. Molemmissa asuinhuoneistoissa on yksi makuuhuone, vaatekaappi, tuulikaappi, eteinen, tupa, kylpyhuone, sauna, ulkovarasto ja kaksi terassia. Rakennus on toteutettu vuoden 2010 määräysten mukaisilla rakenteilla.

4.1 Rakenteet, ilmanvaihto ja vedenkulutus

Oheiseen kuvaan on koottu Jokilehdon energiatodistuksen mukaiset tiedot rakenteista, ilmanvaihdosta ja vedenkulutuksesta. Jokilehto täyttää vuoden 2010 määräykset.

Rakenteet					
Rakennusosat		Pinta- ala (m²)	U-arvo (W/m²K)		
Ulkoseinät	US, Hirsi LH243	78.50	0.46		
	US, Hirsi LH243 + eriste 50mm	23.20	0.30		
Yläpohjat	YP, Puukuitu 500mm	121.90	0.08		
Alapohja	AP, Bet.laatta + eristelevyt 200+50mm	121.90	0.10		
Ovet					
Ikkunat	Lasiulko-ovet	8.70	1.00	g _{kohtisuora}	F _{kehä}
	Ikkunat, luode, MSE, energy	1.72	0.89	0.61	0.33
	Ikkunat, luode, kiinteä	4.80	0.72	0.56	0.75
	Ikkunat, kaakko, MSE, energy	1.12	0.89	0.56	0.75
	Ikkunat, kaakko, kiinteä	9.96	0.72	0.56	0.75
Tehollinen lämpökapasiteetti C _{Rak omin.}		110 Wh/(brm² K)			
Ilmanvaihto					
Rakennuksen ilmanvuotoluku n50				1.0	1/h
Ilmanvaihdon poistovirta				0.042	m³/s
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde				70	%
Vedenkulutus					
Lämpimän käyttöveden kulutus				73.00 m³/vuosi	
Huoneistokohtainen vedenmittaus ja laskutus				Kyllä ☒	Ei ☐

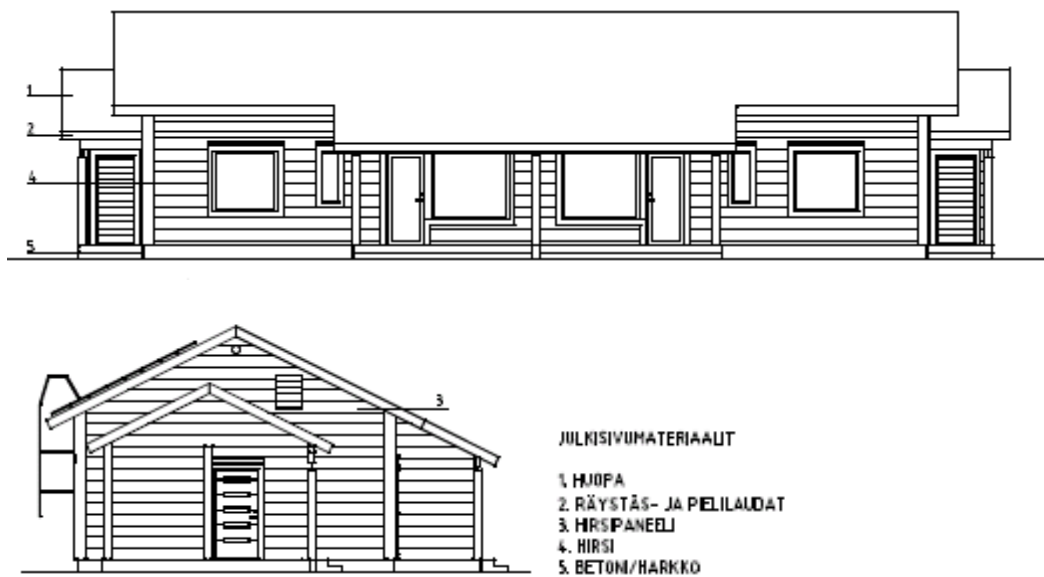
Kuva 8, Jokilehdon rakenteet, ilmanvaihto ja vedenkulutus

4.2 Perustiedot

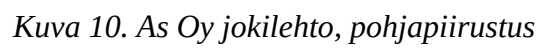
Taulukossa 1 on esitetty laskettavan rakennuksen perustiedot ja kuvissa 9 ja 10 rakennuksen julkisivu- ja pohjakuvat.

Taulukko 1. Rakennuksen perustiedot

Rakennuksen perustiedot			Pinta-ala ja tilavuustiedot	
Rakentaja	As Oy	Pudasjärven Jokilehto		
Talotoimittaja	Kontio		Rakennuksen ala	141 m ²
Katuosoite	Karhukunnas		Kerrosala	141 m ²
Postinumero	93100		Nettoala	120 m ²
Paikkakunta	Pudasjärvi		Rakennustilavuus	480 m ³
Rakennusvuosi	2012			



Kuva 9. As Oy Jokilehto, julkisivukuvia



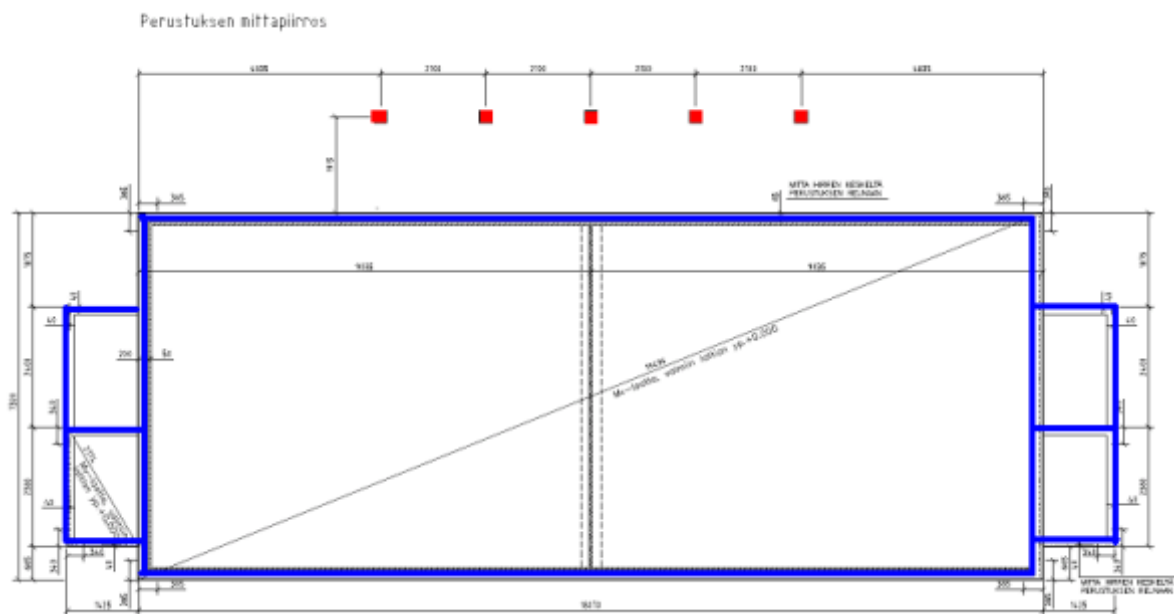
Rakenteiden määrät on laskettu rakennuksen piirustusten perusteella.
Rakenteiden määräluettelo on esitetty oheisessa taulukossa 2.

Taulukko 2, As Oy Jokilehto, määräluettelo

Perustukset		
PM1, Perusmuuri	69	jm
PM2, Peruspilari	5	kpl
Ala- ja välipohjarakenteet		
AP1, Maanvarainen alapohja	135,7	m ²
AP2, Tuulettuva alapohja	-	m ²
VP1, Välipohja	-	m ²
Ulkoseinärakenteet		
US1, Ulkoseinä	73,3	m ²
US2, Ulkoseinä	14,3	m ²
US3, Ulkoseinä	22,8	m ²
Väliseinärakenteet		
VS1, Väliseinä	19,3	m ²
VS2, Väliseinä	64,7	m ²
VS3, Väliseinä	39,5	m ²
Yläpohjarakenteet		
YP1, Ristikkorakenteinen yläpohja	130	m ²
YP2, Palkkirakenteinen yläpohja	-	m ²
Täydentävät rakenteet		
Puikkunat	21	m ²
Puiset ulko-ovet	6	kpl
Puiset väliovet	8	kpl
Mdf-väliovet	-	kpl
Takka	-	kg
Puuportaati	-	kpl
Terassi	24	m ²
Käyttäjän materiaalisyytötet		
Hirsi	1722	kg
Havuvaneri	1200	kg

4.3 Perustukset

Rakennuksen ulkokehällä ja rakennuksen päädyissä olevien terassien ja varastojen alla kiertää perusmuuri. Lisäksi rakennuksen pitkällä sivulla on terassi, joka on perustettu peruspilareiden varaan. Perusmuurin kokonaismäärä on 69 m, peruspilareiden 5 kpl.



Kuva 11. Perustukset. Peruspilarit (5kpl) merkitty punaisella, perusmuuri (69 m) sinisellä.

Perusmuurista, pilareista, tai anturoista ei ollut käytettävissä rakennekuvia, joten perustusten laskenta perustuu laskentaoletuksiin. Oheisissa kuvissa on esitetty perusmuurin PM1 ja peruspilarin PM2 rakenne.

Perustukset, PM1

69 jm

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusiminen kertaa
Antura	Valmisbetoni, K30	2300	0	0
Perusmuuri	Valmisbetoni, K30	2300	0	0
Perusmuurin eriste	Polystyreenieriste (EPS)	35	0	0
Routaeriste	Polystyreenieriste (EPS)	35	0	0

Poikkileikkauksen mitat

Anturan korkeus	200	mm
Anturan leveys	400	mm
Perusmuurin korkeus	600	mm
Perusmuurin leveys	200	mm
Perusmuurin eristepaksuus	50	mm
Routaeristeen paksuus	100	mm
Routaeristeen leveys	1200	mm

Kuva 12. As Oy Jokilehto, perusmuuri PM1

Perustukset, PM2

5 kpl

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusiminen kertaa
Antura	Valmisbetoni, K30	2300	0	0
Perusmuuri	Valmisbetoni, K30	2300	0	0
Routaeriste	Polystyreenieriste (EPS)	35	0	0

Poikkileikkauksen mitat

Anturan korkeus	200	mm
Anturan leveys	400	mm
Peruspilarin korkeus	600	mm
Peruspilarin leveys	200	mm
Routaeristeen paksuus	100	mm
Routaeristeen leveys	1200	mm

Kuva 13. As Oy Jokilehto, Peruspilari PM2

4.4 Alapohjalaatta

Alapohjalaatta on 80mm vahvuista teräsbetonia. Lattialaatan alla on 200mm paksu EPS-eriste, joka on vahvistettu 50mm lisäeristekerroksella 1m levyisellä reuna-alueella. EPS-eristeen alla on tasavahvuinen 200mm paksu kevytsorakerros.

Laskennassa on oletettu että märkätilojen lattiapintana on 6mm vahvuinen keraaminen laatta ja muissa tiloissa 12mm paksu parketti. Varaston, ulkoseinien ja väliseinien alle jäävän alapohjalaatan oletetaan olevan pinnoittamatonta betonia.

Alapohjalaatan päälle on rakennettu huoneistojenvälinen väliseinä. Tämän alla pohjalaatta on vahvistettu noin 500mm leveältä kaistalta koko rakennuksen leveydeltä (7,3m). Tässä laskennassa oletetaan että vahvikkeen kohdalla laatan paksuus on 280 mm.

Vahvikekaista käsitellään laskennassa lisäämällä vahvikekaistan betonimäärä ($0,73\text{m}^3$) alapohjalaatan laskentapaksuuteen. Vahvikkeen betonimäärä vastaa noin 6mm lisäpaksuutta alapohjalaattaan. Vahvikekaistan huomioiva, laskennallinen alapohjalaatan vahvuus on siis 86mm.

Oheisessa kuvassa on esitetty alapohjalaatan rakenne.

Alapohjat ja välipohjat, AP1

135,7 m²

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusinta krt	Kerros­paksuus mm	Osuus %
Lattiapinta1	Keraaminen laatta	2000	0	0	6	15
Lattiapinta2	Parketti	450	0	0	12	73
Lattiapinta3		0	0	0	0	0
TB-Laatta	Valmisbetoni, K30	2300	0	0	86	
Eistekerros 1	Polystyreenieriste (EPS)	35	0	0	200	
Eistekerros 2	Kevytsora	280	0	0	200	

Laatan alapuolisen eristeen mitat

Eistekerros 1

Eistepaksuus	200	mm
Eistepaksuus reuna-alueel	250	mm
Reuna-alueen leveys	1000	mm

Eistekerros 2

Eistepaksuus	200	mm
Eistepaksuus reuna-alueel	200	mm
Reuna-alueen leveys	1000	mm

Kuva 14, As Oy jokilehto, AP1:n rakenne.

4.5 Ulkoseinät

Asuintilojen ulkoseinää on yhteensä 111m² ja varastojen ulkoseinää 25m².

Rakennuksen asuintilojen ulkoseinät ovat 243mm paksua lamellihirttä. Asuintilojen ulkoseinä on pelkkää lamellihirttä (US1), märkätilojen seinässä (US2) on lisäksi 50mm vuorivillaeriste, kipsilevy ja keraaminen laatoitus. Saunan ulkoseinässä(US3) on 50mm vuorivillaeriste ja puupanelointi.

Laskennassa käytettyyn ”Hirsitalolaskuri 2011”-työkaluun voi syöttää kolme erilaista ulkoseinätyyppiä, joten varastojen ulkoseinät syötetään toisaalle.

Oheisissa kuvissa on esitetty ulkoseinien US1, US2 ja US3 rakenne.

Ulkoseinät, US1

73,3 m²

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusinta krt	Kerrospaksuus mm
Sisäseinän pinta		0	0	0	0
Sisäseinän verhous		0	0	0	0
Höyrynsulku		0	0	0	0
Sisäp. Lisäeriste		0	0	0	0
Eristekerr. runko		0	0	0	0
Hirsirunko	Hirsi	520	0	0	243
Eristekerr. runko		0	0	0	0
Ulkop. lisäeriste		0	0	0	0
Tuulensuojalevy		0	0	0	0
Julkisivulaudoitus		0	0	0	0
Julkisivumaalaus		0	0	0	0

Ulkoseinärakenne

Ulkoseinän korkeus	2700 mm
Hirren paksuus	243 mm
Hirren kokonaismäärä	17,81 m ³

Runkopuun kokonaismäärä	0,0 m ³
Eristeen kokonaismäärä	0,0 m ³

Sisäpuolinen lisäeristekerros

Runkojako	0 mm
Seinän eristepaksuus	0 mm
Runkopuun paksuus	0 mm

Ulkopuolinen lisäeristekerros

Runkojako	0 mm
Seinän eristepaksuus	0 mm
Runkopuun paksuus	0 mm

Kuva 15, As Oy Jokilehto, US1:n rakenne

Ulkoseinät, US2
14,3 m²

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusinta krt	Kerrospaksuus mm
Sisäseinän pinta	Keraaminen laatta	2000	0	0	6
Sisäseinän verhous	Sisäverhouskipsilevy	850	0	0	13
Höyrynsulku		0	0	0	0
Sisäp. Lisäeriste	Vuorivilla	45	0	0	50
Eistekerr.runko		450	0	0	0
Hirsirunko	Hirsi	520	0	0	243
Eistekerr. runko		0	0	0	0
Ulkop. lisäeriste		0	0	0	0
Tuulensuojalevy		0	0	0	0
Julkisivulaudoitus		0	0	0	0
Julkisivumaalaus		0	0	0	0

Ulkoseinärakenne

Ulkoseinän korkeus	2700 mm
Hirren paksuus	243 mm
Hirren kokonaismäärä	3,475 m ³

Sisäpuolinen lisäeristekerros

Runkojako	400 mm
Seinän eristepaksuus	50 mm
Runkopuun paksuus	50 mm

Runkopuun kokonaismäärä	0,1 m ³
Eisteen kokonaismäärä	0,0 m ³

Ulkopuolinen lisäeristekerros

Runkojako	0 mm
Seinän eristepaksuus	0 mm
Runkopuun paksuus	0 mm

Kuva 16, As Oy Jokilehto, US2:n rakenne

Ulkoseinät, US3
22,8 m²

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusinta krt	Kerrospaksuus mm
Sisäseinän pinta		0	0	0	0
Sisäseinän verhous	Panelointi	450	0	0	12
Höyrynsulku		0	0	0	0
Sisäp. Lisäeriste	Vuorivilla	45	0	0	50
Eistekerr.runko	Runkopuu	450	0	0	0
Hirsirunko	Hirsi	520	0	0	243
Eistekerr. runko		0	0	0	0
Ulkop. lisäeriste		0	0	0	0
Tuulensuojalevy		0	0	0	0
Julkisivulaudoitus		0	0	0	0
Julkisivumaalaus		0	0	0	0

Ulkoseinärakenne

Ulkoseinän korkeus	2700 mm
Hirren paksuus	243 mm
Hirren kokonaismäärä	5,54 m ³

Sisäpuolinen lisäeristekerros

Runkojako	600 mm
Seinän eristepaksuus	50 mm
Runkopuun paksuus	50 mm

Runkopuun kokonaismäärä	0,1 m ³
Eisteen kokonaismäärä	1,0 m ³

Ulkopuolinen lisäeristekerros

Runkojako	0 mm
Seinän eristepaksuus	0 mm
Runkopuun paksuus	0 mm

Kuva 17, As Oy Jokilehto, US3:n rakenne

Rakennuksen päädyissä olevien varastotilojen ulkoseinät ovat 135mm paksua lamellihirttä. Rakennuksen varastotilojen seinät on syötetty laskurin ”omat materiaalisyytöt”-kohtaan. 135mm paksuisen, 25m² hirsiseinän massa on 1755 kg (tiheys 520kg/m³).

4.6 Väliseinät

Rakennuksen kaikkien väliseinien korkeus on 2700mm ja ne on eristetty vuorivillalla. Väliseiniin käytetyn puurangan poikkileikkaus on 42x70mm.

Väliseinä VS1, huoneistojen välinen seinä

Rakennuksen keskellä kulkee asuinhuoneistojen välinen seinä. Seinärakenne on puurunkoinen, kaksinkertaisella rungolla ja 600mm koolausjaolla toteutettu rakenne. Rakenne koostuu 70 mm paksusta runkopuusta ja vuorivillasta, joka on verhottu kaksinkertaisella, 13mm vahvuisella kipsilevyllä.

VS1:n laskennassa kaksipuolinen seinärakenne on yhdistetty yksipuoliseksi rakenteeksi. Tämä on tehty siten että rakenteen molempien puolien kerrospaksuudet on laskettu yhteen. Näin laskettavan rakenteen laskentasyötteiksi on saatu:

- puupaneeli 24 mm
- kipsilevy (13+13, 13+13) 52 mm
- puurunko ja vuorivilla k600, 42x140mm tolpat.

VS1:n kokonaismäärä rakennuksessa on 19m² ja sen rakenne on esitetty oheisessa kuvassa.

Väliseinät, VS1

19,3 m2

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusinta krt	Kerrospaksuus mm
Pintakerros 1		0	0	0	0
Verhoukerros 1	Panelointi	450	0	0	24
Runko	Runkopuu	450	0	0	140
Eriste	Vuorivilla	45	0	0	140
Verhoukerros 2	Sisäverhoukipsilevy	850	0	0	26
Pintakerros 2		0	0	0	0

Seinän runkorakenne

Väliseinän korkeus	2700 mm
Runkojako	600 mm
Seinäpaksuus	42 mm
Runkotolpan leveys	140 mm

Kuva 18, As Oy Jokilehto, VS1:n rakenne

Väliseinä VS2, puuverhoiltu väliseinä

Rakennuksen asuintilojen seinien oletetaan olevan puuverhoiltua väliseinää. VS2 on tehty 600mm koolausjaolla.

VS2:ta käytetään myös eteisen ja saunan välisen seinän laskennassa. Saunan eristyksessä käytetään tyypillisesti alumiinipinnoitettuja mineraalivillaeristelevyjä

lämmöneristeenä ja höyry- ja kosteussulkuna. Tässä laskennassa saunan lisäeriste jätetään kuitenkin huomioimatta sen vähäiseksi arvioidun merkityksen vuoksi.

VS2:n kokonaismäärä rakennuksessa on 64,7m². VS2:n rakenne on esitetty oheisessa kuvassa.

Väliseinät, VS2

64,7 m²

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusinta krt	Kerros-paksuus mm
Pintakerros 1		0	0	0	0
Verhouskerros 1	Panelointi	450	0	0	12
Runko	Runkopuu	450	0	0	70
Eriste	Vuorivilla	45	0	0	70
Verhouskerros 2	Panelointi	450	0	0	12
Pintakerros 2		0	0	0	0

Seinän runkorakenne

Väliseinän korkeus	2700	mm
Runkojako	600	mm
Seinäpaksuus	42	mm
Runkotolpan leveys	70	mm

Kuva 19, As Oy Jokilehto, VS2:n rakenne

Väliseinä VS3, asuintilojen ja pesuhuoneen välinen seinä

Rakennuksen asuintilojen ja pesuhuoneen välisten seinien oletetaan olevan toiselta puolelta puupaneloitua ja toiselta puolelta levytettyä ja laatoitettua väliseinää. VS3 on tehty 400mm tolppajaolla.

VS3:ta käytetään myös pesuhuoneen ja saunan välisen seinän laskennassa. Saunan eristyksessä käytetään tyypillisesti alumiinipinnoitettuja mineraalivillaeristelevyjä lämmöneristeenä ja höyry- ja kosteussulkuna. Tässä laskennassa saunan lisäeriste jätetään kuitenkin huomioimatta sen vähäiseksi arvioidun merkityksen vuoksi.

VS3:n kokonaismäärä rakennuksessa on 39,5m². VS3:n rakenne on esitetty oheisessa kuvassa.

Väliseinät, VS3

39,5 m²

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusinta krt	Kerros-paksuus mm
Pintakerros 1		0	0	0	0
Verhouskerros 1	Panelointi	450	0	0	12
Runko	Runkopuu	450	0	0	70
Eriste	Vuorivilla	45	0	0	70
Verhouskerros 2	Sisäverhouskipsilevy	850	0	0	13
Pintakerros 2	Keraaminen laatta	2000	0	0	6

Seinän runkorakenne

Väliseinän korkeus	2700	mm
Runkojako	400	mm
Seinäpaksuus	42	mm
Runkotolpan leveys	70	mm

Kuva 20, As Oy Jokilehto, VS3:n rakenne

4.7 Yläpohja

Rakennuksessa on ristikkorakenteinen yläpohja, jonka rakenne on seuraava:

- vesikate, huopa
- alushuopa
- vaneri (19mm)
- naulalevyristikot
- puukuitueriste (500mm)
- ilmansulku
- koolaus (45mm)
- paneeli (12mm).

Laskennassa huopakate ja alushuopa käsitellään yhtenä, 6mm paksuna huopakerroksena. Vanerin ja laudan paksuutena käytetään 12mm. Kattoristikoiden ja kattorakenteiden puutavaramäärä on laskettu ristikko- ja vesikattokuvien perusteella.

Lämmöneristetyt yläpohjan pinta-ala on 130,0m². Yläpohjarakenne on esitetty oheisessa kuvassa.

Yläpohjat, YP1

130 m²

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusinta krt	Kerrospaksuus mm
Yläpohjan kate	Huopakate	1000	0	0	6
Ruoteet		0	0	0	0
Korokerimat		0	0	0	0
Aluskate		0	0	0	0
Tuulensuoja	Kuitulevy (huokoinen)	300	0	0	12
Runkorakenne	Runkopuu	450	0	0	0
Eristemateriaali	Selluvilla	45	0	0	500
Höyrynsulku	Höyrynsulkumuovi (LD-PE)	920	0	0	0,2
Alakaton koolaus	Puukoolaus 45x45 k300	450	0	0	45
Alakaton verhous	Panelointi	450	0	0	12
Katon sisäpinta		0	0	0	0

Kattorakenne

Harjakorkeus 2592 mm
Räystäänsleveys 667 mm
Kattokaltevuus 2 mm

Ristikkomateriaali

Ristikkojako 0 mm
Ristikkomateriaalin leveys 0 mm
Ristikkomateriaalin korkeus 0 mm

Ristikkomateriaalin kokonaismäärä 5,40 m³
Kattoeristeen kokonaismäärä 65,00 m³

Kuva 21, As Oy Jokilehto, yläpohjan rakenne

Yläpohjan vaneri syötetään laskurin ”omat materiaalisyytötet”-kohtaan. 18mm paksuisen, 130m² vanerimäärän massa on 1200 kg (tiheys 490kg/m³).

4.8 Täydentävät rakenteet ja muut laskentasyötötet

Rakennuksen täydentäviin rakenteisiin kuuluvat sisäovet, ikkunat, ulko-ovet ja terassirakenteet.

Lista täydentävistä rakenteista on koottu oheiseen kuvaan.

Täydentävät rakenteet

Rakennekerros	Materiaali	Määrä	Yksikkö
Puuikkunat	Puuikkuna	21	m ²
Ulko-ovet	Puu-ulkoovi 9*21	6	kpl
Puuväliovet	Mäntyovi 9*21	8	kpl
Mdf-Väliovet	Mdf-ovi 9*21	0	kpl
Takka	Terästakka (rst)	0	kg
Puuportaat	Puuporras	0	kpl
Terassi	Puurakenteinen terassi	24	m ²

Kuva 22, As Oy Jokilehto, täydentävät rakenteet

Omiin materiaalisyötteisiin on syötetty ulkovarastojen seinähirret ja yläpohjan kattohuovan alla oleva havuvaneri. Nämä syötteet on kuvattu tarkemmin tämän raportin aiemmissa kohdissa.

Käyttäjän omat materiaalisyötteet

Rakennekerros	Materiaali	Määrä
		kg
Materiaali 1	Hirsi	1722
Materiaali 2	Havuvaneri	1200

Kuva 23, As Oy Jokilehto, omat materiaalisyötteet

5 Rakenteiden laskenta, normitalo-skenaario

As Oy Jokilehdon laskelmat tehtiin myös normitalo-nimiselle skenaariolle. Skenaarion tarkoituksena on tutkia laskennallisesti tilannetta, jossa As Oy Jokilehtoa vastaava rakennus olisi toteutettu tyypillisenä puurunkoisena rakennuksena vuoden 2012 rakentamismääräysten mukaisena. Tässä kohdassa on esitetty normitalo-skenaarion rakenteiden erot verrattuna edellä esitettyihin todellisiin rakenteisiin.

Ulkoseinien osalta normitalossa hirsiset ulkoseinät on muutettu 250mm paksuiksi, puurunkoiksi seiniksi. Normitalon ulkoseinille oletettiin seuraava rakenne:

- lautaverhous 24 mm
- koolaus ja ilmarako 22 mm
- tuulensuojakipsilevy 9 mm
- runko ja mineraalivillaeriste 250 mm
- muovikelmu 0,2 mm
- kipsilevy 13 mm

Normitalon yläpohja on muuten vastaava kuin todellisessa rakennuksessa, mutta alakaton sisäverhous on toteutettu puupaneelin sijaan 13mm paksulla kipsilevyllä. Lisäksi yläpohjassa on käytetty lämmöneristeenä mineraalivillaa.

Normitalon väliseinät ovat kosteiden tilojen osalta 100mm vahvuista harkkoseinää, muut väliseinät ovat puurunkoisia kipsilevyseinä.

Huoneistojen välisen seinän sisäpinnan verhous on 13mm paksua kipsilevyä ja normitalon väliovet ovat mdf-ovia.

Normitalossa kylmä ulkovarasto on toteutettu puisena runkorakenteena, jossa seinärunkona on k600-jaolla olevat puutolpat sekä puiset ylä- ja alajuoksut. Seinäverhouksena on 24mm lautaverhous. Tämä tarkoittaa, että ulkovaraston noin $3,4\text{m}^3$ hirsimäärä korvataan normitalon laskennassa runkopuulla ($0,3\text{m}^3$) ja laudoituksella ($0,6\text{m}^3$).

Normitalon energiankulutus oletetaan Jokilehtoa vastaavaksi.

6 Rakenteiden laskenta, ekologisın vaihtoehto-skenaario

As Oy Jokilehdon laskelmat laadittiin myös ekologisimmaksi katsotulle skenaariolle. Skenaarion tarkoituksena on tutkia laskennallisesti tilannetta, jossa rakennus olisi toteutettu kaikkien rakenteiden osalta mahdollisimman ekologisiksi arvioituilla ratkaisilla. Laskentaskenaarion rakenteet täyttävät vuoden 2012 määräykset. Tässä kohdassa on esitetty skenaarion rakenteiden erot verrattuna todelliseen rakennukseen.

Ekologisimmassa skenaariossa hirsiset ulkoseinät ovat 270mm paksua lamellihirttä, josta osa on eristetty (50mm paksulla) lisäeristeellä.

Alapohjan osalta oletetaan että alapohja toteutetaan tuulettuvana alapohjana, jonka rakenne on seuraava:

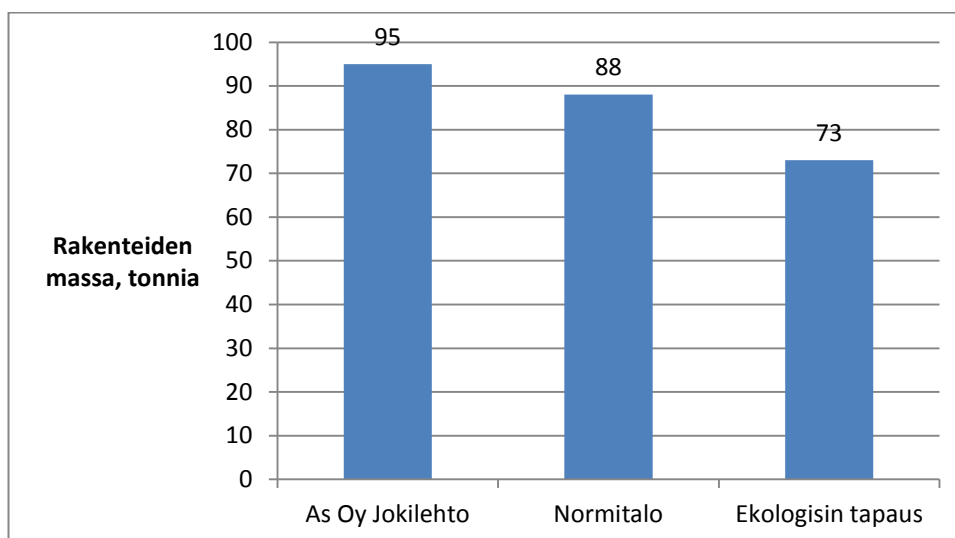
- laitalattia 28 mm
- ilmansulkupaperi
- runko ja selluvillaeriste 350 mm
- tuulensuojalevy kuitulevy
- ryömintätila
- solumuovi 50 mm.

