

NOLLAENERGIA-AUTOTALLI

Onni Karjalainen

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Onni Karjalainen	Vuosi	2018
Ohjaaja(t)	Juha Vesa		
Toimeksiantaja	Lapin Ammattikorkeakoulu		
Työn nimi	Nollaenergia-autotalli		
Sivu- ja liitesivumäärä	21 + 9		

Opinnäytetyössä tarkoituksena oli perehtyä 1. heinäkuuta 2016 voimaantulleeseen rakennusten energiatodistuslain muutokseen ja siihen, miten se vaikuttaa moottoriajoneuvosuojiiin (autotalleihin).

Työssä käsiteltiin sitä, miten lakimuutos vaikuttaa jo olemassa oleviin ja tulevaisuudessa rakennettaviin moottoriajoneuvosuojiiin ja niiden vaatimuksiin.

Esimerkkinä suunniteltiin kuvitteellinen 84 m² puolilämmin autotalli, joka täyttää nollaenergiatalon määritelmän.

Technology, Communication and Transport
Degree Programme in Civil Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Onni Karjalainen	Year	2018
Supervisor	Juha Vesa		
Commissioned by	Lapland University of Applied Sciences		
Subject of thesis	Zero Energy Garage		
Number of pages	21 + 9		

The purpose of this thesis was to study the changes of the energy certificate law that came into effect on 1 July 2016. In addition, it was studied how the law affects motor vehicle shelters or garages.

The thesis discussed how the change in the law affects the existing and the future building of the motor vehicle shelters and their demands.

An 84-square meter semi-warm zero energy garage was designed as an example. The garage meets the requirements of a zero energy building.

Key words

garage, energy certificate, zero energy

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 MITÄ NOLLAENERGIA TARKOITTAÄ.....	7
3 RAKENNUSTEN ENERGIATEHOKKUUSLAIN MUUTOS	8
4 ESIMERKKI PUOLILÄMPIMÄSTÄ AUTOTALLISTA	10
4.1 Vaipan lämmönläpäisykertoimet	10
4.2 Energia ja lämmitys	12
4.3 Esimerkki erillisestä 84 m2 puolilämpimästä autotallista.....	14
5 POHDINTA.....	18
LÄHTEET	20
LIITTEET	21

Olen harrastanut autoja ja muita moottoriajoneuvoja jo ennen kuin sain laillisesti ajaa yhdelläkään niistä. Osana harrastamista on ajoneuvojen korjaus ja modifiointi, joita on helpointa ja mukavinta tehdä kunnollisissa tiloissa. Vuosien varrella mopot ovat vaihtuneet ensin kelkoiksi ja kelkoista autoiksi. Käyttämäni pieni omakotitalon autotalli on käynyt ahtaaksi, kun harrastus on siirtynyt autoihin.

Harrastukseni on suurena syynä opinnäytetyöni valintaan. Suunnitelmissa on, että voin soveltaa opinnäytetyötä tehdessäni oppimiani asioita myöhemmin rakentaessani oman autotallini/harrastetilani asuntoni yhteyteen.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä perehdyn itseäni kiinnostavaan lakimuutokseen, joka koskee rakennuksia, jotka ovat aikaisemmin jääneet energiatodistuksen ulkopuolelle. Tällaisia rakennuksia ovat uimahallit, jäähallit, varastorakennukset, liikenteen rakennukset sekä rakennukseen liittyvät tai erilliset moottoriajoneuvosuojat. Edellä mainituista keskityn moottoriajoneuvosuoja eli kansankielessä autotalleja koskeviin muutoksiin, sillä olen ostanut omakotitalon, jossa ei ole harrastuskäyttöni käyttökelpoista autotallia. Edellä mainitusta syystä aihe kiinnostaa minua henkilökohtaisella tasolla.

Työssäni käyn läpi vanhan lain sekä 1. heinäkuuta 2016 voimaan tulleen lakimuutoksen välisiä eroja ja sitä, miten muutokset vaikuttavat erityisesti omakotien yhteydessä oleviin autotalleihin. Muutokset koskevat rakennuksen vaippojen U-arvoja ja rakennuksen käyttämää energiaa. Vaipalle on uudessa laissa asetettu vaaditut minimiarvot, toisin kuin vanhassa laissa niitä ei oltu määritelty lainkaan. Lähes nollaenergiarakennuksen tulisi tuottaa lähes yhtä paljon tarvitsemaansa energiaa uusiutuvista energiavaroista kuin se kuluttaa. Netto nollaenergiarakennuksen tulisi tuottaa yhtä paljon energiaa uusiutuvista energiavaroista kuin se kuluttaa. Edellä mainituista keskityn ensin mainittuun.

Esimerkkinä käydään läpi erillisen 84 m² autotallin vaatimukset energiatodistuksen vaatimusten täyttämiseksi niin rakenteen kuin lämmityksen ja sähkötuotannon osalta. Rakennuksen vaipan osia tarkastellaan tarkemmin myöhemmissä luvuissa. Kaikkia vaipan osia tulee parantaa aikaisempia vaatimuksia paremmiksi. Tärkeimpänä voitaisiin pitää ylä- ja alapohjaa, sillä kunnollinen alapohja estää kylmyyden nousemisen rakennukseen ja kunnollinen yläpohja puolestaan estää lämmön karkaamisen rakennuksesta. Seinien osalta riittävä eristys ja tiiveys ovat tarpeellisia, jottei niiden kautta tulisi lämpöhäviötä.

2 MITÄ NOLLAENERGIA TARKOITTAÄ

Nollaenergiatalo tarkoittaa, että rakennus tuottaa yhtä paljon uusiutuvaa energiaa käytettäväksi talon ulkopuolella kuin se kuluttaa uusiutumaton energiaa. Nollaenergia rakennus tuottaa lämmön ja sähkön uusiutuvasta energiasta, kuten maalämmöstä, tuulivoimasta, aurinkosähköstä ja aurinkolämmöstä. Rakennuksen tuottama ylimääräinen sähkö voidaan ohjata suoraan sähköverkkoon tai sillä voidaan ladata esimerkiksi sähköautoa. Tuotettu hukkalämpö voidaan käyttää viereisien rakennuksien lämmitykseen. Nollaenergiatalon ihanteellinen tilanne on, että rakennus tuottaisi kaiken tarvitsemansa energian itse uusiutuvilla energiamuodoilla, eikä se tarvitsisi ostettua uusiutumaton energiaa.

Lähes nollaenergiatalo tuottaa suurimman osan käyttämästään energiasta tai saa sen lähistöllä olevista rakennuksista. Uusiutuviin polttoaineisiin perustuva kaukolämpö lasketaan lähellä tuotetuksi energiaksi edellä mainittujen uusiutuvien energiamuotojen lisäksi. (Liite 1).

