

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka, Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Darja Melentyeva

Olkirakenteinen kupolimuotoinen pientalo

Opinnäytetyö 2015

Tiivistelmä

Darja Melentyeva

Olkirakenteinen kupolimuotoinen pientalo, 42 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka, Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennessunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2015

Ohjaaja: lehtori Martti Muinonen, Saimaan ammattikorkeakoulu

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on esitellä olkirakentamista ekologisena ja vaihtoehtoisena pientalon rakenneratkaisuna. Työssä perehdyttiin olkipaalirakentamiseen. Työn tarkoituksena oli käsitellä kupoli -ja olkipaalirakenteisen pientalon suunnittelua ja toteutusta sekä selvittää, voiko olkipaalirakenteista pientaloa toteuttaa Suomen rakentamismääräyksien mukaisesti.

Työn alkuosassa käsitellään olkea rakennusmateriaalina ja olkirakenteen toteutusta yleisellä tasolla. Lisäksi lyhyesti kerrotaan kupolirakenteesta ja sen eduista ja haitoista. Työn loppuosassa paneudutaan olki - ja kupolirakenteisen pientalon rakenneratkaisuihin.

Työssä esitellyllä mallitalolla ei ole tilaajaa eikä toteuttajaa, vaan rakenneratkaisua tarkastellaan teoreettisesti ja alustavien luonnossuunnitelmien mukaisesti. Kaavamääräysten tai tontin maaperän asettamien rajoitusten vuoksi kohteen toteutusratkaisut on pyritty suunnittelemaan niin, että ne sopivat yleisimpiin kaavamääräyksiin ja pohjaolosuhteisiin, tai olisivat niihin pienin muutoksiin helposti sovitettavissa. Suunnittelusta talosta on tarkoitus tulla energiatehokas, terveellinen ja käytännöllinen sekä moderni pientalo, joka toteuttaa omatoimirakentajan Eko – ja Green Building-periaatteita.

Työni lopputoteutumana voidaan todeta, että kupoli- ja olkirakenteinen pientalo voisi olla mahdollista toteuttaa tietyin varauksin Suomessakin. Suurimpia ongelmia tulevat olemaan rakennuslupaan liittyvät ympäristö- ja arkkitehtuuriongelmat, rakenteelliset ratkaisut sekä oikeaoppinen olkirakentamisen toteutus työmaalla.

Asiasanat: olki, kupoli, pientalo, ekologinen

Abstract

Darja Melentyeva

Straw-bale structured dome house, 42 Pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Degree Programme in Civil and Construction Engineering

Specialisation in Structural Engineering

Bachelor's Thesis 2015

Instructor: Mr Martti Muinonen, lecturer, Saimaa University of Applied Sciences

The aim of this thesis was to present straw construction as an alternative option for building ecologic detached houses. The information presented in this paper was gathered by analyzing and studying different sources regarding straw-bale construction.

The objective was to cover straw and dome construction methods as an alternative option for designing detached houses, aiming to find out if the use of straw-bale construction method is possible to be implemented in a way that meets Finland's building regulations.

In the first part of the thesis deals with straw as a construction material is introduced and discussed at the general level. Moreover, dome constructing method, its benefits and disadvantages are shortly presented. At the end of this thesis the focus is on introducing different structural solutions for straw-bale, dome structured detached houses.

The sample house presented in this paper has yet no executor and the model has not been ordered. The sample house's role in this thesis was to work as a theoretical example of a straw-bale structured house and present a preliminary draft plan. The objective was to design a detached house that would not only be energy efficient, ecologic and practical but also esthetic and modern. Moreover, the purpose was to carry it out in a way that follows Eco and Green Building principles.

As a conclusion for this thesis, we may conclude that dome and straw-bale structured detached houses could possibly be used in Finland as an alternative construction method. However, some restrictions and regulations need to be taken into account. Some of the biggest stumbling blocks are probably going to be related to environmental and architectural problems that come along with the building permission. Additionally, the structural solutions and the professional and orthodox execution of the straw-bale construction might be a concern.

Keywords: straw, dome, detached house, ecological

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Ekologisuus ja olkipaalirakentaminen	7
2.1	Olki rakennusmateriaalina	8
2.1.1	Hyödyt ja haitat.....	10
2.1.2	Palaaminen	11
2.2	Laasti	11
2.3	Geodeettinen kupolirakenne	11
2.3.1	Hyödyt ja haitat kupolirakenteessa.....	12
3	Tilasuunnittelu ja muoto	14
4	Rakennuspaikan valinta	15
	Kaavoitus.....	15
5	Rakennetyypit	17
5.1	Kantavat rakenteet.....	17
5.2	Perustus ja alapohja	19
5.3	Ulkovaippa	22
5.4	Yläpohja.....	24
5.5	Ikkunat	25
5.6	Väliseinät	26
6	Tekniset järjestelmät	28
6.1	Lämmitys	28
6.1.1	Tulisija	28
6.2	Energiatuotanto	29
6.3	Vesi.....	30
6.4	Jätevesijärjestelmä	31
6.5	Ilmanvaihto ja ilmastointi RakMk.....	32
7	Suomen rakentamismääräyskokoelman soveltaminen.....	33
7.1	Ääni ja melu	33
7.2	Kosteus.....	34

7.3	Paloturvallisuus.....	35
8	Olkipaalitalon rakentaminen	36
9	Yhteenveto	38
	Taulukot	39
	Kuvat	39
	Lähteet.....	40

1 Johdanto

Kiinnostukseni olkirakentamiseen on syntynyt, kun olen tutustunut ekologiseen rakentamiseen. Haluan, että monet ihmiset pystyisivät rakentamaan itselle halvalla ja ekologisesti. Olemme puolisoni kanssa käyneet Venäjällä tutkimassa ja keskustelemassa ekologisesta rakentamisesta asiantuntijoiden kanssa mahdollisesta rakennusprosessista tulevaisuudessa.

Ajatuksena on suunnitella edullinen ja ympäristöystävällinen talo, joka kuluttaa vähän energiaa ja on lämmin sekä on helppo rakentaa. Talo ei saa tulla olemaan monimutkainen.

Uskon, että olkipaalirakentaminen on tulevaisuudessa lisääntyvä rakentamismuoto. Kokemusta aiheesta sain lukemalla paljon venäjänkielisiä internetsivustoja ja tutkimalla eri vaihtoehtoja ja yhdistämällä niitä. Lähitulevaisuudessa olemme rakentamassa ensimmäistä taloa, se olisi hyvä alku parantamaan tulevien talojen teknisiä ominaisuuksia.

Tätä työtä oppaana käyttävän tulee kuitenkin muistaa, että pientalon rakennushanke on hyvin laaja ja monimuotoinen, eikä sitä ole mahdollista täysin kattavasti käsitellä yhdellä opinnäytetyöllä. Oman talon rakentaminen on usein elämän tärkein, taloudellisesti suurin, raskain ja ikimuistoisin projekti, eikä siihen siis ole syytä lähteä huonosti valmistautuneena.

Opinnäytetyö käsittää olkipaalirakenteiden perustietoja sekä historiaa. Kyseisestä aiheesta ei vielä ole Suomessa kovin paljon tietoa saatavilla, koska aihe on täällä vielä melko uusi. Rapattua olkirakennetta on käytetty Suomessa jo 1700 – luvulla, tosin melko harvoin, mutta rakenne on silti tunnettu. Tämä opinnäytetyö sisältää erityisesti kupolirakenteisen pientalon toteuttaminen olkipaaleista. Lisäksi työssä tutkitaan olkipaalirakentamisen sekä kupolirakennuksen hyötyjä ja haittoja sekä niiden toteuttamista Suomen ympäristöolosuhteissa.

Talon teknisiä järjestelmiä työssä myös käsitellään. Opinnäytetyö painottuu olkirakenteisen talon suunnitteluun, tässä työssä kustannuslaskelmia ei käsitellä.

2 Ekologisuus ja olkipaalirakentaminen

Olkipaalirakentaminen on kasvanut ympäri maailmaa. Tieto perustuu ihmisten kertomiin kokemuksiin, lehtiartikkeleihin ja muihin lähdetietoihin. Syynä tähän on muun muassa rakennusmateriaalin edullisuus ja yksinkertainen rakentamistapa sekä se, että olkipaali toimii sekä kantavana että eristävänä seinärakenteena. Energiaominaisuudet, sisäilman laatu ja suunnitteluratkaisut sekä toteutukset miellyttävät tilaajia ja rakentajia. Olkipaali sisältää hyvät lämmöneristysarvot huokoisuuden takia.

Olkipaalirakentaminen on tuonut uuden mahdollisuuden rakentaa ekologisesti ja hyödyntää maanviljelijöiden kanssa nykyisin jätteeksi mielletty olki rakennusaineeksi.

Olkipaaleja on käytetty pientalorakentamisessa ja myös isoimmista kohteista jo 1900 – luvun alussa Yhdysvalloissa. Tällöin olkipaalit tehtiin vielä käsin puristamalla. Vasta 1970 – luvulla ilmiö levisi maailmalle. Olkipaalirakentamisen tekniset ominaisuudet on todettu hyviksi mm. Saksassa ja Englannissa ja monissa muissa Keski – Euroopan maissa. 1900 – luvun alussa rakennettujen vanhimpien rakennuskohteiden rakenteista ei löydy vaurioita lähes ollenkaan. Materiaali soveltuu hyvin Suomen ilmastoon. (Schmidt 2012.)

Ekologisesta rakentamisesta alettiin Suomessa puhua 1970-luvulla energiakriisin ja yleisen ympäristöheräämisen myötä. Ekologisessa rakentamisessa pyrittiin ennen kaikkea energiansäästöön ja riippumattomuuteen fossiilisista polttoaineista, mutta myös luonnonmukaiseen ja luonnonläheiseen elämäntapaan.