Lisäksi laskennassa oletetaan että kaikki väliseinät 135 mm paksua hirttä ja että huoneistojen välinen seinä on 135 mm + 135 mm vahvuinen hirsiseinä, jonka välissä eristeenä 100 mm paksu selluvillakerros.

7 Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset

7.1 Rakenteiden massa

As Oy Jokilehdon laskennat osoittavat rakenteiden massan olevan yhteensä 95 tonnia. Vaihtoehtoisten laskentaskenaarioiden tarkastelu osoittaa että normitalon massa on 88 tonnia ja ekologisimmaksi arvioidun vaihtoehdon 73 tonnia. Normitalo on siis rakenteiltaan noin 7% ja ekologis in vaihtoehto noin 23% kevyempi kuin Jokilehto.



Kuva 24, Rakenteiden massa. As Oy Jokilehdon rakenteet verrattuna normitaloon ja ekologisimpaan skenaarioon.

Normitalon tapauksessa massiivihirsiset ulkoseinät on korvattu puurunkoisella rakenteella. Puurunkoinen ulkoseinärakenne keventää rakennuksen kokonaismassaa merkittävästi, jolloin normitalon rakenteiden kokonaismassa jää tarkastelukohdetta pienemmäksi.

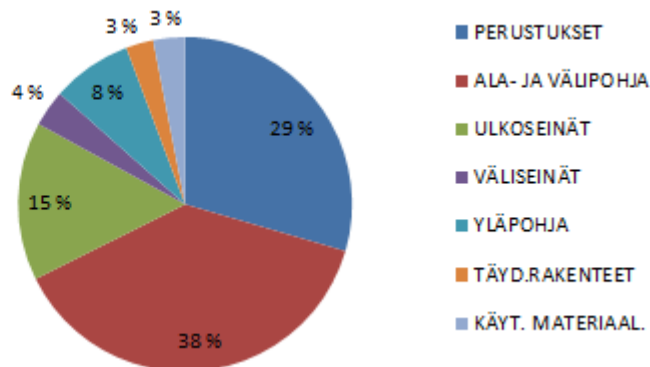
Vaikka ekologisimmassa tapauksessa myös väliseinät ovat hirsirakenteiset, on tämä rakennus silti kaikkein kevin, johtuen kantavan betonisen alapohjan muuttamisesta puurakenteiseksi alapohjaksi.

Seuraavat kolme kuvaa esittävät tarkastelukohteen ja kahden vaihtoehtoisen skenaarion mukaisen rakennuksen massajakauman rakennusosittain.

Jokilehdon rakenteista perustukset ja alapohja muodostavat suurimman massaosuuden (67%), ulkoseinät seuraavaksi suurimman osuuden (15%), väliseinien osuuden ollessa pieni (4%).

Rakennuksen massan jakautuminen rakennusosittain

Koko rakennuksen massa on yhteensä 95 tn

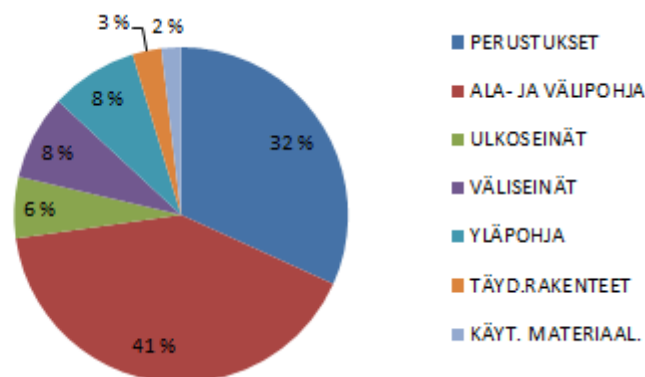


Kuva 25, As Oy Jokilehto, rakennuksen massan jakautuminen rakennusosittain. Rakenteiden massa yhteensä 95 tonnia.

Normitalon merkittävin muutos tapahtuu ulkoseinissä. Ulkoseinien muutos massiivihirrestä puurunkorakenteeseen keventää seiniä, ja pienentää niiden suhteellista massaosuutta rakennuksessa. Toinen suuri muutos tapahtuu väliseinissä, kun kosteiden tilojen seinät toteutetaan puurunkoisien seinien sijaan harkkoseinäinä. Normirakennuksessa perustukset ja alapohja (73%) muodostavat suurimman massaosuuden ja väliseinien massaosuus (8%) nousee ulkoseiniä suuremmaksi (6%).

Rakennuksen massan jakautuminen rakennusosittain

Koko rakennuksen massa on yhteensä 88 tn



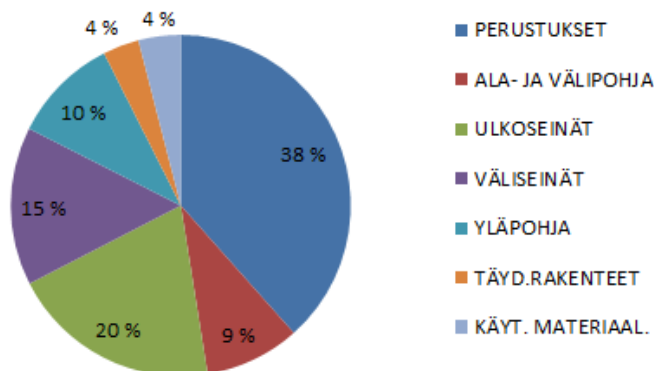
Kuva 26, Normirakennus. Rakennuksen massan jakautuminen rakennusosittain. Rakenteiden massa yhteensä 88 tonnia.

Ekologisimmassa vaihtoehdossa suurin muutos tapahtuu alapohjassa ja väliseinissä. Alapohjan muuttuminen kantavasta betonilaatasta tuulettuvaan, puurakenteiseen alapohjaan keventää alapohjan massaa. Toinen merkittävä muutos tapahtuu väliseinissä, kun kaikki puurunkoiset väliseinät toteutetaan 135 mm vahvaisina hirsiseinäinä.

Ekologisimmassa tapauksessa perustukset ja alapohja vastaavat alle puolta (47%) rakennuksen kokonaismassasta, ulkoseinien (20%) ja väliseinien (15%) massaosuuden kasvaessa selvästi.

Rakennuksen massan jakautuminen rakennusosittain

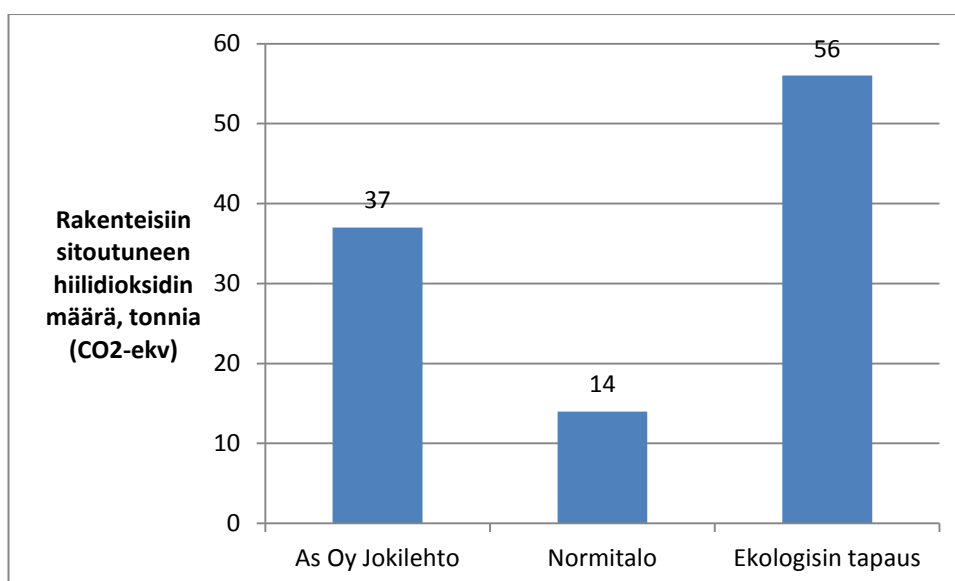
Koko rakennuksen massa on yhteensä 73 tn



Kuva 27, Ekologisin vaihtoehto. Rakennuksen massan jakautuminen rakennusosittain. Rakenteiden massa yhteensä 73 tonnia.

7.2 Sitoutunut hiilidioksidi

As Oy Jokilehdon laskennat osoittavat rakenteisiin sitoutuneen hiilidioksidin määrän olevan yhteensä 37 tonnia. Vaihtoehtoisten laskentaskenaarioiden tarkastelu osoittaa normitalon rakenteisiin sitoutuneen hiilidioksidin määrän olevan 14 tonnia ja ekologisimmaksi arvioidun vaihtoehdon 56 tonnia. Jokilehdon rakenteisiin sitoutuu noin 62 % enemmän hiilidioksidia, kuin normitalon rakenteisiin. On kuitenkin huomattava, että ekologisin vaihtoehto sitoo rakenteisiinsa vielä noin 51 % enemmän hiilidioksidia kuin Jokilehto.



Kuva 28, Rakenteisiin sitoutuneen hiilidioksidin määrä. As Oy Jokilehdon rakenteet verrattuna normitaloon ja ekologisimpaan skenaarioon

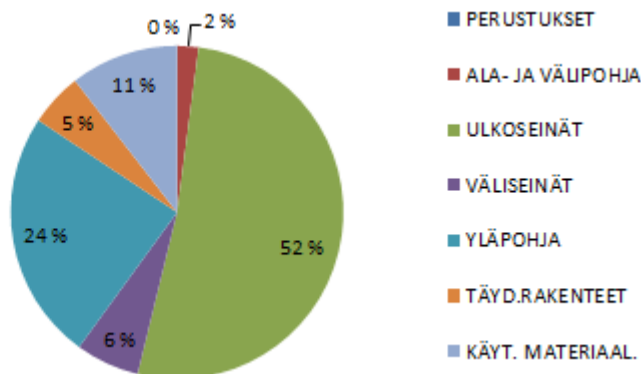
Normitalon tapauksessa massiivihirsiset ulkoseinät on korvattu puurunkoisella rakenteella. Puurunkoinen ulkoseinärakenne pienentää rakennukseen sitoutuneen hiilidioksidin määrää huomattavasti, sillä puurunkoisessa ulkoseinässä puun määrä on pienempi kuin massiivihirsisessä rakenteessa. Pääosin tästä syystä johtuen normitalon rakenteisiin sitoutuneen hiilidioksidin määrä jää merkittävästi tarkastelukohdetta pienemmäksi. Ekologisimmassa tapauksessa kantavan betonisen alapohjan muuttaminen puurakenteiseksi alapohjaksi lisää sitoutuneen hiilen määrää jonkin verran. Suurin merkitys on kuitenkin väliseinien muuttamisella puurunkoisista seinistä massiivihirsiseiniksi.

Seuraavat kolme kuvaa esittävät tarkastelukohteen ja kahden vaihtoehtoisen skenaarion mukaisen rakennuksen sitoutuneen hiilidioksidin jakauman rakennusosittain.

As Oy Jokilehdossa rakenteiden sitoma hiilidioksidi on pääosin hirsirakenteisissa ulkoseinissä (52%). Yläpohja ja sen eristeenä käytetty puukuitueriste sitovat 24 % hiilidioksidista. Puurunkoiset väliseinät sitovat 6 % rakenteiden sitomasta hiilidioksidista ja alapohja 2 %.

Rakennuksen hiilisisällön jakautuminen rakennusosittain

Sitoutunut hiilidioksidi
rakennustasolla on yhteensä
-37 tn

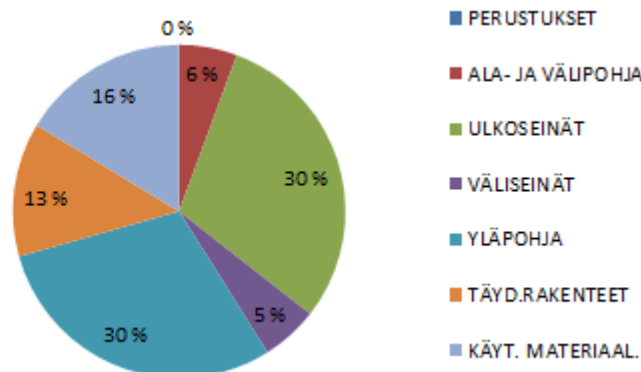


Kuva 29, As Oy Jokilehto. Rakennuksen hiilisisällön jakautuminen rakennusosittain. Rakenteiden hiilisisältö yhteensä 37 tn.

Normitalon merkittävin muutos tapahtuu ulkoseinissä. Ulkoseinien muutos massiivihirrestä puurunkorakenteeseen pienentää niihin sitoutuneen hiilidioksidin määrää. Normirakennuksessa ulkoseinät sitovat vain 30% rakenteisiin sitoutuneesta hiilidioksidista. Väliseinien puupaneelipinnoitteen vaihtuminen kipsilevyyn pienentää väliseinien sitoman hiilidioksidimäärän noin 5%:iin kaikista rakenteisiin sitoutuneesta hiilidioksidista. Vaikka alapohjarakenne säilyy muuttumattomana, nousee sen suhteellinen osuus rakenteisiin sitoutuneesta hiilidioksidista 6 %:iin, muiden rakenteiden sitoman hiilidioksidin vähentyessä.

Rakennuksen hiilisisällön jakautuminen rakennusosittain

Sitoutunut hiilidioksidi
rakennustasolla on yhteensä
-14 tn



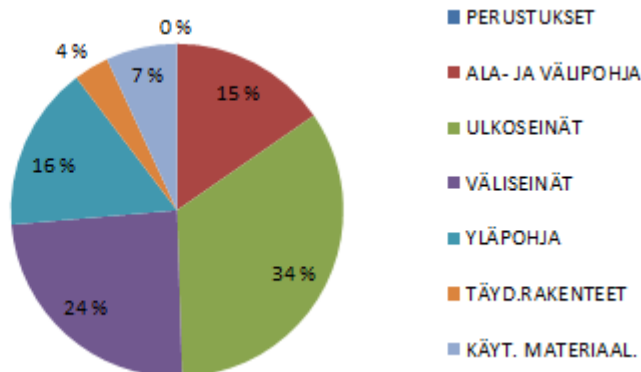
Kuva 30, Normirakennus. Rakennuksen hiilisisällön jakautuminen rakennusosittain. Rakenteiden hiilisisältö yhteensä 14 tn.

Ekologisimmassa vaihtoehdossa suurin muutos tapahtuu alapohjassa ja väliseinissä. Alapohjan muuttuminen kantavasta betonilaatasta tuulettuvaan, puurakenteiseen alapohjaan lisää alapohjan sitomaa hiilidioksidimäärää. Lisäksi puurunkoisten väliseinien muuttaminen 135 mm vahvuisiksi väliseiniksi nostaa sitoutuneen hiilidioksidin määrää rakenteissa huomattavasti.

Ekologisimmassa tapauksessa ulkoseiniin sitoutuu suurin määrä rakennuksen sitomasta hiilidioksidista (34%), väliseiniin osuuden ollessa myös merkittävä (24%). Yläpohjaan sitoutuu 16%, ja puurakenteiseen alapohjaan noin 15% rakenteisiin sitoutuneen hiilidioksidin kokonaismäärästä.

Rakennuksen hiilisisällön jakautuminen rakennusosittain

Sitoutunut hiilidioksidi rakennustasolla on yhteensä -56 tn

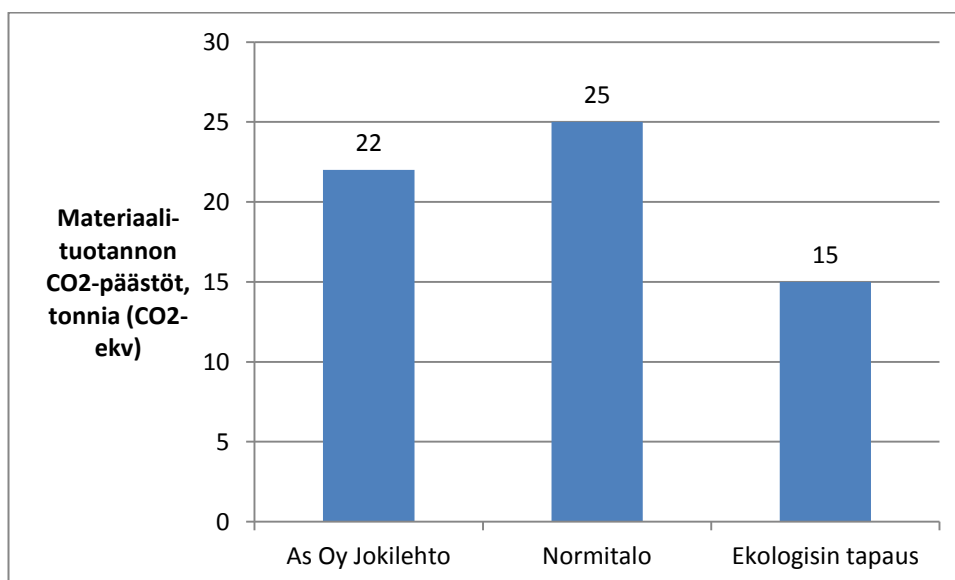


Kuva 31, Ekologisin vaihtoehto. Rakennuksen hiilisisällön jakautuminen rakennusosittain. Rakenteiden hiilisisältö yhteensä 56 tn.

7.3 Kasvihuonekaasupäästöt

As Oy Jokilehdon laskennat osoittavat että rakenteiden materiaalityöstöstä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt ovat 22 tonnia. Vaihtoehtoisten laskentaskenaarioiden tarkastelu osoittaa että normitalon rakenteiden materiaalityöstön kasvihuonekaasupäästöt ovat 25 tonnia ja ekologisimman vaihtoehdon päästöt 15 tonnia.

Näin ollen kohteen päästöt ovat noin 14 % normitaloa alhaisemmat. Toisaalta, ekologisimman tapauksen päästöt ovat vielä noin 32 % kohteen päästöjä pienemmät.



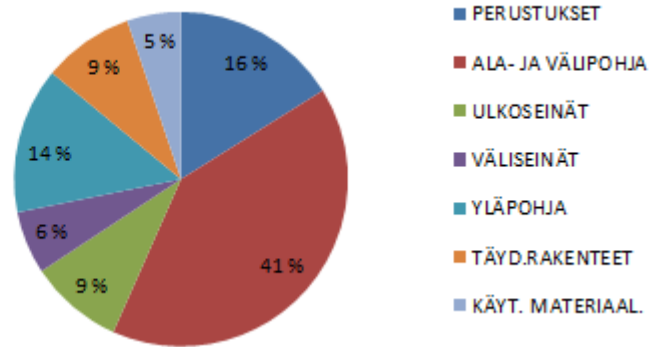
Kuva 32, Rakenteiden materiaalityöstön aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. As Oy Jokilehdon rakenteiden materiaalityöstön vaatima energiamäärä verrattuna normitaloon ja ekologisimpaan skenaarioon

Seuraavat kolme kuvaa esittävät tarkastelukohteen ja kahden vaihtoehtoisen skenaarion mukaisen rakennuksen kasvihuonekaasupäästöjen jakauman rakenneosittain.

Jokilehdossa rakenteiden kasvihuonekaasupäästöt aiheutuvat pääosin perustuksista ja alapohjista (57%), yläpohjasta (14%) ja ulko- (9%) ja väliseinistä (6%).

Kasvihuonekaasupäästöjen (CO₂-ekv) jakautuminen rakennusosittain

Kasvihuonekaasupäästöjen (CO₂-ekv) määrä rakennustasolla on yhteensä 22 tn



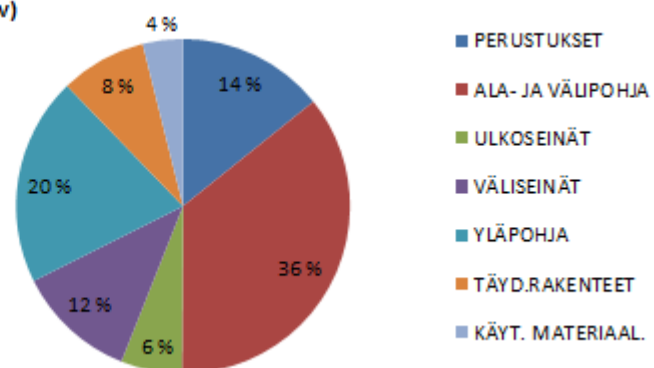
Kuva 33, As OyJokilehto. Rakennuksen kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen rakennusosittain. Rakenteiden materiaalituotannon kasvihuonekaasupäästöt yhteensä 22 tn.

Normitalon perustukset ja alapohja aiheuttavat hieman pienemmän osuuden rakennuksen kasvihuonekaasupäästöistä kuin Jokilehdossa (50%).

Merkittävin muutos normitalossa tapahtuu väliseinissä. Kun kosteiden tilojen seinät toteutetaan puurunkoisen seinän sijaan harkkoseinä, nostaa tämä väliseinien osuutta kasvihuonekaasupäästöistä 12%:iin koko rakennuksen päästöistä. Toinen merkittävä muutos on yläpohjan eristemateriaalin muutos puukuitueristeestä mineraalivillaeristeeseen, joka näkyy kasvihuonekaasupäästöjen suhteellisen osuuden kasvamisena 20 %:iin koko rakennuksen päästöistä. Ulkoseinien suhteellinen osuus kasvihuonekaasupäästöistä pienenee hieman, pääosin kokonaispäästöjen kasvamisen johdosta.

Kasvihuonekaasupäästöjen (CO₂-ekv) jakautuminen rakennusosittain

Kasvihuonekaasupäästöjen (CO₂-ekv) määrä rakennustasolla on yhteensä 25 tn



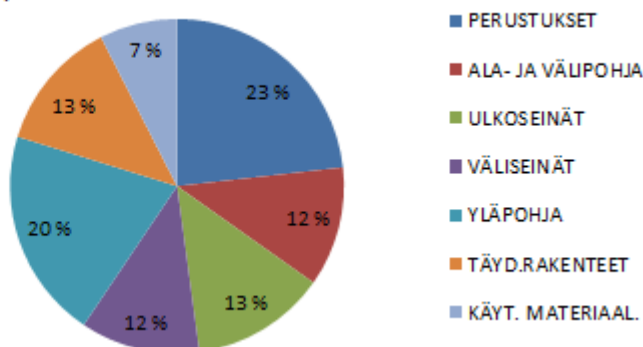
Kuva 34, Normirakennus. Rakennuksen kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen rakennusosittain. Rakenteiden materiaalituotannon kasvihuonekaasupäästöt yhteensä 25 tn.

Ekologisimmassa vaihtoehdossa suurin muutos tapahtuu alapohjassa ja väliseinissä. Alapohjan muuttuminen kantavasta betonilaatasta tuulettuvaan, puurakenteiseen alapohjaan pienentää huomattavasti sen suhteellista osuutta rakennuksen kasvihuonekaasupäästöistä. Kun normirakennuksella alapohjan

osuus päästöistä on 34%, on se ekologisimmassa tapauksessa vain 12%. Ekologisemmassa tapauksessa väliseinien osuus on 12%, ulkoseinien 13% ja yläpohjan 20%.

Kasvihuonekaasupäästöjen (CO₂-ekv) jakautuminen rakennusosittain

Kasvihuonekaasupäästöjen (CO₂-ekv) määrä rakennustasolla on yhteensä 15 tn

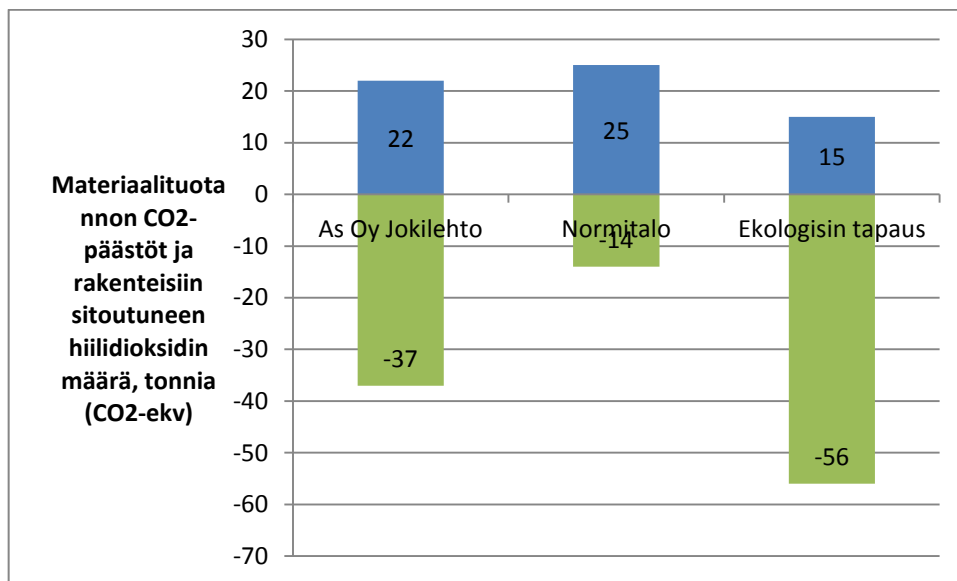


Kuva 35, Ekologisin vaihtoehto. Rakennuksen kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen rakennusosittain. Rakenteiden materiaalityönnön kasvihuonekaasupäästöt yhteensä 15 tn.

7.4 Rakenteisiin sitoutuneen hiilidioksidin määrän ja rakennusmateriaalityönnön aiheuttamien kasvihuonekaasujen määrän vertailu

Verrattaessa rakenteisiin sitoutuneen hiilen ja rakennusmateriaalityönnön aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen määrää, huomataan että As Oy Jokilehdon rakenteisiin sitoutuneen hiilidioksidin määrä ylittää rakenteiden valmistuksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt noin 15 tonnilla.

Normitalo aiheuttaa 11 tonnia suuremmat kasvihuonekaasupäästöt, kuin sen rakenteet sitovat hiiltä. Ekologisimmassa tapauksessa rakenteiden sitoman hiilen määrä ylittää materiaalityönnön päästöt 41 tonnilla.

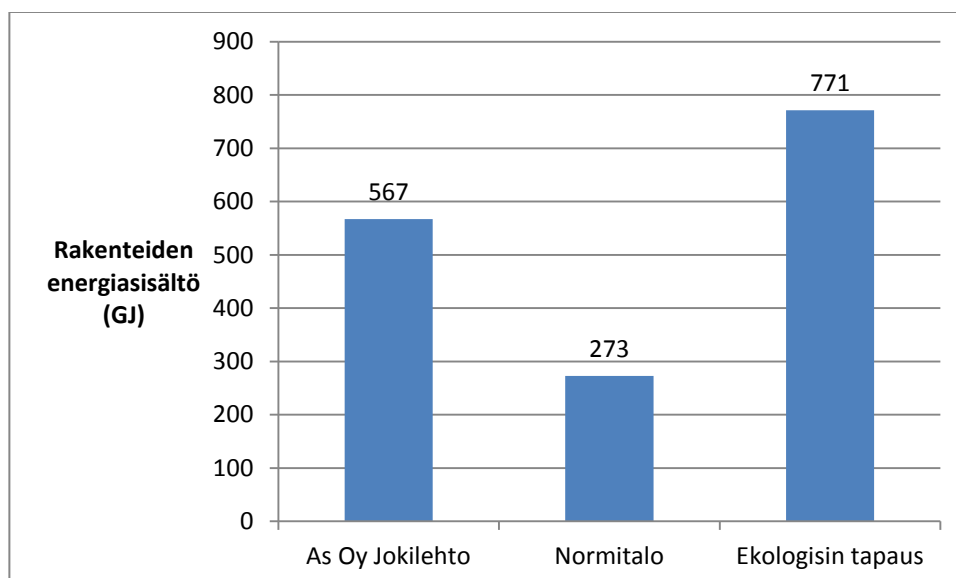


Kuva 36, Rakenteiden materiaalituotannon aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ja rakenteiden sitoma hiili. As Oy Jokilehdon rakenteiden materiaalituotannon aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ja rakenteiden sitoman hiilen määrä normitaloon ja ekologisimpaan skenaarioon verrattuna

7.5 Rakenteiden energiasisältö

Rakenteiden rakennusmateriaalien energiasisältö on hyödynnettävissä rakennuksen elinkaaren loppuvaiheessa energiatuotannossa. As Oy Jokilehdon laskennat osoittavat että rakenteiden yhteenlaskettu energiasisältö on 567 GJ. Vaihtoehtoisten laskentaskenaarioiden tarkastelu osoittaa että normitalon rakenteiden energiasisältö on 273 GJ ja ekologisimman vaihtoehdon 771 GJ.

Jokilehdon rakenteiden energiasisältö on noin 52% normitaloa suurempi. Ekologisimman vaihtoehdon energiasisältö on puolestaan vielä 36% tätäkin suurempi.

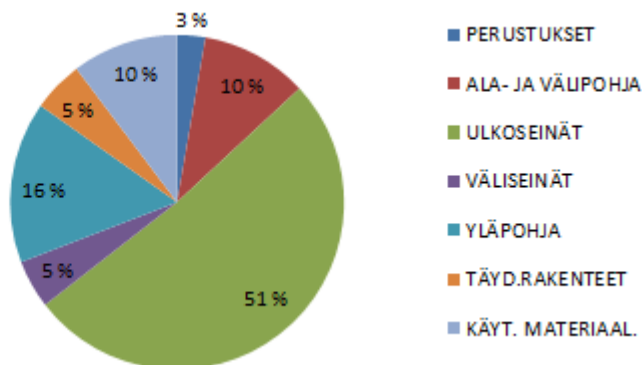


Kuva 37, Rakenteiden materiaalituotannon aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. As Oy Jokilehdon rakenteiden materiaalituotannon vaatima energiamäärä verrattuna normitaloon ja ekologisimpaan skenaarioon

Seuraavat kolme kuvaa esittävät tarkastelukohteen ja kahden vaihtoehtoisen skenaarion mukaisten rakennusten energiasisällön jakauman rakennusosittain. Jokilehdossa rakenteiden energiasisältö on pääosin ulkoseinissä (51%) ja yläpohjassa (16%). Perustukset ja alapohja vastaavat vain pienestä osasta energiasisältöä (13%), vaikka niiden massa on suuri.

Energiasisällön jakautuminen rakennusosittain

Energiasisältö koko rakennuksen osalta on yhteensä 567 GJ

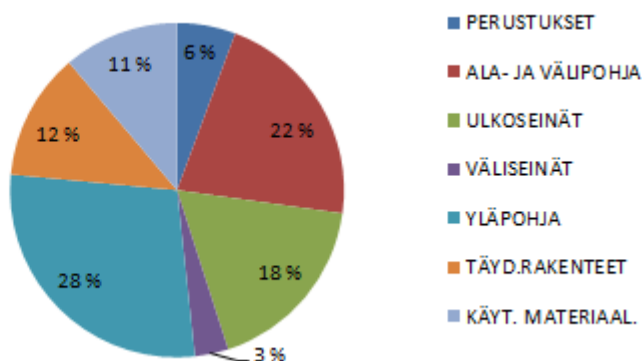


Kuva 38, As Oy Jokilehto. Rakennuksen energiasisältö rakennusosittain. Rakenteiden energiasisältö yhteensä 567 GJ.