3 RAKENNUSTEN ENERGIATEHOKKUUSLAIN MUUTOS

3.1 Vanha laki rakennusten energiatehokkuudesta

Rakennusten energiatodistus tuli 50/2013 annetussa laissa pakolliseksi uudisrakennuksille joitain poikkeuksia lukuun ottamatta. Rakennusta, rakennuksen 4 § 1 momentissa tarkoitettua osaa tai huoneistoa taikka niiden hallintaoikeutta myytäessä tai vuokrattaessa tulee esittelytilanteessa olla nähtävissä voimassa oleva energiatodistus. Aikaisemmin energiatodistusta ei vaadittu seuraavilta rakennuksilta:

1. pinta-alaltaan alle 50 m² rakennukset
2. loma-asumiseen tarkoitetut rakennukset, joita ei käytetä majoituselinkeinon harjoittamiseen
3. tilapäiset tai määräaikaiset rakennukset
4. teollisuus- ja korjaamorakennukset, uimahallit, jäähallit, varastorakennukset, liikenteen rakennukset ja rakennuksiin liittyvät tai erilliset moottoriajoneuvosuojat
5. muuhun kuin asumiskäyttöön tarkoitetut maatarakennukset, joiden energian tarve on vähäinen tai joita koskee kansallinen alakohtainen energiatehokkuussopimus
6. suojelluilta rakennuksilta
7. kirkot tai muiden uskonnollisten yhteisöjen omistamat rakennukset joita käytetään vain kokoontumiseen, hartauden harjoittamiseen tai näitä palvelemaan toimintaan
8. kasvihuoneita, väestösuojia tai muita rakennuksia joiden käyttö tarkoitukseensa vaikeutuisi kohtuuttomasti
9. puolustushallinnon käytössä olevilta rakennuksilta. (Valtioneuvosto 2016.)

Ennen lakimuutosta autotalleilta ei vaadittu energiatodistusta, mikä on tehnyt tallien rakentamisesta vapaamuotoista. Osa talleista on rakennettu samoilla vaatimuksilla kuin omakotitalot, kun osa taas on rakennettu ilman kunnollista

vaippaa. Energiataloudellisuus ei ole ollut kaikissa tapauksissa mukana rakennusten suunnittelussa ja osasta rakennuksia onkin tullut huonoja energiatalouden kannalta.

Uusi laki rakennusten energiatehokkuudesta pakottaa rakentajat miettimään energiataloudellisuutta, samalla vähentäen lämmitys- ja käyttökustannuksia ja säästäen luontoa.

3.2 Muutoksen vaikutus moottoriajoneuvosuojaan

Nykyään autotallien tulee täyttää vähintään lähes nollaenergiavaatimukset EU-direktiivien mukaan. Tämä tarkoittaa sitä, että autotallien tulee jatkossa tuottaa suurin osa käyttämässään energiasta uusiutuvista energialähteistä ja kuluttaa vähemmän energiaa. Uusien rakennuksien tulee siis täyttää tiukemmat kriteerit kuin aikaisemmin, jolloin kriteereitä ei ollut. Tämä näkyy rakennus- ja korjauskustannuksissa niitä nostavasti.

Rakennuksien suunnitteluun tulee jatkossa käyttää hieman enemmän aikaa, jotta rakennukset saataisiin täyttämään lain vaatimat kriteerit. Suunnittelussa tulee keskittyä rakennuksen energian kulutuksen pienentämiseen ja hukkaenergian hyödyntämiseen. Rakennuksen tulisi tuottaa suurin osa sen tarvitsemasta lämmöstä ja sähköstä uusiutuvilla energioilla, kuten maalämmöllä, aurinkosähköllä ja aurinkolämmöllä. Rakennusten materiaaleihin tulee kiinnittää enemmän huomiota, jotta ne olisivat mahdollisimman energiaystävällisiä, esimerkkinä uudet ja tehokkaat eristeet sekä erilaiset rakenteelliset ratkaisut.

Rakennusvaiheessa kustannukset tulevat nousemaan, mutta pitkällä aikavälillä käyttökustannuksien tulisi laskea uusiutuvan energian käytön myötä. Tulevaisuudessa rakennettavien rakennusten käyttökustannukset todennäköisesti laskevat aina vain enemmän, kun uusiutuvan energian talteenottoon ja käyttöön liittyvä tekniikka kehittyy. Uusiutuva energia on käytännössä ilmaista sen talteenottoa ja käyttöä vaativien laitteiden hankinnan ja asennuksen jälkeen.

4 ESIMERKKI PUOLILÄMPIMÄSTÄ AUTOTALLISTA

4.1 Vaipan lämmönläpäisykertoimet

Aikaisemmin rakennuksen osille ei ollut määritelty U-arvoja, sillä ne ovat olleet vapautettuja energiatodistuksen piiristä. Lakimuutoksen jälkeen omakotitalo asujan olisi järkevintä rakentaa autotalli, joka täyttäisi puolilämpimän tilan määritelmän, mikäli autotallin pinta-ala tulee olemaan 50 m² tai suurempi. Alle 50 m² autotallit eivät kuulu energiatehokkuuslain piiriin. Rakennettaessa puolilämpimän autotalli ovat sen U-arvo vaatimukset pienemmät kuin lämpimän tilan. Puolilämpimälle tilalle asetetut minimi U-arvot ovat alapohjan osalta 0,14W/(m²K), seinien 0,26W/(m²K) ja yläpohjan 0,14W/(m²K). Verrattaessa aikaisempiin U-arvottomiin vaatimuksiin ero on huomattava.

Autotallissa ei tarvitse olla yhtä korkeita lämpötiloja kuin asuinhuoneistossa sillä siellä oleskelu on vähäistä ja autotalleissa käytettävät koneet ja kemikaalit kestävät puolilämpimälle tilalle asetetun lämpötilan (+5°C - +17°C). Matalampi lämpötila alentaa myös tarvittavan lämmitysenergian tarvetta. Asetetut U-arvot ovat vähimmäisvaatimuksia eli lämmitysenergian tarvetta saadaan pienennettyä myös parantamalla vaippojen U-arvoja vaadittua minimiä paremmaksi.

Autotallia suunnitellessa kannattaa miettiä, rakentaako tallin asuinrakennuksen yhteyteen vai erilleen muista rakennuksista. Rakennettaessa talli asuinrakennuksen tai muun lämpimän rakennuksen yhteyteen ulkoseinien yhteenlaskettu pinta-ala pienenee. Esimerkkinä asuinrakennuksen päähän jatkettu autotalli, jolloin asuinrakennuksen ja tallin välinen seinä ei ole yhteydessä ulkoilmaan. Rakennuskuluissa säästetään, kun eristettävien ulkoseinien yhteenlaskettu pinta-ala pienenee.