Ekotalo on hyvin eristetty, luonnonmukaisista ja paikallisista materiaaleista rakennettu luonnon- ja kulttuuriympäristöä kunnioittava asuinrakennus, joka lämpiää vähällä, uusiutuvalla energialla. Mitä vähemmän energiaa ja luonnonvaroja materiaalien valmistamiseen on sitoutunut, sitä vähemmän niistä on ympäristölle haittaa.

Ekorakentaminen on järkevää myös siitä syystä, että luontoa säästävä talo säästäisi lisäksi asukkaidensa kukkaroa ja terveyttä. Olkipaaleilla saadaan

aikaan ns. ”hengittävä” rakenne, joka täyttää myös nykyiset rakennusmääräykset. (Arkkitehtuurimuseo.)

2.1 Olki rakennusmateriaalina

Olki koostuu lähes samoista aineista kuin puu. Vehnän olki koostuu selluloosasta (37 %), hemiselluloosasta (23 – 30 %), ligniinistä (20 %), tuhkasta (7 – 9 %), silikaatista (n. 2 %). Olki vaatii vain muutaman päivän kuivumisen pellolla, jolloin sen kosteus on noin 25 %. Tämän jälkeen olki voidaan paalata oikeaan kokoon. Lopputuotteena on poikkileikkaukseltaan 500 x 800 mm ja pituudeltaan noin 1900 mm ”rakennuspalikka”. Taulukossa 1 on esitetty tiedot olkipaalimateriaalista. (Kantavan olkipaalirakenteen pioneerityötä Suomessa 2012.)

- Maatalouden sivutuote Vaihteleva paalikoko $b = 40 \dots 120$ cm
- Raakatiheys 90-130 kg/m³
- Lämmönjohtavuus 0,05-0,07 W/mK
- Kantokyky 30 kN/m² (=3 tn/m²)
- Tuholaisille vähän syötävää
- Kosteustekninen toiminta olennainen ($p_o < 15\%$)
- Ääneneristävyys (50 dB pinnoitettuna)
- Paloturvallisuus (90 min rapattuna)

Taulukko 1: Tekniset tiedot olkipaalimateriaalista

Olkea syntyy viljan viljelyn sivutuotteena. Osa oljesta käytetään kuivikkeena eläintiloilla, mutta suurin osa silputaan jo puintivaiheessa ja kynnetään takaisin peltoon. Aikaisemmin olkea poltettiin pelloilla, mutta savuhaittojen ja hiilidioksidipäästöjen takia polttoa ei enää suositella. Olkea siis riittää pitkään tulevaisuuteen rakentamisen tarpeiksi.

Optimaalinen materiaali on parhaiten ruis – tai riisiolki. Se sopii erittäin hyvin rakennettaessa taloa sekä jyrssiöitä ei miellytä yhtään, mutta käy myös muutkin olkimateriaalityypit. Kuvissa 1 ja 2 on nähtävänä olkipaalirakennetta.



Kuva1: Olkipaalipalikat



Kuva 2: Esimerkki olkipaaliseinästä

Yllä oleva kuva 2 on olkipaaliseinä, joka on vain esimerkki siitä, miten olkipaalipalikoita asetetaan puurunkoon (taloomme tämä seinä ei liity millään, sillä kupolitalon seinät ovat kaarevia).

Esittelykokeilua varten eräässä testikokeessa oli rakennettu 2,44 m korkea ja pituudeltaan 3,66 m seinä, jossa oli pintarappaus. Kyseinen seinä kesti ilman näkyviä tuhoja vaakapainetta 8000 kg ja sivupaineen 325 kg eli erittäin hyvin. Seinä kesti hyötykuormituksen 220 kg/m², lumikuorman 293 kg/m², tuulikuorman 78 kg/m² ja vakiokuormituksen 234 kg/m². (Проект "Двухэтажная Россия". Дом из Соломы)

2.1.1 Hyödyt ja haitat

2.1.1.1 Hyödyt

Tiukkaan pakattu olkipaali on hyvä rappausalusta paksullekin laastikerrokselle ja savi suojaa olkea mekaaniselta kulumiselta, kosteudelta sekä tulelta. Seinärakenteessa olkipaali ja savirappaus tukevat toisiaan, mikä tekee tästä kestävämmän. (Arkkitehti/rakennussuunnittelu Natural Building Company Oy)

Olkitalolla on yksinkertainen rakentamistapa. Tämä nopeuttaa rakentamista, koska myös olkipaalirungon pystytys on nopeaa, vaikka tässä työssä ei käytetä olkipaalia rungon materiaalissa.

Olkirakentamisen etuihin kuuluu myös energiatalous, terveellinen ja ns. "hengittävä" rakenne, sillä savirapattu olkipaaliseen on diffuusioavoin. Olkipaalirakenne ei luovuta sisäilmaan myrkyllisiä aineita eikä synnytä ongelmajätettä rakennusaikana (kun rakennusta puretaan, seinät voidaan kompostoida tai kyntää takaisin maahan). Sisäilman laatu savitalossa on erittäin hyvä (saven kyky imemään itseensä ilman kosteutta ja epäpuhtauksia). Hyötyihin kuuluu myös se, että rakennetun seinän primäärienergiasisältö on erittäin pieni ja olkipaaliseen U-arvo on paljon pienempi kuin vaatimuksien mukaan 0,17 W/m²K. Lisäksi olkipaalirakenteessa on erinomainen ääneneristys ja sisääkustiikka. (straw-house.ru)

2.1.1.2 Haitat

Kosteuden hallintaan kiinnitettävä erityistä huomiota sekä paikalliset sääolot tunnettava, koska tämä vaikuttaa rakennusprosessiin. Paalien muoto, kantavuus ja luonne täytyy huomioida suunnitelmissa, monimutkaiset muodot ovat hankalampia toteuttaa.

2.1.1.3 Home, pilaantuminen ja jyräjät

Lyhyesti sanottuna savirappaus pitää oljen kosteuden alhaisena, että seinä ei tarjoa sopivaa elinympäristöä homeitiöille. Olki on tiivisti pakattu materiaali ja savi ei ole mieluisa materiaali jyräjille. Oljessa ei ole ravintoa, joten se ei kiinnosta tuholaisia.

2.1.2 Palaaminen

Olki palaa huonosti, tiiviissä olkipaalissa on vähän palaamisilmaa ja palon alkuvaiheessa savi suojaa olkea pitkään.

2.2 Laasti

Paalit rapataan paksulla savilaastilla, joka toimii tuulensuojalevyn tavoin ja tekee seinästä erittäin paloturvallisen. Olkipaalien rappaukseen voidaan käyttää joko savi- tai kalkkilaastia. Sementtiä ei tule käyttää, siitä tulee liian kova ja joustamaton laasti. Olkipaalit rapataan siis molemmin puolin. Esimerkiksi savella ja oljella on hyvä yhteensopivuus ja niillä on tiukka sitoutuminen. Rappaus toimii tuulensuojalevyn tavoin, on hengittävä, suojaa paaleja kosteudelta, lisää paloturvallisuutta ja suojaa pieneläimien tuhoilta. Seinärakenteessa savirappaus ja olkipaali tukevat toisiaan. Tiukkaan pakattu olkipaali on hyvä rappausalusta paksullekin laastikerrokselle, ja savi suojaa olkea siis mekaaniselta kulumiselta, kosteudelta ja tulelta. (Natural Building Company Oy)

Talon ulkoasun viimeistelee myös pinterappaus tai erillinen pintamaali. Haluttu väri saadaan värillisellä laastilla tai pintamaalilla. Lisäksi voidaan käyttää erilaisia pintastruktuureja elävöittämään talon pintaa. Tämä käytäntö käy monissa maissa, mutta Suomessa tuleviin kupolitaloihin laitetaan ehdottomasti savikerroksen päälle kermikate.

2.3 Geodeettinen kupolirakenne

Ensimmäisen kupolin suunnitteli maailmansodan jälkeen Walther Bauersfeld. Kupoli oli planetaario, jota on myös patentoitu. Myöhemmin idean ja teknologian kehittäminen kupolitalojen rakentamisessa nykymuodossaan kuuluu

amerikkalaiselle arkkitehdille ja keksijälle Buckminster Fullerille. Hän on kehittänyt ja patentoinut kupolin vuonna 1954. (SpaceBimBom)

Pallomainen kupolirakennelma muodostuu lomittain kolmionmuodossa olevista rakenteista. Koko runko kootaan laudoista ja teräksistä moduuleista. Kupolitaloa tunnetaan nimellä Dome House. Se luo ergonomista ja energiaa säästävää tilaa.