Normitalon osalta energiasisältö jakautuu tasaisemmin rakenteittain. Perustukset ja alapohja (25%) ja yläpohja (26%) omaavat suurimman energiasisällön. Rankarakenteisen ulkoseinän energiasisältö on 16% koko rakennuksen energiasisällöstä. Pienempi energiasisältö johtuu pääosin siitä, että rankarakenteisen seinän energiasisältö on hirsirakenteista seinää pienempi.

Energiasisällön jakautuminen rakennusosittain

Energiasisältö koko rakennuksen osalta on yhteensä 273 GJ

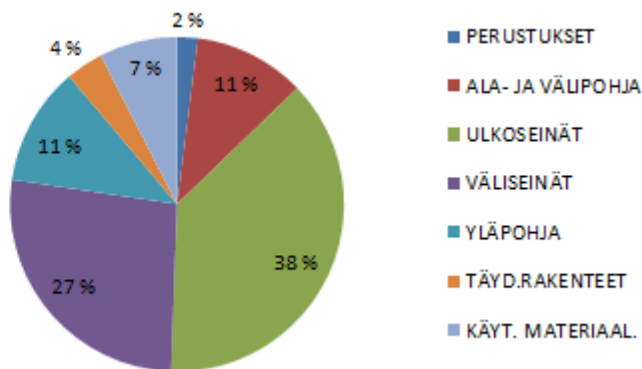


Kuva 39, Normirakennus. Rakennuksen energiasisältö rakennusosittain. Rakenteiden energiasisältö yhteensä 273 GJ.

Ekologisimmassa vaihtoehdossa suurin muutos energiasisällössä tapahtuu väliseinien muuttuessa rankarakenteesta massiivihirteen. Tässä skenaariossa sekä ulkoseinät, että väliseinät omaavat suuren energiasisällön. Väliseinien osuus rakennuksen energiasisällöstä on 27%, ulkoseinien vastatessa suurimmasta osuudesta (38%).

Energiasisällön jakautuminen rakennusosittain

Energiasisältö koko rakennuksen osalta on yhteensä 771 GJ



Kuva 40, Ekologisin vaihtoehto. Rakennuksen energiasisältö rakennusosittain. Rakenteiden energiasisältö yhteensä 771 GJ.

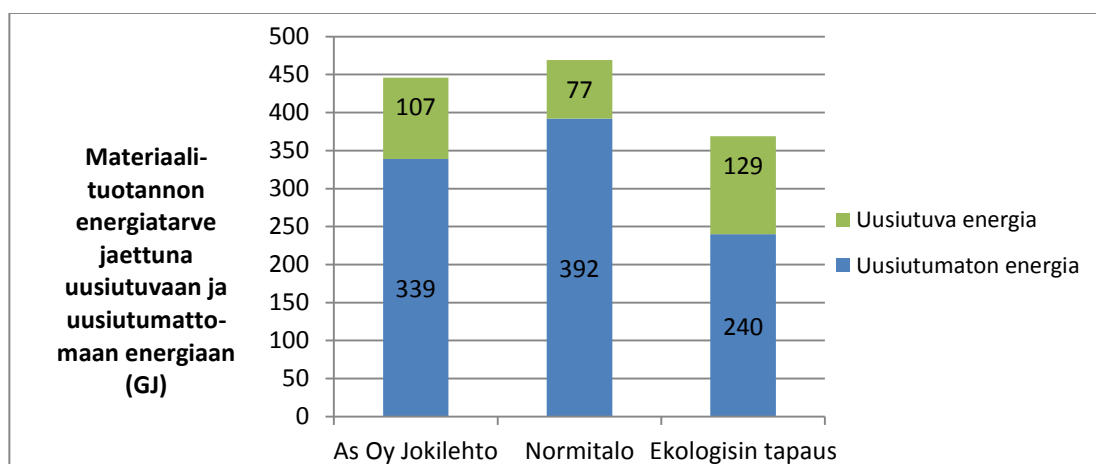
7.6 Rakennusmateriaalituotannon energiatarve

As Oy Jokilehdon laskennat osoittavat että rakenteissa käytettyjen materiaaliin tuotantoon tarvittava yhteenlaskettu energia on 446 GJ, josta 339 GJ on uusiutumatonta energiaa ja 107 GJ uusiutuvaa energiaa.

Vaihtoehtoisten laskentaskenaarioiden tarkastelu osoittaa että normitalon rakenteiden tuottamiseen tarvittava energia on 469 GJ ja ekologisimman vaihtoehdon 369 GJ.

Jokilehdon rakenteiden tuottaminen tarvitsee siis noin 5% vähemmän energiaa kuin normitalo. Ekologisin vaihtoehto tarvitsee vielä 17% tätä vähemmän energiaa.

Tuloksista havaitaan myös, että uusiutuvan energian osuus energian kokonaiskulutuksesta vaihtelee skenaarioittain. As Oy Jokilehdon energiankulutuksesta uusiutuvan energian osuus on 24%. Normitalolla uusiutuvan energian osuus jää 16 %:iin, kun taas ekologisimmassa vaihtoehdossa uusiutuvalla energialla katetaan 35% koko energiatarpeesta.



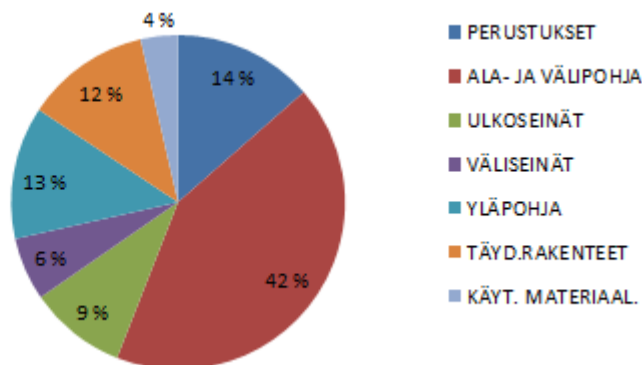
Kuva 41, Rakenteiden materiaalityönnön aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. As Oy Jokilehdon rakenteiden materiaalityönnön vaatima energiamäärä verrattuna normitaloon ja ekologisimpaan skenaarioon

Seuraavat kuvat esittävät tarkastelukohteen ja kahden vaihtoehtoisen skenaarion materiaalityöntöön tarvittavan energian sekä uusiutumattoman että uusiutuvan energian osalta.

Jokilehdossa perustukset ja ala- ja välipohja vastaavat yli puolesta uusiutumattoman energian kulutuksesta (54%), mutta ainoastaan 16%:sta uusiutuvan energian kulutuksesta. Vastaavasti ulkoseinät vastaavat 34%:sta uusiutuvan energian kulutuksesta, mutta vain 9%:sta uusiutumattoman energian kulutuksesta.

Uusiutumattoman energian tarpeen jakautuminen rakennusosittain

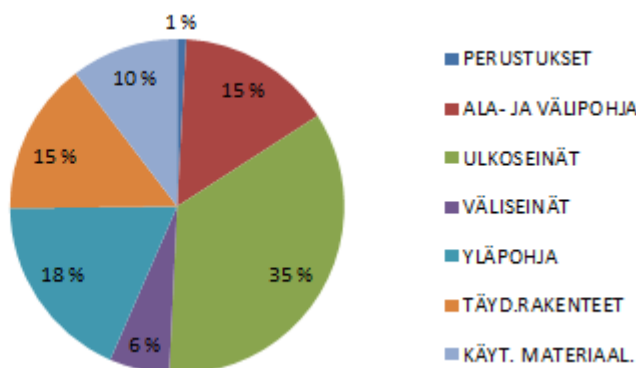
Uusiutumattoman energian tarve rakennustasolla on yhteensä 339 GJ



Kuva 42, As Oy Jokilehto. Uusiutumattoman energian tarve rakennusmateriaalien tuotannossa rakennusosittain. Uusiutumattoman energian tarve yhteensä 339 GJ.

Uusiutuvan energian tarpeen jakautuminen rakennusosittain

Uusiutuvan energian tarve rakennustasolla on yhteensä 107 GJ



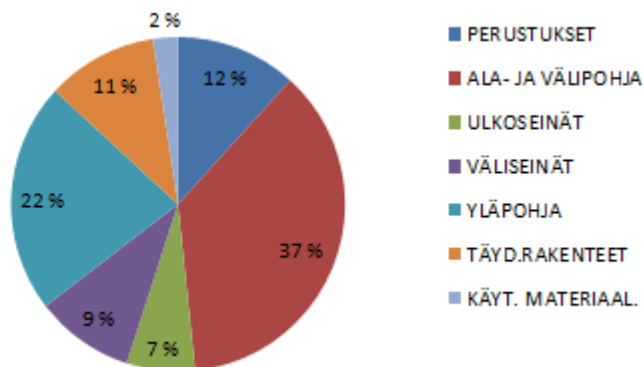
Kuva 43, As Oy Jokilehto. Uusiutuvan energian tarve rakennusmateriaalien tuotannossa rakennusosittain. Uusiutuvan energian tarve yhteensä 107 GJ.

Normitalon tapauksessa tilanne on samankaltainen, sillä perustukset ja ala- ja välipohja vastaavat 49% suuruisesta osuudesta uusiutumattoman energian kulutuksesta, mutta ainoastaan 22%:sta uusiutuvan energian kulutuksesta.

Rankarakenteisten ulkoseinien energiankulutuksessa ei ole havaittavissa yhtä edullista energijakaumaa kuin Jokilehdon hirsiseinillä. Rankarakenteiset ulkoseinät käyttävät 7% kaikesta uusiutumattomasta energiasta, ja 14% kaikesta uusiutuvasta energiasta.

Uusiutumattoman energian tarpeen jakautuminen rakennusosittain

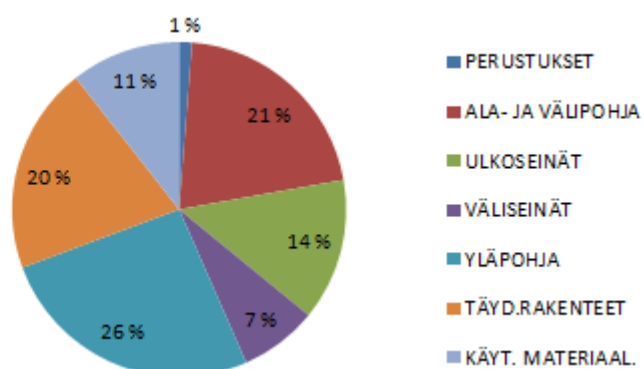
Uusiutumattoman energian tarve rakennustasolla on yhteensä 392 GJ



Kuva 44, Normitalo. Uusiutumattoman energian tarve rakennusmateriaalien tuotannossa rakennusosittain. Uusiutumattoman energian tarve yhteensä 392 GJ.

Uusiutuvan energian tarpeen jakautuminen rakennusosittain

Uusiutuvan energian tarve rakennustasolla on yhteensä 77 GJ



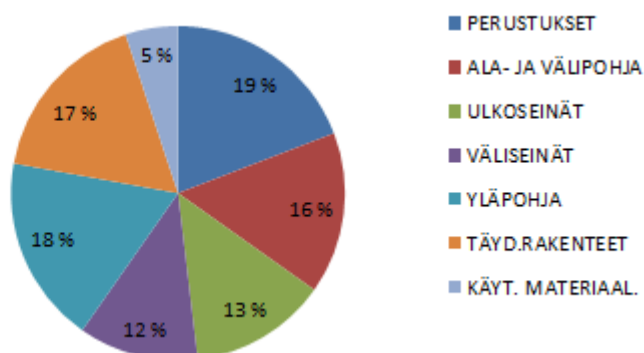
Kuva 45, Normitalo. Uusiutuvan energian tarve rakennusmateriaalien tuotannossa rakennusosittain. Uusiutuvan energian tarve yhteensä 77 GJ.

Ekologisimmassa vaihtoehdossa perustukset ja ala- ja välipohja vastaavat 35% uusiutumattoman energian kulutuksesta, uusiutuvan energian osuuden ollessa 15%.

Ekologisimmassa vaihtoehdossa sekä ulkoseinät ja väliseinät vastaavat noin 49% suuruista osuutta uusiutuvan energian tarpeesta ja 27% osuutta uusiutumattoman energian tarpeesta.

Uusiutumattoman energian tarpeen jakautuminen rakennusosittain

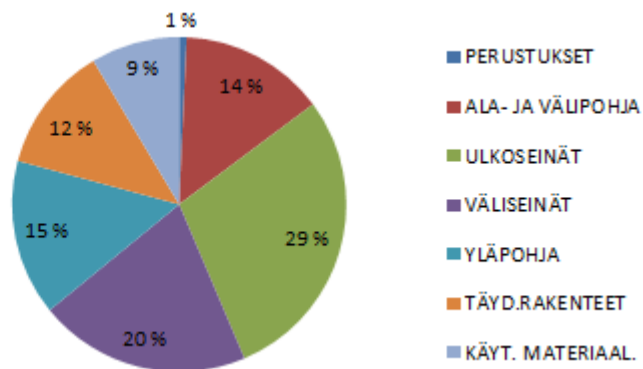
Uusiutumattoman energian tarve rakennustasolla on yhteensä 240 GJ



Kuva 46, Ekologisin vaihtoehto. Uusiutuvan energian tarve rakennusmateriaalien tuotannossa rakennusosittain. Uusiutuvan energian tarve yhteensä 240 GJ.

Uusiutuvan energian tarpeen jakautuminen rakennusosittain

Uusiutuvan energian tarve
rakennustasolla on yhteensä
129 GJ



Kuva 47, Ekologisin vaihtoehto. Uusiutuvan energian tarve rakennusmateriaalien tuotannossa rakennusosittain. Uusiutuvan energian tarve yhteensä 129 GJ.

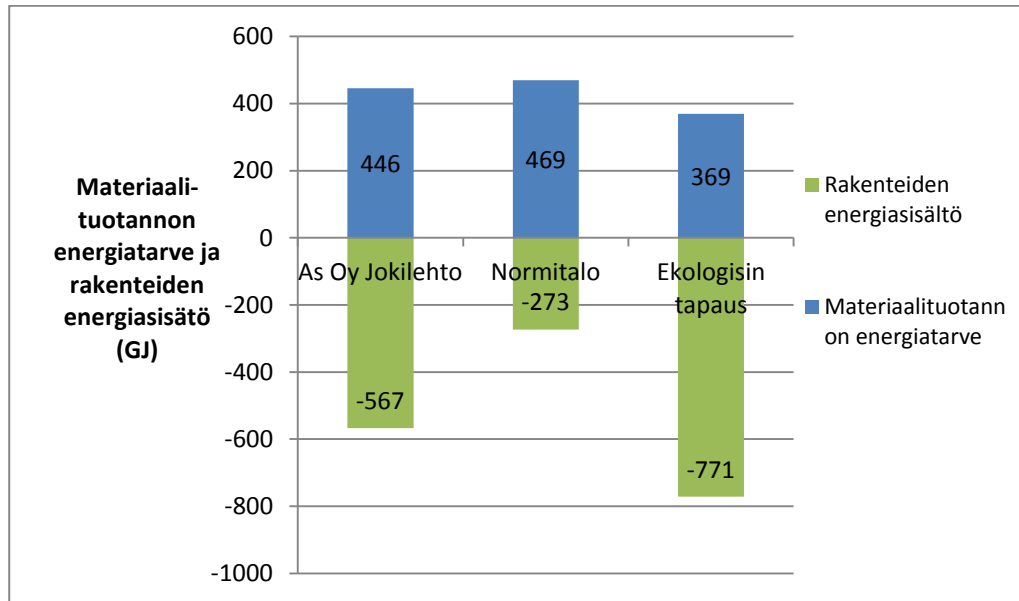
7.7 Rakenteiden energiasisältö ja rakennusmateriaalituotantoon vaadittu energiamäärä

As Oy Jokilehdon rakenteiden energiasisältö on suurempi kuin rakenteiden valmistuksen vaatima energia. Kohteelle laskettu rakenteiden energiasisältö (567 GJ) ylittää rakenteiden valmistuksen tarvitseman energian (446 GJ) noin 121 GJ:lla.

Ekologisimman tapauksen laskenta osoittaa että rakenteiden energiasisältö (771 GJ) ylittää materiaalituotannon energiatarpeen (369 GJ) noin 402 GJ:lla.

Normitalon rakenteiden energiasisältö (273 GJ) jää sen sijaan 196 GJ pienemmäksi, kuin sen rakennusmateriaalien tuotannon vaatima energia (469 GJ).

Oheinen kuva kokoaa edellä esitetyt laskentatulokset yhteen. Viivan yläpuolella on rakennusmateriaalituotannosta aiheutuva energiankulutus ja viivan alapuolella rakenteiden energiasisältö. Energiasisältö on esitetty negatiivisena laskennallisista syistä.



Kuva 48, Rakenteiden materiaalituotannon aiheuttama energiankulutus ja rakenteiden energiasisältö. As Oy Jokilehdon rakenteiden materiaalituotannon aiheuttama energiankulutus ja rakenteiden energiasisältö, normitaloon ja ekologisimpaan skenaarioon verrattuna

7.8 Yhteenveto

Oheiseen taulukkoon on koottu yhteenveto rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksista sekä As Oy Jokilehdolle, normitalolle, että ekologisimmalle ratkaisulle.

Taulukko 3, Rakennusmateriaalien ympäristövaikutus, laskentatulokset esitetty As Oy Jokilehdon ja kahden vaihtoehtoisen skenaarion osalta. Taulukossa on esitetty rakenteiden massa, uusituvan ja uusiutumattoman raaka-aineen kulutus, rakenteisiin sitoutuneen hiilidioksidin määrä, uusiutuvan ja uusiutumattoman energian kulutus, energiasisältö ja kasvihuonekaasupäästöt.

	massa (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Sitoutunut hiilidioksidi (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasisältö (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (tn)
Rakennusmateriaalien ympäristövaikutus, Jokilehto	95	34	86	-37	107	339	567	22
Rakennusmateriaalien ympäristövaikutus, normitalo	88	14	95	-14	77	392	273	25
Rakennusmateriaalien ympäristövaikutus, ekologis tapaus	73	46	37	-56	129	240	771	15

8 Työmaa-aikainen hukka

Tässä kappaleessa käsitellään työmaa-aikaisen hukan vaikutusta edellisessä kappaleessa esitettyihin laskentatuloksiin.

Työmaa-aikainen hukka arvioidaan rakentajan toimittaman hukkaprosenttiluettelon mukaisesti². Käytetyt hukkaprosentit on esitetty oheisessa taulukossa. Taulukkoon sisällyttämättömien materiaalien osalta on hukkaprosenttina käytetty 10 %:a kaikille materiaaleille.

Taulukko 4, Materiaalikohtainen työmaa-aikainen hukka. Muiden, kuin taulukossa esitettyjen materiaalien osalta on hukkaprosenttina käytetty 10 %:a kaikille materiaaleille.

Materiaali	Hukka-%
Ruoteet huopakatteelle	10
Ruoteet pelti- / tiilikatteelle	20
Huopakatteen aluskate	10

² Kontiotuote Oy:n käyttämät tuotannon hukkaprosentit

Pelti-/tiilikatteen aluskate	20
Aluskatteen kiinnitysrimat, tuuletusrimat	20
Räystään otsalaudat, 20*120/145	20
Räystään aluslaudat, 19*95	10
Tuulensuojakangas	15
Tuulensuojalevy	5
Höyrynsulkumuovi	20
Ilmansulkupaperi	20
Alumiinipaperi	20
Ylä-/välipohjan harvarimoitus	20
Eristeet	2
Lattialauta	6
Seinäpaneeli	8
Kattopaneeli	15
Hirsipaneeli	8
Runkopuu	20
Lattiapalkistot	20
Hirsi	0

Yläpuolisen taulukon laskentaoletuksilla lasketun, työmaa-aikaisen materiaalihukan ympäristövaikutukset on koottu seuraavaan taulukkoon. Taulukossa on esitetty sekä Jokilehdon, että kahden vaihtoehtoisen skenaarion laskentatulokset.

Taulukko 5, Materiaalihukan materiaalien ympäristövaikutus, laskentatulokset esitetty As Oy Jokilehdon ja kahden vaihtoehtoisen skenaarion osalta. Taulukossa on esitetty rakenteiden massa, uusiutuvan ja uusiutumattoman raaka-aineen kulutus, rakenteisiin sitoutuneen hiilidioksidin määrä, uusiutuvan ja uusiutumattoman energian kulutus, energiasisältö ja kasvihuonekaasupäästöt.

	massa (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Sitoutunut hiilidioksidi (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasisältö (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (tn)
Materiaalihukan ympäristövaikutus, Jokilehto	7,2	1,0	8,1	-0,9	4,0	18,6	15,8	1,5
Materiaalihukan ympäristövaikutus, Normitalo	7,0	1,5	7,2	-1,4	4,8	19,8	23,7	1,4
Materiaalihukan ympäristövaikutus, Ekologisin talo	4,7	1,7	3,4	-2,3	6,1	12,6	31,6	0,9

Jätekoostumuksen osalta on tehty yksinkertaistettu laskentaoletus, jossa syntyvä jätemassa arvioidaan puupohjaiseksi jätteeksi ja sekajätteeksi. Jakoperusteena

käytetään edellisessä taulukossa esitettyjen uusiutuvan ja uusiutumattoman raaka-aineen suhdetta. Puujätteen määrä oletetaan samaksi, kuin uusiutuvan raaka-aineen massa. Lisäksi puujätteen oletetaan vastaavan koko uusiutuvan raaka-aineen kulutuksesta ja sekajätteen oletetaan vastaavan koko uusiutumattoman raaka-aineen kulutuksesta.

Jätemateriaalin energiasisällön oletetaan olevan kokonaisuudessaan puupohjaisten materiaalien energiaa. Puupohjaiselle jäteosalle oletetaan (suomalaisen runkopuun perusteella) uusiutuvaa energiaa 3 GJ/tn ja uusiutumattonta energiaa 1,5GJ/tn. Puujätteen osuudeksi kasvihuonekaasupäästöistä oletetaan 0,1 tn/tn. Lisäksi koko sitoutuneen hiilidioksidimäärän oletetaan olevan sitoutuneena puujätteeseen.

Tehdyillä laskentaoletuksilla materiaalihukan puu- ja sekajäteosiolle voidaan laskea seuraavan taulukon mukaiset ympäristövaikutukset.

Taulukko 6, Työmaa-aikaisen materiaalihukan jätemateriaalin ympäristövaikutukset

	massa (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Sitoutunut hiilidioksidi (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasisältö (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (tn)
Puujäte, Jokilehto	1,0	1,0	0,0	-0,9	3,1	1,6	15,8	0,1
Sekajäte, Jokilehto	6,1	0	8,1	0	0,9	17,0	0	1,3
Materiaalihukan jäte yhteensä, Jokilehto	7,2	1	8,1	-0,9	4	18,6	15,8	1,5
Puujäte, Normitalo	1,5	1,5	0,0	-1,4	4,4	2,2	23,7	0,1
Sekajäte, Normitalo	5,5	0	7,2	0	0,4	17,7	0	1,2
Materiaalihukan jäte yhteensä, Normitalo	7,0	1,5	7,2	-1,4	4,8	19,8	23,7	1,4
Puujäte, Ekologisin talo	1,7	1,7	0,0	-2,3	5,0	2,5	31,6	0,2
Sekajäte, Ekologisin talo	3,0	0	3,4	0	1,1	10,1	0	0,7
Materiaalihukan jäte yhteensä, Ekologisin talo	4,7	1,7	3,4	-2,3	6,1	12,6	31,6	0,9

9 Elinkaarenaikaiset uusimiset ja korjaukset

Elinkaarenaikaisten uusimisten ja korjausten osalta tehty laskentaoletukset on esitetty oheisessa taulukossa. Tarkasteltava elinkaari on 50 vuotta ja laskennassa oletetaan että rakenteet kestävät pääosiltaan koko elinkaaren ajan.

Sisä- ja ulkoverhous, sekä vesikatteen oletetaan muodostavan poikkeuksen ja niille oletetaan yksi uusiminen elinkaaren aikana, 25 vuoden käytön jälkeen. Oheiseen taulukkoon on koottu yhteenveto elinkaaren aikana tapahtuvista korjaustoimenpiteistä.

Korjausten osalta oletetaan, että rakenteet puretaan ja rakennetaan alkuperäistä vastaavina uudelleen.

Korjaustoimenpiteiden materiaalien hukkaprocentit ovat vastaavat kuin edellä esitetyt työmaa-aikaiset hukkaprocentit.

Taulukko 7, Rakennuksessa tehtävät korjaustoimenpiteet 50 vuoden elinkaaren aikana.

Rakennusosa	Korjaustoimenpiteet 50v elinkaaren aikana
Perustukset	-
Ala- ja välipohja	Lattiatpinat uusitaan yhden kerran
Ulkoseinät	Mahdollinen sisä- ja ulkoverhous uusitaan yhden kerran
Väliseinät	Seinäverhoukset uusitaan yhden kerran
Yläpohja	Sisäkattoverhous ja vesikate uusitaan yhden kerran
Täydentävät rakenteet	-

Yläpuolisen taulukon laskentaoletuksilla lasketut, elinkaarenaikaisten korjausten ympäristövaikutukset on koottu oheiseen taulukkoon. Taulukossa on esitetty sekä Jokilehdon, että kahden vaihtoehtoisen skenaarion laskentatulokset. Taulukossa ilmoitetut massat kertovat, kuinka suuri materiaalmäärä tarvitaan elinkaarenaikaisten korjausten tekemiseen. Muut sarakkeet ilmoittavat vastaavan ympäristövaikutuksen.

Taulukko 8, Rakennuksen korjaustoimenpiteiden materiaalien hukkanne ja materiaaliuotannon ympäristövaikutukset, elinkaari 50 vuotta.

	Massa (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Sitoutunut hiilidioksidi (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energia sisältö (GJ)	Kasviuone kaasupäästöt (tn)
Korjausmateriaalien ympäristövaikutus, Jokilehto	7,0	4,0	2,9	-5,7	25,6	65,0	111,9	4,8
Korjausmateriaalien ympäristövaikutus,	10,7	3,8	6,0	-5,5	25,5	91,8	109,8	6,5

Normitalo								
Korjausmateriaalien ympäristövaikutus, Ekologisin	6,1	3,8	2,2	-5,2	18,9	49,4	95,1	3,9

Laskennassa oletetaan, että kaikki rakenteet puretaan ja rakennetaan alkuperäistä vastaavina uudelleen. Lisäksi oletetaan että kaikki puretut materiaalit, sekä korjaustyössä tarvittavien materiaalien hukka menee rakennusjätteeksi.

Näillä oletuksilla edellä esitetystä taulukosta voidaan lukea myös syntyvän rakennusjätteen määrä sekä jättemateriaaleihin sitoutunut hiilidioksidi ja energiamäärä. Seuraavaan taulukkoon on koottu nämä rakennusjätteen ominaisuudet.

Jätekoostumuksen osalta on käytetty samoja laskentaoletuksia kuin edellä materiaalihukan osalta. Tulokset on koottu oheiseen taulukkoon.

Taulukko 9, Elinkaarenaikaisten korjaustoimenpiteiden aiheuttaman jätteen aiheuttamat ympäristövaikutukset

	massa (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Sitoutunut hiilidioksidi (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasäilytö (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (tn)
Puujäte, Jokilehto	4,0	4,0	0,0	-5,7	11,9	6,0	111,9	0,4
Sekajäte, Jokilehto	3,0	0,0	2,9	0,0	13,7	59,1	0,0	4,4
Korjaustoimenpiteiden jäte yhteensä, Jokilehto	7,0	4	2,9	-5,7	25,6	65	111,9	4,8
Puujäte, Normitalo	3,8	3,8	0,0	-5,5	11,5	5,8	109,8	0,4
Sekajäte, Normitalo	6,8	0,0	6,0	0,0	13,9	86,1	0,0	6,1
Korjaustoimenpiteiden jäte yhteensä, Normitalo	10,7	3,8	6,0	-5,5	25,5	91,8	109,8	6,5
Puujäte, Ekologisin talo	3,8	3,8	0,0	-5,2	11,3	5,7	95,1	0,4
Sekajäte, Ekologisin talo	2,3	0,0	2,2	0,0	7,6	43,8	0,0	3,5
Korjaustoimenpiteiden jäte yhteensä, Ekologisin talo	6,1	3,8	2,2	-5,2	18,9	49,4	95,1	3,9

10 Kuljetusten vaikutus

Tässä kappaleessa esitetään rakennusmateriaalien ja purkujätteen kuljetusten ympäristövaikutus. Kuljetettavan materiaalin massana käytetään kohteen materiaalimenekkien massaa, mukaan lukien hukan osuus.

Jokilehdon urakoitsija piti työmaa-aikaista päiväkirjaa työkoneiden käyttöajoista, polttoaineen kulutuksesta ja ajokilometreistä³. Näitä tietoja käytetään tässä tehtävien laskentojen kuljetusmatkoina.

Laskentojen ympäristöprofiilit perustuvat VTT:n LIPASTO-tietokannan yksikköpäästötietoihin⁴.

10.1 Kuljetettavat materiaalimäärät ja kuljetussuoritteet

Tässä esitetään edellisten kappaleiden laskentoihin perustuvat määrät kuljetettaville materiaaleille.

Työmaalle kuljetettava materiaali jaetaan hirsiin, betoniin ja muihin rakennusmateriaaleihin. Kaikilla näillä materiaaleilla on eri kuljetusmatka työmaalle.

Kaikelle työmaalta pois kuljetettavalle jätteelle oletetaan sama kuljetusmatka.

Oheiseen taulukkoon on koottu laskennassa käytetyt tiedot rakennusmateriaalien kuljetuksesta. Kalusto-sarakkeeseen on merkitty päästölaskentaa varten valittu kalustonimike jokaiselle työvaiheelle.

Kuljetettava materiaali	Kalusto	määrä	Yksikkö	Selite
Materiaalikuljetukset/hirret	Puoliperävaunu-yhdistelmä	16	km	Mukana paluu (tyhjänä), työmaatieto
Materiaalikuljetus/betoni	Suuri kuorma-auto (15tn)	28	km	Mukana paluu (tyhjänä), työmaatieto
Muut materiaalikuljetukset	Suuri kuorma-auto (15tn)	120	km	Mukana paluu (tyhjänä), työmaatieto
Rakennusjätteen kuljetus	Suuri kuorma-auto (15tn)	40	km	Mukana meno (tyhjänä), arvio

Oheiseen taulukkoon on koottu Jokilehdon ja kahden vaihtoehtoisen laskentatapauksen materiaalimäärät. Materiaalit on eritelty taulukossa hirsiin, betoniin ja muihin materiaaleihin. Taulukossa esitetyt materiaalimäärät on lisäksi eritelty rakenteiden sisältämän materiaalin, hukan ja korjausten massa.