Puolilämpimän rakennuksen alapohjan lämmönläpäisykertoimen eli U-arvon tulee olla vähintään 0,14W/(m²K). Alapohjan eristys estää alhaalta tulevan kylmyyden pääsyn rakennukseen sekä lämmön karkaamisen maapohjaan, joten eristykseen on kiinnitettävä erityistä huomiota suunnittelu vaiheessa. Lattian eristys kannattaa toteuttaa ESP-eristeillä. ESP-eristeet eivät ime itseensä kosteutta ja näin ollen jäädy maasta nousevan kylmyyden johdosta. Lattialaatan paksuutta mietittäessä tulee ottaa huomioon tallissa käytettävien koneiden ja varusteiden kuten autonosturien vaatimat laatan paksuuden sekä painavien

koneiden kuten pyöräkuormaajien aiheuttamat pistekuormat. Lattialaatan kaadot tulee myös miettiä mahdollisten pesu- ja sulamisvesien johtamiseksi lattiakaivoon. Lattiakaivon tulee olla öljynerotuskaivo.

Yläpohjan tehtävänä on estää lämmön karkaaminen rakennuksesta. Fysiikan lakien mukaan lämpö nousee ylöspäin, joten yläpohjan eristys on erittäin tärkeässä osassa ajateltaessa lämmön pysymistä rakennuksessa. Yläpohjan ja ulkoseinien liitokset tulee eristää ja tiivistää tarkasti, jotta mahdolliset lämpövuodot saadaan ehkäistyä. Puolilämpimän rakennuksen yläpohjan tulee olla U-arvoltaan vähintään $0,14\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Puolilämpimän rakennuksen ulkoseinien U-arvon vähimmäisvaatimus on $0,26\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$. Arvo on huomattavasti pienempi kuin lämpimäntilan vastaava arvo ($0,08\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$) mikä näkyy suoraan rakennuskustannuksissa rakennekaksuuskosten ollessa pienempiä. Seinien eristykseen riittää normaali villa. Alajuoksuun ja kivijalan väliin asennetaan bitumikaista estämään kosteuden nousua alajuoksuun ja sitä kautta muihin rakenteisiin.

Sisäpintoja suunnitellessa tulee miettiä niiden kestävyyttä, jos esimerkiksi tallissa pestään autoja, tulee mahdollisten roiskevesien kanssa kosketuksiin tulevat seinät laatoittaa tai niille tulee asentaa esimerkiksi aaltopelti tai muu roiskevevettä kestävä materiaali, muissa tapauksissa seinille riittää maalaus.

Oville, ikkunoille, kattoikkunoille, savunpoisto- ja uloskäyntiluukuille ja kattovalokuvuille määritelty U-arvoraja on $1,4\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$. Ovien ja ikkunoiden U-arvot on ilmoitettu valmistajan puolesta, esimerkiksi Turner ilmoittaa 600-sarjansa asennettujen nosto-ovien U-arvoksi $1,0\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$. Nykyaikaisissa nosto-ovissa käytetään uretaanieristeitä, joiden ansiosta ovien paino on alhainen, materiaali paksuudet pieniä ja lämmöneristysominaisuudet huippuluokkaa. Nosto-ovet ovat helppokäyttöisiä ja niihin voidaan tarvittaessa asentaa sähkökäyttöinen aukaisumekanismi lisäämään käyttömukavuutta. Verrattaessa normaaliin oveen, on nosto-ovissa myös se etu, etteivät ne jumiudu talvella, kun polannetta pääsee kertymään oven eteen, sillä niiden aukeamissuunta on ylöspäin. Nosto-oviin on myös mahdollista asentaa erillinen kulkuovi jolloin koko

ovea ei tarvitse avata siitä kuljettaessa ja näin ollen lämpöhäviö talvella on pienempi.

Rakennuksissa ikkunat kannattaa sijoittaa eteläseinälle. Aurinko paistaa etelästä, joten etelän suuntaan sijoitetuista ikkunoista saadaan auringon lämpö ja valo johdettua sisälle. Esimerkkinä autotalliin sopivat HR-ikkunoiden MEK 2k 92-kiinteät puuikkunat joiden U-arvo on $1,32W/(m^2K)$. (Ympäristöministeriö 2011.)

4.2 Lämmitys ja energia

Nollaenergia rakentamisessa rakennuksessa tarvittava lämmitys- ja käyttöenergian tuotetaan uusiutuvilla luonnonvaroilla, joita ovat mm aurinkosähkö sekä maalämpö. Maalämpö on lämmitysmuotona helppo käyttää, sillä maalämpökoneisto on automatisoitua. Maalämpölämmityksen hankintakustannukset ovat hieman hintavia paikasta ja lämmitystarpeesta riippuen.

Maalämpöjärjestelmän toimintaperiaate on kohtuullisen yksinkertainen. Maalämpöjärjestelmä koostuu lämmönkeruuputkistosta, maalämpöpumpusta ja lämmönjakojärjestelmästä. Lämmönkeruuputkisto on tyypillisesti halkaisijaltaan 40 mm muoviputkea, jonka seinämän optimaalinen vahvuus on 2,4 mm, jolloin lämpö siirtyy valitusta lämmönlähteestä hyvin putkistossa kiertävään nesteeseen. Putkistossa kiertää veden ja bioetanolin seos, joka kerää maalämpökaivosta, vesistöistä tai maaperästä lämpöä maalämpöpumpulle. Maalämpökaivot pyritään poraamaan noin 200m syvyyteen, jotta kallioperästä saataisiin tarpeeksi lämpöä talteen kerättäväksi. Putkiston pituutta ei voida kasvattaa paljon yli 400 metriin, sillä virtausvastus ja painehäviö nousevat, jolloin keruunesteen virtaus putkistossa hidastuu. Putkisto voidaan myös mahdollisuuksien mukaan asentaa maaperään vaakatasoon noin 1,2 metrin syvyyteen, jos tontin pinta-ala sen sallii tai vähintään 3 metrin syvyyteen vesistöihin vesialueen omistajan luvalla. Vesistö ei mielellään saa olla virtaava joki. Lämmönkeruuputkisto on suljettu järjestelmä joka alkaa ja päättyy maalämpöpumpulle. Lämmönkeruuneste viilenee lämpöpumpussa kiertäessään noin 3 astetta. Maalämpöpumppu nostaa keruupiiristä saatavan noin +1 asteisen lämmön korkeampaan lämpötilaan, joka syötetään vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Lattialämpö on lämmönjakoverkostoista paras vaihtoehto maalämpöpumpun kanssa, sillä

lattialämmityksen lämpöä luovuttava pinta-ala on suuri ja mitä suurempi lämpöä luovuttava pinta-ala on, sitä alhaisempi lämmönjakojärjestelmän lämpötilan tarvitsee olla. Maalämpöjärjestelmää suunniteltaessa kannattaa kääntyä ammattilaisten puoleen parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi. (Senera 2017.)