Kupoli on kevyt, helppo rakentaa ja se on uskomattoman kestävä rakenne. Tänä päivänä niitä on yli 300 000 ympäri maailmaa, mutta Suomessa on erittäin vähän. Tämä idea täällä on vielä melko uusi kaikille. (Союз русских куполостроителей)



Kuva 3: Kupolitalon puurungon pystytys

2.3.1 Hyödyt ja haitat kupolirakenteessa

Dome – taloista on tullut yhä suosittuja ympäri maailmaa. Sen epätavallinen ulkonäkö ja ainutlaatuiset ominaisuudet sekä mukavuudet tuovat mielenkiintoisuuden ihmisille. Dome House on erittäin kestävä ja lujarakenteinen johtuen rakenteen muodosta, joka mahdollistaa tasaisesti jakaa kuormia kaikille pinnan kohdille. Kupolitalo kestää suuria tuulikuormia (G) nopeudeltaan jopa 250 kilometriä tunnissa sekä lumikuormia jopa 700 kiloa neliömetriä kohti. Lumikuorma ei myöskään haittaa muodon takia: lumi liukuu alas kupolia pitkin. (Куполные дома -Время природы)

Talouden lämpö riippuu suuren osin sen muodosta. Kupolimuotoinen talo pitää lämpöä paremmin kuin tavallinen perustalo. Tyypillisissä, perinteisissä taloissa, kylmimpiä kohtia ovat kulmat - kuten konvektiovirtaukset siellä ovat rikki ja lämmin ilma ei kierrä. Kupolitaloissa ilma kiertää vapaasti, nousee ja sujuvasti "virtaa" pallomaisten seinien pitkin kohti lattiaa, ja sitten kierros alkaa uudelleen, mikäli talossa ei ole ilmanvaihtojärjestelmää. (Купольные дома–Время природы)

Kupolitaloissa ei ole kulmia seinän ja katon välissä. Nämä ovat paikkoja, joissa suurin osa kylmää ulkoilmaa ilmestyy kotiin. Lisätuna on kulmien puuttuminen huoneissa, joissa ilmankierto rikkoutuu ja lämmin ilma ei lämpene huoneiden kulmia. Lämpimien ilmojen virtaukset kupolitaloissa tapahtuu tasaisesti koko tilassa, joka mahdollistaa talon lämmittämisen jopa sähköisellä lattialämmityksellä. (Купольные дома–Время природы)

Kupolirakenteisessa talossa on eniten sisätilaa verrattuna kuutiomaisiin taloihin. Helppo rakentaa, korjata ja muuttaa. Lisäksi talo on erittäin energiasäästöinen ja ympäristöystävällinen.

Toisaalta kupolimuotoinen talo saattaa saada osakseen vieroksuntaan, sillä se ei täytä kaikilta osin viemärin, tuuletusaukon ja savupiipun sijoittamiseen liittyviä säännöksiä. Lisäksi, kupolimuotoinen talo tuottaa kaarevan rakenteensa vuoksi seinä-alueellisia pinta hankaluuksia. Kaareva rakenteellisesta talosta puuttuu modulaarisen talon tarjoamia suorakulmioita, joka on usein yksinkertaisin vaihtoehto.

Suomessa tämän kaltaisten talojen muotoja on erittäin harvinaista, koska monien mielestä tämä ei sovi ympäristöömme.



Kuva 4: Puurunkoinen olkipaalitalo

3 Tilasuunnittelu ja muoto

Opinnäytetyössä olen valinnut siis kupolirakenteisen muodon, jonka ansiosta saadaan myös vältettyä turhia sisätiloja. Rakennuksen muoto vaikuttaa myös energiatehokkuuteen, joten tämä talo ei ole monimuotoinen ja tällöin ei synny lämpöhukkaa. Turhan suuri talo kuluttaa paljon energiaa, sillä lämmitettäviä neliöitä on enemmän. Pienet ja tarpeettomat aulat sekä käytävät ovat siis turhaa hukkatilaa, jotka kuluttavat lämmitysenergiaa.

Muodoiltaan tämä kupolitalo on rakenteiltaan yksinkertaisempi ja helpompi rakentaa sekä se kuluttaa vähemmän energiaa kuin arkkitehtuuriltaan monimutkainen kuutiomainen rakennus. Talo tulee joka tapauksessa mitoittaa asukkaiden todellisten tarpeiden mukaan.

Ikkunoiden kokoon, määrään ja sijoittamiseen runkoon on myös kiinnitettävä huomiota. Ikkunoilla on aina seinää huonommat lämmöneristävyydet, joten niitä ei kannata laittaa liikaa.

Oleskelutilat sijoitetaan auringon puolelle eli eteläsivulle, jotta talvella saadaan auringon lämpöenergia talteen. Rakenteisiin varastoitunut lämpö säteilee yöllä huonetilaan. Vaikka tätä kutsutaan passiiviseksi aurinkoenergian hyödyntämiseksi, se sopii mainiosti meidän taloon. Kesällä ikkunat on kuitenkin

syytä suojata liialliselta auringon paahteelta, esimerkiksi estetään kasvillisuuden, räystäiden tai markiisien avulla.

Tilojen ryhmittely kannattaa myös tehdä auringon kierron mukaan. Vähemmän lämpöä tarvitsevat tilat, kuten sauna, eteinen, vaate- ja makuuhuoneet, sijoitetaan puskurivyöhykkeeksi talon pohjoisen – ja itäpuolelle. Ikkunoiden on hyvä olla pienempiä näissä tiloissa lämpöhukan takia.

Kaikki lämpöä tuottavat koneet, laitteet ja huoneet sijoitetaan mahdollisimman keskelle rakennusta, jotta niistä tuleva lämpö saataisiin hyödynnettyä talon lämmitykseen mahdollisimman tehokkaasti. Mahdollinen tekninen tila on hyvä sijoittaa vesipisteiden lähelle, jotteivat vesi ja ilma ehdi jäähtyä putkissa. Kuumavesiputket eristetään.

4 Rakennuspaikan valinta

Rakennuspaikan valinta vaikuttaa talon energiankulutukseen ja myös muuhun ympäristökuormaan. Tontin sijainti ja olosuhteet vaikuttavat rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen. Rakennuspaikan pienilmasto vaikuttaa siis osaltaan lämmitystarpeeseen. Suojainen etelärinne on parempi kuin varjoisa, tuulinen tai kostea paikka.

Auringon lämmittävä vaikutus ja passiivisen aurinkoenergian hyödyntäminen vähentävät rakennuksen energiankulutusta noin 10 %. Rakennus kannattaakin sijoittaa siten, että talvella auringonsäteet esteettä osuvat siihen ja pääsevät paistamaan sisälle rakennukseen. Hyviä talon sijoituspaikkoja ovatkin kaakon ja lännen väliset rinteet. Tasaisella maalla puut ja toiset rakennukset, jotka sijaitsevat neljä kertaa korkeuttaan pidemmän matkan päässä rakennuksesta, eivät varjosta taloa talvella. (Ekorakentajan opas)

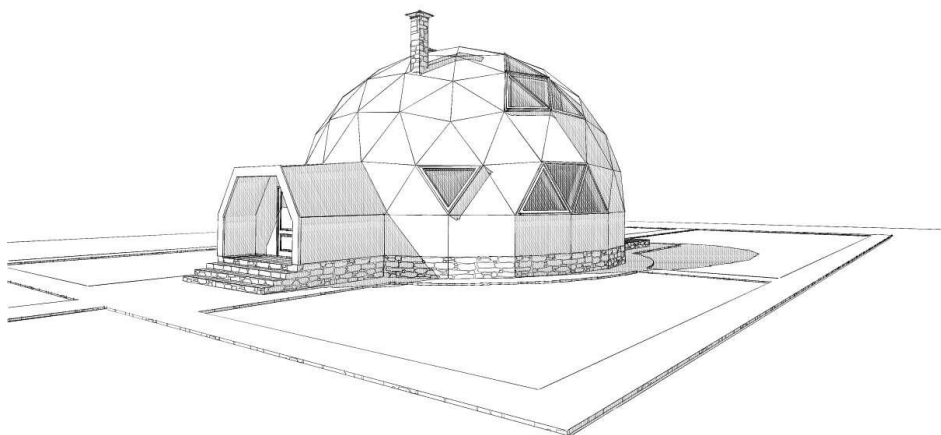
Kaavoitus

Pientaloa rakentaessa on aina hankittava rakennuslupa ennen rakennustöiden aloittamista. Luvan myöntää paikkakunnan rakennusviranomainen, ja sillä taataan, että rakennuspaikka ja itse rakennus on sopusoinnussa ympäristöön ja rakennusteknisesti oikein suunniteltu. Ennakkotarkastus lupaviranomaisen

kanssa aiotulla rakennuspaikalla olisi hyvä tehdä jo ennen varsinaista lupahakemusta.

Suomen ympäristöön on hankalampi sijoittaa Dome House taloa eli kupolirakennusta kuin tavallista ns. perustaloa, sillä se saattaa vaatia poikkeamislupaa, kun rakentamisessa poiketaan voimassa olevista kaavamääräyksistä tai rakennetaan haja-asutusalueelle. Maankäyttöä koskevien erityismääräysten takia on syytä aina ennen rakennuspaikan hankintapäätöstä tarkistaa rakennusvalvonnalta, minkälaista rakentamista ja millä ehdoilla paikalla saa suorittaa tai saako rakentaa ollenkaan. (Pienrakentajan opas)

On tärkeää tarkistaa, että suunniteltu rakennus täyttää Suomen lain asetetut vaatimukset ja soveltuu ajatellulle rakennuspaikalle. Kun halutaan rakentaa kupolitaloa, on hyvin tarkasti harkittava, mihin ympäristöön se sopii. Esimerkiksi keskusta-alueelle sitä ei voi rakentaa, koska pallo – ja muita erikoitaloja ei voi rakentaa Suomessa kaavoitusalueella, sillä se ulkonäöltään poikkeaa muista kaupunkirakennuksista. Näille erikoistaloille on kaavoitettava oma alue tai ne on tehtävä haja-asutusalueelle.