³ Urakoitsijan toimittama koonti koneiden käyttöajoista

⁴ VTT:n LIPASTO-tietokannan yksikköpäästöihin, lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot

Taulukko 10, Työmaalle kuljetettavat materiaalmäärät

	Rakenteiden materiaalien massa (tn)	Hukan massa (tn)	Korjausten materiaalien ja hukan massa (tn)
As Oy Jokilehto			
Betoni	54,5	5,4	0
Hirsi	15,7	0	0
Muut	24,8	1,6	7
Yhteensä	95	7	7
Normitalo			
Betoni	54,5	5,4	0
Hirsi	1,7	0	0
Muut	32,8	1,6	11
Yhteensä	89	7	11
Ekologisin vaihtoehto			
Betoni	27,7	2,7	0
Hirsi	25,7	0	0
Muut	19,6	2,3	6
Yhteensä	73	5	6

Edellisestä taulukosta voidaan suoraan lukea myös työmaalta pois kuljetettavan jätteen määrä. Rakennustyön yhteydessä syntyvä materiaalihukka kuljetetaan pois työmaalta rakennusvaiheessa, jolloin siitä tulee rakennusvaiheen jätettä.

Korjausten yhteydessä tehtävistä purkutöistä aiheutuva jäte ja korjausmateriaalien hukka kuljetetaan pois korjausvaiheessa. Tämä luku on sama, kuin edellisessä taulukossa esitetty ”korjausten materiaalien ja hukan massa”.

Rakennuksen elinkaaren lopussa rakennus puretaan ja syntynyt jäte kuljetetaan pois työmaalta. Jätteen määrä vastaa rakenteiden sisältämien materiaalien massaa.

Pois kuljetettavan jätteen massat on koottu seuraavaan taulukkoon elinkaaren eri vaiheisiin jaettuna.

	Rakennusvaiheen jäte (tn)	Elinkaarenaikaisten korjausten jäte (tn)	Rakennuksen purkujäte (tn)
As Oy Jokilehto	7	7	95
Normitalo	7	11	89
Ekologisin vaihtoehto	5	6	73

Kuljetusten osalta oletetaan että hirsiä lukuun ottamatta kaikki materiaalit tuodaan työmaalle suurella kuorma-autolla (15tn, kantavuus 9tn) joka on lastattu täyteen. Hirret tuodaan työmaalle puoliperävaunuyhdistelmällä (40t, kantavuus 25t).

Betonin kuljetusmatka työmaalle on 14km, hirren 8km ja muiden materiaalien 60 km.

Kokonaismassojen perusteella pystytään laskemaan materiaali- ja jätekuljetuksiin tarvittavien autokuormien määrä jakamalla massat kuorma-auton maksimikuljetuskapasiteetilla. Materiaalien kuljetukseen tarvittavien kuormien määrä on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 11, Rakennusmateriaalikuljetusten autokuormien kappalemäärä rakennus- ja korjausvaiheessa

	Rakennusmateriaalien (sis hukan osuuden) autokuormat (kpl)	Korjausmateriaalien (sis hukan osuuden) autokuormat (kpl)
As Oy Jokilehto, kuorma-auto	10	1
As Oy Jokilehto, puoliperävaunu	1	-
Normitalo, kuorma-auto	11	1
Normitalo, puoliperävaunu	-	-
Ekologisin vaihtoehto, kuorma-auto	5	1
Ekologisin vaihtoehto, puoliperävaunu	1	-

Myös rakennusjätekuljetuksiin tarvittava autokuormien kappalemäärä voidaan laskea vastaavalla tavalla, jakamalla jätemäärät auton maksimikuormalla. Jätekuljetusten kappalemäärät on koottu seuraavaan taulukkoon.

Taulukko 12, Rakennusjätteen autokuormien kappalemäärä, rakennusvaihe ja korjausvaihe, kuljetusvälineeksi oletettu suuri (15tn) kuorma-auto täytenä

	Rakennusvaiheen jäte, autokuormat (kpl)	Elinkaarenaikaisten korjausten jäte, autokuormat (kpl)	Rakennuksen purkujäte, autokuormat (kpl)
As Oy Jokilehto, kuorma-auto	1	1	11
Normitalo, kuorma-auto	1	1	10
Ekologisin vaihtoehto, kuorma-auto	1	1	8

Kun edellisten kahden taulukon tiedot kuormien kappalemäärästä, ja keskimääräinen kuljetusmatkan pituus kerrotaan keskenään, saadaan määritettyä kokonaisajosuorite kullekin rakennukselle. Rakennusvaiheessa kuorma-autojen osalta käytetään yhtä keskimääräistä kuljetusmatkaa (30km) sekä betoni- että muille kuljetuksille. Hirsikuljetusten kuljetusmatkana on 8km.

Korjausvaiheessa tehtävät korjaukset eivät sisälle betonitöitä, joten niiden osalta kuljetusmatkana käytetään muiden materiaalien kuljetusmatkaa, 60km.

Oheiseen taulukkoon on koottu kokonaisajosuoritteet rakentamisen ja korjaamisen materiaalien osalta. Laskennat on tehty täysille autoille (kuorma-auto 9tn kuorma, puoliperävaunu 25tn kuorma).

Taulukko 13, Rakennusmateriaalikuljetusten ajoneuvokilometrit yhteensä täysille kuormille (kuorma-auto 9tn kuorma, puoliperävaunu 25tn kuorma)

	Rakennusmateriaalien kuljetuksen ajoneuvokilometrit yhteensä (km)	Korjausmateriaalien kuljetuksen ajoneuvokilometrit yhteensä (km)
As Oy Jokilehto, kuorma-auto	300	60
As Oy Jokilehto, puoliperävaunu	8	-
Normitalo, kuorma-auto	330	60
Normitalo, puoliperävaunu	-	-
Ekologisin vaihtoehto, kuorma-auto	150	60
Ekologisin vaihtoehto, puoliperävaunu	8	-

Oheiseen taulukkoon on koottu kokonaisajosuoritteet rakentamisen, korjaamisen ja purun jätteiden osalta. Laskennat on tehty täysille autoille (kuorma-auto 9tn kuorma).

Taulukko 14, Rakennusjättekuljetusten ajoneuvokilometrit yhteensä täysille kuormille (kuorma-auto, 9tn kuorma)

	Rakennusjätteen kuljetuksen ajoneuvokilometrit yhteensä (km)	Korjausjätteen kuljetuksen ajoneuvokilometrit yhteensä (km)	Rakennuksen purkujätteen kuljetuksen ajoneuvokilometrit yhteensä (km)
As Oy Jokilehto, kuorma-auto	30	30	330
Normitalo, kuorma-auto	30	30	300
Ekologisin	30	30	240

vaihtoehto, kuorma-auto			
----------------------------	--	--	--

10.2 Kuljetusten ympäristövaikutukset

Materiaalikuljetusten laskennassa käytetyt ympäristöprofiilit on koottu seuraavaan taulukkoon. Energiankulutus on jaettu uusiutumattomaan ja uusiutuvaan energiaan olettamalla bioenergian osuudeksi 6 %. Myös polttoaineen kulutus on jaettu uusiutumattomien ja uusiutuvien luonnonvarojen kulutukseen samalla prosenttiosuudella. Taulukon luvuista puuttuu polttoaineen tuotannon päästöt.

Taulukko 15, Rakennusmateriaali- ja jätekuljetusten päästöprofiilit, 100 % kuorma (puoliperävaunuyhdistelmällä 25t, suurella kuorma-autolla 9t) ja paluumatka tyhjänä. Lähde VTT:n LIPASTO-tietokanta.

Ajoneuvo	Polttoaineen kulutus (g/tnkm)	CO ₂ -ekv (g/tnkm)	Energian- kulutus (MJ/tnkm)	Uusiutumaton energia, arvio (MJ/tnkm)	Uusiutuva energia, arvio (MJ/tnkm)	Uusiutumattomat luonnonvarat, arvio (g/tnkm)	Uusiutuvat luonnonvarat, arvio (g/tnkm)
Puoliperävaunu- yhdistelmä , menomatka (täysi)	349	1041	15	14,1	0,9	328,06	20,94
Suuri kuorma- auto (15tn), menomatka (täysi)	186	559	8	7,52	0,48	174,84	11,16
Puoliperävaunu- yhdistelmä , paluumatka (tyhjä)	257	766	11	10,34	0,66	241,58	15,42
Suuri kuorma- auto (15tn), paluumatka (tyhjä)	152	458	6,5	6,11	0,39	142,88	9,12

Taulukon puoliperävaunuyhdistelmän päästöprofiileja käytetään laskettaessa työmaan hirsikuljetusten päästöjä ja suuren kuorma-auton profiileja laskettaessa muiden kuljetusten päästöjä. Menomatkan profiilia käytetään, kun materiaali tuodaan työmaalle ja paluumatkan profiilia käytetään, kun auto palaa takaisin työmaalta tyhjänä.

Oheiseen taulukkoon on koottu kuljetusten ympäristövaikutukset. Tarkemmat laskentataulukot on koottu liitteisiin. Kuljetusten ympäristövaikutuksista 40-50% aiheutuu rakennusvaiheen materiaali- ja jätekuljetuksista. Elinkaaren aikaisten korjausten kuljetusten osuus ympäristövaikutuksista on 10-20% ja purkuvaiheen kuljetusten osuus 40-50 %.

Taulukko 16, As Oy Jokilehdon, Normitalon ja Ekologisimman skenaarion ympäristövaikutukset rakennusmateriaali- ja jätekuljetuksista

Yhteenveto	Polttoaineen kulutus (t)	CO2-ekv (t)	Energiankulutus (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton raaka-aine (t)	Uusiutuva raaka- aine (t)
Kuljetukset, As Oy Jokilehto	0,3	0,8	11	10,5	0,5	0,2	0
Kuljetukset, Normitalo	0,3	0,8	10,8	10,3	0,5	0,2	0
Kuljetukset, Ekologisin rakennus	0,1	0,4	5,1	4,9	0,3	0,1	0

11 Rakentamisen ja purkuvaiheen energiankulutus

Rakentamisen energiankulusta tarkastellaan todellisen työmaa-aikaisen kulutustiedon perusteella. As Oy Jokilehdon urakoitsija keräsi työmaa-aikana tiedon sähköenergian ja kaukolämmön kulutuksesta, sekä työkoneiden käyttöajoista ja polttoaineen kulutuksesta. Näitä samoja arvoja käytetään myös kahden vaihtoehtoisen skenaarion, normitalon ja ekologisimman skenaarion laskennoissa.

Purkutyön vaatiman energiankulutuksen ja päästöjen arviointi on hankalaa, sillä purku tehdään 50 vuotta rakennuksen rakentamisen jälkeen. Kehitys käytettävissä työmenetelmissä, -koneissa ja polttoaineissa tekee tarkan laskennan haastavaksi. Lisäksi purkumenetelmiä ja uusiokäyttöä on vaikea arvioida: puretaanko rakennus kierrätysmateriaaleiksi, vai käytetäänkö purettuja rakennusosia uudestaan sellaisenaan?

Tässä tehtävissä tarkasteluissa tehdään yksinkertaistettu laskentaoletus, jossa sekä rakentamis- että purkuvaiheelle käytetään samoja energiankulutus- ja päästöarvoja. Poikkeuksen muodostaa purkuvaihe, sillä sen lämmitysenergian tarve oletetaan nolaksi. Toisin sanoen, purkuvaiheessa oletetaan, ettei työmaalla tarvita lämmitystä. Purkuvaihe on käsitelty kappaleessa 13.

Työmaalla toteutuneet energiankulutustiedot on koottu oheiseen taulukkoon. Energiankulutustieto on ilmoitettu työmaan lämpö- ja sähköenergian osalta megawattitunteina ja työkoneiden osalta kulutettuina polttoainelitraina.

Kulutuskohde	Toimittaja/ kalusto	Määrä	Yksikkö	Tietolähde
Työmaan lämmitys	Kaukolämpöyhtiö	13,2	MWh	Työmaan energiamittaus
Työmaasähkö	Sähköyhtiö	0,3	MWh	Työmaan energiamittaus
Nostot, siirrot	Nosturi	210	litraa	Työmaan mittaus, asennustyön tunnit

Siirrot työmaalla, lumityöt	Traktorikaivuri	70	litraa	Työmaan mittaus, käyttötunnit
Lämmittimet, saksilavat	Muut työkoneet	40	litraa	Työmaan mittaus, polttoöljyn kulutus
Moottorisahat	Moottorisaha	11	litraa	Työmaan mittaus, bensiinin kulutus

Taulukosta nähdään, että ylivoimaisesti suurin rakentamisvaiheen energiankulutuskohde on työmaan lämmityksen energiankulutus.

11.1 Työkoneiden päästöt

Työkoneiden yksikköpäästöt on koottu oheiseen taulukkoon. Päästötietojen lähteenä on käytetty LIPASTO-tietokannan työkoneiden päästöarvoja. Energian ja luonnonvarojen kulutuksen arvot ovat osittain puutteelliset, sillä niissä ei ole huomioitu polttoaineen tuotantoa.

Ajoneuvo	CO ₂ -ekv (kg/l)	Energian-kulutus (MJ/l)	Uusiutumaton energia, arvio (MJ/l)	Uusiutuva energia, arvio (MJ/l)	Uusiutumattomat luonnonvarat, arvio (kg)	Uusiutuvat luonnonvarat, arvio (kg)
Nosturit	2,63	36,34	35,61	0,73	0,83	0,02
Traktorikaivurit	2,63	36,34	35,61	0,73	0,83	0,02
Muut ajettavat työkoneet	2,63	36,34	35,61	0,73	0,83	0,02
Moottorisahat	2,28	32,25	30,32	1,94	0,71	0,05

Työkoneiden energiankulutuksen aiheuttamat kokonaispäästöt on koottu seuraavaan taulukkoon. Taulukon arvoja käytetään kuvaamaan sekä rakentamis- että purkuvaiheen energiankulutusta ja niistä aiheutuvia päästöjä.

Ajoneuvo	Polttoaineen kulutus (tn)	CO ₂ -ekv (tn)	Energian-kulutus (GJ)	Uusiutumaton energia, arvio (GJ)	Uusiutuva energia, arvio (GJ)	Uusiutumattomat luonnonvarat, arvio (tn)	Uusiutuvat luonnonvarat, arvio (tn)
Nosturit	0,2	0,6	7,6	7,5	0,2	0,2	0,0
Traktorikaivurit	0,1	0,2	2,5	2,5	0,1	0,1	0,0
Muut ajettavat työkoneet	0,0	0,1	1,5	1,4	0,0	0,0	0,0
Moottorisahat	0,1	0,3	3,5	3,3	0,2	0,1	0,0
Yhteensä	0,4	1,2	15,1	14,7	0,5	0,4	0,0

11.2 Työmaasähkö ja kaukolämpö

Rakennustyömaalla käytetään Fortumin toimittamaa sähköä ja Pudasjärven kaukolämpöyhtiön toimittamaa kaukolämpöä. Tässä tehtävissä tarkasteluissa käytetään kuitenkin koko Suomen keskiarvoja, jotta tuloksia voidaan hyödyntää paremmin myös muualla Suomessa.

Työmaa-aikaisen sähkön ja kaukolämmön kulutuksen osalta käytetään seuraavia ympäristöprofiileja. Profiilit perustuvat CO₂-ekv-päästöjen ja raaka-aineiden

kulutuksen osalta keskimääräiseen sähköön ja kaukolämpöön vuosilta 2004-2008⁵.

Raaka-aineiden kulutus on laskettu seuraavaan taulukkoon uusiutuvan ja uusiutumattoman energian kulutukseen perustuen. Uusiutumattomien raaka-aineiden lämpöarvo on laskettu sähköenergialle käyttämällä lämpöarvona 30,2 MJ/kg (polttoainejakaumana käytetty kivihiili 34%, turve 20%, maakaasu 44%, öljy 2%). Uusiutuvan raaka-aineen osalta lämpöarvoksi on oletettu keskimäärin 20 MJ/kg (puu). Kaukolämmöntuotannolle uusiutumattomien polttoaineiden lämpöarvoksi on oletettu 30,4MJ/kg (kivihiili 26%, turve 26%, maakaasu 39%, öljy 9%) ja uusiutuvien 20MJ/kg (puu).

Päästöt	Sähkö	Kaukolämpö
CO2 ekv (kg/MWh)	309	236
Energia		
Fossiilinen energia (GJ/MWh)	3,4	2,1
Uusiutuva energia (GJ/MWh)	0,5	1,1
Raaka-aineet		
Uusiutumaton raaka-aine (kg/MWh)	113	69,3
Uusiutuva raaka-aine (kg/MWh)	25,5	52,7

Oheiseen taulukkoon on koottu työmaasähkön ja kaukolämmön energiankulutuksen aiheuttamat kokonaispäästöt.

Energian kulutuskohde	Energiankulutus (MWh)	CO2-ekv (tn)	Energiankulutus (GJ)	Uusiutumaton energia, arvio (GJ)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumattomat luonnonvarat (tn)	Uusiutuvat luonnonvarat (tn)
Kaukolämpö	13,2	3,1	42,2	27,7	14,5	0,9	0,7
Sähköenergia	0,3	0,1	1,2	1	0,2	0	0
Yhteensä	13,5	3,2	43,4	28,7	14,7	0,9	0,7

11.3 Yhteenveto

Oheiseen taulukkoon on koottu edellisissä kappaleissa esitetyt koneiden, työmaasähkön ja kaukolämmön ympäristövaikutukset.

Taulukko 17, Rakentamisvaiheen energiankulutuksen ympäristövaikutukset, As Oy Jokilehto

	CO2-ekv (tn)	Energiankulutus (GJ)	Uusiutumaton energia, arvio (GJ)	Uusiutuva energia, arvio (GJ)	Uusiutumattomat luonnonvarat, arvio (tn)	Uusiutuvat luonnonvarat, arvio (tn)
Ajoneuvo						
Nosturit	0,6	7,6	7,5	0,2	0,2	0,0
Traktorikaivurit	0,2	2,5	2,5	0,1	0,1	0,0
Muut ajettavat työkonet	0,1	1,5	1,4	0,0	0,0	0,0

⁵ Julkaistu VTT:n Mecoren-raportissa

Moottorisahat	0,3	3,5	3,3	0,2	0,1	0,0
Kaukolämpö	3,1	42,2	27,7	14,5	0,9	0,7
Sähköenergia	0,1	1,2	1	0,2	0	0
Yhteensä	4,4	58,5	43,4	15,2	1,3	0,7

12 Elinkaarenaikainen energiankulutus

Tarkasteltavan kohteen elinkaarenaikainen energiankulutus arvioidaan kohteen energiatodistuksen avulla⁶ kaikkien skenaarioiden osalta. Lisäksi kohteen osalta tarkastellaan vaihtoehtoista tapausta, jossa lämmitys on toteutettu maalämmöllä. Myös tästä skenaariosta on laadittu laskennallinen energiatodistus.

Energiatodistuksen perusteella Jokilehdon energiankulutus jakautuu seuraavasti:

- lämmitysenergia 15394 kWh/a
 - o tilojen lämmitys 9822 kWh/a
 - o lämmin käyttövesi 5572 kWh/a
- laitesähkö 6700 kWh/a
- yhteensä 22094 kWh/a.

Samoja energiankulutusarvoja käytetään myös kahden vaihtoehtoisen skenaarion laskennassa.

Maalämpötoteutuksella Jokilehdon energiankulutus jakautuu seuraavasti:

- lämmitysenergia 14490 kWh/a /ostoenergiaa 5796 kWh/a
 - o tilojen lämmitys 10232 kWh/a
 - o lämmin käyttövesi 4258 kWh/a
- laitesähkö 6700 kWh/a
- yhteensä 21190 kWh/a /ostoenergiaa 12496 kWh/a.

Näitä energiankulutusarvoja käytetään myös kahden vaihtoehtoisen skenaarion laskennassa.

Kun tarkastelujakso ulotetaan koko rakennuksen elinkaaren (50 vuotta) ajalle, saadaan energiankulutukselle seuraavat arvot:

Taulukko 18, Rakennuksen elinkaarenaikainen energiankulutus eri laskentaskenaarioille kaukolämmöllä, jaoteltuna tilojen lämmityksen, käyttöveden lämmityksen ja laitesähkön kuluttamaan energiaan

Energian käyttökohde	Energiankulutus, elinkaari 50 vuotta, MWh
Tilojen lämmityksen energia	491
Lämpimän käyttöveden energia	279
Laitesähkön kulutus	335
Yhteensä	1105

⁶ Kohteen energiatodistus, annettu 3.10.2011

Taulukko 19, Rakennuksen elinkaarenaikainen energiankulutus ja ostoenergiankulutus, eri laskentaskenaarioille maalämmöllä, jaoteltuna tilojen lämmityksen, käyttöveden lämmityksen ja laitesähkön energiaan.

Energian käyttökohde	Energiankulutus, elinkaari 50 vuotta, MWh	Ostoenergiankulutus, elinkaari 50 vuotta, MWh
Tilojen lämmityksen energia	512	205
Lämpimän käyttöveden energia	213	85
Laitesähkön kulutus	335	335
Yhteensä	1060	625

Rakennuksen käytönaikaisesta energiankulutuksesta aiheutuvien päästöjen tarkka laskenta on hankalaa, sillä energiatuotanto Suomessa tulee oletettavasti kehittymään merkittävästi seuraavan 50 vuoden aikana. Ennakkotiedot Suomen tulevasta ilmasto- ja energiastrategiasta⁷ ennustavat esimerkiksi sähköntuotannon päästöjen laskevan 78 %:iin nykytasosta vuoteen 2020 mennessä ja 16 %:iin nykytasosta 2030 mennessä. Vastaavasti kaukolämpötuotannon päästöjen ennustetaan laskevan 89 %:iin nykytasosta vuoteen 2020 mennessä ja 79 %:iin vuoteen 2030 mennessä.

Edellä esitettyjä arvioita energiatuotannon päästöjen kehityksestä käytetään tässä tehtävien arvioiden pohjana. Lisäksi tehdään laskentaoletus, jossa oletetaan päästöjen pysyvän vuosien 2030-2050 välisen ajan vuoden 2030 tasolla.

Edellä esitettyjä tulevaisuuden päästötasoja on käytetty apuna seuraavan taulukon päästöarvojen laskennassa. Päästövähennysten oletetaan syntyvän siirtymisestä uusiutumattomista energialähteistä uusiutuviin energialähteisiin. Uusiutumattomien raaka-aineiden ja uusiutumattoman energian kulutuksen oletetaan laskevan samassa suhteessa päästöjen kanssa. Vastaavasti uusiutuvien raaka-aineiden ja energiankäytön oletetaan kasvavan. Toisin sanoen,

Oheiseen taulukkoon on koottu energiantuotannon päästöprofiilit nykyhetkelle, vuosille 2012-2020 ja 2020-2050, sekä 50 vuoden keskimääräiselle tuotannolle.

Taulukko 20, Suomen energiatuotannon päästöprofiilit nykyhetkelle, vuosille 2020 ja 2030, sekä oletettu 50:n vuoden keskiarvo vuosille 2012-2052. Päästöt megawattituntia kohden.

Energian kulutuskohde	CO ₂ -ekv (kg)	Energian- kulutus (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumattomat luonnonvarat (kg)	Uusiutuvat luonnonvarat (kg)
Kaukolämpö, nykyhetki	236,0	3,2	2,1	1,1	113,0	25,5
Kaukolämpö, 2020	209,8	3,2	1,9	1,3	61,4	66,7
Kaukolämpö, 2030	185,5	3,2	1,7	1,5	54,3	77,5

⁷ Perustuu 13.4.2012 työ- ja elinkeinoministeriöltä saatuun tietoon

Kaukolämpö, 50v keskiarvo	198,4	3,2	1,8	1,4	65,1	67,0
Sähköenergia, nykyhetki	309,0	3,9	3,4	0,5	69,3	52,7
Sähköenergia, 2020	240,5	3,9	2,6	1,3	87,6	62,7
Sähköenergia, 2030	48,4	3,9	0,5	3,4	17,6	168,4
Sähköenergia, 50v keskiarvo	128,5	3,9	1,4	2,5	39,9	128,7

Päästöt elinkaarenaikaisesta energiankulutuksesta on koottu seuraavaan taulukkoon.

Taulukko 21, Kaikki laskentaskenaariot kaukolämmöllä, elinkaarenaikaiset päästöt energiankulutuksesta, 50 vuoden elinkaari vuosina 2012-2052

Energian kulutuskohde	Energiankulutus (MWh)	CO ₂ -ekv (tn)	Energiankulutus (GJ)	Uusiutumaton energia, arvio (GJ)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumattomat luonnonvarat (tn)	Uusiutuvat luonnonvarat (tn)
Kaukolämpö, tilojen lämmitys	491	97	1571	884	687	32	33
Kaukolämpö, käyttöveden lämmitys	279	55	893	502	391	18	19
Sähköenergia, laitesähkö	335	43	1307	469	838	13	43
Yhteensä, 50v elinkaari	1105	196	3771	1855	1916	64	95

Taulukko 22, Kaikki laskentaskenaariot maalämmöllä, elinkaarenaikaiset päästöt ostoenergiankulutuksesta, 50 vuoden elinkaari vuosina 2012-2052

Energian kulutuskohde	Energiankulutus (MWh)	CO ₂ -ekv (tn)	Energiankulutus (GJ)	Uusiutumaton energia, arvio (GJ)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumattomat luonnonvarat (tn)	Uusiutuvat luonnonvarat (tn)
Maalämpö, tilojen lämmitys	205	26	799	287	512	8	26
Maalämpö, käyttöveden lämmitys	85	11	332	119	213	3	11
Sähköenergia, laitesähkö	335	43	1307	469	838	13	43
Yhteensä, 50v elinkaari	625	80	2438	875	1563	25	80

13 Elinkaaren loppuvaihe

Tässä tehtävissä tarkasteluissa oletetaan, että 50 vuoden elinkaaren jälkeen rakennus puretaan. Tässä kappaleessa esitetään purkutyön energiankulutuksen, sekä vaihtoehtoisten jätteenkäsittelyskenaarioiden vaikutus rakennuksen ympäristövaikutuksiin.

Edellä, kappaleessa ”rakentamisen ja purkuvaiheen energiankulutus”, määritettiin arvio purkuvaiheen energiankulutukselle. Purkutyön osalta käytetään samoja energiankulutusarvoja, mutta päästöprofiileina käytetään vuoden 2030 profiileja.

Purkutyön osalta on lisäksi oletettu, ettei työmaatiloihin tai rakennuksista tarvitse lämmittää purun yhteydessä, eikä purun aikana käytetä kaukolämpöä.

Oheiseen taulukkoon on koottu purkutyön ympäristövaikutukset.

Taulukko 23, As Oy Jokilehto, purkutyön ympäristövaikutukset

	CO2-ekv	Energian- kulutus	Uusiutumaton energia, arvio	Uusiutuva energia, arvio	Uusiutumattomat luonnonvarat, arvio	Uusiutuvat luonnonvarat, arvio
Ajoneuvo	(tn)	(GJ)	(GJ)	(GJ)	(tn)	(tn)
Nosturit	0,2	0	0,2	-	0,2	7,5
Traktorikaivurit	0,1	0	0,1	-	0,1	2,5
Muut ajettavat työkoneet	0	0	0	-	0	1,4
Moottorisahat	0,1	0	0,1	-	0,2	3,3
Kaukolämpö	-	-	-	-	-	-
Sähköenergia	0	0	0	-	0,2	1
Yhteensä	0,4	0	0,4	-	0,7	15,7

Purkutyön yhteydessä rakennuksen materiaaleista tulee jätettä. Seuraavassa taulukossa on esitetty purun yhteydessä syntyvän jätteen ominaisuudet. Jättemäärät on ilmoitettu puu- ja sekajätteenä.

Taulukko 24, Elinkaarenaikaisten loppuvaiheen purun aiheuttamaan jättemateriaaliin liittyvät ympäristövaikutukset.

	massa (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Sitoutunut hiilidioksidi (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasisältö (GJ)	Kasvihuonekaasu- päästöt (tn)
Purkujätteeseen liittyvä ympäristövaikutus, Jokilehto	94,9	34,3	86,3	-37,1	106,9	338,8	566,8	21,7
Purkujätteeseen liittyvä ympäristövaikutus, Normitalo	88	16	93	-15	79	391	301	24
Purkujätteeseen liittyvä ympäristövaikutus, Ekologisin talo	72,9	45,6	37,4	-56,3	129,3	239,9	771,3	15,1

14 Tulosten analysointi

14.1 Elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset jaettuna elinkaaren eri vaiheisiin

Tässä kappaleessa kootaan yhteen edellisissä kappaleissa lasketut ympäristövaikutusten laskentatulokset. Ensimmäisessä taulukossa on esitetty rakennusmateriaalien tuotannon aiheuttamat päästöt.

Materiaalihukalle ei ole merkitty taulukkoon sitoutunutta hiilidioksidia tai energiasisältöä, koska hukka viedään kaatopaikalle tai polttoon rakennusvaiheen jätteenä. Näitä ei ole huomioitu myöskään korjausmateriaalien osalta, sillä korjausten yhteydessä korjattavat rakenteet puretaan ja rakennetaan uudelleen alkuperäistä vastaavina. Näin rakennuksen rakenteisiin sitoutunut hiili ja energiasisältö pysyvät muuttumattomina molemmiin puolin korjausta. Muut päästöt on kuitenkin huomioitu laskennassa sekä hukan että korjausten osalta.

Taulukko 25, As Oy Jokilehdon ja kahden vaihtoehtoisen laskentaskenaarion elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset rakennusmateriaaleista, sisältäen materiaalien tuotannon, hukan osuuden ja elinkaarenaikaisten korjausten materiaalit.

	massa (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Sitoutunut hiilidioksidi (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasisältö (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (tn)
Rakennusmateriaalien ympäristövaikutus, Jokilehto	94,9	34,3	86,3	-37,1	106,9	338,8	566,8	21,7
Materiaalihukan ympäristövaikutus, Jokilehto	7,2	1	8,1	-	4	18,6	-	1,5
Korjausmateriaalien ympäristövaikutus, Jokilehto	7	4	2,9	-	25,6	65	-	4,8
Yhteensä	109,1	39,3	97,3	-37,1	136,5	422,4	566,8	28
Rakennusmateriaalien ympäristövaikutus, normitalo	88	14	95	-14	77	392	273	25
Materiaalihukan ympäristövaikutus, Normitalo	7	1,5	7,2	-	4,8	19,8	-	1,4
Korjausmateriaalien ympäristövaikutus, Normitalo	10,7	3,8	6	-	25,5	91,8	-	6,5
Yhteensä	105,7	21,3	106,2	-15	109,3	502,6	301	31,9
Rakennusmateriaalien ympäristövaikutus, ekologis tapaus	72,9	45,6	37,4	-56,3	129,3	239,9	771,3	15,1
Materiaalihukan ympäristövaikutus,	4,7	1,7	3,4	-	6,1	12,6	-	0,9

Ekologisin								
Korjausmateriaalien ympäristövaikutus, Ekologisin	6,1	3,8	2,2	-	18,9	49,4	-	3,9
Yhteensä	83,7	51,1	43	-56,3	154,3	301,9	771,3	19,9

Seuraavaan taulukkoon on koottu rakennusmateriaalien ja jätteen kuljetusten ympäristövaikutus. Luvut kattavat kaikki rakentamisen materiaaleihin ja jätteisiin liittyvät kuljetukset rakennuksen elinkaaren aikana.