Puulämmitteinen vesikiertoinen keskuslämmitys luetaan myös uusiutuviin energialähteisiin. Puulämmitysjärjestelmään kuuluvat puukattila, varaaja, automatiikka sekä lattialämmityspotkisto tai patteriverkosto. Järjestelmä on myös mahdollista toteuttaa ilman varaajaa, mutta lähes poikkeuksetta järjestelmissä on varaaja lämmön talteen ottamiseksi. Puukattiloita on olemassa erilaisia ja niissä voidaan käyttää puuta polttoaineena eri muodoissa. Kattilat voivat olla myös automatisoituja niin, ettei käyttäjän tarvitse olla lisäämässä polttoainetta säännöllisesti, esimerkiksi pellettikattiloissa voi olla automatiikka hoitamassa polttoaineen lisäämisen. Varaajan tehtävänä on säilöä lämmityksessä tuotettu lämpö, jotta kattilassa ei tarvitsisi olla jatkuvasti tulta. Tämä on normaalia klapia polttoaineena käytävissä kattiloissa, joita käytetään normaalisti omakotitaloissa. Kattiloissa on järjestelmästä riippuen eri määrä automatiikkaa, mutta yksinkertaisimmillaan niissä on termostaatti ohjattu kiertovesipumppu, joka siirtää kattilasta lämmintä vettä varaajaan. Varaajasta lämmin vesi kierrätetään toisella pumpulla lämmönjakeluverkostoon. Tätäkin pumpua ohjaa termostaatti. Termostaatti haastelee ulko- ja sisälämpötilaa, jonka mukaan se antaa käskyn kierrättää vettä järjestelmässä. Puukattilan kanssa käytetään vesikiertoista keskuslämmitystä eli patteriverkostoa tai vesikiertoista lattialämmitystä.

Sähköverkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä koostuu aurinkopaneeleista, vaihtosuuntaajasta ja asennustarvikkeista. Paneelien kennot valmistetaan piistä. Auringon fotoninen säteily irrottaa paneelin puolijohdemateriaalin elektroneja, jolloin muodostuu elektroniaukkopareja. Näihin vaikuttaa kennon P- ja N-kerrosten sisäinen sähkökenttä, jolloin elektronit kulkeutuvat kennon negatiiviselle elektrodille ja aukot positiiviselle. Kuorma kytketään johtimilla elektrodien välille, jolloin syntyy virtapiiri ja elektronit kulkevat sen läpi. Tämä on sähkövirtaa (Ahjo energia, 2017.). Vaihtosuuntaaja muuttaa aurinkopaneeleista saatavan tasavirran vaihtovirraksi, joka vastaa kiinteistön ja jakeluverkon vaatimuksia. Suomessa noin puolet aurinkoenergian säteilystä tulee suorasta säteilystä ja puolet hajasäteilystä eli pilvien ja ilmakehän sekä maan heijastamana. Paneelien toiminnan kannalta säteilyn tyypillä ei ole merkitystä.

Säteily määrä vaihtelee alueittain ja Ilmatieteenlaitoksen mukaan Helsingissä säteilyn määrä vaakasuoralle pinnalle on noin 980 kWh/m² ja Sodankylässä 790 kWh/m². Aurinkopaneeleita ei kuitenkaan yleensä asenneta vaakatasoon, vaan 45 asteen kulmaan mikä lisää hyödynnettävän säteilyn määrää 20-30% vuositasolla. Kennostolla kerätty energia voidaan käyttää lämmitys- tai käyttö sähköinä. Sähkölämmitys on lämmitysmuotona erittäin helppo ja huoleton, joskin sen kustannukset ovat suoraan verrannollisia sähkön hintaan. Käytettäessä aurinkosähköä kustannukset ovat kuitenkin pienempiä ja mikäli järjestelmään on liitetty akku, johon varataan virtaa lyhyitä sähkökatkoksia varten, voi se olla varauksella myös ainoa lämmitysmuoto. Sähkölämmitys on suosittu myös tukilämmitysmuotona. (Liite 2).

Edellä käsitellyistä lämmitysmuodoista autotalliin sopivimmat ovat maalämpö ja aurinkosähkö niiden helppouden ansiosta. Puulämmitys on työläs lämmitysmuoto, mikäli polttoaineen syöttöä ei ole automatisoitu ja vaikka automaatio löytyisikin tarvitsisi polttoainetta hankkia lisää aika ajoin. Aurinkosähköllä lämmitys- ja käyttö sähköjen kattamiseksi aurinkopaneeleita tarvitsisi huomattavan suuren määrän, mikä voi tulla hankinta vaiheessa hyvinkin kalliiksi. Maalämpöä kannattaa käyttää varsinkin silloin, jos talli on talon yhteydessä tai sen välittömässä läheisyydessä, jolloin voidaan käyttää samaa pumppua asuintalon kanssa. Mahdollisten sähkökatkojen varalta akkujärjestelmällä varustettu maalämpökoneisto on hyvä vaihtoehto myös syrjäisemmille autotalli ja halli rakennuksille.

4.3 Esimerkki erillisestä 84 m² puolilämpimästä autotallista

Rakennetaan esimerkkinä 84 m² erillinen puolilämmin autotalli. Talli suunnitellaan moottoriurheiluharrastusta ajatellen, käyttö tulisi siis olemaan autojen ja muiden moottoriajoneuvojen rakentamista, huoltoa sekä säilytystä. Tallin mitat ovat 9*11 metriä ja sisäkorkeus 3,5 metriä, sillä tallissa suunnitellaan käytettävän 2-pilarinostinta. 3000 kg nostin vaatii vähintään 120 mm laatan asennusta varten, mutta 150 mm laatan paksuus nostimen kohdalla on turvallisempi vaihtoehto. Rakenteessa ei tule olemaan poikkeamia normaaliin talliin verrattuna, mutta kaikki sähköjohdot, ilmalinjat ja vesiputket tullaan asentamaan pinta-asennuksena mahdollisten tallissa käytettävien laitteiden

uudelleen järjestelyjen helpottamiseksi. Lattian pintamateriaaliksi tulee kulutusta kestävä epoksinnoite ja lattiakaivoksi öljynerotuskaivo. (Liite 3).

Alapohjan U-arvoksi saadaan Puuinfon alapohjan lämmönjohtavuuden laskentaohjelmalla $0,139\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$, mikä alittaa sille asetetun alarajan niukasti. Perusmuurin paksuus on 300 mm ja siihen tulee 120 mm ESP-eriste pystyyn asennettuna. Liitteenä olevasta rakennekuvasta nähdään, että betonilaatan paksuudeksi tulee 120 mm, sen alle asennetaan 200 mm ESP-eriste ja eristeen alla on tiivistetty maa-aines. 2-pilarinosturin varauksien kohdalle valetaan 150 mm vahva laatta tai vaihtoehtoisesti asennuksessa voidaan käyttää erityisiä vahvistuslevyjä, joilla nosturin kuorma jaetaan isommalle alalle jolloin ohuempi laatanpaksuus riittää nosturin kiinnittämiseksi (Liite 4 ja 5).