Kuva 5: Olkipaalitalon luonnospiirustus

5 Rakennetyypit

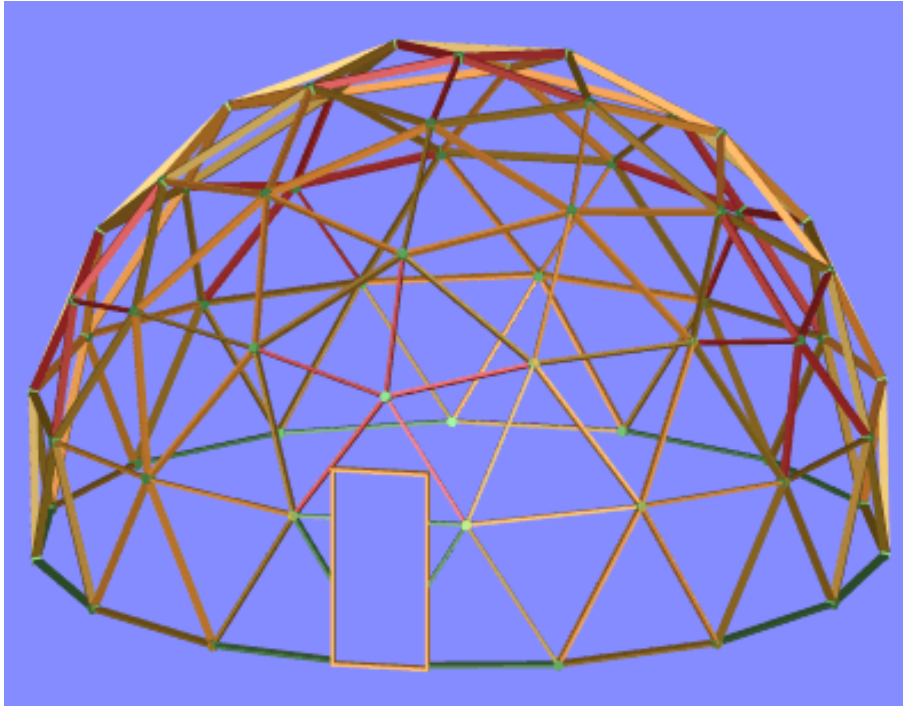
Työssä rakenneosat mitoitetaan lämmöneristysmääräyksien mukaan. RakMK C3 Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan vaadittavat U-arvot ovat seuraavat: U-arvo saa olla yläpohjassa enintään 0,09 W/m²K, ulkoseinässä 0,17 W/m²K, maata vasten alapohjassa 0,16 W/m²K, ikkunoissa 1,0 W/m²K ja ovissa 1,0 W/m²K.

Kuitenkin olkipaaliseinän U-arvoksi talossa saadaan enintään 0,10 W/m²K. Tämä tarkoittaa, että seinä eristää erittäin hyvin lämpöä. Yläpohja on samaa rakennetta kuin talon ulkoseinä, joten yläpohja eristetään paremmin joko lisäämällä olkea tai ekovillaa, jotta vaatimukset täyttyvät. Kaikki muut U-arvot pysyvät niiden arvoissa.

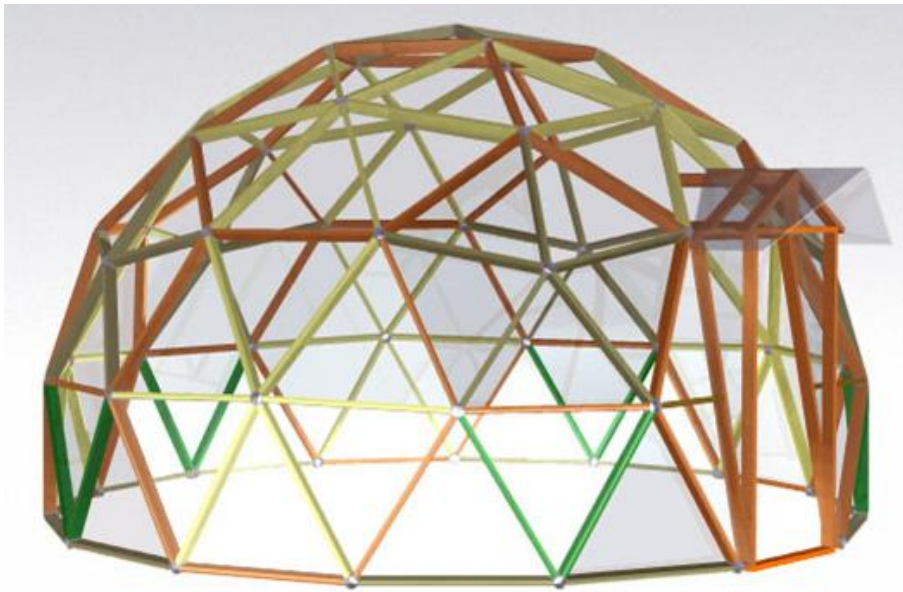
5.1 Kantavat rakenteet

Rakennuksen kantavat rakenneosat ottavat vastaan sen runkoon kohdistuvat, käytöstä aiheutuvat kuormat, esimerkiksi hyötykuormat sekä luonnonolosuhteista, kuten lumesta, tuulesta ja lämpötilaeroista, johtuvat kuormat. Kantavat rakenteet suunnitellaan yleensä kestämään tietyn ajan myös palonaikaisia rasituksia. Tällä pyritään osaltaan turvaamaan henkilöiden poistuminen rakennuksesta palotilanteessa.

Tässä työssä runkorakenteena on voitu käyttää terästä kantavaa materiaalia, mutta olen valinnut runkorakenteeksi puun siitä syystä, että se on ekologinen, ympäristöystävällinen rakennusmateriaali ja sopii mainiosti tähän kupolirakennukseen. Dome house – mallisen talon runko rakennetaan esimerkiksi soiroista, mitoiltaan esimerkiksi 200 x 51 mm. Rungon materiaali on kertopuuta, jonka lujuusluokka on C24 ja jota leikataan halutun mitan mukaan. Kuvissa 6 – 7 on kaksi vaihtoehtoa talon sisäänkäynnistä, miltä se voisi näyttää. Kuvan lautojen mitat poikkeavat aikaisempi mainituista mitoista, sillä kuvassa on vain näyttöesimerkki periaatteesta.



Kuva 6: 1-vaihtoehto kupolitalon sisäänkäynnistä



Kuva 7: 2-vaihtoehto kupolitalon sisäänkäynnistä

Mitä vähemmän energiaa ja luonnonvaroja materiaalien valmistamiseen on käytetty, sitä vähemmän niistä on ympäristölle haittaa. Puu on Suomessa ekotalon rakennusmateriaalina luonteva vaihtoehto. Puu on uusiutuva

luonnonvara, ja sahatavaran valmistus kuluttaa vähän energiaa. Lisäksi rakenteessa puu sitoo hiilidioksidia ja hillitsee näin ilmastonmuutosta. Puurakenteet ovat myös helposti korjattavissa, muunneltavissa ja kierrätettävissä.

5.2 Perustus ja alapohja

Perustustapa valitaan tapauskohtaisesti maaperän kantavuuden mukaan. Samalla ratkaistaan mahdollinen paalutustarve. Kallio sekä sora-, hiekka – ja moreenimaa ovat helppoja perustusmaita. Ne kantavat hyvin eikä perustuksiin tarvita paljon materiaaleja. Saviset notkot ja pellot edellyttävät usein paalutusta - paaluttamiseen voi upota enemmän betonia kuin itse rakennukseen. Se ei ole niin ekologista. Saviset pellot ja notkot ovat usein pienilmaston kannalta myös epätaloudellisia.

Routivilla maapohjilla täytyy rakennukseen tehdä joko riittävä routaeristys tai syväperustus, jolloin perustus ulottuu routarajan alapuolelle. Kellarittomissa rakennuksissa perustuksen alle on sijoitettava riittävän paksu ja tiivistetty täytesorastus sekä yleisimpien ratkaisuihin kuuluvan perustuksen alle asetettava routaeristys. Routaeristys on aina ratkaistava tapauskohtaisesti, sillä ympäristövaikutuksiltaan edullisin ratkaisu vaihtelee olosuhteiden mukaan.

Olkipaalitalon perustusratkaisuksi soveltuu hyvin esimerkiksi pilariperustus, jos esimerkiksi maa on kalliota. Pilariperustus jättää rakennuksesta vähiten jälkiä luontoon. Kun sitä ei enää tarvita, rakennusta voi vain ikään kuin nostaa pois paikoiltaan. Pilariperustuksen huono puoli on muita hieman heikompi lämpötalous – tuuli, joka kuivattaa alapohjaa, mutta myös viilentää sitä.

Pilarit voidaan tehdä joko betonista valamalla tai pilariharkoista. Pilarien varassa oleva kantava alapohja eli rossipohja on jatkossa helposti tarkistettavissa, huollettavissa ja tarvittaessa korjattavissa. Pilareihin kuluu vähän materiaaleja, on edullinen ja helppo vaihtoehto. Kosteus- ja radonriskit ovat pienemmät kuin muissa perustusvaihtoehdoissa.

Taloon sopii pilariharkkoperustus, koska betonin tarve on vähäisempi kun muurataan pilariharkkoja, sekä muottityöt jäävät suurimmaksi osaksi pois.

Pilariharkkojen alle valetaan anturat sopivaan korkoon. Anturoiden päälle tällöin muurataan sopiva määrä harkkoja, minkä jälkeen niiden keskellä oleva reikä raudoitetaan ja täytetään betonilla.



Kuva 8: Perustuksen valmistelua

Perustusten suunnittelussa tulee huomioida lujuusvaatimukset, lämmöneristävyytys sekä kosteuden eristys. Perustamista hahmoteltaessa on huolehdittava myös siitä, että talon ympärillä oleva maa voidaan muotoilla joka puolelta talosta pois päin viettäväksi tai muuten estää valumavesien joutumisen väärään paikkaan. Kuvassa 8 näkyy pilareille tehtävät maareiät, joita tulee olemaan metrin, kahden tai kolmen metrin välein, kuvassa esitetty vain osa olevista rei'istä.