Taulukko 26, rakennusmateriaalien ja jätteen kuljetusten ympäristövaikutus As Oy Jokilehdolle ja kahdelle vaihtoehtoiselle skenaariolle. Luvut kattavat kaikki rakentamisen materiaaleihin ja jätteisiin liittyvät elinkaarenaikaiset kuljetukset.

	Raaka-aineiden massa (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Sitoutunut hiilidioksidi (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasisältö (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (tn)
Kuljetusten ympäristövaikutus, Jokilehto	0,3	0	0,2	-	0,5	10,5	-	0,8
Kuljetusten ympäristövaikutus, Normitalo	0,3	0	0,2	-	0,5	10,3	-	0,8
Kuljetusten ympäristövaikutus, Ekologisin skenaario	0,1	0	0,1	-	0,3	4,9	-	0,4

Rakentamisen ja purkutyön ympäristövaikutukset on koottu yhteen, yhteiseen taulukkoon. Taulukon arvoja käytetään kuvaamaan rakentamisen ja purkutyön ympäristövaikutuksia sekä As Oy Jokilehdolle, että kahdelle vaihtoehtoiselle skenaariolle.

Taulukko 27, Rakentamisen ja purkutyön ympäristövaikutukset, As Oy Jokilehto ja molemmat vaihtoehtoiset laskentaskenaariot

	Raaka-aineiden massa (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Sitoutunut hiilidioksidi (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasisältö (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (tn)
Rakentamisen ja purun ympäristövaikutukset, kaikki laskentatapaukset	2,4	0,7	1,7	-	15,9	59,1	-	5,7

Oheiseen taulukkoon on koottu käytönaikaisesta energiankulutuksesta aiheutuvat ympäristövaikutukset sekä As Oy Jokilehdolle, että kahdelle vaihtoehtoiselle skenaariolle.

Taulukko 28, Rakennuksen käytönaikaisen energiankulutuksen aiheuttamat ympäristövaikutukset As Oy Jokilehdolle ja kahdelle vaihtoehtoiselle skenaariolle

Energian kulutuskohde	Raaka-aineiden massa (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Sitoutunut hiilidioksidi (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasäilytö (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (tn)
Kaukolämpö, tilojen lämmitys, kaikki skenaariot	65	33	32	-	687	884	-	97
Kaukolämpö, käyttöveden lämmitys, kaikki skenaariot	37	19	18	-	391	502	-	55
Sähköenergia, laitesähkö, kaikki skenaariot	56	43	13	-	838	469	-	43
Yhteensä, 50v elinkaari, kaukolämpö	158	95	64	-	1916	1855	-	196
Maalämpö, tilojen lämmitys, kaikki skenaariot	34	26	8	-	512	287	-	26
Maalämpö, käyttöveden lämmitys, kaikki skenaariot	14	11	3	-	213	119	-	11
Sähköenergia, laitesähkö, kaikki skenaariot	56	43	13	-	838	469	-	43
Yhteensä, 50v elinkaari, maalämpö	104	80	24	-	1563	875	-	80

14.2 Elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset, As Oy Jokilehto

Tässä kappaleessa esitetään edellisten kappaleiden perusteella lasketut, koko elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset As Oy Jokilehdolle.

Ensimmäisessä taulukossa on esitetty As Oy Jokilehdon rakentamisen ja käytön aikaiset ympäristövaikutukset kaukolämmöllä ja toisessa maalämmöllä.

Taulukko 29, As Oy Jokilehdon, kaukolämmitys, rakentamisen ja käytön aikaiset ympäristövaikutukset

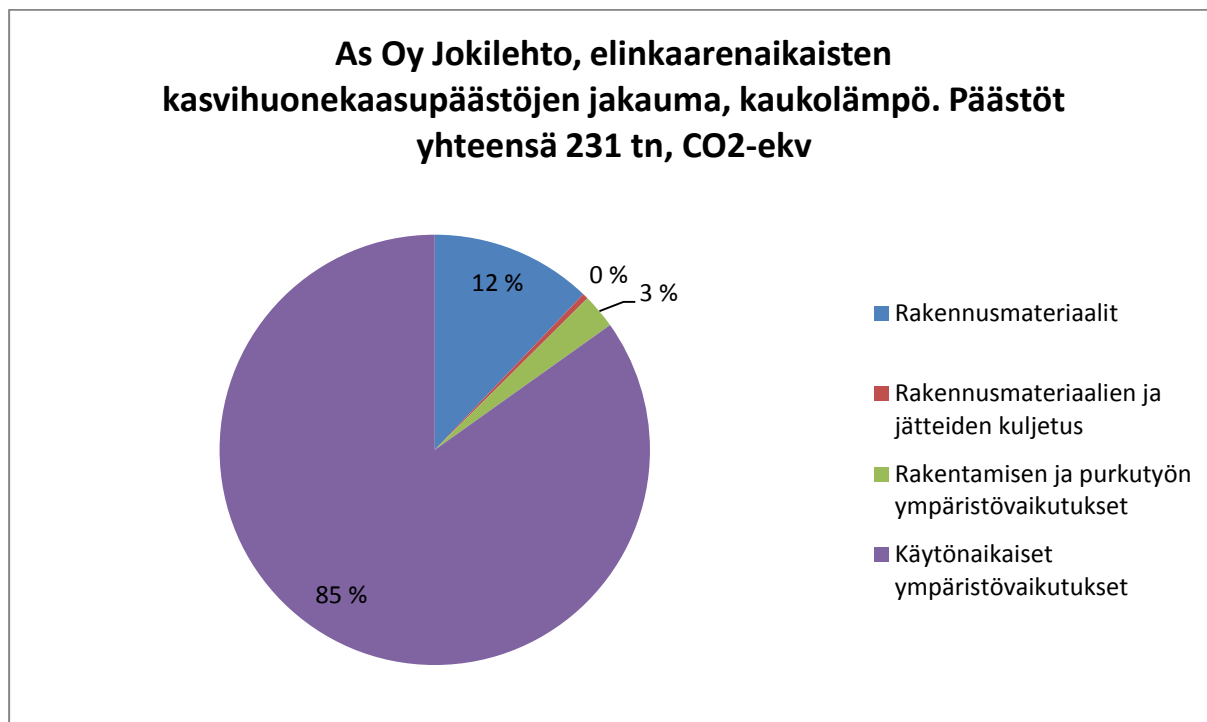
	Materiaalien ja polttoaineiden kulutus (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Rakenteisiin sitoutunut hiilidioksidi (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasäilytö (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (tn)
Rakennusmateriaalit	109	39	97	-37,1	136	422	567	28

Rakennusmateriaalien ja jätteiden kuljetus	0	0	0	-	1	11	-	1
Rakentamisen ja purkutyön ympäristövaikutukset	2	1	2	-	16	59	-	6
Käytönaikaiset ympäristövaikutukset	158	95	64	-	1916	1855	-	196
Yhteensä	269	135	163	-37,1	2069	2347	567	231

Taulukko 30, As Oy Jokilehto, maalämpö, rakentamisen ja käytön aikaiset ympäristövaikutukset

	Materiaalien ja polttoaineiden kulutus (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Rakenteisiin sitoutunut hiilidioksidi (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasisältö (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (tn)
Rakennusmateriaalit	109	39	97	-37,1	136	422	567	28
Rakennusmateriaalien ja jätteiden kuljetus	0	0	0	-	1	11	-	1
Rakentamisen ja purkutyön ympäristövaikutukset	2	1	2	-	16	59	-	6
Käytönaikaiset ympäristövaikutukset	105	80	25	-	1563	875	-	80
Yhteensä	216	120	124	-37,1	1716	1367	567	115

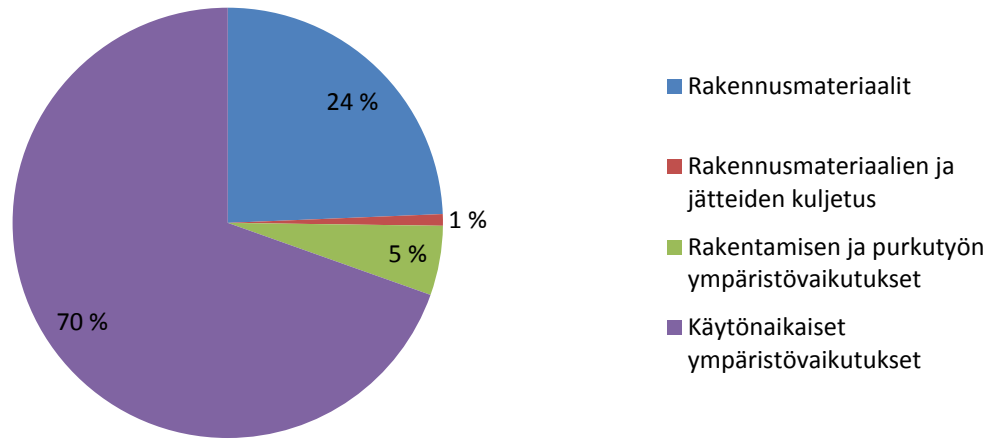
Seuraavaan kuvaajaan on koottu Jokilehdon elinkaarenaikaisten kasvihuonekaasupäästöjen jakauma kaukolämmöllä. Päästöjen kokonaismäärä on 231 tonnia. Kuvaajasta nähdään, että käytön aikaisen energiankulutuksen osuus päästöistä on noin 85% ja rakennusmateriaalien osuus noin 12%. Materiaalikuljetusten, rakennustyön, korjausten ja purun osuus jää koko elinkaarenaikaisista päästöistä noin 3%:iin.



Kuva 49, As Oy Jokilehto kaukolämmöllä, elinkaarenaikaisten kasvihuonekaasupäästöjen jakauma, kokonaispäästöjen ollessa yhteensä 231tn (CO₂-ekv)

Seuraavaan kuvaajaan on koottu Jokilehdon elinkaarenaikaisten kasvihuonekaasupäästöjen jakauma maalämmöllä. Päästöjen kokonaismäärä on 115 tonnia. Kuvaajasta nähdään, että käytön aikaisen energiankulutuksen osuus päästöistä on noin 70% ja rakennusmateriaalien osuus noin 24%. Materiaalikuljetusten, rakennustyön, korjausten ja purun osuus jää koko elinkaarenaikaisista päästöistä noin 6%:iin.

**As Oy Jokilehto, elinkaarenaikaisten
kasvihuonekaasupäästöjen jakauma, maalämpö. Päästöt
yhteensä 115 tn, CO₂-ekv**



Kuva 50, As Oy Jokilehto maalämmöllä, elinkaarenaikaisten kasvihuonekaasupäästöjen jakauma, kokonaispäästöjen ollessa yhteensä 115tn (CO₂-ekv)

14.3 Elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset, Normitalo

Tässä kappaleessa esitetään edellisten kappaleiden perusteella lasketut, koko elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset normitalolle.

Ensimmäisessä taulukossa on esitetty normitalon rakentamisen ja käytön aikaiset ympäristövaikutukset kaukolämmöllä ja toisessa maalämmöllä.

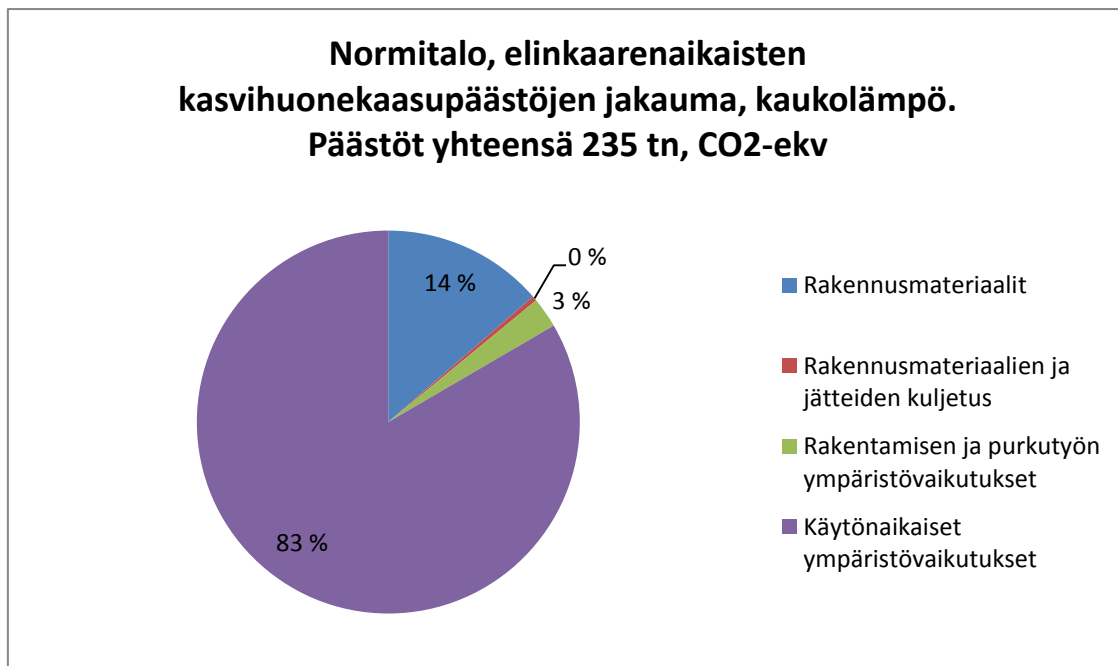
Taulukko 31, Normitalo kaukolämmöllä, rakentamisen ja käytön aikaiset ympäristövaikutukset

	Materiaalien ja polttoaineiden kulutus (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Rakenteisiin sitoutunut hiilidioksidi (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasäilytys (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (tn)
Rakennusmateriaalit	106	21	106	-15	110	503	301	32
Rakennusmateriaalien ja jätteiden kuljetus	0	0	0	-	1	10	-	1
Rakentamisen ja purkutyön ympäristövaikutukset	2	1	2	-	16	59	-	6
Käytönaikaiset ympäristövaikutukset	158	95	64	-	1916	1855	-	196
Yhteensä	266	117	172	-15	2043	2427	301	235

Taulukko 32, Normitalo maalämmöllä, rakentamisen ja käytön aikaiset ympäristövaikutukset

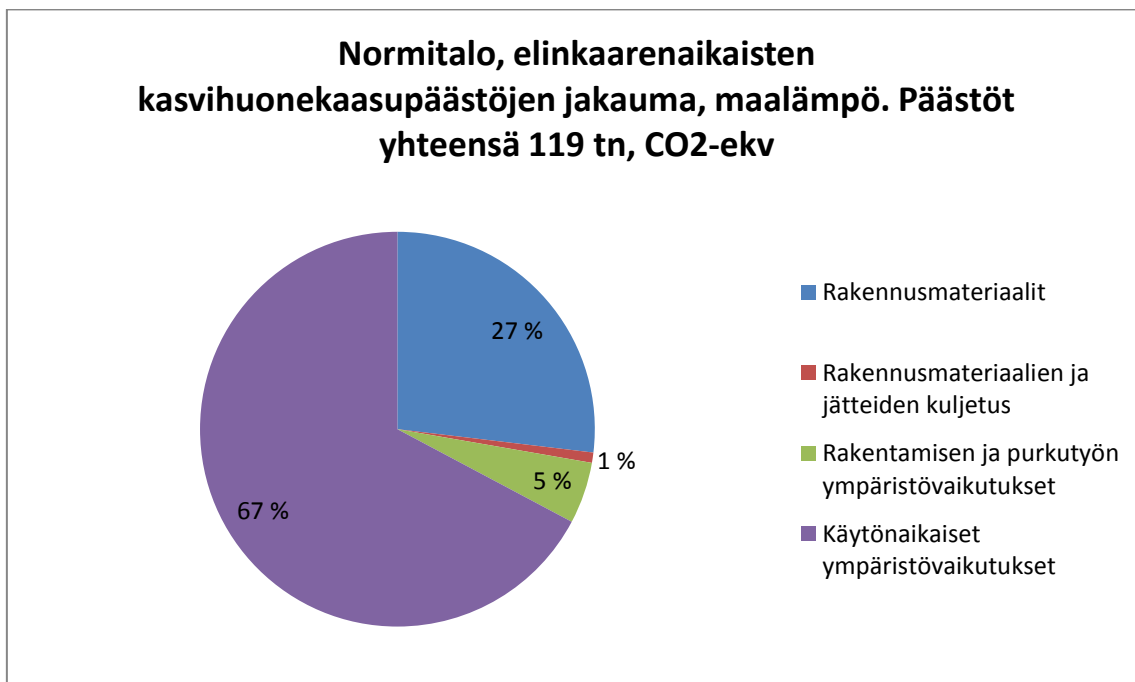
	Materiaalien ja polttoaineiden kulutus (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Rakenteisiin sitoutunut hiilidioksidi (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasäilytys (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (tn)
Rakennusmateriaalit	106	21	106	-15	110	503	301	32
Rakennusmateriaalien ja jätteiden kuljetus	0	0	0	-	1	10	-	1
Rakentamisen ja purkutyön ympäristövaikutukset	2	1	2	-	16	59	-	6
Käytönaikaiset ympäristövaikutukset	105	80	25	0	1563	875	0	80
Yhteensä	213	102	133	-15	1690	1447	301	119

Seuraavaan kuvaajaan on koottu normitalon elinkaarenaikaisten kasvihuonekaasupäästöjen jakauma kaukolämmöllä. Päästöjen kokonaismäärä on 235 tonnia. Kuvaajasta nähdään, että käytön aikaisen energiankulutuksen osuus päästöistä on noin 83% ja rakennusmateriaalien osuus noin 14%. Materiaalikuljetusten, rakennustyön, korjausten ja purun osuus jää koko elinkaarenaikaisista päästöistä noin 3%:iin.



Kuva 51, Normitalo kaukolämmöllä, elinkaarenaikaisten kasvihuonekaasupäästöjen jakauma, kokonaispäästöjen ollessa yhteensä 235tn (CO₂-ekv)

Oheiseen kuvaajaan on koottu normitalon elinkaarenaikaisten kasvihuonekaasupäästöjen jakauma maalämmöllä. Päästöjen kokonaismäärä on 119 tonnia. Kuvaajasta nähdään, että käytön aikaisen energiankulutuksen osuus päästöistä on noin 67 % ja rakennusmateriaalien osuus noin 27%. Materiaalikuljetusten, rakennustyön, korjausten ja purun osuus jää koko elinkaarenaikaisista päästöistä noin 6%:iin.



Kuva 52, Normitalo maalämmöllä, elinkaarenaikaisten kasvihuonekaasupäästöjen jakauma, kokonaispäästöjen ollessa yhteensä 119tn (CO₂-ekv)

14.4 Elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset, Ekologisin skenaario

Tässä kappaleessa esitetään edellisten kappaleiden perusteella lasketut, koko elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset ekologisimmalle skenaariolle.

Ensimmäisessä taulukossa on esitetty ekologisimman tapauksen rakentamisen ja käytön aikaiset ympäristövaikutukset kaukolämmöllä ja toisessa maalämmöllä.

Taulukko 33, Ekologisin tapaus kaukolämmöllä, rakentamisen ja käytön aikaiset ympäristövaikutukset

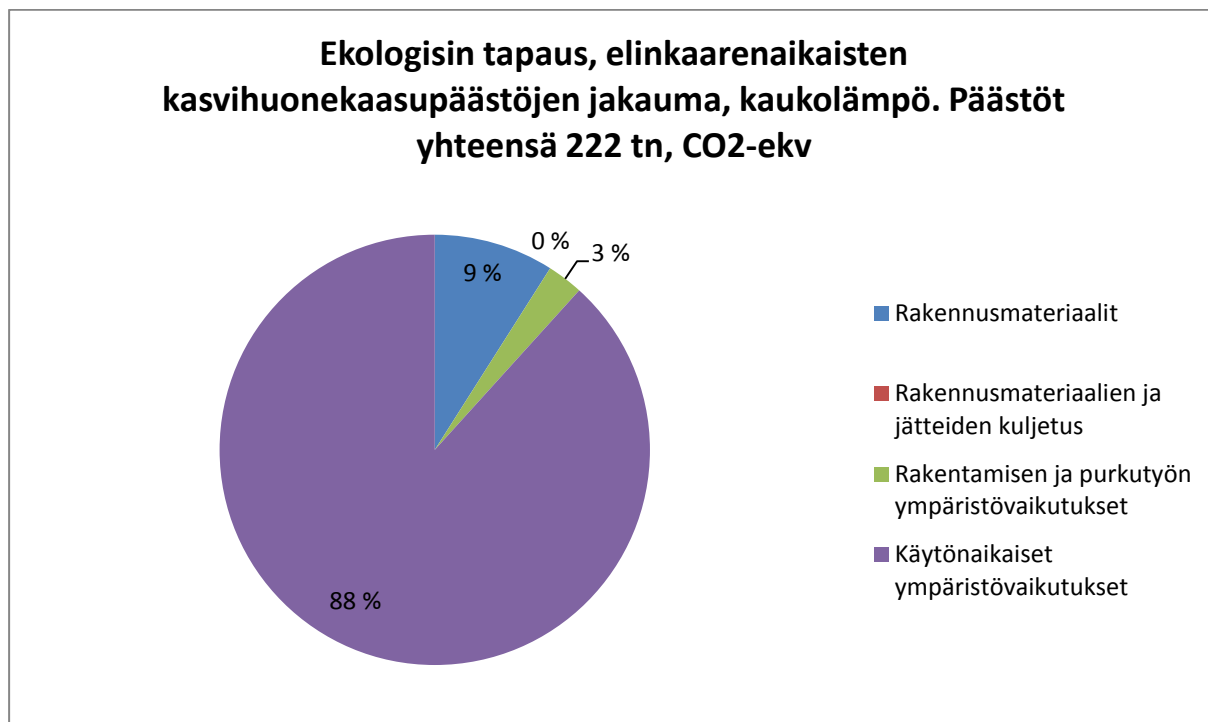
	Materiaalien ja polttoaineiden kulutus (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Rakenteisiin sitoutunut hiilidioksidi (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasäilytys (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (tn)
Rakennusmateriaalit	84	51	43	-56	154	302	771	20
Rakennusmateriaalien ja jätteiden kuljetus	0	0	0	-	0	5	-	0

Rakentamisen ja purkutyön ympäristövaikutukset	2	1	2	-	16	59	-	6
Käytönaikaiset ympäristövaikutukset	158	95	64	-	1916	1855	-	196
Yhteensä	244	147	109	-56	2086	2221	771	222

Taulukko 34, Ekologisin tapaus maalämmöllä, rakentamisen ja käytön aikaiset ympäristövaikutukset

	Materiaalien ja polttoaineiden kulutus (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Rakenteisiin sitoutunut hiilidioksidi (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasäilytys (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (tn)
Rakennusmateriaalit	84	51	43	-56	154	302	771	20
Rakennusmateriaalien ja jätteen kuljetus	0	0	0	-	0	5	-	0
Rakentamisen ja purkutyön ympäristövaikutukset	2	1	2	-	16	59	-	6
Käytönaikaiset ympäristövaikutukset	105	80	25	0	1563	875	0	80
Yhteensä	191	132	70	-56	1733	1241	771	106

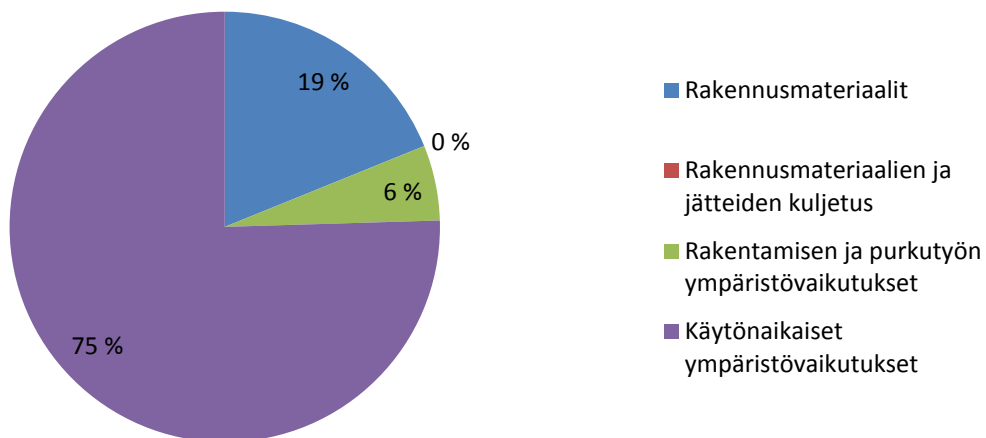
Seuraavaan kuvaajaan on koottu normitalon elinkaarenaikaisten kasvihuonekaasupäästöjen jakauma kaukolämmöllä. Päästöjen kokonaismäärä on 222 tonnia. Kuvaajasta nähdään, että käytön aikaisen energiankulutuksen osuus päästöistä on noin 88% ja rakennusmateriaalien osuus noin 9%. Materiaalikuljetusten, rakennustyön, korjausten ja purun osuus jää koko elinkaarenaikaisista päästöistä noin 3%:iin.



Kuva 53, Ekologisin tapaus kaukolämmöllä, elinkaarenaikaisten kasvihuonekaasupäästöjen jakauma, kokonaispäästöjen ollessa yhteensä 222tn (CO₂-ekv)

Oheiseen kuvaajaan on koottu normitalon elinkaarenaikaisten kasvihuonekaasupäästöjen jakauma maalämmöllä. Päästöjen kokonaismäärä on 106 tonnia. Kuvaajasta nähdään, että käytön aikaisen energiankulutuksen osuus päästöistä on noin 75 % ja rakennusmateriaalien osuus noin 19%. Materiaalikuljetusten, rakennustyön, korjausten ja purun osuus jää koko elinkaarenaikaisista päästöistä noin 6%:iin.

Ekologisin tapaus, elinkaarenaikaisten kasvihuonekaasupäästöjen jakauma, maalämpö. Päästöt yhteensä 106 tn, CO2-ekv



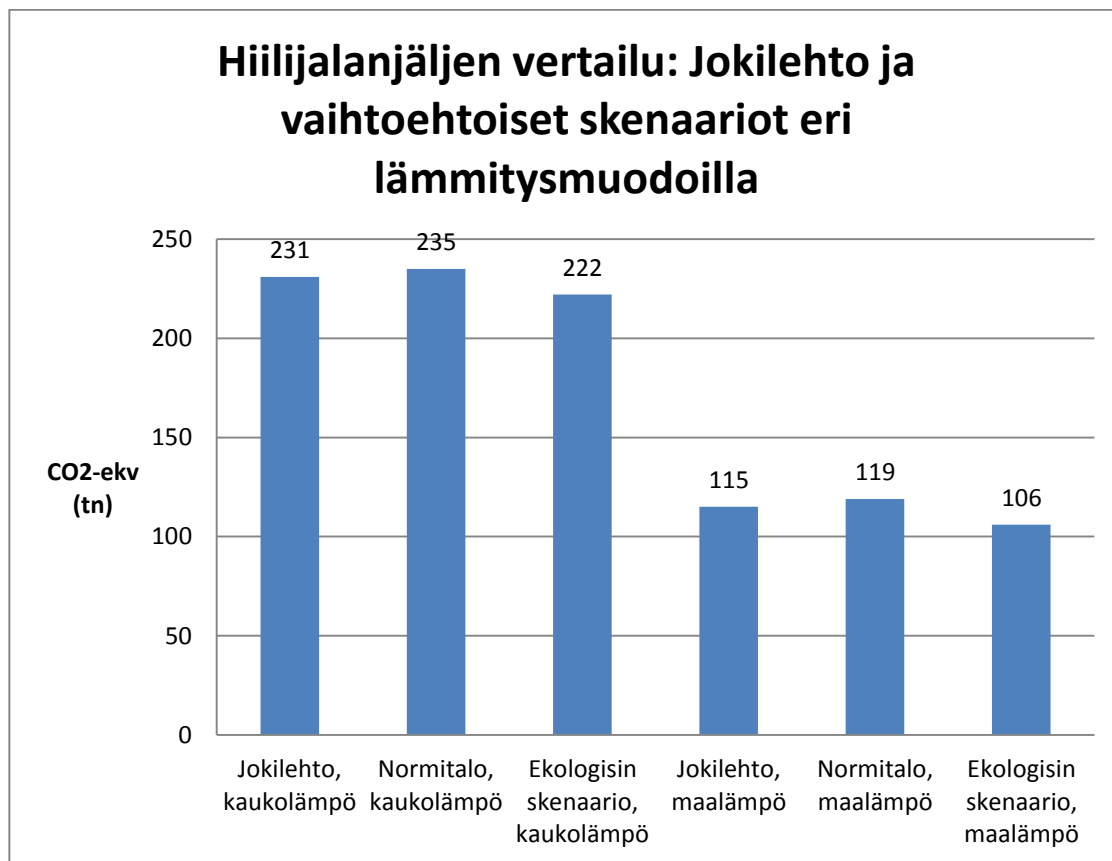
Kuva 54, Ekologisin tapaus maalämmöllä, elinkaarenaikaisten kasvihuonekaasupäästöjen jakauma, kokonaispäästöjen ollessa yhteensä 106tn (CO2-ekv)

14.5 Elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset, yhteenveto tuloksista

Oheiseen taulukkoon ja kuvaajaan on koottu yhteenveto Jokilehdon, normitalon ja ekologisimman skenaarion laskentatuloksista. Tulokset kattavat rakennuksen koko elinkaaren raaka-ainehankinnasta aina purkujätteen kuljetukseen saakka.

Taulukko 35, Elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset, yhteenveto

	Materiaalien ja polttoaineiden kulutus (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasäilö (GJ)	Hiilijalanjälki (tn)
Jokilehto, kaukolämpö	269	135	163	2069	2347	567	231
Normitalo, kaukolämpö	266	117	172	2043	2427	301	235
Ekologisin skenaario, kaukolämpö	244	147	109	2086	2221	771	222
Jokilehto, maalämpö	216	120	124	1716	1367	567	115
Normitalo, maalämpö	213	102	133	1690	1447	301	119
Ekologisin skenaario, maalämpö	191	132	70	1733	1241	771	106



Tuloksista havaitaan, että Jokilehdon hiilijalanjälki on kaukolämmön tapauksessa noin 2% ja maalämmön tapauksessa noin 3% pienempi kuin normitalolla. Ekologisimman skenaarion hiilijalanjälki on puolestaan vielä 4% Jokilehtoa pienempi kaukolämmöllä, ja maalämmöllä 8% pienempi.