Ulkoseinien rakenne tulee olemaan sisältä ulospäin seuraava: 13 mm kipsilevy, höyrynsulku, runko 150 mm + mineraalivilla 150 mm, tuulensuojalevy 25 mm, pystykoolaus 25 mm, ulkovuoraus asuinrakennuksen mukainen. Seinän paksuutta ei ole tarvetta kasvattaa, sillä haluttuun lopputulokseen päästään jo pienemmillä rakennekaksuuksilla, tässä tapauksessa 188 mm. Rakenteen U-arvoksi tulee $0,24\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$, U-arvon laskenta päättyy tuulensuojalevyyn, koska tuuletusraon jälkeen tulevat rakenteenosat eivät vaikuta enää U-arvoon merkittävästi. Sisäpinnat maalataan mieluisan teeman mukaan ja lattian sekä seinien liitoksen kosteussulku nostetaan seinille, jotta pesuvedet eivät pääse yhdyskohdasta rakenteisiin. Hyvin toteutettu höyrynsulku takaa, ettei talvella haihtuvat sulamisvedet pääse rakenteisiin vaan ne saadaan ohjattua ilmanvaihdon kautta ulos (Liite 6 ja 7).

Ikkunoiksi valitaan aikaisemmassa luvussa mainitut HR-ikkunoiden MEK 2k 92-kiinteät puuikkunat, joiden U-arvo on $1,32\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$. Ikkunoita tulee 4 kappaletta koossa 9*6 hallin takaseinälle sekä käyntioven viereen yksi koossa 6*12. Kesäaikaan ikkunoista saadaan valoa sisätiloihin, jolloin sähkönkulutus pienenee. Nosto-oveksi tulee niin ikään edellä mainittu Turner 600-sarjan ovi, jonka U-arvo on $1,0\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ja käyntioveksi Turnerin varastonovi koossa 9*21 jonka U-arvo on $0,8\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$. Molemmat täyttävät niille asetetut U-arvojen rajat. Nosto-oven ja käyntioven yhdistelmällä vähennetään lämpöhukkaa, kun jalankulku toteutetaan käyntioven kautta. Tarvittaessa nosto-oveen voidaan asentaa sähkötoiminen nostin, jolla oven käyttömukavuus paranee. Nosto-oven

yhteyteen voidaan asentaa ilmasulku, joka ehkäisee lämmön karkaamista ovea aukaistaessa. Mesvac ilmasulku mahdollistaa oven auki pitämisen lähes jatkuvasti sen tuottaman kapean ilmaverhon avulla. Ilmasulku voidaan käyttää tarvittaessa myös rakennuksen lämmitykseen. Ilmasulku on järkevä vaihtoehto, jos nosto-ovea tarvitsee avata useampia kertoja päivässä esimerkiksi auton sisään ja ulos ajamisen johdosta.

Yläpohjan rakenne on sisältä ulospäin seuraava: kipsilevy 13 mm, koolaus 48 mm, höyrynsulkumuovi, kattoristikot, eristevilla 350 mm. U-arvoksi saadaan $0,13W/(m^2/K)$. Yläpohjan tuulenohjaus toteutetaan tuulensuojalevyllä. Tuulenohjaus estää ilmavirtausta liikuttamasta puhallusvillaa ja samalla se ehkäisee tuuletusilmaa jäädyttämästä eristeen yläpintaa. Yläpohjassa ei ole erikoista rakennetta tai eristepaksuuksia. Valaistuksen sähköjohdot asennetaan pinta-asennuksena, jotta mahdollinen uudelleen sijoittelu helpottuu. Katoksi valitaan huopa päällysteinen harjakatto kaltevuudella 25° . Rakennekuvasta poiketen villa peittää kattotuolin alapaarten kokonaan. Yläpohjan eristys voidaan toteuttaa joko kokonaan puhallusvillalla tai asentamalla puhallusvillan alle palavillaa tiiviimmän rakenteen aikaansaamiseksi (Liite 8 ja 9).

Rakennuksen tarvitsema sähkö tuotetaan aurinkopaneeleilla. Jos katon toinen lape hyödynnetään aurinkosähkön keräämistä varten, voidaan noin $36 m^2$ järjestelmällä tuottaa laskennallisesti noin $4600 kWh/vuodessa$ (Areva Solar Oy, 2017.). Rakennuksen energiankulutus on arviolta $2500 kWh$ vuositason, joten aurinkosähkö pitäisi riittää mainiosti kattamaan rakennuksen vuosittainen sähkönkulutus.

Lämmityksen osalta turvaudutaan maalämpöön, joka on helppokäyttöinen lämmitysmuoto niin asuintaloon kuin autotalliin. Yksi maalämpökaivo sekä pumppu riittävät puolilämpimän tilan lämmitykseen, maalämpökaivon ollessa $150-160$ metriä syvä ja pumpun ollessa $6 kW$. Yhden neliön lämmittämiseen puolilämpimässä tilassa kuluu noin $40 W$, joten pienempi $4 kW$ pumppukin riittäisi mutta asiantuntijan mukaan energiatalouden kannalta on järkevää käyttää sopivaa puskurivaraajaa lämmönjakojärjestelmässä. Tällä saadaan maalämpöpumpulle joka tilanteessa riittävän pitkät käyntijaksot, sekä pitkät taukoajat, eikä ylimitoittamisesta koidu näin ollen ongelmaa vaan pikemminkin etua.

Maalämpöpumppu kiinteällä varaajalla sijoitetaan hallin peränurkkaan, johon sille voidaan myöhemmin rakentaa äänieristävä koppi, jos sellaiselle nähdään tarvetta.

5 POHDINTA

Uusi laki muuttaa autotallien rakentamisen kustannuksia, kun puhutaan ehkä hiukan normaalia isommista autotalleista. Alle 50 m² riittää varmasti useimmille omakotiasujille, mutta puhuttaessa aktiivisemmista käyttäjistä, jotka tarvitsevat enemmän tilaa toiminnalleen, nousevat rakennuskustannukset jonkin verran.

Lakimuutoksen jälkeen vaipan tärkeys rakenteessa nousee tärkeään osaan, sillä vaipan uusien U-arvo vaatimuksien johdosta rakennuksista tulee energiatehokkaampia, mutta kalliimpia rakentaa. Tämä vaikuttaa varmasti monen suunnitelmiin tallin kokoa tai rakentamista koskien. U-arvot eivät ole puolilämpimälle tilalle mahdollomia tai kovin kalliita toteuttaa, mutta aikaisempaan verrattuna suunnitteluvaiheessa tarvitaan enemmän suunnittelua vaipan rakenteen ja rakennuksen energian kulutuksen ja tuotannon suhteen. Rakennepaksuuksia on hyvä suurentaa pienemmän lämpöhäviön takia. Uusiutuvia energiavaroja tulee valjastaa käyttöön mahdollisuuksien ja tarpeen mukaan. Maalämpö, aurinkoenergia sekä -lämpö ovat parhaat vaihtoehdot energiantuotantoon.

Rakennuskustannuksissa tehtyjen investointien ansiosta käyttökustannukset laskevat pitkällä aikavälillä, joten rakennusvaiheessa tehdyt energiatehokkuuteen tähtäävät ratkaisut eivät mene hukkaan. Uusiutuvien energiavarojen käyttö on halvempaa, ovathan ne käytännössä ilmaisia laitteiston hankinnan jälkeen. Nykyinen energian talteenottoon liittyvä tekniikka on jo tehokasta, mutta tulevaisuudessa tekniikka tulee kehittymään entisestään ja tehokkuus nousemaan entisestään.