Alla olevassa kuvassa (kuva 9) on esitetty periaate, kun pilarit olisivat betonista muottivalettuja. Tämä on vain esimerkki perustuksesta, tapoja on siis monenlaisia. Pilareiden päälle asennetaan puisia tukia, joiden päälle tulee alapohja.

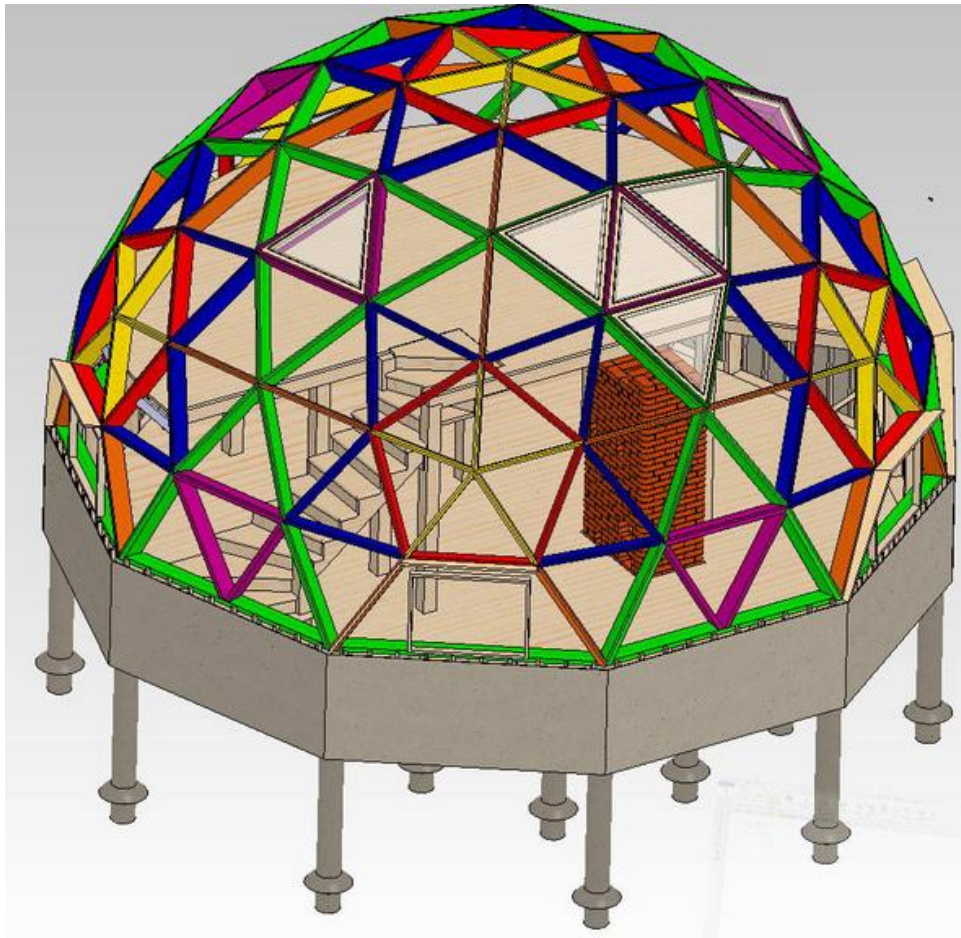


Kuva 9: Betonipilarit

Alapohja voidaan toteuttaa joko tuulettuvana tai maanvastaisena rakenteena. Alapohjaratkaisuksi käytetty kantavaa puurakenteinen alapohjaa eli niin sanottuna rossipohja, joka edellyttää alapuolista tuuletettua ryömintätilaa. Sen suunnittelussa tulee myös ottaa huomioon muun muassa Suomen maaperän kosteusolosuhteet, maaston muoto, rakennuksen muoto sekä ryömintätilan tuuletusratkaisu. Ryömintätilan vähimmäiskorkeudeksi suositellaan 800 mm. Rossipohjaa pidetään hyvänä rakenteena.

Hyvin toteutettu ja eristetty alapohja takaa luotettavuuden tulevaisuudessa. Alapohja tulee olemaan paksumpaa olkipaalikerrosta. Lisäksi alapohjaan asennetaan kosteudeneriste. Olkipaalitalon perustuksen ja seinän liitoksen suunnittelussa tulisi välttää myös kylmäsiltojen muodostumista sekä huolehtia sauman tiiveydestä.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C2 Kosteus, määräykset ja ohjeet (1998), on annettu määräyksiä ja ohjeita ryömintätilan toteutuksesta. C2:n määräyksissä on todettu, että veden pääsy ryömintätilaan on estettävä ja tuuletuksen on oltava riittävä. Ryömintätilaan ei saa jättää rakennusjätettä eikä lahoavaa tai orgaanista ainetta.



Kuva 10: Kupolirakenteisen talon malli. Runko kertopuuta.

5.3 Ulkovaippa

Ulkovaipan lämmöneristys on tehokkaampi kuin normaalitalossa. Tästä johtuen olkipaalirakenteisessa talossa on selkeästi paksummat seinät. Rakennejärjestelmän eristepaksuus sisällyttäen laastikerros voi olla 350 – 450 mm. Olkipaalitalossa paksu lämmöneristys sekä tehokkaasti lämpöä eristävät ikkunat ehkäisevät vedon tunnetta, joten terminen viihtyvyys saavutetaan alhaisemmalla lämpötilalla. Ulkovaipan nurkka-, ikkuna- ja oviliittymät on syytä suunnitella huolella niin, ettei kylmäsiltoja tule. Talon routasuojaus on suunniteltava erityisen huolella ja mitoitettava kylmien rakennusten mukaisesti. (Straw-house)

Rakenne varustetaan bitumikatteella, joka toimii vedeneristeenä, tällöin ei höyrinsulkua tule käyttää. Olkipaalit ladotaan lasikuituverkolla varustettuun puurungon päälle, saumat limitettyinä. Paaleja lyhennetään ikkunoiden ja ovien

kohdalla. Runkoon asennettavien paalien päälle kiinnitetään uudestaan verkko, jonka ansiosta sidotaan rappauspintaa. Sen jälkeen useita kerroksia savilaastia, kuitenkin enintään 13–20 mm molemmin puolin. (Straw-house)

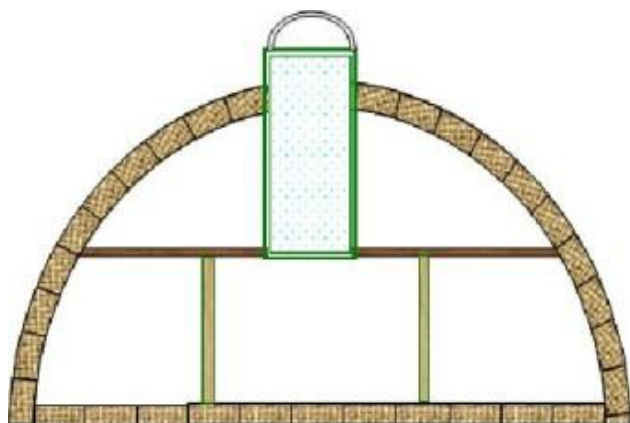
Sisäpuolelta runkoon voidaan asettaa ekovillaa esimerkiksi seinäruiskutuksella. Ekovilla on myös hengittävä, turvallinen ja sillä on hyvä lämmöneristämiskyky. Sen jälkeen asennetaan ohut seinälevy ja haluttu pintamateriaali.

Mitä enemmän kolmioita rakenteen runkoon rakennetaan, sitä enemmän kestävyyttä ja loivia kaarteita syntyy. Kantava puurunko tehdään rakennesuunnitelman mukaan. Puiset kolmiot yhdistetään teräsliittimillä, joista muodostuu sitten pallomainen geometria. Kuva 11 esittää liitoskappaleen, jolla yhdistetään soiroista olevat kolmiot.



Kuva 11: Puurungon teräksinen liitoskappale

Kuva 12 esittää rakennetta sivusta katsottuna, talo on tässä tapauksessa kaksinkerroksinen, mutta voi olla myös yksinkerroksinen. Kuvassa näkyy rakenteeseen olkipaalien sijoittaminen runkoon. Talon runkoa ei kuvassa esitetä, vaan siinä kerrotaan olkipaalien asettamisen periaate .



Kuva 12: Olkipaalien sijoittaminen rakenteessa, poikkileikkaus

5.4 Yläpohja

Yläpohja kupolitalossa on samanlainen kuin seinärakenne eli koko talo on puisista kolmioista, samoin yläpohja eristetään olkipaaleilla, mutta yläpohja suunnitellaan paremmin eli lisätään enemmän eristettä. Yläpalkiston tehtävänä on jakaa yläpuoliset kuormat koko paaliseinän leveydelle. Ylä – ja alapohja ovat siis hyvin eristettyjä.

Kupolitalossa on kaareva katto, mistä mainitaan jo aikaisemmin tekstissä. Yläpohjan katemateriaaliksi voidaan halutessaan asettaa bitumikate, joka sopii myös kupolitaloon. Yläpohjassa halutessa tulee olemaan ikkuna, se asennetaan joko kupolin keskelle, tai mikäli taloon tulee takka, niin hormin lähelle.

Bitumikatteen asettaminen taloon suojaa hyvin taloa kosteudelta. Kuvissa 13 ja 14 on esitetty rakennustapa, joista käy ilmi periaatteet.



Kuva 13: Aluskerrin asennus ennen bitumikatetta



Kuva 14: Bitumikate valmis

5.5 Ikkunat

Merkittävä osa lämmitysenergiasta johtuu ulos ikkunoiden kautta, koska ne ovat rakennuksen vaipan huonoimmin lämpöä eristävä rakenneosat. Lämmitysenergian kulutusta lisää myös ikkunoiden ja ulkoseinärakenteen

väliset vuotavat liitokset, jos tiivistämistyö on puutteellinen tai se on laiminlyöty kokonaan. Tällöin ikkunoiden ja ovien on oltava mahdollisimman tiiviitä ja pieniä U–arvoiltaan.