14.6 Sitoutuneen hiilen huomiointi laskennassa

Rakennuksen puurakenteisiin sitoutunut hiili muodostaa hiilivaraston rakennuksen elinkaaren ajan. Jos rakenteet käytetään uudestaan sellaisinaan, säilyy varastoitu hiili rakenteissa. Jos puumateriaalit sen sijaan poltetaan, tai jos puu joutuu elinkaaren jälkeen hajoamistilaan, vapautuu materiaaleissa oleva hiili takaisin ilmakehään.

Puurakenteiden hiilivaraston käsittelystä laskennassa ei ole tällä hetkellä vallitsevaa yksimielisyyttä. Hiilivaraston käsittelyyn on kuitenkin ehdotettu useita erilaisia tapoja, joita käsitellään tässä yhteydessä.

ISO 14067-standardin mukaan tuotteiden hiilijalanjälki määritetään tuotteen elinkaaren aikaisten CO₂-ekvivalenttipäästöjen, ja hiilivarastojen erotuksena. Hiilivarasto määritetään standardissa hiilenä, joka on poistunut ilmakehästä ja varastoitunut tuotteeseen. Standardi ei määritä hyvityksiä tuotteen sitomalle hiilelle, jos hiili poistuu tuotteesta elinkaaren lopussa.

PAS (Publicly available specification) 2050 on ensimmäinen laajalti tunnustettu ohje hiilijalanjäljen laskentaan. Sen julkaisi British Standards Institution (BSI) yhteistyössä Carbon Trust:in ja Defran kanssa vuonna 2008. Ohjeen mukaan

laskennassa on huomioitava kaikki fossiilisista lähteistä peräisin olevat kasvihuonekaasupäästöt, sekä biogeenisistä kasvihuonekaasupäästöistä muut kuin hiilidioksidipäästöt.

Ohjeen mukaan tuotteen hiilijalanjäljestä voidaan vähentää osa tuotteen hiilivarastosta, jos vähintään puolet tuotteessa olevasta biogeenisestä hiilestä on poissa ilmakehästä vähintään yhden vuoden ajan. Hyvitys voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$\frac{\text{hiilivaraston pituus (vuotta)}}{100} \times \text{hiilisisältö (CO}_2\text{ – ekv)}.$$

Kaavasta nähdään, että jos hiilivaraston pituus on 50 vuotta, voidaan tuotteen hiilijalanjäljestä vähentää puolet siihen sitoutuneesta hiilestä.

CEN/TC175:n standardiluonnoksen, prEN 16485 ” Round and sawn timber - Environmental Product Declarations - Product category rules for wood and wood-based products for use in construction” mukaan tuotteille luontainen hiilivarasto (eli tuotteisiin sitoutunut hiili) voidaan dokumentoida osana päästölaskelmia.

Standardiluonnoksen mukaan myös kasvihuonekaasupäästöjen ajoituksen vaikutus voidaan käsitellä päästölaskelmissa. Päästöjen ajoituksen vaikutus vaikuttaa päästöjä vähentävästi. Tämä päästövähennys (100 vuoden tarkastelujaksolla) lasketaan vastaavalla tavalla kuin edellä kuvatussa PAS 2050-ohjeessa.

ILCD Handbook⁸ antaa laskentaohjeen sekä biogeenisen, että fossiilisen hiilidioksidin väliaikaisen hiilivaraston vaikutuksen määrittämiseen. Molempien osalta noudatetaan samaa laskentakaavaa, jossa väliaikaisen hiilivaraston vaikutus hiilijalanjälkeen saadaan kaavasta:

$$\text{hiilisisältö (kg CO}_2\text{ – ekv)} * \text{hiilivaraston pituus (vuotta)} * \left(-0,01 \frac{\text{kg CO}_2\text{–ekv}}{\text{kg CO}_2\text{–ekv*vuotta}}\right).$$

Jos hiilivaraston pituus on 50 vuotta, voidaan tuotteen hiilijalanjäljestä vähentää puolet siihen sitoutuneesta hiilestä. Toisin sanoen, kaava on käytännössä sama kuin edellä.

Tässä tehtävissä tarkasteluissa tutkitaan tilannetta, jossa elinkaarenaikaisista päästöistä vähennetään oheisten laskentatapojen mukainen 50% rakenteiden hiilivarastosta 50 vuoden elinkaarella.

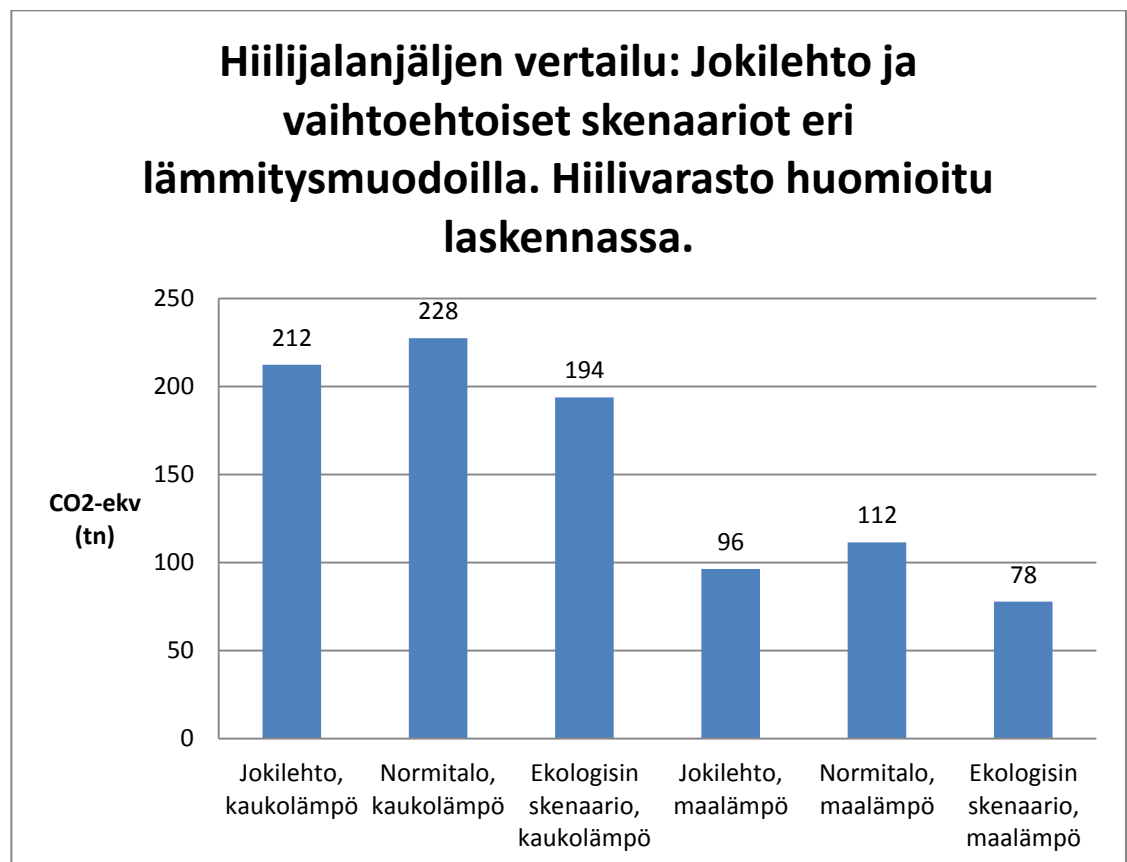
Oheiseen taulukkoon on koottu edellisissä kappaleissa määritetyt hiilijalanjälki ja hiilisisältö eri laskentatapauksille. Lisäksi taulukossa on laskettu 50%:n mukaan laskettu hyvitys hiilijalanjälkeen 50 vuoden elinkaarella ja tämän vähennyksen huomioiva hiilijalanjälki.

⁸ European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Provisions and Action Steps. First edition March 2010. EUR 24378 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union; 2010.

Taulukko 36, Elinkaarenaikainen (50 vuotta) hiilijalanjälki kun 50% hiilivarastosta on hyvitetty

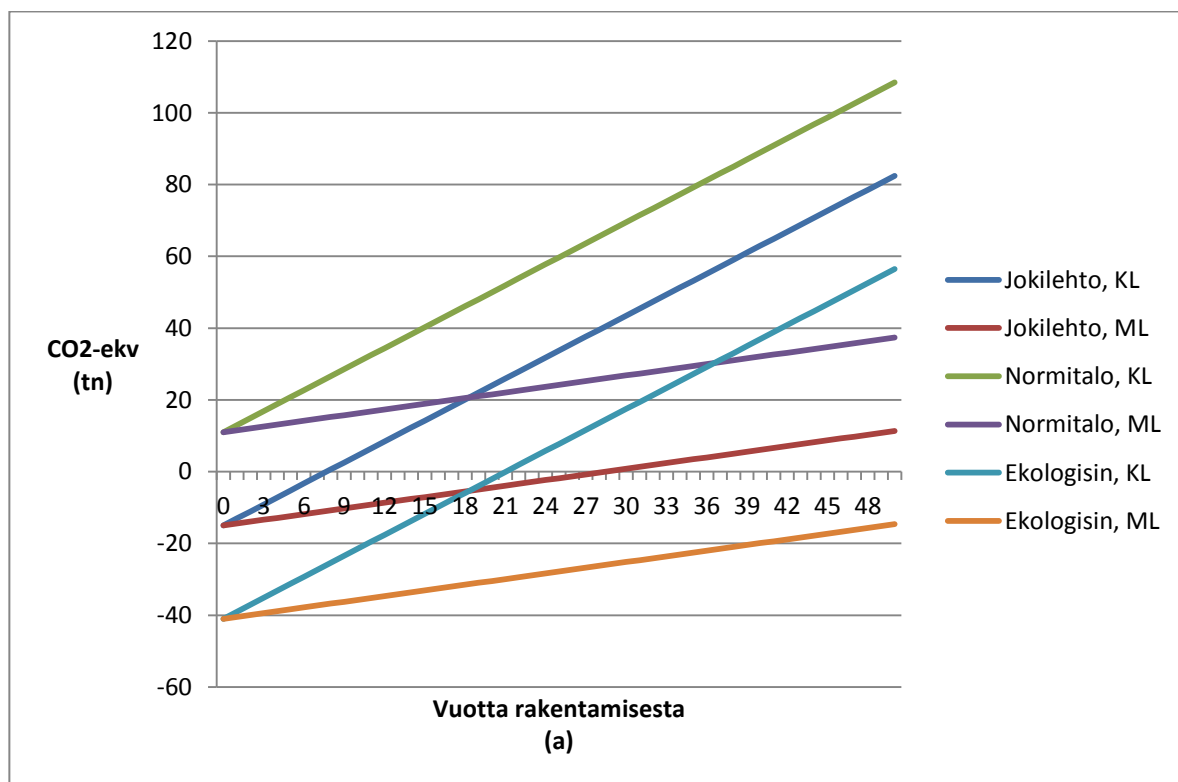
	Hiilijalanjälki (tn)	Materiaalien hiilisältö (tn)	50%:n hyvitys hiilivarastosta (tn)	Hiilijalanjälki hiilivaraston hyvityksen jälkeen (tn)
Jokilehto, kaukolämpö	231	37	19	212
Normitalo, kaukolämpö	235	15	8	228
Ekologisin skenaario, kaukolämpö	222	56	28	194
Jokilehto, maalämpö	115	37	19	96
Normitalo, maalämpö	119	15	8	112
Ekologisin skenaario, maalämpö	106	56	28	78

Taulukosta nähdään, että Jokilehdon hiilijalanjälki on hiilivaraston hyvityksen jälkeen noin 16 tonnia pienempi kuin normitalolla sekä kaukolämpö- että maalämpöskenaarioilla. Ekologisimman skenaarion hiilijalanjälki on puolestaan 34 tonnia normitaloa pienempi molemmissa skenaarioissa.



Kuva 55, Hiilijalanjäljen vertailu, laskentaskenaario eri lämmitysmuodoilla. Hiilivaraston hyvitys huomioitu laskennassa.

Hiilivaraston suuruutta voidaan havainnollistaa myös kuvaajalla, jossa esitetään eri laskentatapausten hiilisisältö suhteessa talon valmistuksesta ja lämmityksestä aiheutuviin päästöihin. Hirsitalon sisältämää hiilimäärää verrataan käyttövaiheen tilojen lämmityksessä käytettävän energian aiheuttamiin päästöihin. Vaaka-akseli kuvaa tarkasteluvuotta, eli vaaka-akselin arvo 0 kuvaa rakennuksen käyttöönottohetkeä. Pystyakseli kuvaa hirsitalon kumulatiivisia CO₂-ekv-päästöjä. Käyttöönottohetkellä päästöt vastaavat hiilinielun suuruuden (negatiivinen) ja valmistuksen päästöjen (positiivinen) summaa. Päästöjen kokonaismäärä kasvaa vuosittain. Kohta, jossa kuvaajat leikkaavat vaaka-akselin kertoo, milloin valmistuksen ja tilojen lämmityksen energian aiheuttamat päästöt ovat suuruudeltaan hiilinielua vastaavat.



Kuva 56, hirsitalon sisältämä hiilimäärä suhteessa tilojen lämmityksestä aiheutuviin kasvihuonekaasupäästöihin. Kohta, jossa kuvaaja leikkaa vaaka-akselin kertoo, milloin tilojen lämmityksen energian aiheuttamat päästöt ovat suuruudeltaan hiilinielua vastaavat.

Tuloksista nähdään, että normitalon päästöt ovat hiilinielua suuremmat jo käyttöönottohetkellä. Jokilehdolla kuluu kaukolämpötapauksessa noin 7 ja maalämpötapauksessa noin 28 vuotta, kunnes tilojen lämmityksen päästöt ylittävät varastoituneen hiilidioksidin määrän. Ekologisimmassa tapauksessa kuluu kaukolämmöllä noin 21 vuotta, kunnes tilojen lämmityksen päästöt ylittävät sitoutuneen hiilidioksidin määrän. Maalämpötapauksessa lämmityksen päästöt eivät ylitä varastoituneen hiilidioksidin määrää rakennuksen 50 vuoden elinkaaren aikana.

14.7 Hirren bioenergiatarkastelut

Tässä kappaleessa tehdään teoreettisia tarkasteluja, joissa tutkitaan hirsirakenteiden sisältämän bioenergian vaikutusta rakennuksen elinkaarenaikaiseen kokonaisenergiankulutukseen.

14.7.1 Hirsitalon rakenteisiin sitoutuneen bioenergian merkitys

Tässä kappaleessa tarkastellaan, kuinka paljon rakennuksen hirsirakenteisiin sitoutuneella bioenergialla voitaisiin tuottaa lähes nollapäästöistä lämmitysenergiaa. Tarkastelu on luonteeltaan teoreettinen ja laskennassa tarkastellaan rakenteiden sisältämän bioenergian käyttöä jälkeen alkuperäistä rakennusta vastaavan rakennuksen lämmittämiseen.

Laskennassa tehdään yksinkertainen oletus, jossa oletetaan että hirsien energia saataisiin muunnettua lämmitysenergiaksi 90-prosenttisesti. Hirsirakenteiden energiakäytöstä saatava, laskennallinen lämmitysenergian saanti on esitetty oheisessa taulukossa. Laskennassa oletetaan, että lämmitysenergia voitaisiin tuottaa esimerkiksi kaukolämmöllä tai polttamalla hirttä takassa.

Taulukko 37, hirsirakenteiden massa, energiasisältö ja teoreettinen lämmitysenergiamäärä, joka hirsirakenteista voitaisiin saada lämmöntuotannossa.

	Hirsirakenteiden massa (tn)	Energiasisältö (GJ)	Hirsirakenteiden energiasisältö (MWh)	Lämmöntuotannon hyötysuhde (η)	Tuotetun lämmitysenergian määrä (MWh)
Jokilehto, hirsirakenteet	15,7	323,9	90,0	0,9	81,0
Ekologisin skenaario, hirsirakenteet	25,7	529,9	147,2	0,9	132,5

Kun bioenergiasta teoreettisesti saatava lämmitysenergia suhteutetaan rakennuksen tilojen lämmityksen vuotuisen energiatarpeeseen, voidaan laskea aika, jonka rakennuksen tiloja voisi lämmittää hirsirakenteiden sisältämällä energialla. Tulokset on esitetty oheisessa taulukossa kullekin laskentatapaukselle.

	Hirsirakenteista saatava lämmitysenergia yhteensä (MWh)	Tilojen lämmityksen energiatarve (MWh/vuosi)	Aika, jonka hirsitaloa lämmittäisi hirsien energialla (vuotta)
Jokilehto	81	9,8	8
Ekologisin skenaario	133	9,8	14

Tuloksista nähdään, että Jokilehdon hirsimateriaalin sisältämä bioenergia riittäisi tuottamaan tilojen lämmityksen energian noin kahdeksan ja ekologisimmassa tapauksessa 14 vuoden ajaksi.

14.7.2 Hirren sivutuotteiden sisältämän bioenergian merkitys

Hirren valmistuksen yhteydessä syntyy sivutuotteita, joita voidaan käyttää bioenergiana energiantuotannossa. Sivutuotteet eivät kuitenkaan ole täysin päästötöntä energiaa, sillä sivutuotteille allokoidaan myös tietty osuus hirren valmistuksen päästöistä. Allokointi suoritetaan tyypillisesti massaperusteisesti, jossa hirsituotannon aiheuttamat päästöt jaetaan hirren ja sivutuotteiden kesken.

Tässä tehtävissä tarkasteluissa käytetään laskenta-arvoja, joissa sivutuotteiden tuotannon aiheuttamat päästöt on huomioitu laskennassa. Toisin sanoen, hirren sivutuotteista saatavan päästöttömän energian määrän laskennassa on huomioitu myös sivutuotteiden tuotannon aiheuttamat päästöt.

VTT:n tutkimusraportin⁹ perusteella voidaan laskea hirren sivutuotteiden sisältämän energian olevan noin 1,98 GJ rakennuksessa olevaa hirsitonnia kohden. Sivutuotteiden energiasta saadaan (sivutuotteiden päästöt huomioiden) kaukolämmöllä tuotettua, päästötöntä lämmitysenergiaa noin 1,86MWh rakennuksen hirsitonnille.

As Oy Jokilehdossa hirren massa on 15,7 tonnia ja ekologisimmassa skenaariossa 25,7 tonnia. Oheiseen taulukkoon on koottu näitä määriä vastaavan, päästöttömän lämmitysenergian määrä. Lisäksi taulukkoon on laskettu ”päästövapaiden” vuosien määrä, olettaen että kaikki sivutuotteista saatava lämmitysenergia käytetään rakennusten tilojen lämmityksen energiana.

	Hirsirakenteiden massa (tn)	Sivutuotteista saatava lämmitysener- gia (MWh/tn)	Sivutuotteista saatava lämmitysenergia yhteensä (MWh)	Tilojen lämmityksen energiatarve (MWh/vuosi)	Aika, jonka hirsitaloa lämmittäisi sivutuotteilla (vuotta)
Jokilehto	15,7	1,9	29,2	9,8	3
Ekologisin skenaario	25,7	1,9	47,8	9,8	5

Tuloksista nähdään, että Jokilehdon hirsimateriaalin tuotannossa syntyneen sivutuotteen sisältämä bioenergia riittäisi tuottamaan tilojen lämmityksen energian noin kolmen ja ekologisimman skenaarion noin neljän vuoden ajaksi.

14.7.3 Hirren ja sivutuotteiden sisältämän bioenergian merkitys suhteessa käyttövaiheen ympäristövaikutuksiin

Edellisessä kappaleessa määritettiin teoreettinen aika, jolla hirsien ja niiden valmistuksen yhteydessä syntyvän sivutuotteen bioenergialla voitaisiin lämmittää rakennusta tuottamalla niistä päästötöntä energiaa esimerkiksi kaukolämmöllä. Tulokset on koottu oheiseen taulukkoon.

⁹Behm, Katri, Häkkinen, Tarja, ”Hirsitalotoimialan ekokilpailukyky tarkastelu – hirsitalomallin puumateriaalien elinkaariarviointi käsittäen hiilijalanjäljen, energiataseen ja päästöt”, 2010

	Bioenergialla saatava lämmitysenergia yhteensä (MWh)	Tilojen lämmityksen energiatarve (MWh/vuosi)	Aika, jonka hirsitaloa lämmittäisi hirsien energialla (vuotta)
Jokilehto, hirsien bioenergiasisältö	81	9,8	8
Jokilehto, sivutuotteiden bioenergiasisältö	29	9,8	3
Jokilehto, yhteensä	110	-	11
Ekologisin tapaus, hirsien bioenergiasisältö	133	9,8	14
Ekologisin tapaus, sivutuotteiden bioenergiasisältö	48	9,8	5
Yhteensä, Ekologisin skenaario	181	-	19

Hirren ja sivutuotteiden bioenergialla voitaisiin tuottaa Jokilehdon tapauksessa noin 11 vuoden lämmitysenergian kulutusta vastaava määrä bioenergiaa. Ekologisimman skenaarion tapauksessa bioenergian määrä vastaa noin 19 vuoden lämmitysenergian tarvetta.

Tässä tehtävissä laskennoissa hirren ja sivutuotteiden bioenergian määrä vähennetään rakennuksen elinkaarenaikaisesta energiankulutuksesta kaukolämmön tapauksessa kokonaisuudessaan. Maalämmöllä lämmitetyssä rakennuksessa ostoenergian suhde lämmitysenergiaan on 0,4¹⁰. Toisin sanoen, 110MWh bioenergiaa voisi korvata noin 44MWh suuruista maalämmön ostoenergiaa ja 181MWh bioenergiaa korvaa noin 72MWh maalämmön ostoenergiaa.

Jos bioenergia oletetaan nollapäästöiseksi, ovat Jokilehdon ja ekologisimman skenaarion elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset kaukolämmöllä ja maalämmöllä lämmitetyllä rakennuksella oheisten taulukkojen mukaiset.

¹⁰ Rakennukselle määritetyn energiatodistuksen perusteella

Taulukko 38, As Oy Jokilehto kaukolämmöllä, elinkaarenaikainen energiankulutus, kun bioenergian osuus (110MWh) on vähennetty tilojen lämmityksen energiasta.

Energian kulutuskohde	Energiankulutus (MWh)	CO2- ekv (tn)	Energian- kulutus (GJ)	Uusiutumaton energia, arvio (GJ)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumattomat luonnonvarat (tn)	Uusiutuvat luonnonvarat (tn)
Kaukolämpö, tilojen lämmitys, bioenergian osuus vähennetty	381	75	1219	686	533	25	26
Kaukolämpö, käyttöveden lämmitys	279	55	893	502	391	18	19
Sähköenergia, laitesähkö	335	43	1307	469	838	13	43
Yhteensä, 50v elinkaari	995	173	3419	1657	1762	56	88

Taulukko 39, As Oy Jokilehto maalämmöllä, elinkaarenaikainen energiankulutus, kun bioenergian osuus (44MWh) on vähennetty tilojen lämmityksen ostoenergiasta.

Energian kulutuskohde	Energiankulutus (MWh)	CO2- ekv (tn)	Energian- kulutus (GJ)	Uusiutumaton energia, arvio (GJ)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumattomat luonnonvarat (tn)	Uusiutuvat luonnonvarat (tn)
Maalämpö, tilojen lämmitys, bioenergian osuus vähennetty	161	20	628	225	402	6	20
Maalämpö, käyttöveden lämmitys	85	11	332	119	213	3	11
Sähköenergia, laitesähkö	335	43	1307	469	838	13	43
Yhteensä, 50v elinkaari	581	74	2267	813	1453	22	74

Taulukko 40, Ekologisin skenaario kaukolämmöllä, elinkaarenaikainen energiankulutus, kun bioenergian osuus (181 MWh) on vähennetty tilojen lämmityksen energiasta.

Energian kulutuskohde	Energiankulutus (MWh)	CO2- ekv (tn)	Energian- kulutus (GJ)	Uusiutumaton energia, arvio (GJ)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumattomat luonnonvarat (tn)	Uusiutuvat luonnonvarat (tn)
Kaukolämpö, tilojen lämmitys, bioenergian osuus vähennetty	310	61	992	558	434	20	21
Kaukolämpö, käyttöveden lämmitys	279	55	893	502	391	18	19
Sähköenergia, laitesähkö	335	43	1307	469	838	13	43
Yhteensä, 50v elinkaari	924	159	3192	1529	1663	51	83

Taulukko 41, Ekologisin skenaario maalämmöllä, elinkaarenaikainen energiankulutus, kun bioenergian osuus (72 MWh) on vähennetty tilojen lämmityksen ostoenergiasta.

Energian kulutuskohde	Energiankulutus (MWh)	CO ₂ - ekv (tn)	Energian- kulutus (GJ)	Uusiutumaton energia, arvio (GJ)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumattomat luonnonvarat (tn)	Uusiutuvat luonnonvarat (tn)
Maalämpö, tilojen lämmitys, bioenergian osuus vähennetty	133	17	519	186	332	5	17
Maalämpö, käyttöveden lämmitys	85	11	332	119	213	3	11
Sähköenergia, laitesähkö	335	43	1307	469	838	13	43
Yhteensä, 50v elinkaari	553	71	2158	774	1383	21	71

14.7.4 Hirren ja sivutuotteiden bioenergian vaikutus hiilijalanjälkeen

Tässä kappaleessa tarkastellaan hirren ja sivutuotteiden bioenergian teoreettista vaikutusta rakennuksen hiilijalanjälkeen.

Jokilehdon hiilijalanjälki on edellisessä kappaleessa määritetyillä, hirren ja sivutuotteiden bioenergiakäytön huomioivilla käyttövaiheen päästöarvoilla seuraavien taulukoiden mukainen.

Taulukko 42, As Oy Jokilehdon ja ekologisimman skenaarion hiilijalanjälki kaukolämmöllä ja maalämmöllä, kun hirren ja sivutuotteiden bioenergiakäyttö on huomioitu laskennassa

	Hiilijalanjälki, Jokilehto, kaukolämpö (tn)	Hiilijalanjälki, Jokilehto, maalämpö (tn)	Hiilijalanjälki, Ekologisin tapaus kaukolämpö (tn)	Hiilijalanjälki, Ekologisin tapaus, maalämpö (tn)
Rakennusmateriaalit	28	28	20	20
Rakennusmateriaalien ja jätteiden kuljetus	1	1	0	0
Rakentamisen ja purkutyön ympäristövaikutukset	6	6	6	6
Käytönaikaiset ympäristövaikutukset	173	74	159	71
Yhteensä	208	109	185	97

14.7.5 Sitoutuneen hiilen ja bioenergian huomiointi laskennassa

Tässä kappaleessa tarkastellaan sitoutuneen hiilen laskentamenetelmien ja bioenergiatarkastelujen yhteisvaikutusta. Oheiseen taulukkoon on koottu edellisessä kappaleessa esitetty, bioenergian huomioiva hiilijalanjälki eri laskentatapauksille. Lisäksi taulukossa on huomioitu 50%:n osuus rakennuksen hiilisisällöstä hiilijalanjälkeä vähentävänä tekijänä, edellä kuvattuihin laskentamenetelmiin perustuen.

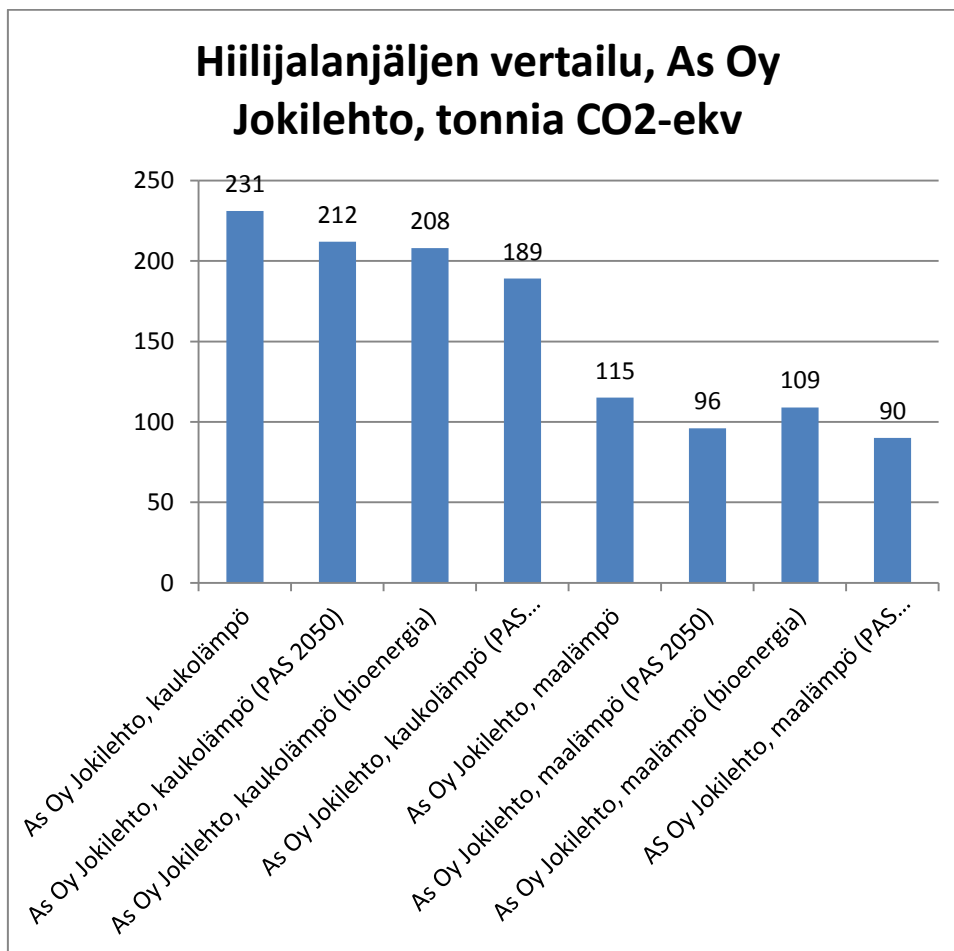
Taulukko 43, sitoutuneen hiilen ja bioenergian huomioiva hiilijalanjälki, Jokilehto ja Ekologisin skenaario

	Hiilijalanjälki (tn)	Materiaalien hiilisisältö (tn)	50%:n hyvitys hiilivarastosta (tn)	Hiilijalanjälki hiilivaraston hyvityksen jälkeen (tn)
Jokilehto, kaukolämpö, bioenergia huomioitu	208	37	19	189
Ekologisin skenaario, kaukolämpö	185	56	28	157
Jokilehto, maalämpö	109	37	19	90
Ekologisin skenaario, maalämpö	97	56	28	69

14.8 Tulokuvaajat

Tässä kappaleessa esitetään tulokuvaajat edellisissä kappaleissa lasketuille hiilijalanjäljille.