Suuremmassa mittakaavassa katsottuna rakennuksien energian tullessa uusiutuvista energianlähteistä uusiutumattomien sijaan myös ympäristö kiittää. Yksi autotalli ei tähän vielä vaikuta, mutta lakimuutoksen myötä muutokset koskevat yhä useampaa autotallia, jolloin pitkällä aikavälillä kokonaisvaikutus näkyy.

Oma kiinnostukseni aihetta kohtaan kasvoi työn edetessä, sillä kuten edellä mainitsin, on tarkoitukseni rakentaa vastaava talli omalle pihalleni. Lämmityksen osalta omassa tapauksessani samalla pumpulla lämmitettäisiin sekä tallia että asuinrakennusta, joka lämpenee tällä hetkellä klapilla.

Opinnäytetyöksi aihe on mielestäni hyvä, sillä lakimuutos on tuore eikä siitä ole tietääkseni tehty tekemäni kaltaista tutkimusta. Haastavan aiheesta teki se, ettei tietoa löydy vain yhdestä paikasta kattavasti, vaan sitä piti kerätä useammasta paikasta ja laittaa yksiin kansiin. Tilkkutäkistä muodostui kokonaisuus, joka on nyt luettavissa opinnäytetyöni muodossa.

LÄHTEET

Ahjo energia. Aurinkopaneelien toiminta. Viitattu 14.2.2017.
<http://www.ahjoenergia.fi/index.php/periaatteet/aurinkopaneelien-toiminta>.

Areva Solar. Fronius-invertteri, SaloSolar-paneelit. Viitattu 10.1.2017. Hinnasto.
http://www.arevasolar.fi/sites/default/files/fronius_hinnasto_salosolar_265w_poly_paneeleilla_uusi.pdf.

HR ikkunat. MEK 2k 92- kiinteä puuikkuna tuotekortti. Viitattu 5.5.2016.
<http://hrikkunat.fi/mediapankki/tuotekortit/Tuotekortti%20MEK%202k%2092.pdf>.

Isover 2016. Nollaenergia suunnittelu. Viitattu 12.4.2016.
<http://www.isover.fi/suunnittelu/nollaenergia>.

Isover 2017. Omakotitalon ja pientalon eristäminen. Viitattu 17.12.2017.
<https://www.isover.fi/ratkaisut/pien-ja-rivitalot>.

Mesvac. Ilmasulut esite. Viitattu 17.12.2017.
<http://www.mesvac.fi/Download/22663/Ilmasulut%20esite.pdf>.

Senera. Maalämpö. Viitattu 14.2.2017. <http://www.senera.fi/Maalampo/>.

Valtioneuvosto 2016. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi rakennuksen energiatodistusta annetun lain 3 §:n muuttamisesta. Viitattu 12.4.2016.
<http://valtioneuvosto.fi/paatokset/paatos?decisionId=0900908f804998fa>.

Ympäristöministeriö 2011. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta. Viitattu 8.1.2017. http://www.finlex.fi/data/normit/37188/D3-2012_Suomi.pdf.

LIITTEET

Liite 1. Isover 2016

Liite 2. Ahjoenergia 2017

Liite 3. Lahti-huvilat 2017

Liite 4. Puuinfo 2016

Liite 5. Puuinfo 2016

Liite 6. Puuinfo 2016

Liite 7. Puuinfo 2016

Liite 8. Puuinfo 2016

Liite 9. Puuinfo 2016

Esimerkkejä lähes nollaenergiatalon ja nettonollaenergiatalon energiaratkaisuista

Lähes nollaenergiatalo 150m²:

Energiantarve vuodessa yhteensä 10 200 kWh:

- ♦ Tilojen ja veden lämmityksen energiantarve 6 000 kWh, joka katetaan maalämpöpumpulla, jonka ostosähkön kulutus on 2 000 kWh
- ♦ Sähköenergian käyttö (maalämpöpumppu, talous- ja muu kiinteistösähkö yhteensä): 6 200 kWh katetaan talossa tuotettavalla energialla ja verkkosähköllä

Energian tuotanto rakennuksessa vuodessa:

- ♦ Aurinkosähkö: 3 750 kWh eli 60% kokonaiskulutuksesta, noin 40 m² paneelipinta-ala. Energia käytetään talossa.

Nettonollaenergiatalo 150m²:

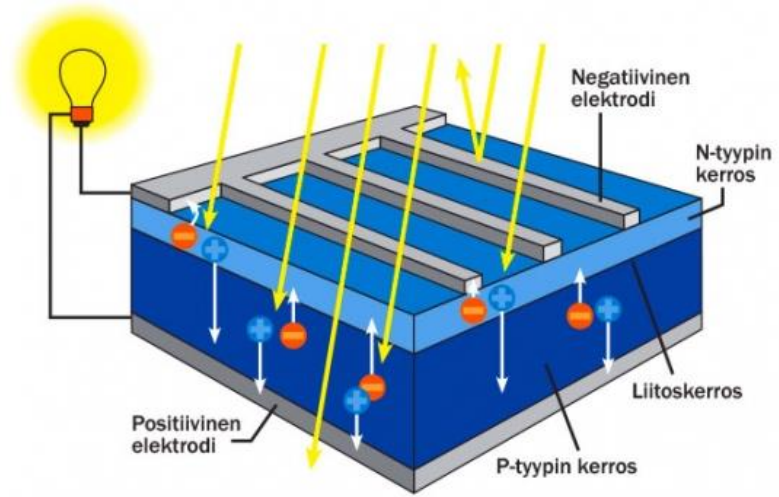
Energiantarve vuodessa yhteensä 8 250 kWh.

- ♦ Tilojen ja veden lämmityksen energiantarve 4 500kWh, katetaan maalämpöpumpulla, jonka ostosähkön kulutus on 1 500kWh.
- ♦ Sähköenergian käyttö (maalämpöpumppu, talous- ja muu kiinteistösähkö yhteensä): 5 250 kWh, katetaan verkkosähköllä.