Ikkunat ja ovet kiinnitetään joko suoraan puurunkoon tai karapuihin, jotka lovetaan olkipaalin päätyihin. Paalikerrokset yhdistetään toisiinsa puisilla vaarnoilla. Ikkunamalli on kolmiomuotoinen, joten rungon kolmioita ei tarvitse tällöin sahata suorakaideikkuna malleihin, tai muuten tarvitaan leikattuihin osiin lisävahvistusta. Kolmiomuotoiset ikkunat ovat tavallisia ikkunoita kalliimpia, mutta ne sopivat taloomme täysin. Jos talon rungon kolmiot ovat sen isompia, voidaan neliömuotoiset ikkunat asettaa kolmion keskelle lisätuennalla. Näin saadaan tavalliset perusikkunat. Oven liittäminen runkoon tapahtuminen: rungosta leikataan kahdesta kolmista yhteensä neljä palkkia, lähellä olevat vahvistetaan.

Energiatehokkaan ikkunan ilmanpitävyyteen vaikuttavat muun muassa ikkunan eri osien väliset liitokset, ikkunan tiivisteet (erityisesti sisäpuutteen ja karmin välinen tiiviste) sekä välilistan materiaali.

Kiinteiden umpiolasien liittäminen suoraan runkoon vähentää kylmäsilta vaikutusta, koska ikkunarakenne ja –liitos saadaan tiiviimmäksi ja paremmin eristettyä. Mitä parempi U–arvo ikkunoilla on, sitä vähemmän lämpöä karkaa.

Talon ulkovaipan sekä ikkunoiden ja ovien lämmöneristyskyky ja ilmatiiveys ovat energiatehokkaan talon tärkeimpiä ominaisuuksia. Mitä paremmin rakennus on eristetty, sitä vähemmän se kuluttaa energiaa.

5.6 Väliseinät

Sisäinen väliseinä voi olla joko ei–kantava (kevyt) tai kantava. Ei–kantavat ja kantavat väliseinät tehdään samanaikaisesti ja runko kootaan samalla tavalla kuin ulkoseinät.

Seinistä tehdään puurakenteiset. Puurunkoinen väliseinä on metallirunkoista selvästi ympäristöystävällisempi. Märkätilojen seinien muuraamisella voidaan pienentää kosteusongelmariskiä. Lisäksi märkätilapaketin muurattu seinä voi

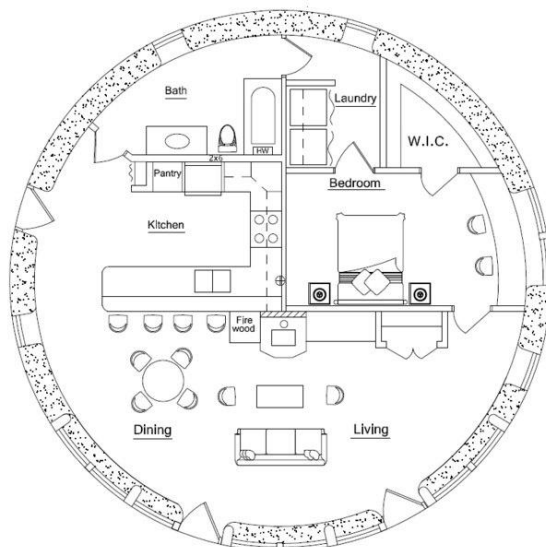
toimia lämmön varastona talossa. Yöllä varastoitunut lämpö vapautuu muihin tiloihin.

Rakennuksen väliseinän materiaaliksi sopii hyvin puukuitulevy, jota valmistetaan uusiutuvista ja paikallisista materiaaleista. Puukuitulevyn sideaine on puun oma ligniini. Puukuitulevyjä voi hävittää kompostoimalla tai polttamalla. Huokoinen puukuitulevy sopii esimerkiksi myös vanhojen höyrösuuttomien talojen remonti – ja lisäeristyslevyksi. Puukuitulevy on puhdasta luonnonpuuta. Väliseinä eristetään mineraalivillalla tai huokoisella kivivillalla, mikä imee hyvin ääntä ja märkätilojen seiniin laitettava vesieristettä.

Perusominaisuuksiltaan puukuitulevy on verrattavissa puuhun ja siinä on tallella puun kaikki hyvät ominaisuudet: lujuus, sitkeys ja lämpimyyt. Lisäksi sillä on valmistustavan ansiosta seuraavia etuja:

- tasa-aineinen, ei syynsuuntaa
- tiivis, mutta hengittävä
- helppo työstää ja nopea asentaa
- toimii lisälämmöneristeenä
- hinnaltaan kilpailukykyinen.

Alla olevassa kuvassa 15 näkyy yksi talon vaihtoehtoista, miltä talo voisi näyttää sisältä. Kuvassa näkyy myös talon väliseinät.



Kuva 15: Kupolimutoisa puurungon pohjapiirustus

6 Tekniset järjestelmät

6.1 Lämmitys

Lämmitysjärjestelmää valittaessa kiinnitetään huomiota sen energialähteen ekologisuuteen ja saantivarmuuteen sekä varastoinnin tilantarpeeseen ja myös kustannuksiin. Sähkölämmitys ei ole ekologinen vaihtoehto päälämmitysmuotona.

Lämmitysjärjestelmäksi sopii maalämpöpumppu, jolla lämpö otetaan usein syvästä porakaivosta tai pintamaahan asennetusta pitkästä vaakaputkistosta. Jos rakennuskohde sijaitsee vesistön äärellä, niin lämpö voidaan ottaa myös vedestä. Järvestä saadaan siis lämpöä yhtä paljon kuin hyvästä porakaivosta, kalliiden porauskustannusten jäädessä pois.

Kaikki lämpöä tuottavat laitteet sijoitetaan rakennuksen sisäpuolelle, jotta niiden tuottama lämpö saadaan hyödennettyä. Lisälämmityksenä on takkaleivinuuni, joka luovuttaa lämpöä tasaisesti ja pitkään. Takan voi sijoittaa esimerkiksi rakennuksen keskelle, joten sen tuottamasta lämmöstä saadaan maksimaalinen hyöty.

Talossa on myös vesikiertoinen lattialämmitys, jota voidaan käyttää kylmimpinä aikoina esimerkiksi talvella. Lattialämmitys päälämmitysjärjestelmänä on talossa tarpeeton, mutta sitä usein käytetään kosteissa tiloissa (kylpy – ja pesuhuoneet) mukavuussyistä. Lisäksi ilman suhteellinen kosteus on suurempaa muihin tiloihin verrattuna esimerkiksi suihkukäynnin jälkeen, jolloin lattialämmityksen päälle kytkeminen vähentää ilman kosteutta. Lattialämmitys on tehokkain tapa jakaa lämpöä rakennukseen maalämpöpumpun yhteydessä.

6.1.1 Tulisija

Tulisijat on keskeinen asema, kun suunnitellaan kupolitaloa. Tulisijat ovat muun muassa kevyitä, keskiraskaita tai varaavia raskaita tulisijoja. Tulisijojen valintaan ja sen myötä lämmön varaavuuteen vaikuttavat lämmitettävien asuintilojen pinta-alat, asukkaiden lämpöviihtyvyys ja lämmitystehon tarve.

Talvella kylmillä pakkasilla hyvin varaava takka voi olla talossa tarpeen, mutta kesällä se voi tuoda yllämpöä hyvän ulkovaipan takia.

Tulisijojen lämmön luovutukseen ja niiden sijoitteluun tulee kiinnittää siis erityistä huomiota. Kun tulisija sijoitetaan keskeiselle paikalle, se levittää lämpöä tasaisesti talon eri osiin, niin kuin aikaisemmin tästä on mainittu, käyttäjä taas voi vaikuttaa tulisijan lämmönluovutukseen poltettavan puun määrän ja polttorytmin valinnalla.

On mahdollista myös toteuttaa vedenlämmitystekniikalla oleva tulisija, joka on hyvä ratkaisu tilojen ja käyttöveden lämmittämiseen olkipaalitalossa. Tulisijojen ja savupiippujen tuotekehityksen myötä markkinoilta on saatavana erilaisia vaihtoehtoja energiatehokkaimpia ja ympäristöystävällisempiä ratkaisuja. Esimerkiksi Hormiproffalla on savupiippuvaraajia, joilla voidaan ottaa lämpöä talteen vapautuvan savukaasun puulämmitteisen takan polttoprosessissa. Savupiippuvaraajan ideana on yhdistää savupiippu ja lämminvesivaraaja, jolloin varaajassa oleva vesi lämpenee muuten hukkaan menevällä lämpöenergialla. Lämpöhormi on ekologinen ratkaisu, koska se säästää poltettavaa puuta ja sitä kautta myös ympäristöä. Mielestäni tämä vaihtoehto sopiisi hyvin isommalle pientalolle.

6.2 Energiatuotanto

Ekologisesti kestävä olkipaalitalon ensimmäinen lähtökohta on mahdollisimman pieni energiantarve. Negawattitunti on ympäristön kannalta paras energiamuoto.

Kaukolämpö on tehokas ja melko edullinen energiamuoto. Hakkeella tai biopolttoaineilla tuotettu kaukolämpö on ympäristön kannalta hyvä lämmitysmuoto olkipaalitalolle. Tämä on tarjolla vain kaava-alueella.