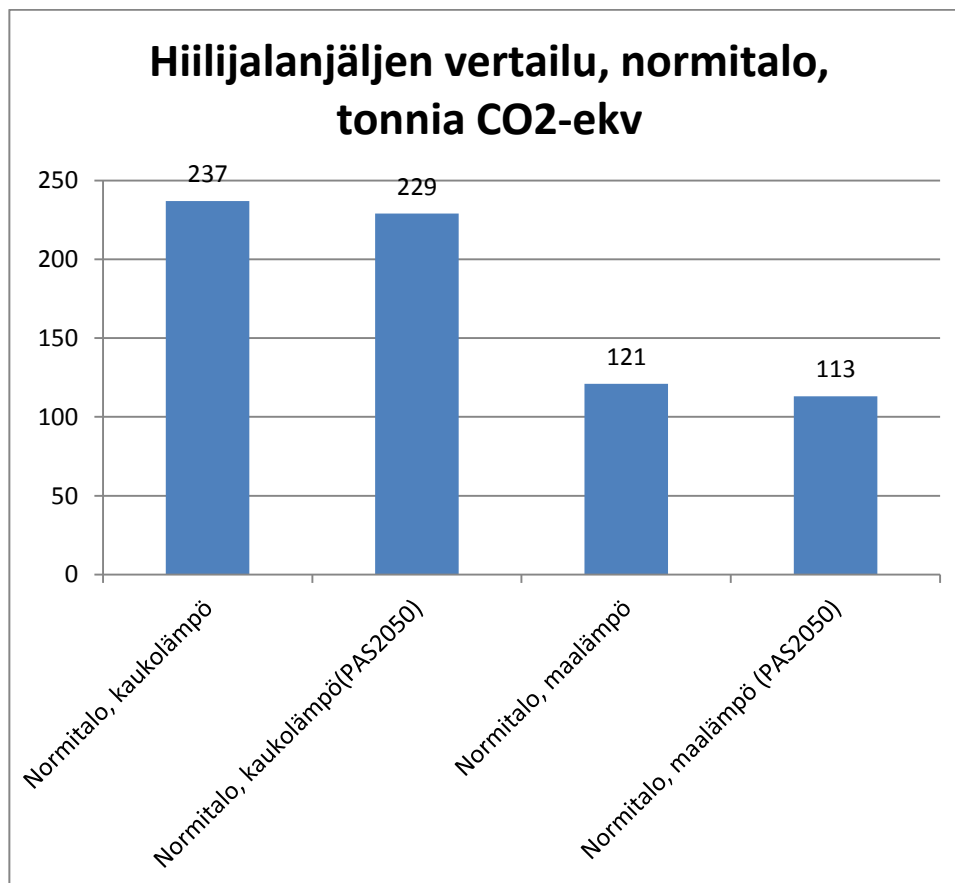
Oheiseen kuvaajaan on koottu edellisissä kappaleissa lasketut hiilijalanjäljet Jokilehdolle eri laskentatapauksissa.



Tuloksista nähdään, että Jokilehdon hiilijalanjälki kaukolämmöllä on 231 tonnia ja maalämmöllä 115 tonnia. Hirren ja sivutuotteiden bioenergian ja sitoutuneen hiilen hyvittäväällä laskennalla hiilijalanjälki on kaukolämmöllä 189 tonnia ja maalämmöllä 90 tonnia.

Tuloksista nähdään että lämmitystavasta ja laskentatavasta riippuen, hiilijalanjälki on 90...231 tn.

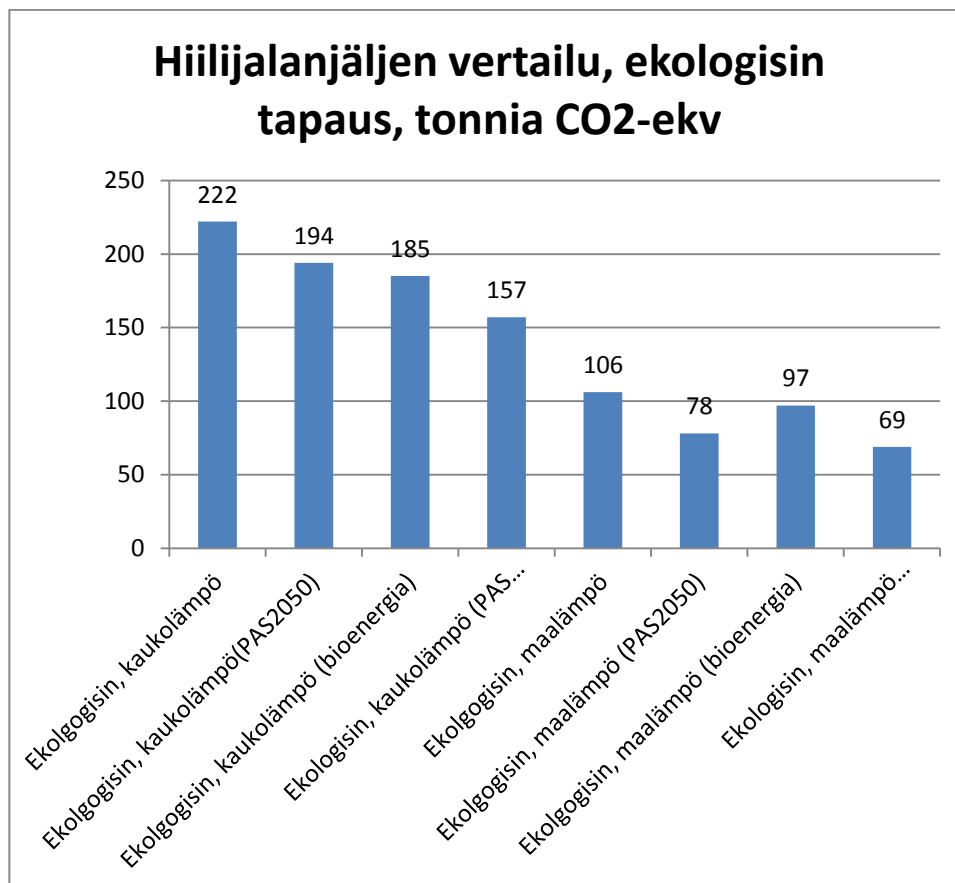
Seuraavassa kuvaajassa on esitetty tulokset normitalolle.



Tuloksista nähdään, että normitalon hiilijalanjälki kaukolämmöllä on 237 tonnia ja maalämmöllä 121 tonnia. Sitoutuneen hiilen hyvittäväällä laskennalla hiilijalanjälki on kaukolämmöllä 229 tonnia ja maalämmöllä 113 tonnia.

Tuloksista nähdään että lämmitystavasta ja laskentatavasta riippuen, hiilijalanjälki on 113...237 tn.

Ekologisimman tapauksen tulokset on koottu seuraavaan kuvaajaan.



Tuloksista nähdään, että ekologisimman skenaarion hiilijalanjälki kaukolämmöllä on 222 tonnia ja maalämmöllä 106 tonnia. Hirren ja sivutuotteiden bioenergian ja sitoutuneen hiilen hyvittäväällä laskennalla hiilijalanjälki on kaukolämmöllä 157tonnia ja maalämmöllä 69 tonnia.

Tuloksista nähdään että lämmitystavasta ja laskentatavasta riippuen, hiilijalanjälki on 69...222 tn.

14.9 Kokonaisenergiatarkastelut

Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan¹¹ rakennuksille on laskettava kokonaisenergiankulutus, eli E-luku. E-luku on rakennuksen standardikäytöllä ja eri energiamuodoille määritetyillä painokertoimilla laskettu, rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus rakennustyyppin standardikäytöllä. E-luku saadaan laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain.

Tässä sovelletaan samaa periaatetta ja lasketaan rakennukselle koko elinkaaren aikainen, käytönaikaiseen kulutukseen perustuva kokonaisenergiankulutus käyttäen samoja kertoimia, kuin E-luvun laskennassa.

Oheisiin taulukoihin on koottu As Oy Jokilehdon ja normitalon käytönaikainen ostoenergia, käytetty energiamuoto, energiamuotojen kertoimet, sekä rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus.

¹¹ Suomen rakentamismääräyskokoelma, D3, ”Rakennusten energiatehokkuus –määräykset ja ohjeet” (2012)

Taulukko 44, Rakennuksen elinkaarenaikainen kokonaisenergiankulutus 50 vuoden elinkaarella, laskentaskenaariot kaukolämmöllä

Energian käyttökohde	Energiankulutus, elinkaari 50 vuotta, MWh	Energiamuoto	Energia-muodon kerroin	Kokonaisenergiankulutus, elinkaari 50 vuotta (MWh)
Tilojen lämmityksen energia	491	Kaukolämpö	0,7	344
Lämpimän käyttöveden energia	279	Kaukolämpö	0,7	195
Laitesähkön kulutus	335	Sähkö	1,7	570
Yhteensä	1105			1109

Taulukko 45, Rakennuksen elinkaarenaikainen kokonaisenergiankulutus 50 vuoden elinkaarella, laskentaskenaariot maalämmöllä

Energian käyttökohde	Energiankulutus, elinkaari 50 vuotta, MWh	Energiamuoto	Energia-muodon kerroin	Kokonaisenergiankulutus, elinkaari 50 vuotta (MWh)
Tilojen lämmityksen energia	205	Sähkö	1,7	349
Lämpimän käyttöveden energia	85	Sähkö	1,7	145
Laitesähkön kulutus	335	Sähkö	1,7	570
Yhteensä	625			1064

14.9.1 Bioenergian vaikutus kokonaisenergian tarpeeseen

Edellisessä kappaleessa määritettiin laskennallinen kokonaisenergiatarve eri laskentatapauksille. Tässä kohdassa tarkastellaan teoreettista tapausta, jossa hirsien ja niiden tuotannon sivutuotteiden energia hyödynnettäisiin rakennuksessa käytettävänä bioenergiana.

Lämmityksessä hyödynnettävissä olevan bioenergian määräksi arvioitiin Jokilehdolle edellä 110MWh. Tässä tehtävissä laskennoissa oletetaan, että tämä energia tuotettaisiin esimerkiksi rakennuksessa polttamalla puumateriaalia takassa. Tämä osuus energiasta vähennetään kaukolämmön energiatarpeesta ja käsitellään rakennuksessa käytettävänä bioenergiana.

Maalämmitetyn rakennuksen ostoenergian suhde tilojen lämmityksen energiaan on 0,4. Maalämmitetyllä rakennuksella tilojen lämmityksen energiasta vähennetään 44MWh ja vastaavasti 110MWh bioenergiaa huomioidaan rakennuksessa käytettävänä bioenergiana.

Oheisiin taulukoihin on koottu laskennan tulokset.

Taulukko 46, Rakennuksen elinkaarenaikainen kokonaisenergiankulutus 50 vuoden elinkaarella, As Oy Jokilehto kaukolämmöllä

Energian käyttökohde	Energiankulutus, elinkaari 50 vuotta, MWh	Energiamuoto	Energia-muodon kerroin	Kokonaisenergiankulutus, elinkaari 50 vuotta (MWh)
Tilojen lämmityksen energia, kaukolämpö	381	Kaukolämpö	0,7	267
Tilojen lämmityksen energia, bioenergia	110	Rakennuksessa käytettävä bioenergia	0,5	55
Lämpimän käyttöveden energia	279	Kaukolämpö	0,7	195
Laitesähkön kulutus	335	Sähkö	1,7	570
Yhteensä	1105			1087

Taulukko 47, Rakennuksen elinkaarenaikainen kokonaisenergiankulutus 50 vuoden elinkaarella, As Oy Jokilehto maalämmöllä

Energian käyttökohde	Energiankulutus, elinkaari 50 vuotta, MWh	Energiamuoto	Energia-muodon kerroin	Kokonaisenergiankulutus, elinkaari 50 vuotta (MWh)
Tilojen lämmityksen energia, maalämpö	161	Sähkö	1,7	274
Tilojen lämmityksen energia, bioenergia	110	Rakennuksessa käytettävä bioenergia	0,5	55
Lämpimän käyttöveden energia	85	Sähkö	1,7	145
Laitesähkön kulutus	335	Sähkö	1,7	570
Yhteensä	691			1043

Lämmityksessä hyödynnettävissä olevan bioenergian määräksi arvioitiin ekologisimmalle skenaariolle edellä 181MWh. Tässä tehtävissä laskennoissa oletetaan, että tämä energia tuotettaisiin esimerkiksi rakennuksessa polttamalla puumateriaalia takassa. Tämä osuus energiasta vähennetään kaukolämmön energiatarpeesta ja käsitellään rakennuksessa käytettävänä bioenergiana.

Maalämmitetyn rakennuksen ostoenergian suhde tilojen lämmityksen energiaan on 0,4. Maalämmitetyllä rakennuksella tilojen lämmityksen energiasta vähennetään 72MWh ja vastaavasti 181MWh bioenergiaa huomioidaan rakennuksessa käytettävänä bioenergiana.

Oheisiin taulukoihin on koottu laskennan tulokset.

Taulukko 48, Rakennuksen elinkaarenaikainen kokonaisenergiankulutus 50 vuoden elinkaarella, ekologisin skenario kaukolämmöllä

Energian käyttökohde	Energiankulutus, elinkaari 50 vuotta, MWh	Energiamuoto	Energia-muodon kerroin	Kokonaisenergiankulutus, elinkaari 50 vuotta (MWh)
Tilojen lämmityksen energia, kaukolämpö	310	Kaukolämpö	0,7	217
Tilojen lämmityksen energia, bioenergia	181	Rakennuksessa käytettävä bioenergia	0,5	91

Lämpimän käyttöveden energia	279	Kaukolämpö	0,7	195
Laitesähkön kulutus	335	Sähkö	1,7	570
Yhteensä	1105			1072

Taulukko 49, Rakennuksen elinkaarenaikainen kokonaisenergiankulutus 50 vuoden elinkaarella, ekologisin skenaario maalämmöllä

Energian käyttökohde	Energiankulutus, elinkaari 50 vuotta, MWh	Energiamuoto	Energiamuodon kerroin	Kokonaisenergiankulutus, elinkaari 50 vuotta (MWh)
Tilojen lämmityksen energia, maalämpö	133	Sähkö	1,7	226
Tilojen lämmityksen energia, bioenergia	181	Rakennuksessa käytettävä bioenergia	0,5	91
Lämpimän käyttöveden energia	85	Sähkö	1,7	145
Laitesähkön kulutus	335	Sähkö	1,7	570
Yhteensä	734			1031

14.9.1 Nollapäästöisen bioenergian vaikutus kokonaisenergian tarpeeseen

Edellisessä kappaleessa tehtiin kokonaisenergiatarkasteluja eri laskentatapauksille siten, että hirren ja sivutuotteiden bioenergia huomioitiin laskennassa rakennusmääräysten mukaisella energiamuodon kertoimella 0,5. Tässä kappaleessa tehdään teoreettinen tarkastelu, jossa bioenergia oletetaan päästöttömäksi ja sen energiamuodon kertoimeksi asetetaan nolla.

Lämmityksessä hyödynnettävissä olevan bioenergian määräksi arvioitiin Jokilehdolle edellä 110MWh. Tässä tehtävissä laskennoissa oletetaan, että tämä energia tuotettaisiin esimerkiksi rakennuksessa polttamalla puumateriaalia takassa. Kaukolämmitetyssä rakennuksessa tämä vähennetään suoraan tilojen lämmityksen energiasta. Maalämmitetyn rakennuksen ostoenergian suhde tilojen lämmityksen energiaan on 0,4, joten tässä tapauksessa tilojen lämmityksen energiasta vähennetään 44MWh.

Oheisiin taulukoihin on koottu laskennan tulokset.

Taulukko 50, Rakennuksen elinkaarenaikainen kokonaisenergiankulutus 50 vuoden elinkaarella, As Oy Jokilehto kaukolämmöllä. Bioenergia nollapäästöistä.

Energian käyttökohde	Energiankulutus, elinkaari 50 vuotta, MWh	Energiamuoto	Energia-muodon kerroin	Kokonaisenergiankulutus, elinkaari 50 vuotta (MWh)
Tilojen lämmityksen energia, kaukolämpö	381	Kaukolämpö	0,7	267
Tilojen lämmityksen energia, bioenergia	110	Rakennuksessa käytettävä bioenergia	0	0
Lämpimän käyttöveden energia	279	Kaukolämpö	0,7	195
Laitesähkön kulutus	335	Sähkö	1,7	570
Yhteensä	1105			1032

Taulukko 51, Rakennuksen elinkaarenaikainen kokonaisenergiankulutus 50 vuoden elinkaarella, As Oy Jokilehto maalämmöllä. Bioenergia nollapäästöistä.

Energian käyttökohde	Energiankulutus, elinkaari 50 vuotta, MWh	Energiamuoto	Energia-muodon kerroin	Kokonaisenergiankulutus, elinkaari 50 vuotta (MWh)
Tilojen lämmityksen energia, maalämpö	161	Sähkö	1,7	274
Tilojen lämmityksen energia, bioenergia	110	Rakennuksessa käytettävä bioenergia	0	0
Lämpimän käyttöveden energia	85	Sähkö	1,7	145
Laitesähkön kulutus	335	Sähkö	1,7	570
Yhteensä	691			988

Taulukko 52, Rakennuksen elinkaarenaikainen kokonaisenergiankulutus 50 vuoden elinkaarella, ekologisin skenaario kaukolämmöllä. Bioenergia nollapäästöistä.

Energian käyttökohde	Energiankulutus, elinkaari 50	Energiamuoto	Energia-muodon	Kokonaisenergiankulutus, elinkaari
----------------------	-------------------------------	--------------	----------------	------------------------------------

	vuotta, MWh		kerroin	50 vuotta (MWh)
Tilojen lämmityksen energia, kaukolämpö	310	Kaukolämpö	0,7	217
Tilojen lämmityksen energia, bioenergia	181	Rakennuksessa käytettävä bioenergia	0	0
Lämpimän käyttöveden energia	279	Kaukolämpö	0,7	195
Laitesähkön kulutus	335	Sähkö	1,7	570
Yhteensä	1105			982

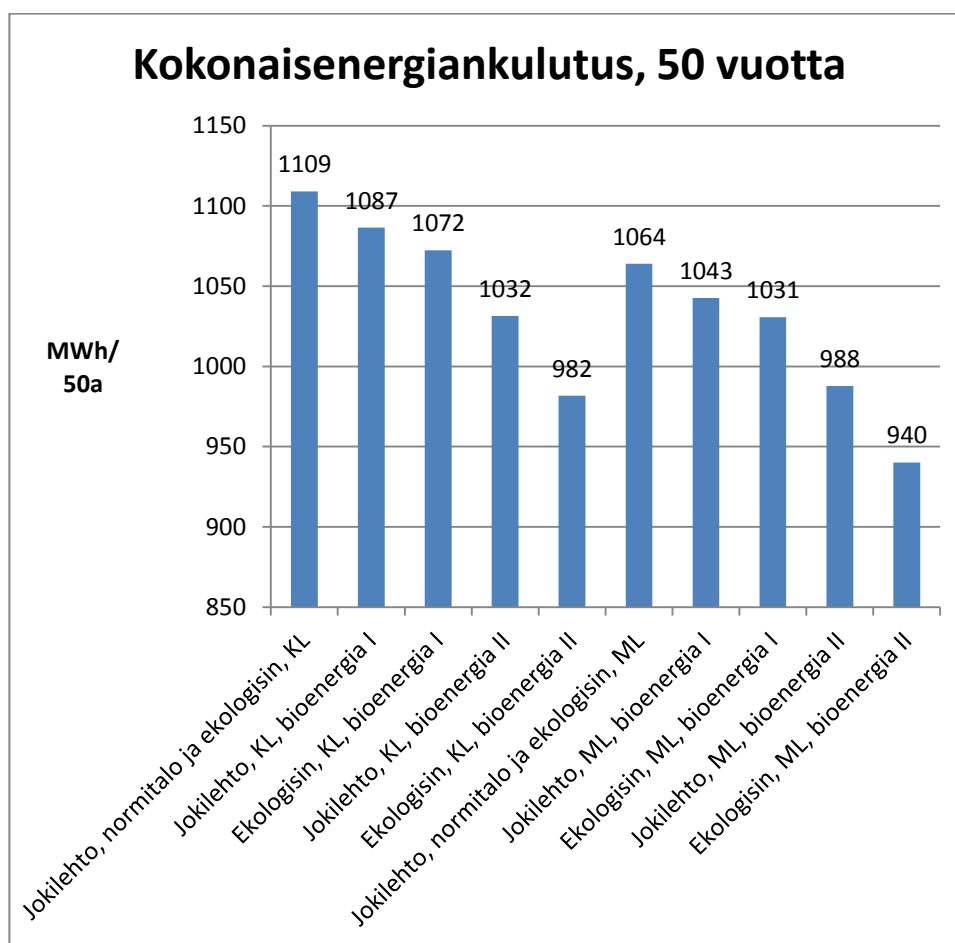
Taulukko 53, Rakennuksen elinkaarenaikainen kokonaisenergiankulutus 50 vuoden elinkaarella, ekologis in skenaario maalämmöllä. Bioenergia nollapäästöistä.

Energian käyttökohde	Energiankulutus, elinkaari 50 vuotta, MWh	Energiamuoto	Energia- muodon kerroin	Kokonaisenergiankulutus, elinkaari 50 vuotta (MWh)
Tilojen lämmityksen energia, maalämpö	133	Sähkö	1,7	226
Tilojen lämmityksen energia, bioenergia	181	Rakennuksessa käytettävä bioenergia	0	0
Lämpimän käyttöveden energia	85	Sähkö	1,7	145
Laitesähkön kulutus	335	Sähkö	1,7	570
Yhteensä	734			940

14.10 Kokonaisenergiatarkastelut, yhteenveto

Edellisissä kappaleissa tehtiin eri laskentatapauksille erilaisia kokonaisenergiatarkasteluja. Tässä kappaleessa esitetään tulosten yhteenveto.

Kuvaajassa on esitetty tulokset kokonaisenergiankulutukselle 50 vuoden elinkaarella. Bioenergia I-tarkastelu kuvaa tilannetta, jossa hirren ja sen sivutuotteiden bioenergia huomioidaan laskennassa rakentamismäärysten mukaisella bioenergiakertoimella. Bioenergia II-tarkastelu kuvaa puolestaan tilannetta, jossa bioenergian kertoimena käytetään nollaa.



Tulosten perusteella nähdään että tässä laskettu, laskennallinen elinkaarenaikainen kokonaisenergiankulutus kaukolämmöllä on Jokilehdon bioenergia I-skenaariolla 23MWh ja bioenergia II-skenaariolla 78MWh pienempi, kuin normitalon kaukolämpöskenaariolla.

Vastaavasti ekologisimmalla skenaariolla elinkaarenaikainen kokonaisenergiankulutus on bioenergia I-skenaariolla 37MWh ja bioenergia II-skenaariolla 127MWh pienempi kuin normitalolla.

Maalämmön tapauksessa nähdään että elinkaarenaikainen kokonaisenergiankulutus on Jokilehdon bioenergia I-skenaariolla 21MWh ja bioenergia II-skenaariolla 76MWh pienempi, kuin normitalon maalämpöskenaariolla.

Vastaavasti ekologisimmalla skenaariolla elinkaarenaikainen kokonaisenergiankulutus on bioenergia I-skenaariolla 33MWh ja bioenergia II-skenaariolla 124MWh pienempi kuin normitalolla.

Tarkasteltaessa tilojen lämmityksen energiankulutusta, havaitaan että Jokilehdon kaukolämmön lämmitysenergiankulutus voisi olla bioenergia I-skenaariolla 8% ja bioenergia II-skenaariolla 29% suurempi kuin normitalolla, jotta kokonaisenergiankulutus olisi normitaloa vastaava. Ekologisimmalla skenaariolla lämmitysenergiankulutus voisi olla bioenergia I-skenaariolla 17% ja bioenergia II-skenaariolla 59% suurempi kuin normitalolla.

Vastaavasti maalämpötapauksessa, tarkasteltaessa edelleen ainoastaan tilojen lämmityksen energiankulutusta, Jokilehdon kaukolämmön lämmitysenergiankulutus voisi olla bioenergia I-skenaariolla 8% ja bioenergia II-skenaariolla 28% suurempi kuin normitalolla, jotta kokonaisenergiankulutus olisi normitaloa vastaava. Ekologisimmalla skenaariolla lämmitysenergiankulutus voisi olla bioenergia I-skenaariolla 15% ja bioenergia II-skenaariolla 55% suurempi kuin normitalolla.

Liite 1: laskennassa käytetyt ympäristöprofiilit

Materiaali	Uusiutuva raaka-aine kg/kg	Ei uusiutuva raaka-aine kg/kg	Uusiutuva energia MJ/kg	Fos. Energia MJ/kg	Energiasisältö MJ/kg	Hiilisisältö, CO ₂ , kg/kg	CO ₂ -ekv, kg/kg
Vuorivilla	0,00	1,41	1,34	18,60	0,00	0	1,24
Lasivilla	0,00	0,51	2,95	19,83	0,00	0	0,92
Selluvilla	0,81	0,19	1,45	3,58	0,00	1,4	0,27
Polystyreenieriste (XPS)	0,00	1,86	0,15	83,70	47,80	0	2,76
Polyuretaanieriste (PUR)	0,05	3,40	0,72	105,59	34,31	0	4,32
Höyrysulkumuovi (LD-PE)	0,01	1,64	0,20	80,37	51,54	0	2,10
Aluskate (polypropeeni)	0,00	1,67	5,99	95,56	52,72	0	2,70
Tuulensuojakipsilevy	0,00	0,80	0,08	7,11	0,00	0	0,44
Sisäverhouskipsilevy	0,00	0,80	0,08	7,11	0,00	0	0,44
Kuitulevy (huokoinen)	0,95	0,02	5,43	9,00	19,48	1,5	0,49
Kuitulevy (kova)	1,09	0,01	3,16	6,05	22,35	1,5	0,28
Kevytsojarahkko +laasti	0,02	1,15	0,79	3,10	0,00	0	0,31
Kevytsoara	0,60	2,09	1,00	5,20	0,00	0	0,42
Runkopuu	1,00	0,00	3,20	1,50	16,40	1,4	0,07
Panelointi	1,00	0,00	3,20	1,50	16,40	1,5	0,07
Kertopuu	1,00	0,00	1,37	6,60	18,70	1,4	0,21
Koivuvaneri	0,87	0,03	5,50	8,92	19,21	1,3	1,05
Havuvaneri	0,87	0,03	5,52	7,32	19,04	1,3	0,77
Ruostumaton teräs	0,00	2,07	1,12	30,12	0,00	0	1,73
Profiilipeltikate	0,00	0,69	1,98	19,98	0,00	0	1,18
Huopakate	0,13	1,04	3,33	28,35	33,50	0	2,25
Tiilikate	0,06	1,03	0,47	1,49	0,00	0	0,15
Valmisbetoni, K30	0,00	1,10	0,03	0,50	0,00	0	0,09
Alkydimaali	0,00	1,00	13,40	40,00	0,00	0	1,78
Pellavaöljymaali	0,00	1,00	24,00	43,00	0,00	0	1,47
Punamultamaali	0,00	1,00	3,80	10,00	0,00	0	0,42
Parketti	0,96	0,04	12,91	17,22	38,74	1,4	0,88
Muovimatto	0,03	1,92	2,34	29,61	26,00	0	1,35
Polystyreenieriste (EPS)	0,00	3,86	0,68	82,97	40,00	0	2,74
Ilmansulkupaperi	0,47	0,47	4,24	26,55	21,50	0	1,67
Keraaminen laatta	0,00	1,12	0,89	9,91	0,00	0	0,68
Hirsi	1,20	0,00	2,60	2,00	20,60	1,4	0,12
Runkopuu	1,00	0,00	3,20	1,50	16,40	1,4	0,07
Maali	0,00	1,00	1,60	39,00	0,00	0	2,03
Lastulevy	0,91	0,35	1,40	10,30	18,50	0,8	0,57
Korokerima (20x50)	1,00	0,00	3,20	1,50	16,40	1,4	0,07
Puukoolaus 45x45 k300	1,00	0,00	3,20	1,50	16,40	1,4	0,07
Puukoolaus 25x100 k 450	1,00	0,00	3,20	1,50	16,40	1,4	0,07
Laudoitus	1,00	0,00	3,20	1,50	16,40	1,4	0,07
Kattoruoteet	1,00	0,00	3,20	1,50	16,40	1,4	0,07
Terästäkka (rst)	0,00	2,07	1,12	30,12	0,00	0	1,73
Muurattu takka	0,00	1,20	0,44	2,33	0,00	0	0,16
Luonnonkivitakka	0,00	1,00	0,66	1,90	0,00	0	0,10
Liimapuu	1,31	0,41	3,00	5,00	16,40	1,5	0,33

Liite2: Laskentatulosteet, As Oy Jokilehto

Tässä liitteessä on esitetty täydelliset laskentatulokset As Oy Jokilehdon osalta.