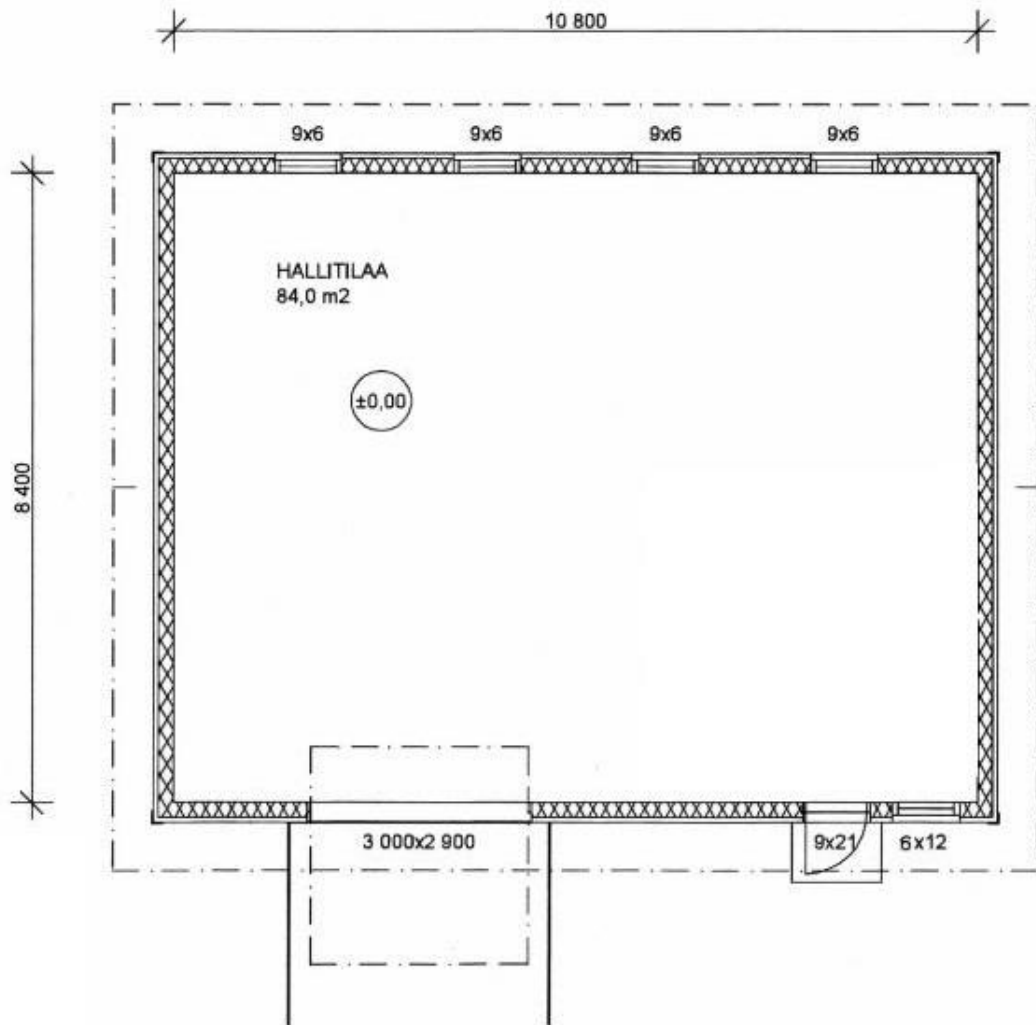
Energian tuotanto rakennuksessa vuodessa:

- ♦ Aurinkosähkö: 5 250 kWh eli 100% kokonaissähkön kulutuksesta, noin 55m² paneelipinta-ala. Energia syötetään joko sähköverkkoon tai muuhun talon ulkopuoliseen käyttöön.

Liite 1. *Esimerkkejä lähes nollaenergiatalon ja nettonollaenergiatalon energiaratkaisuista. (Isover 2016.)*



Liite 2. Aurinkopaneelin toimintaperiaate. (Ahjo energia 2017.)



Liite 3. Pohjakuva. (Lahti-huvilat 2017.)

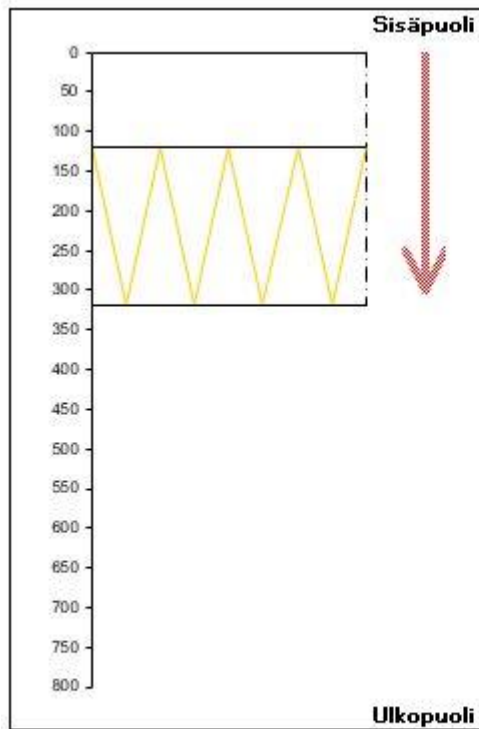
Alapohjan tyyppi	Maanpäällinen alapohja	Lämmönjohtavuus [λ]	0,037 W/mK
Reunan lisäeristys	Pystyeriste	Paksuus [d]	120 mm
Kellarin seinätyyppi	Ei kellaria	Korkeus [D]	500 mm

Pinta-ala [A] ja ympärysmitta [P]	
Alapohjan pinta-ala [A]	84,0 m ²
Alapohjan ympärysmitta [P]	40,0 m
Perusmuurin paksuus [w]	300 mm

RAKENNEKERROKSET		λ -arvoja
<i>Sisäpinta</i>		
1	Betonilaatta	
	Kerroksen paksuus [d]	120,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	2,500 W/mK
2	Polystyreeni (EPS)	
	Kerroksen paksuus [d]	200,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,037 W/mK

LAATAN REUNAN RAKENNE	
Mittaviivojen selitykset	
$x \rightarrow x$	= perusmuurin paksuus [w]
$x \rightarrow x$	= pystyeristeen korkeus [D]

Liite 4. Alapohjan rakenteen tiedot. (Puuinfo 2016.)

**SUhteellinen LATTIAMITTA**

A	84,0	m ²
P	40,0	m
B'	4,200	m

LATTIAN EKVIVALENTTI PAKSUUS

w	0,300	m
d _k	11,627	m
λ _{poruroma}	2,000	W/mK
R _{si}	0,170	m ² K/W
R _{se}	0,040	m ² K/W
R _f	5,453	m ² K/W
R _q	0,960	m ² K/W