Sähköä voidaan tuottaa ekologiseen taloon esimerkiksi aurinkopaneelilla. Aurinkopaneeleille annetaan yleensä pitkiä takuita ja ne saattavat kestää käytössä jopa 40 vuotta (akku ja ohjauslaite eivät tosin ole yhtä pitkäaikaisia). Aurinkopaneelit on hankala sijoittaa pallomuotoiseen taloon, joten niitä voi asettaa talon viereen.

Aurinkoenergiälaitteeseen eli aurinkosähköpaneeliin tai keräimeen, osuvaan säteilyyn vaikuttavat säteilyn voimakkuus ja laitteen suuntaus. Etelä-Suomessa auringon säteily vaakatasolla ja vuositasolla on noin 1000 kWh/m². Keski-Suomessa määrä on hieman pienempi, noin 900 kWh/m². (Aurinko-opas-aurinkoenergiaa rakennuksiin)

Pientalon energiatuotantoon sopii myös pientuulivoimala, joka on erittäin varteen otettava vaihtoehto, mutta sen hankintaan tarvitaan viranomaisilta lupa.. Tuulen avulla voidaan tuottaa lämpöä ja sähköä omaan käyttöön sekä vähentää sähkölaskun suuruutta. Pientuulivoimala vähentää myös hiilidioksidipäästöjä. Pientuulivoimala mitoitetaan talouden energiankulutuksen mukaan.

Oman voimalan suunnittelu kannattaa aloittaa yhteydenotolla oman kunnan rakennustarkastajaan, jolta tarvitaan lupaa. Pientuulivoimala ei myöskään satu jokaiselle paikalle, mutta olisi hyvä, jos ajan myöten niitä syntyisi Suomeen enemmän.

6.3 Vesi

Juoma ja käyttövesi voidaan ottaa tontilla sijaitsevasta omasta kaivosta, mikäli sellainen on mahdollista tehdä. Kaivovesi on laadultaan erittäin hyvä, eikä riittävydestä ole ollut ongelmia. Jos talo sijaitsee ranta-alueella, niin kesäaikaan tarvittava kastelu – ja pesuvesi voisi ottaa järvestä.

Vesihuoltoa suunnitellessa, kunnan vesihuollon kehittämissuunnitelmaan tulisi tutustua. Talo on rakennuspaikalla sijoitettava huomioiden viemärijärjestelmän sekä kaivon sijainnit. Viemärijärjestelmää suunniteltaessa on välttämätöntä huomioida sopivat suojaetäisyydet tontin rajaan, ojaan, vesistöön ja lähimpiin vedenottamoihin (talousvesikaivoihin). Kun talousvesi otetaan muista lähteistä kuin kunnallisesta vedenjakeluverkosta, veden laatu on tarkistuttava ulkopuolisen asiantuntijatahon toimesta ennen veden käyttöönottoa.

Kaivon paikan tulisi olla viemäroinnin yläpuolella. Kaivo tulisi sijoittaa vähintään 50 m:n suojaetäisyyden päähän viemärijärjestelmästä. Tällöin on tärkeää huomioida myös naapurin tontilla oleva viemärointi, mikäli naapureita on. Lisäksi tulee huomioida riittävät suojaetäisyydet talousvesikaivoista mm.

maalämpökaivoihin, maalämpöputkistoihin, lantaloihin ja eläinten ulkotarhoihin.
(Maaseutualueiden rakennustapaohjeet)

Ennen rakennushankkeeseen ryhtymistä on varmistettava, että rakennuspaikalta löytyy riittävästi hyvälaatuista pohjavettä. Tavallisimmat kaivotyypit ovat: betoninen rengaskaivo (kuilukaivo), porakaivo kalliossa ja putkikaivo (siiviläputkikaivo). Samoin huolehditaan kunnan määräyksistä, joita otetaan huomioon ennen rakentamisen ryhtymistä.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D:n mukaan vedenjakelussa tulee varmistaa, että vettä on valitulla järjestelmällä saatavilla ja että käyttövesi täyttää talousvedelle asetetut vaatimukset. Myös vedenjakeluverkoston huolto- ja tarkastustoimet tulee voida suorittaa määräajoin. Veden kerääminen vesilähteestä tulee toteuttaa tai olla toteutettuna siten, ettei missään keräämisen vaiheissa veteen pääse imeytymään mitään haitallisia aineita.

Vesijohdot on suunniteltava ja asennettava huoleellisesti joko pinta-asennuksena tai suojaputkissa, jotta vältytään mahdollisilta vesivahingoilta. Laitteissa ja putkissa kulkeva vesi on siis suojattava jäätymiseltä ja veden tiivistyminen laitteiden ja putkien pintaan on estettävä tai pinnoille tiivistyvä vesi on muutoin johdettava pois haittaa aiheuttamatta. Samoin kuumavesi- ja kiertovesiputket on myös syytä eristää, jotta ne eivät lisäisi kesällä talon viilennystarvetta. (RT RakMK-21099 1999, 4, 11.)

6.4 Jätevesijärjestelmä

Jäteveden hallinta tulee hoitaa kiinteistöissä siten, ettei siitä aiheudu haittaa asukkaille eikä riskejä ympäristölle. Jätevesilaitteiston tulee olla toimintavarma, kestävä ja riittävän suuri vastaanottamaan asuinrakennuksen jätevesi. (Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla)

Jätevesien puhdistustavat jaotellaan neljään eri tyyppiin käsittelijän tai käsittelypaikan mukaisesti:

- kunnallisesti
- naapurien yhteisellä järjestelmällä

- vesiosuuskunnan johdolla
- kiinteistökohtaisesti.

Mikäli mikään ensimmäisestä kolmesta tavasta ei ole käytettävissä, on talouden jätevedet puhdistettava kiinteistökohtaisella tavalla. Jätevesien kiinteistökohtaiset puhdistusjärjestelmät voidaan jakaa edelleen seuraaviin vaihtoehtoihin:

- maaperäkäsittely
- laitepuhdistamo eli pienpuhdistamo
- wc-vesien ja pesuvesien erottelu umpisäiliöön (Opas jätevesien maailmaan).

Jos taloa rakennetaan sellaiseen paikkaan, jossa vaihtoehdoksi sopii kiinteistökohtainen puhdistusjärjestelmä, valitaan pienpuhdistamo. Koska rakennuspaikalla sijaitsee myös talousveden otto, on turvallisempaa laskea maaperään puhdistettua jätevettä. Pienpuhdistamosta puhdistetun jäteveden purku voidaan tehdä imeytyskaivoon.

6.5 Ilmanvaihto ja ilmastointi RakMk

Asuinrakennuksen sisälämpötilan standardiksi on määritelty yleensä 21°C. Oleskeluvyöhykkeen viihtyisän sisälämpötilan tulee olla saavutettavissa ja ylläpidettävissä energiatehokkaasti. Lämpötilasta voidaan eri huoneiden osalta poiketa perusteltujen syiden johdosta. (Rakentamismääräyskokoelman D2 luku 2.2.1.1)

Tiiviissä eristetyssä olkipaalitalossa ei vaadita erityistä ilmanvaihtojärjestelmää, koska ilmanvaihto on painovoimainen. Ovien ja ikkunoiden avulla voidaan taloa tuulettaa. Kuitenkin taloon voi asettaa kunnollista ilmanvaihtojärjestelmää, koska talossa ei ole vuotokohtia, joista ilma karkaisi pois ellei avataan ikkunoita.

Nykyään yleisin käytetty vaihtoehto Suomessa on jatkuvasti toimiva koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Tämä vaihtoehto sopii parhaiten esimerkiksi matalaenergiataloihin. Sen etuja ovat tehokkuus ja lämmön talteenotto poistoilmasta: jopa 80 % poistoilman lämmöstä saadaan kerätyksi talteen. Koneellisen ilmavaihtomuodon huonoja puolia ovat laitteen aiheuttama melu ja

tuloilman kulkema pitkä matka kanavistoissa, joiden puhtaudesta ei aina riittävästi huolehdita. Kun ylläpidosta sekä suunnittelusta pidetään huolta, tällaista tilannetta ei pääse syntymään. (Ilmanvaihto ja sisäilman laatu)

Kun ajatellaan painovoimaista eli luonnollista ilmanvaihtojärjestelmää, niin sillä on omia etuja. Se perustuu sisä- ja ulkoilman välisiin paine- ja lämpötilaeroihin sekä tuulen aiheuttamiin paine-eroihin. Raitis ilma virtaa sisälle tuuletusventtiileistä ja likainen ilma leijuu taivaan tuuliin hormiston välityksellä. Luonnollisen ilmanvaihdon etuja ovat kestävyys sekä äänettömyys. Se on myös terveellisempi vaihtoehto kuin koneellinen ilmanvaihto. Huono puoli on poistoilman lämmön talteenoton vaikeus, lämpöä saattaa mennä hukkaan jopa 40 %. Kesäällä järjestelmä ei myöskään aina toimi toivotulla tehokkuudella.

Yllä mainitut vaihtoehdot molemmat sopivat olkipaalitaloon, ja jokainen rakentaja aina valitsee itselle miellyttävämmän. Tähän työhöön olen valinnut mieluummin koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän. Sen ansiosta syntyy tasainen ilmanvaihtuvuus rakennuksessa, samoin se on energiatehokas.

Koneellisessa ilmanvaihdossa on käytettävissä monenlaisia ilmanvaihtokoneita. On olemassa Enervent-ilmanvaihtokone, jossa käytetään pyörivää Ito:n kennoa, jolla päästään todelliseen yli 75 % vuosihyötysuhteeseen. Tällä ilmanvaihtokoneella voidaan myös ohjata monipuolisesti ulkoisilla ohjausyksiköillä. (Enervent)

Koneellista ilmanvaihtoa voidaan tarvittaessa tehostaa ikkunatuuletuksella. Kun talon kattoon sijoitetaan ikkuna, sen ansiosta voidaan tuulettaa taloa kesällä.