Rakennuksen perustiedot

Rakentaja	As Oy Pudasjärven Jokilehto
Talotoimittaja	Kontio
Katuosoite	Hirsikunnas
Postinumero	93100
Paikkakunta	Pudasjärvi
Rakennusvuosi	2012

Pinta-ala ja tilavuustiedot

Rakennuksen ala	141	m ²
Kerrosala	141	m ²
Nettoala	120	m ²
Rakennustilavuus	480	m ³

Rakennuksen ympäristövaikutukset

Massa	95	tn
Uusiutuva raaka-aine	34	tn
Uusiutumaton raaka-aine	86	tn
Sitoutunut hiilidioksidi	-37	tn

Uusiutuva energia	107	GJ
Uusiutumaton energia	339	GJ
Energiasisältö	567	GJ
Kasvihuonekaasupäästöt	22	tn

Ympäristövaikutusten tunnuslukuja

Bruttoneliökohtaiset tunnusluvut

Massa	0,79	tn/m ²
Uusiutuva raaka-aine	0,29	tn/m ²
Uusiutumaton raaka-aine	0,72	tn/m ²
Sitoutunut hiilidioksidi	-0,31	tn/m ²
Uusiutuva energia	0,89	GJ/m ²
Uusiutumaton energia	2,82	GJ/m ²
Energiasisältö	4,72	GJ/m ²
Kasvihuonekaasupäästöt	0,18	tn/m ²

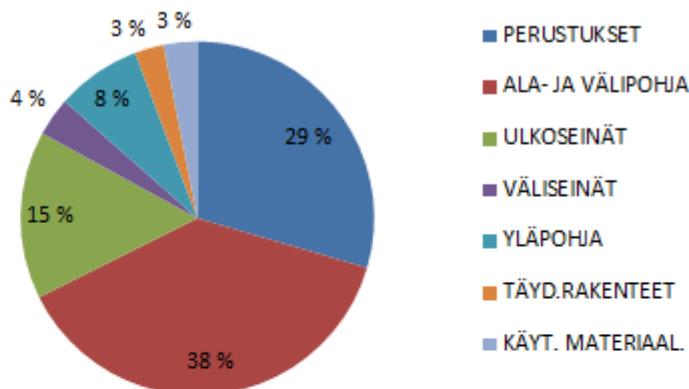
Rakennuskuutiokohtaiset tunnusluvut

Massa	0,20	tn/m ³
Uusiutuva raaka-aine	0,07	tn/m ³
Uusiutumaton raaka-aine	0,18	tn/m ³
Sitoutunut hiilidioksidi	-0,08	tn/m ³
Uusiutuva energia	0,22	GJ/m ³
Uusiutumaton energia	0,71	GJ/m ³
Energiasisältö	1,18	GJ/m ³
Kasvihuonekaasupäästöt	0,05	tn/m ³

Ympäristövaikutusten jakautuminen rakennusosittain

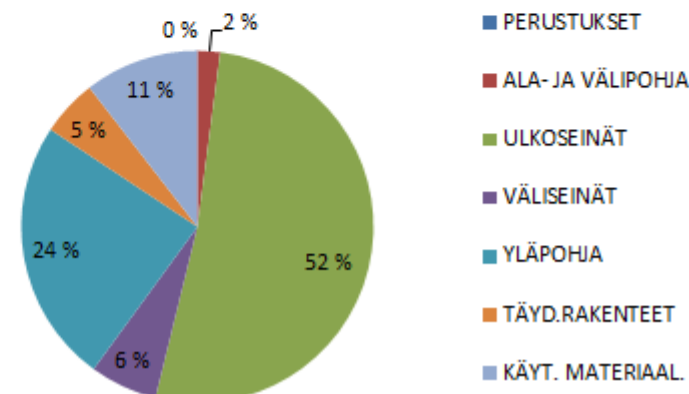
Rakennuksen massan jakautuminen rakennusosittain

Koko rakennuksen massa on yhteensä 95 tn



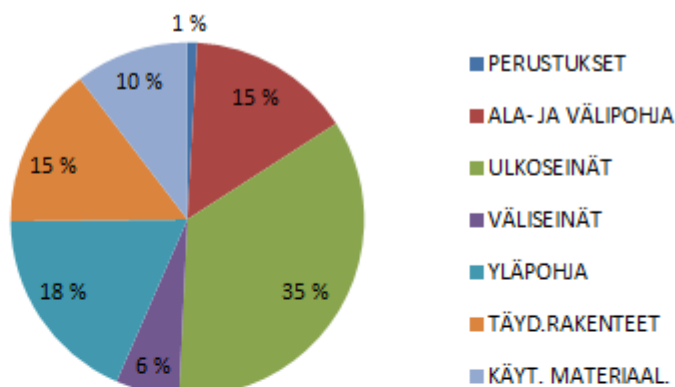
Rakennuksen hiilisisällön jakautuminen rakennusosittain

Sitoutunut hiilidioksidi rakennustasolla on yhteensä -37 tn



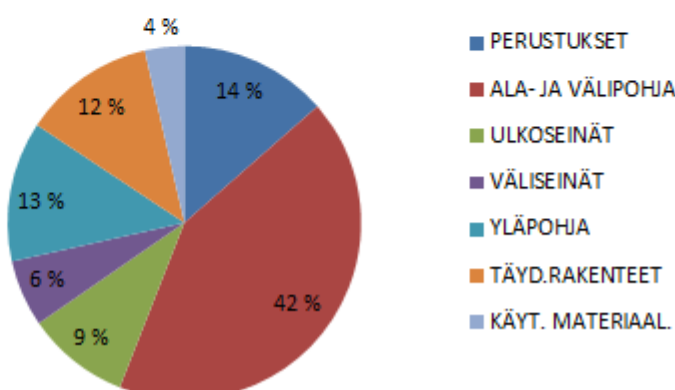
Uusiutuvan energian tarpeen jakautuminen rakennusosittain

Uusiutuvan energian tarve rakennustasolla on yhteensä 107 GJ



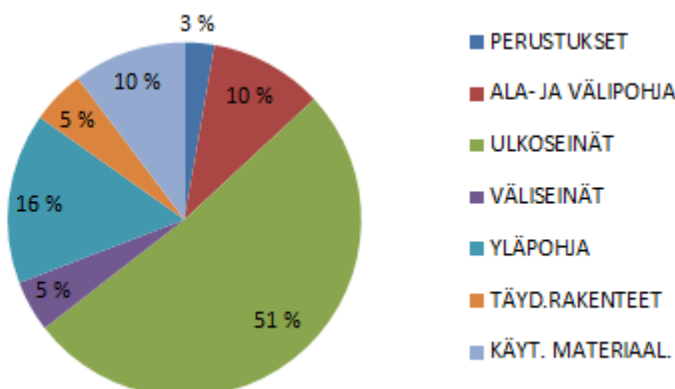
Uusiutumattoman energian tarpeen jakautuminen rakennusosittain

Uusiutumattoman energian tarve rakennustasolla on yhteensä 339 GJ



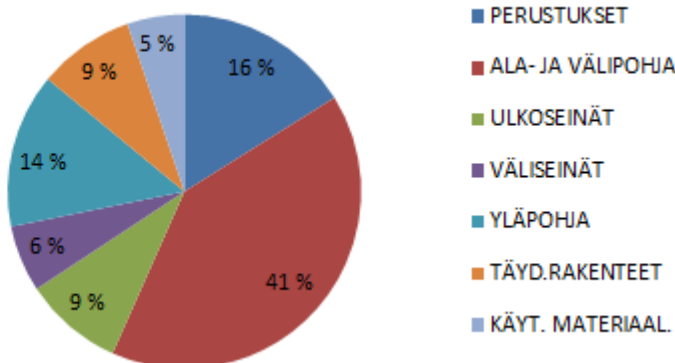
Energiasisällön jakautuminen rakennusosittain

Energiasisältö koko rakennuksen osalta on yhteensä 567 GJ



Kasvihuonekaasupäästöjen (CO₂-ekv) jakautuminen rakennusosittain

Kasvihuonekaasupäästöjen (CO₂-ekv) määrä rakennustasolla on yhteensä 22 tn



Rakennuksen määräluettelo

Hirsikunnas, 93100, Pudasjärvi

Perustukset

PM1, Perusmuuri	69	jm
PM2, Peruspilari	5	kpl

Ala- ja välipohjarakenteet

AP1, Maanvarainen alapohja	135,7	m ²
AP2, Tuulettuva alapohja	-	m ²
VP1, Välipohja	-	m ²

Ulkoseinärakenteet

US1, Ulkoseinä	73,3	m ²
US2, Ulkoseinä	14,3	m ²
US3, Ulkoseinä	22,8	m ²

Väliseinärakenteet

VS1, Väliseinä	19,3	m ²
VS2, Väliseinä	64,7	m ²
VS3, Väliseinä	39,5	m ²

Yläpohjarakenteet

YP1, Ristikkorakenteinen yläpohja	130	m ²
YP2, Palkkirakenteinen yläpohja	-	m ²

Täydentävät rakenteet

Puuikkunat	21	m ²
Puiset ulko-ovet	6	kpl
Puiset väliovet	8	kpl
Mdf-väliovet	-	kpl
Takka	-	kg
Puuportaati	-	kpl
Terassi	24	m ²

Käyttäjän materiaalisyötöt

Hirsi	1722	kg
Havuvaneri	1200	kg

Päästöjen määrä rakennusosittain

Hirsikunnas, 93100, Pudasjärvi

	massa (tn)	Uusiutuva raaka-aine (tn)	Uusiutumaton raaka-aine (tn)	Sitoutunut hiilidioksidi (tn)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiassäily (GJ)	Kasvihuonekaasu- päästöt (tn)
PERUSTUKSET	28,0	0,0	31,9	0,0	1,0	46,0	15,5	3,5
Perusmuuri, PM1	27,3	0,0	31,1	0,0	0,9	43,5	14,5	3,4
Peruspilarit, PM2	0,7	0,0	0,8	0,0	0,0	2,4	1,0	0,1
ALA- JA VÄLIPOHJA	36,2	5,1	49,3	-0,8	16,0	143,6	58,8	8,8
Maanvarainen AP, AP1	36,2	5,1	49,3	-0,8	16,0	143,6	58,8	8,8
Tuulettuva AP, AP2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Väli pohja VP1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ULKOSEINÄT	14,6	17,0	0,4	-19,2	37,3	31,9	291,3	2,0
Ulkoseinä US1	9,3	11,1	0,0	-12,5	24,1	18,5	190,8	1,1
Ulkoseinä US2	2,2	2,2	0,3	-2,5	5,0	6,5	38,1	0,4
UlkoseinäUS3	3,1	3,6	0,1	-4,2	8,1	6,9	62,4	0,4
VÄLISEINÄT	3,4	1,6	1,8	-2,3	6,2	20,7	26,5	1,3
Väliseinä VS1	0,9	0,3	0,5	-0,5	1,2	5,6	5,4	0,3
Väliseinä VS2	1,1	0,9	0,3	-1,3	3,1	4,8	14,8	0,3
Väliseinä VS3	1,4	0,4	1,0	-0,5	1,8	10,4	6,3	0,7
YLÄPOHJA	7,4	6,1	1,4	-9,0	19,5	43,5	88,5	3,1
Ristikkorak. YP	7,4	6,1	1,4	-9,0	19,5	43,5	88,5	3,1
Palkkirak. YP	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TÄYD.RAKENTEET	2,5	1,5	1,5	-1,9	15,8	40,9	27,9	1,9
Puuikkunat	1,5	0,5	0,9	-0,7	13,2	18,3	8,8	1,1
Puiset ulko-ovet	0,4	0,2	0,5	-0,2	0,4	20,7	11,5	0,7
Puiset väliovet	0,2	0,3	0,1	-0,4	0,7	1,2	0,1	0,1
Mdf-väliovet	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Takka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Puuportaat	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Terassi	0,5	0,5	0,0	-0,6	1,5	0,7	7,5	0,0
KÄYT. MATERIAAL.	2,9	3,1	0,0	-3,9	11,1	12,2	58,3	1,1
Hirsi	1,7	2,1	0,0	-2,3	4,5	3,4	35,5	0,2
Havuvaneri	1,2	1,0	0,0	-1,6	6,6	8,8	22,8	0,9
-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
YHTEENSÄ	95	34	86	-37	107	339	567	22

Hirsikunnas, 93100, Pudasjärvi

[illegible]

Perustukset, PM1
69 jm

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusiminen kertaa
Antura	Valmisbetoni, K30	2300	0	0
Perusmuuri	Valmisbetoni, K30	2300	0	0
Perusmuurin eriste	Polystyreenieriste (EPS)	35	0	0
Routaeriste	Polystyreenieriste (EPS)	35	0	0

Poikkileikkauksen mitat

Anturan korkeus	200	mm
Anturan leveys	400	mm
Perusmuurin korkeus	600	mm
Perusmuurin leveys	200	mm
Perusmuurin eristepaksuus	50	mm
Routaeristeen paksuus	100	mm
Routaeristeen leveys	1200	mm

PM1:n ympäristövaikutukset osamateriaaleittain

	massa (t/n)	Uusiutuva raaka-aine (t/n)	Uusiutumaton raaka-aine (t/n)	Sitokitunut hiilidioksidi (t/n)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasisältö (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (t/n)
Valmisbetoni, K30	12,7	0,0	14,0	0,0	0,3	6,3	0,0	1,1
Valmisbetoni, K30	14,3	0,0	15,7	0,0	0,4	7,1	0,0	1,3
Polystyreenieriste (EPS)	0,1	0,0	0,3	0,0	0,0	6,0	0,0	0,2
Polystyreenieriste (EPS)	0,3	0,0	1,1	0,0	0,2	24,0	0,0	0,8
Yhteensä	27	0	31	0	1	44	0	3

Laskennan muistiinpanot

Perustukset, PM2
5 kpl

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusiminen kertaa
Antura	Valmisbetoni, K30	2300	0	0
Perusmuuri	Valmisbetoni, K30	2300	0	0
Routaeriste	Polystyreenieriste (EPS)	35	0	0

Poikkileikkauksen mitat

Anturan korkeus	200	mm
Anturan leveys	400	mm
Peruspilarin korkeus	600	mm
Peruspilarin leveys	200	mm
Routaeristeen paksuus	100	mm
Routaeristeen leveys	1200	mm

PM2:n ympäristövaikutukset osamateriaaleittain

	massa (t/n)	Uusiutuva raaka-aine (t/n)	Uusiutumaton raaka-aine (t/n)	Sitoutunut hiilidioksidi (t/n)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasisältö (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (t/n)
Antura	0,4	0,0	5,6	0,0	0,1	2,5	0,0	0,4
Perusmuuri	0,3	0,0	4,2	0,0	0,1	1,9	0,0	0,3
Routaeriste	0,0	0,0	1,3	0,0	0,2	28,9	0,0	1,0
Yhteensä	1	0	11	0	0	33	0	2

Laskennan muistiinpanot

Alapohjat ja välipohjat, AP1
135,7 m²

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusinta krt	Kerrospaksuus mm	Osuus %
Lattiapinta1	Keraaminen laatta	2000	0	0	6	15
Lattiapinta2	Parketti	450	0	0	12	73
Lattiapinta3		0	0	0	0	0
TB-Laatta	Valmisbetoni, K30	2300	0	0	86	
Eristekerros 1	Polystyreenieriste (EPS)	35	0	0	200	
Eristekerros 2	Kevytsoora	280	0	0	200	

Laatan alapuolisen eristeen mitat
Eristekerros 1

Eristepaksuus 200 mm

Eristepaksuus reuna-aluee 250 mm

Reuna-alueen leveys 1000 mm

Eristekerros 2

Eristepaksuus 200 mm

Eristepaksuus reuna-aluee 200 mm

Reuna-alueen leveys 1000 mm

AP1:n ympäristövaikutukset osamateriaaleittain

	massa (t/n)	Uusiutuva raaka-aine (t/n)	Uusiutumaton raaka-aine (t/n)	Sitoutunut hiilidioksidi (t/n)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiäsäilytys (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (t/n)
Lattiapinta1	0,2	0,0	0,3	0,0	0,2	2,4	0,0	0,2
Lattiapinta2	0,5	0,5	0,0	-0,8	6,9	9,2	0,0	0,5
Lattiapinta3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TB-Laatta	26,8	0,0	29,5	0,0	0,7	13,4	0,0	2,4
Eristekerros 1	1,0	0,0	3,7	0,0	0,6	79,0	0,0	2,6
Eristekerros 2	7,6	4,6	15,8	0,0	7,6	39,5	0,0	3,2
Yhteensä	36	5	49	-1	16	144	0	9

Laskennan muistiinpanot	
-------------------------	--

Ulkoseinät, US1
73,3 m²

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusinta krt	Kerrospaksuus mm
Sisäseinän pinta		0	0	0	0
Sisäseinän verhous		0	0	0	0
Höyrynsulku		0	0	0	0
Sisäp. lisäeriste		0	0	0	0
Eristekerr.runko		0	0	0	0
Hirsirunko	Hirsi	520	0	0	243
Eristekerr. runko		0	0	0	0
Ulkop. lisäeriste		0	0	0	0
Tuulensuojalevy		0	0	0	0
Julkisivulaudoitus		0	0	0	0
Julkisivumaalaus		0	0	0	0

Ulkoseinärakenne

Ulkoseinän korkeus	2700 mm
Hirren paksuus	243 mm
Hirren kokonaismäärä	17,812 m ³

Sisäpuolinen lisäeristekerros

Runkojako	0 mm
Seinän eristepaksuus	0 mm
Runkopuun paksuus	0 mm

Runkopuun kokonaismäärä	0,0 m ³
Eristeen kokonaismäärä	0,0 m ³

Ulkopuolinen lisäeristekerros

Runkojako	0 mm
Seinän eristepaksuus	0 mm
Runkopuun paksuus	0 mm

US1:n ympäristövaikutukset osamateriaaleittain

	massa (t/n)	Uusiutuva raaka-aine (t/n)	Uusiutumaton raaka-aine (t/n)	Sikotutunut hiilidioksidi (t/n)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiäsäilytö (GJ)	Kasvihuonekaasu- päästöt (t/n)
Sisäseinän pinta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sisäseinän verhous	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Höyrynsulku	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sisäp. lisäeriste	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Eristekerr.runko	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hirsirunko	9,3	11,1	0,0	-12,5	24,1	18,5	0,2	1,1
Eristekerr. runko	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ulkop. lisäeriste	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tuulensuojalevy	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Julkisivulaudoitus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Julkisivumaalaus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Yhteensä	9	11	0	-13	24	19	0	1

Laskennan muistiinpanot

Ulkoseinät, US2
14,3 m²

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusinta krt	Kerrospaksuus mm
Sisäseinän pinta	Keraaminen laatta	2000	0	0	6
Sisäseinän verhous	Sisäverhouskipsilevy	850	0	0	13
Höyrynsulku		0	0	0	0
Sisäp. lisäeriste	Vuorivilla	45	0	0	50
Eristekerr.runko		450	0	0	0
Hirsirunko	Hirsi	520	0	0	243
Eristekerr. runko		0	0	0	0
Ulkop. lisäeriste		0	0	0	0
Tuulensuojalevy		0	0	0	0
Julkisivulaudoitus		0	0	0	0
Julkisivumaalaus	Keraaminen laatta	0	0	0	0

Ulkoseinärakenne

Ulkoseinän korkeus	2700 mm
Hirren paksuus	243 mm
Hirren kokonaismäärä	3,4749 m ³

Sisäpuolinen lisäeristekerros

Runkojako	400 mm
Seinän eristepaksuus	50 mm
Runkopuun paksuus	50 mm

Runkopuun kokonaismäärä	0,1 m ³
Eristeen kokonaismäärä	0,0 m ³

Ulkopuolinen lisäeristekerros

Runkojako	0 mm
Seinän eristepaksuus	0 mm
Runkopuun paksuus	0 mm

US2:n ympäristövaikutukset osamateriaaleittain

	massa (t/n)	Uusiutuva raaka-aine (t/n)	Uusiutumaton raaka-aine (t/n)	Sitoutunut hiilidioksidi (t/n)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasisältö (GJ)	Kasvihuonekaasur- päistöt (t/n)
Sisäseinän pinta	0,2	0,0	0,2	0,0	0,2	1,7	0,0	0,1
US3	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	1,1	0,0	0,1
Sisäseinän pinta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sisäseinän verhous	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Höyrynsulku	0,1	0,1	0,0	-0,1	0,2	0,1	0,0	0,0
Sisäp. lisäeriste	1,8	2,2	0,0	-2,4	4,7	3,6	0,0	0,2
Eristekerr.runko	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hirsirunko	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Eristekerr. runko	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ulkop. lisäeriste	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tuulensuojalevy	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Yhteensä	2	2	0	-3	5	7	0	0

Laskennan muistiinpanot

Ulkoseinät, US3
22,8 m²

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusinta krt	Kerrospaksuus mm
Sisäseinän pinta		0	0	0	0
Sisäseinän verhous	Panelointi	450	0	0	12
Höyrynsulku		0	0	0	0
Sisäp. Lisäeriste	Vuorivilla	45	0	0	50
Eristekerr.runko	Runkopuu	450	0	0	0
Hirsirunko	Hirsi	520	0	0	243
Eristekerr. runko		0	0	0	0
Ulkop. lisäeriste		0	0	0	0
Tuulensuojalevy		0	0	0	0
Julkisivulaudoitus		0	0	0	0
Julkisivumaalaus	Keraaminen laatta	0	0	0	0

Ulkoseinärakenne

Ulkoseinän korkeus	2700 mm
Hirren paksuus	243 mm
Hirren kokonaismäärä	5,5404 m ³

Sisäpuolinen lisäeristekerros

Runkojako	600 mm
Seinän eristepaksuus	50 mm
Runkopuun paksuus	50 mm

Runkopuun kokonaismäärä	0,1 m ³
Eristeen kokonaismäärä	1,0 m ³

Ulkopuolinen lisäeristekerros

Runkojako	0 mm
Seinän eristepaksuus	0 mm
Runkopuun paksuus	0 mm

US3:n ympäristövaikutukset osamateriaaleittain

	massa (t/n)	Uusiutuva raaka-aine (t/n)	Uusiutumaton raaka-aine (t/n)	Sikotutut hiiliäksidi (t/n)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiatähti (GJ)	Kasvihuonekaasu- päästöt (t/n)
Sisäseinän pinta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sisäseinän verhous	0,1	0,1	0,0	-0,2	0,4	0,2	0,0	0,0
Höyrynsulku	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sisäp. Lisäeriste	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,8	0,0	0,1
Eristekerr.runko	0,1	0,1	0,0	-0,1	0,2	0,1	0,0	0,0
Hirsirunko	2,9	3,5	0,0	-3,9	7,5	5,8	0,1	0,4
Eristekerr. runko	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ulkop. lisäeriste	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tuulensuojalevy	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Julkisivulaudoitus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Julkisivumaalaus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Yhteensä	3	4	0	-4	8	7	0	0

Laskennan muistiinpanot	Rakennuksen varastojen seinät omissa materiaalisyyötteissä. 135mm paksuisen, 25m ² hirsiseinän massa on 1755 kg.
-------------------------	--

Väliseinät, VS1
19,3 m²

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusinta krt	Kerrospaksuus mm
Pintakerros 1		0	0	0	0
Verhoukerros 1	Panelointi	450	0	0	24
Runko	Runkopuu	450	0	0	140
Eriste	Vuorivilla	45	0	0	140
Verhoukerros 2	Sisäverhouksilevy	850	0	0	26
Pintakerros 2		0	0	0	0

Seinän runkorakenne

Väliseinän korkeus	2700	mm
Runkojako	600	mm
Seinäpaksuus	42	mm
Runkotolpan leveys	140	mm

VS1:n ympäristövaikutukset osamateriaaleittain

	massa (t/n)	Uusiutuva raaka-aine (t/n)	Uusiutumaton raaka-aine (t/n)	Sitautunut hiilidioksidi (t/n)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiassäilytö (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (t/n)
Pintakerros 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Verhoukerros 1	0,2	0,2	0,0	-0,3	0,7	0,3	0,0	0,0
Runko	0,1	0,1	0,0	-0,2	0,4	0,2	0,0	0,0
Eriste	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	2,0	0,0	0,1
Verhoukerros 2	0,4	0,0	0,3	0,0	0,0	3,0	0,0	0,2
Pintakerros 2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Yhteensä	1	0	0	0	1	6	0	0

Laskennan muistiinpanot

Väliseinät, VS2
64,7 m²

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusinta krt	Kerrospaksuus mm
Pintakerros 1		0	0	0	0
Verhouskerros 1	Panelointi	450	0	0	12
Runko	Runkopuu	450	0	0	70
Eriste	Vuorivilla	45	0	0	70
Verhouskerros 2	Panelointi	450	0	0	12
Pintakerros 2		0	0	0	0

Seinän runkorakenne

Väliseinän korkeus 2700 mm

Runkojako 600 mm

Seinäpaksuus 42 mm

Runkotolpan leveys 70 mm

VS2:n ympäristövaikutukset osamateriaaleittain

	massa (t/n)	Uusiutuva raaka-aine (t/n)	Uusiutumaton raaka-aine (t/n)	Sitoutunut hiilidioksidi (t/n)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasisältö (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (t/n)
Pintakerros 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Verhouskerros 1	0,3	0,3	0,0	-0,5	1,1	0,5	0,0	0,0
Runko	0,2	0,2	0,0	-0,3	0,7	0,3	0,0	0,0
Eriste	0,2	0,0	0,3	0,0	0,2	3,4	0,0	0,2
Verhouskerros 2	0,3	0,3	0,0	-0,5	1,1	0,5	0,0	0,0
Pintakerros 2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Yhteensä	1	1	0	-1	3	5	0	0

Laskennan muistiinpanot

Väliseinät, VS3
39,5 m²

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusinta krt	Kerrospaksuus mm
Pintakerros 1		0	0	0	0
Verhouskerros 1	Panelointi	450	0	0	12
Runko	Runkopuu	450	0	0	70
Eriste	Vuorivilla	45	0	0	70
Verhouskerros 2	Sisäverhouskipsilevy	850	0	0	13
Pintakerros 2	Keraaminen laatta	2000	0	0	6

Seinän runkorakenne

Väliseinän korkeus 2700 mm

Runkojako 400 mm

Seinäpaksuus 42 mm

Runkotolpan leveys 70 mm

VS3:n ympäristövaikutukset osamateriaaleittain

	massa (t/n)	Uusiutuva raaka-aine (t/n)	Uusiutumaton raaka-aine (t/n)	Sitoutunut hiilidioksidi (t/n)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energianlähtö (GJ)	Kasvihuonekaasu- päästöt (t/n)
Pintakerros 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Verhouskerros 1	0,2	0,2	0,0	-0,3	0,7	0,3	0,0	0,0
Runko	0,2	0,2	0,0	-0,2	0,5	0,3	0,0	0,0
Eriste	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	2,0	0,0	0,1
Verhouskerros 2	0,4	0,0	0,3	0,0	0,0	3,1	0,0	0,2
Pintakerros 2	0,5	0,0	0,5	0,0	0,4	4,7	0,0	0,3
Yhteensä	1	0	1	-1	2	10	0	1

Laskennan muistiinpanot

Yläpohjat, YP1
130 m²

Rakennekerros	Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hukka %	Uusinta krt	Kerrospaksuus mm
Yläpohjan kate	Huopakate	1000	0	0	6
Ruoteet		0	0	0	0
Korokerimat		0	0	0	0
Aluskate		0	0	0	0
Tuulensuoja	Kuitulevy (huokoinen)	300	0	0	12
Runkorakenne	Runkopuu	450	0	0	0
Eristemateriaali	Selluvilla	45	0	0	500
Höyrynsulku	Höyrynsulkumuovi (LD-PE)	920	0	0	0,2
Alakaton koolaus	Puukoolaus 45x45 k300	450	0	0	45
Alakaton verhous	Panelointi	450	0	0	12
Katon sisäpinta		0	0	0	0

Kattorakenne

Harjakorkeus 2592 mm
Räystäsleveys 667 mm
Kattokaltevuus 2 mm

Ristikkomateriaali

Ristikkojako 0 mm
Ristikkomateriaalin leveys 0 mm
Ristikkomateriaalin korkeus 0 mm

Ristikkomateriaalin kokonaismäärä 5,40 m³

Kattoeristeen kokonaismäärä 65,00 m³
YP1:n ympäristövaikutukset osamateriaaleittain

	massa (t:n)	Uusiutuva raaka-aine (t:n)	Uusiutumaton raaka-aine (t:n)	Sitottunut hiilidioksidi (t:n)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiäsästö (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (t:n)
Yläpohjan kate	0,8	0,1	0,8	0,0	2,6	22,1	0,0	1,8
Ruoteet	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Korokerimat	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aluskate	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tuulensuoja	0,5	0,4	0,0	-0,7	2,5	4,2	0,0	0,2
Runkorakenne	2,4	2,4	0,0	-3,3	7,8	3,6	0,0	0,2
Eristemateriaali	2,9	2,4	0,6	-4,0	4,2	10,5	0,0	0,8
Höyrynsulku	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,1
Alakaton koolaus	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Alakaton verhous	0,7	0,7	0,0	-1,0	2,2	1,1	0,0	0,1
Katon sisäpinta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Yhteensä	7	6	1	-9	20	43	0	3

Laskennan muistiinpanot

Yläpohjan vaneri omassa materiaalisyötteissä.
19mm paksuisen, 130m² vanerimäärän massa on 1200 kg.

Täydentävät rakenteet

Rakennekerros	Materiaali	Määrä	Yksikkö
Puuikkunat	Puuikkuna	21	m2
Ulko-ovet	Puu-ulkoovi 9*21	6	kpl
Puuväliovet	Mäntyovi 9*21	8	kpl
Mdf-Väliovet	Mdf-ovi 9*21	0	kpl
Takka		0	kg
Puuportaatt	Puuporras	0	kpl
Terassi	Puurakenteinen terassi	24	m2

Täydentävien rakenteiden ympäristövaikutukset osamateriaaleittain

	massa (t n)	Uusiutuva raaka-aine (t n)	Uusiutumaton raaka-aine (t n)	Sitoutunut hiilidioksidi (t n)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiasisältö (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (t n)
Puuikkunat	1,5	0,5	0,9	-0,7	13,2	18,3	0,0	1,1
Ulko-ovet	0,4	0,2	0,5	-0,2	0,4	20,7	0,0	0,7
Puuväliovet	0,2	0,3	0,1	-0,4	0,7	1,2	0,0	0,1
Mdf-Väliovet	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Takka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Puuportaatt	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Terassi	0,5	0,5	0,0	-0,6	1,5	0,7	0,0	0,0
Yhteensä	3	1	1	-2	16	41	0	2

Laskennan muistiinpanot

Käyttäjän omat materiaalisyötteet

Rakennekerros	Materiaali	Määrä kg
Materiaali 1	Hirsi	1722
Materiaali 2	Havuvaneri	1200

Materiaalisyötteiden ympäristövaikutukset osamateriaaleittain

	massa (t n)	Uusiutuva raaka-aine (t n)	Uusiutumaton raaka-aine (t n)	Sitokutunut hiilidioksidi (t n)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Energiassisältö (GJ)	Kasvihuonekaasupäästöt (t n)
Materiaali 1	1,7	2,1	0,0	-2,3	4,5	3,4	0,0	0,2
Materiaali 2	1,2	1,0	0,0	-1,6	6,6	8,8	0,0	0,9
Materiaali 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Materiaali 4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Materiaali 5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Materiaali 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Materiaali 7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Yhteensä	2,9	3,1	0,0	-3,9	11,1	12,2	0,1	1,1

Laskennan muistiinpanot

Liite 3: Materiaalikuljetukset

Kuljetusten ympäristövaikutukset, As Oy Jokilehto, Normitalo ja ekologisin rakennus

Yhteenveto	Polttoaineen kulutus (kg)	CO2-ekv (kg)	Energiankulutus (GJ)	Uusiutumaton energia (GJ)	Uusiutuva energia (GJ)	Uusiutumaton raaka-aine (kg)	Uusiutuva raaka-aine (kg)
As Oy Jokilehto							
Rakennusvaihe	116,5	350	5	4,7	0,2	109,4	6,9
Korjausvaihe	30,5	91,5	1,3	1,3	0	28,6	1,8
Purkuvaihe	111,6	335,6	4,7	4,5	0,3	104,9	6,7
Yhteensä	258,6	777,1	11	10,5	0,5	242,9	15,4
Normitalo							
Rakennusvaihe	121,8	366,1	5,1	4,9	0,3	114,4	7,3
Korjausvaihe	30,5	91,5	1,3	1,3	0	28,6	1,8
Purkuvaihe	101,4	305,1	4,4	4,1	0,2	95,4	6
Yhteensä	253,7	762,7	10,8	10,3	0,5	238,4	15,1
Ekologisin rakennus							
Rakennusvaihe	65,8	197,5	2,8	2,6	0,2	61,6	4
Korjausvaihe	30,5	91,5	1,3	1,3	0	28,6	1,8
Purkuvaihe	81,1	244,1	3,5	3,3	0,2	76,3	4,9
Yhteensä	177,4	533,1	7,6	7,2	0,4	166,5	10,7