SEINÄN EKVIVALENTTI PAKSUUS

z	-	m
d _u	-	m
R _u	-	m ² K/W

U-ARVO

ψ _{q,0}	-0,02	
U ₀	0,15	W/m ² K
U _{bf}	-	W/m ² K
U _{bu}	-	W/m ² K

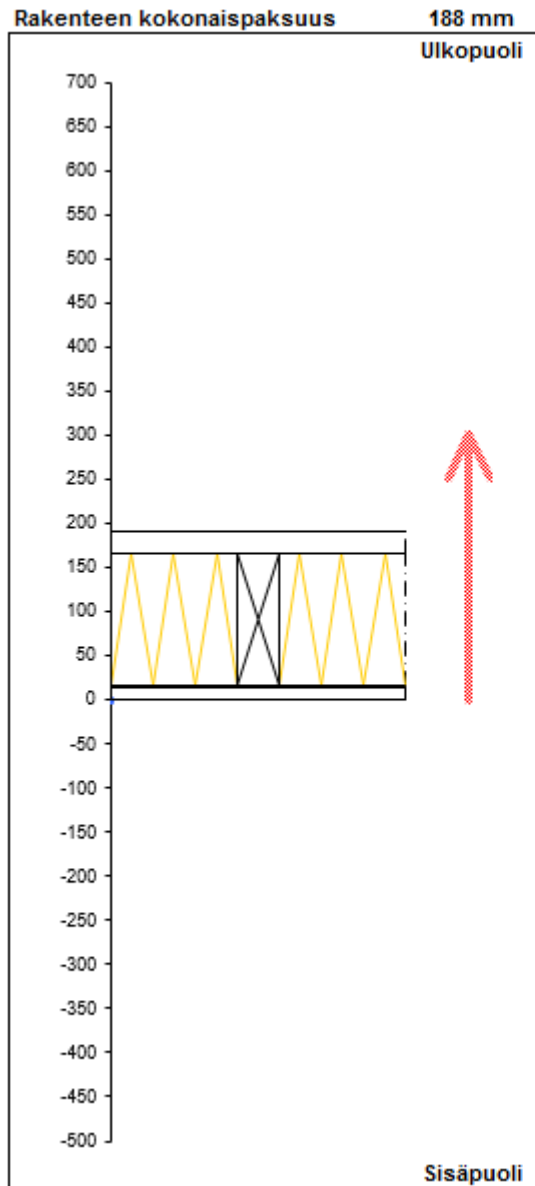
ALAPOHJAN U-ARVO

$$U_c = 0,1390 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Liite 5. Alapohjan rakenteen tiedot. (Puuinfo 2016.)

Puurakenteinen ulkoseinä	d [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	b [mm]	s [mm]
Sisäpinta			0,1300		
1 Kipsilevy	13	0,230	0,0565		
2 Ilman- ja höyrynsulku	0,2	0,330	0,0006		
3 Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	150	0,037	3,4372	48	600
4 Kuitulevy	25	0,055	0,4545		
Ulkopinta			0,1300		

Liite 6. Puurakenteisen ulkoseinän tiedot. (Puuinfo 2016.)



MUURAUSSITEET ERISTEEN LÄPI

Ei muuraussiteitä

OSA-ALUEIDEN PINTA-ALAOSUUEDET

f_a	0,920	<i>Eriste</i>
f_b	0,080	<i>Pystykoolaus</i>
f_c	0,000	<i>Vaakakoolaus</i>
f_d	0,000	<i>Koolausristeys</i>

OSA-ALUEIDEN LÄMMÖNVASTUKSET

R_a	4,826	m^2K/W
R_b	2,022	m^2K/W
R_c	0,000	m^2K/W
R_d	0,000	m^2K/W

U-ARVO

R'_T	4,344	m^2K/W
R''_T	4,209	m^2K/W
U	0,234	W/m^2K
$\Delta U''$	0,010	W/m^2K
ΔU_g	0,007	W/m^2K
ΔU_f	0,000	W/m^2K

ULKOSEINÄN U-ARVO

$$U_c = 0,2409 \text{ W/m}^2\text{K}$$

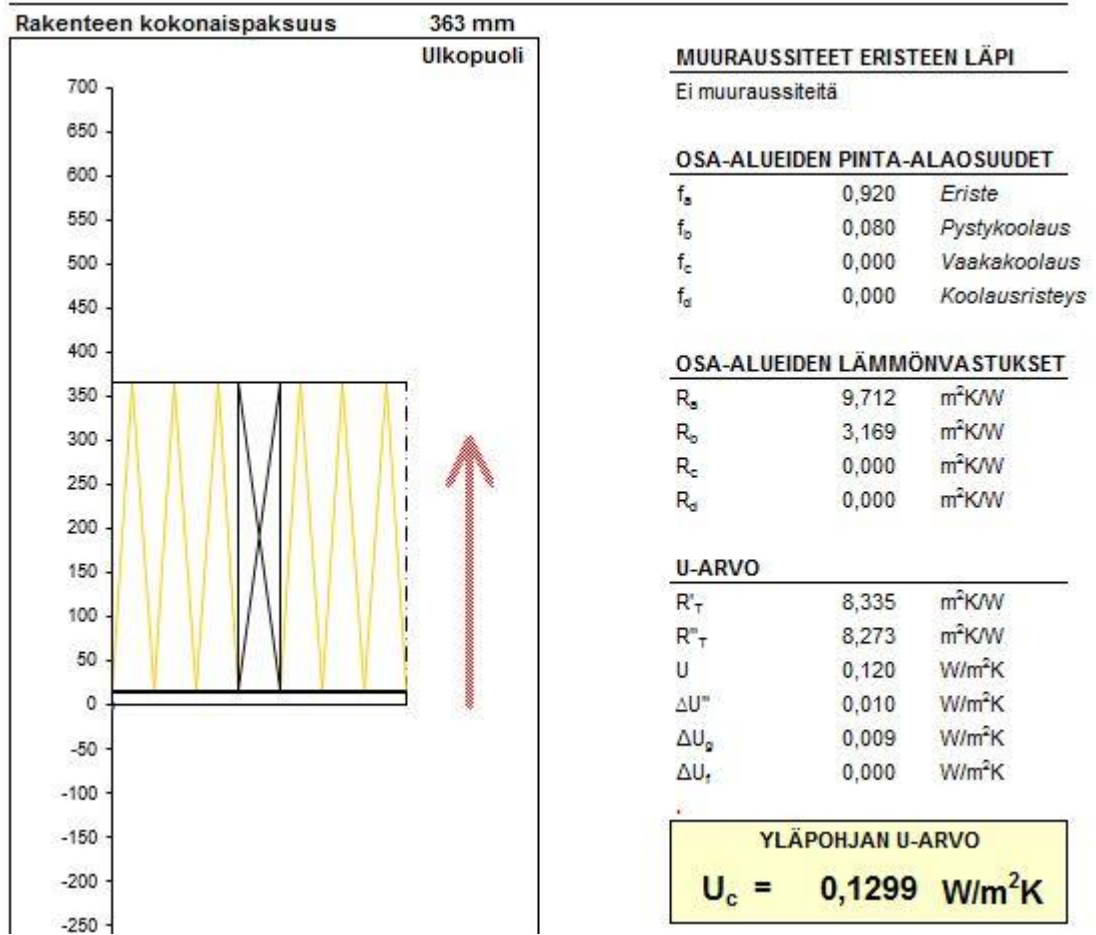
VIRHEILMOITUKSET

.
.
.
.
.
.

Liite 7. Puurakenteisen ulkoseinän tiedot. (Puuinfo 2016.)

Puurakenteinen yläpohja	d [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	b [mm]	s [mm]
Sisäpinta			0,1000		
1 Kipsilevy	13	0,250	0,0520		
2 Ilman- ja höyrynsulku	0,2	0,330	0,0006		
3 Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	350	0,037	8,0202	48	600
Ulkopinta			0,1000		

Liite 8. Puurakenteisen yläpohjan tiedot. (Puuinfo 2016.)



Liite 9. Puurakenteisen yläpohjan tiedot. (Puuinfo 2016.)