7 Suomen rakentamismääräyskokoelman soveltaminen

7.1 Ääni ja melu

Ääneneristykset ja melun torjunnan arviointi on toteutettava yksilöllisesti ja tilanteen vaatimalla tasolla eri kohteissa. Uudisrakennuskohteen sijaitessa haja-asutusalueella tai kaupunkikeskusten ulkopuolella, eivät rakennukseen

kohdistuvat melua aiheuttavat tekijät ole niin tärkeitä, kuin esimerkiksi ydinkeskuksissa. Tällöin ei ääniteknistä tarkastelua ole syytä huomioida.

Äänitekniset tarkastelut ovat yleensä ajankohtaisia enemmän asuinkerrostalojen asuinhuoneistojen välisiä akustisia vaatimuksia tarkastellessa kuin pientalojen tarkastellessa. Olkipaalitalossa on erittäin hyvä ääneneristys, sillä seinät ovat paksut.

7.2 Kosteus

Rakenteiden kosteusteknisessä havainoinnissa tulee kiinnittää huomiota ulko- ja sisätilojen haitallisen kosteuden vaikutuksiin rakenteisiin ja rakenteille haitallisen kosteuden torjuntaan. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C2 käsittelee kosteudesta johtuvia vaurioita ja haittoja sekä niiden välttämistä kaikessa rakentamisessa. Rakennusten kosteustekninen toimivuus tulee suunnitella ja toteuttaa rakentamisvaiheessa huolella.

Rakenteiden kosteustekninen toiminta tulee varmistaa koko rakennuksen suunnitellun, kohtuullisen käyttöajan siten, ettei käyttäjille aiheudu terveys- tai hygieniariskiä.

Rakennuksen kosteustekninen toiminta on yksi tärkeimmistä osa-alueista, johon on kiinnitettävä huomiota. Hyvän kosteusteknisen toiminnan edellytyksenä on, että rakenteet ja LVI-järjestelmät on toteutettu siten, ettei sisäisistä ja ulkoisista kosteuslähteistä peräisin oleva vesihöyry, vesi tai lumi tunkeudu haitallisesti rakenteisiin ja sisätiloihin (Rakennuksen kosteustekninen toiminta). Mikäli kosteutta kertyy tai pääsee rakenteisiin, tulee huolehtia rakenteiden riittävästä tuulettumisesta.

Lisäksi tulee huomioida teknisten laitteistojen kuten vesijohto- ja viemäriverkostojen sekä muiden vettä kierrättävien tai tuottavien laitteistojen sijoittuminen. Laitteistojen ja verkostojen tulee olla helposti tarkastettavissa ja huolettavissa tarvittaessa.

Märkätilat ovat vedelle alttiille, koska seinille voi roiskua tai tiivistyä vettä. Märkätilan lattiapäällysteet ja seinäpinnoitteet on suunniteltava vedeneristyksellä. Vedeneristyksen tulee olla riittävän sitkeä, jotta se

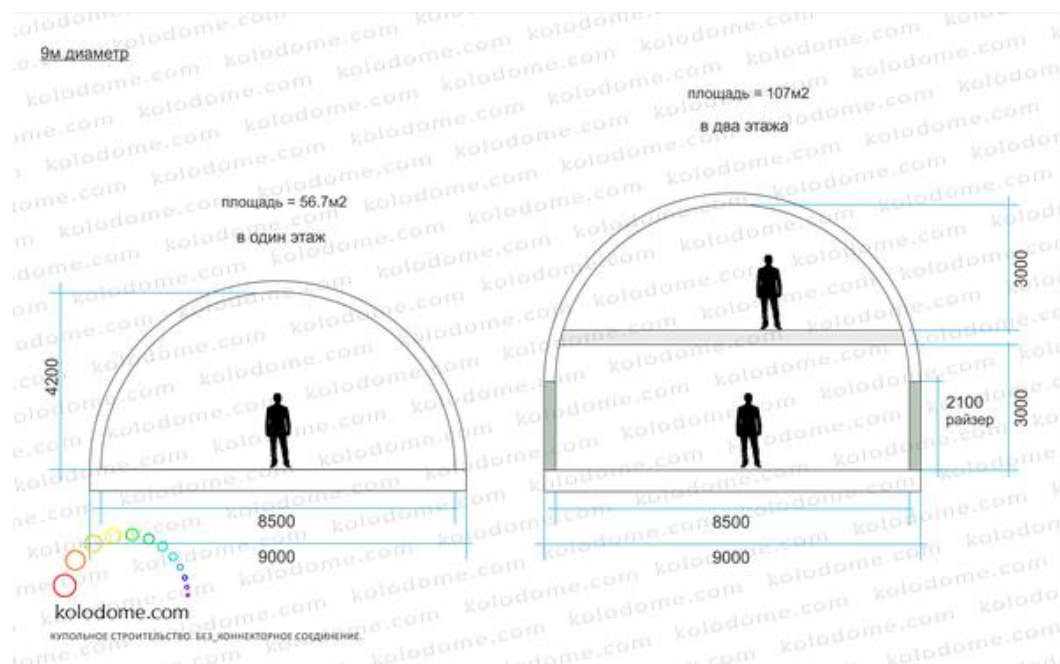
saumoinen kestää rakennustyön aikaiset rasitukset ja käytön aikaiset alustan liikkeet. Märkätilojen lattioiden kaltevuuden on oltava sellainen, että vesi valuu esteettömästi lattiakaivoon. (Museoviraston korjauskortisto, Korjauskortti n:o 25–31.1.2011)

Olkitalon kaikkiin märkätiloihin varustetaan lattialämmitysjärjestelmä, jonka ansiosta tilat pysyvät kuivina.

7.3 Paloturvallisuus

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 mukaan P3-luokan rakennus voi olla enintään 9 metriä korkea, siinä voi olla enintään kaksi kerrosta ja kellari. Pientalot kuuluvat palotekniseltä luokaltaan tyypillisiin P3-luokan rakennuksiin Pientalossa osastointi tapahtuu pääsääntöisesti EI30-luokan mukaan (RT 08-10812, 2003).

Rakennuksen korkeus voi olla 4 tai 6 metriä, molemmissa vaihtoehdoissa säde on 9 metriä. Mallikuva esittää molemmat vaihtoehdot, jossa näkyy talon mitat, (kuva 16).



Kuva 16: Kupolitalon mahdolliset mitat

Paloturvallisuus rakennuksissa on erityisen tärkeä, sillä tulipalotilanteessa asukkaiden terveys on vaarassa tulipalon ja savukaasujen vuoksi. Paloturvallisuutta tarkasteltaessa tulee huomioida etenkin palosuojauksien ohjeistus tulipesien ja hormien kohdalla.

Tärkeä toimenpide paloturvallisuuden kannalta on palovaroittimien kuntotarkastus ja palovaroittimien oikea sijoittuminen rakennuksessa. Palovaroittimien tulee nykymääräysten mukaan olla sähköverkkoon kytkettävät, ja niiden lukumäärä on mitoitettava tiloille sopivaksi.

8 Olkipaalitalon rakentaminen

Ekotalon työmaan valvojalla, vastaavalla mestarilla ja rakentajilla on aikaisempaa kokemusta ekologisesta rakentamisesta. Rakentamisen laadulla on huomattava merkitys muun muassa talon pitkäikäisyyteen, ilmatiivyyteen ja kosteusongelmien välttämiseen. Siksi rakentaminen kannattaa tehdä huolella.

Olkipaalirakentaminen on rungon osalta yksinkertaista, mutta silti rakentamiseen tarvitaan asiantuntija, jos haluaa taata hyvän lopputuloksen. Rakentajan on mielellään todistettava pätevyys talonrakennusalalla, mutta rakentamiseen voivat osallistua myös muutkin kuin ammattilaiset. Olkipaalirakentamisessa on se positiivinen puoli, että siihen osallistuminen ei tarvitse asiantuntemusta. Vaikka rappaus on oma ammattitaitonsa, siihen on hyvä olla myös asiantuntija.

Työmaalla noudatetaan talon piirustuksia, tuotteiden ja osien valmistajien sekä yleisiä ohjeita. Piiloon jäävät rakenteet ja asennukset (esim. viemäriputket ja lattialämmitysputket) kannattaa kuvata rakennusvaiheessa ja kuvat tallettaa liitteeksi talon huoltokirjaan. Kaikki työmaa-aikaiset muutokset tulee merkitä piirustuksiin.

Työmaakäytännöillä voi vaikuttaa paljonkin hankkeen ekologisuuteen. Rakennusmateriaalit ja -osat hankitaan niin läheltä kuin mahdollista, jolloin

säästy kuljetusenergiaa. Materiaalien ja osien tarjouspyynnöt tehdään ekologisin perustein.

Olkipaalien hinnat vaihtelevat Venäjällä 55-90 ruplan välillä. Tiukkaan pakkattu olkipalikan mitat: 450 x 360 x 500–900 mm ja yhden palikan paino vaihtelee 18–20 kg välillä. Esimerkiksi kupolitaloon, jonka säde on 10 metriä ja pinta-ala 160 m², tarvitaan 500 olkipaalipalikkaa. Kuorma-autoon mahtuu noin 400-450 kappaletta. Olkipaalit voi ostaa monesta paikasta, jopa maan viljelijältä. (РазЭ-кодом)

Suomessa olkipaalit saa joko ilmaiseksi maan viljelijältä tai ostamalla. Olkea tarvitaan kuutiometriä kohden noin 90 kg. Oljen hinnan ollessa 10 senttiä/kg tulee kuutiohinnaksi 9 euroa, mutta Suomessa olevia hintoja kannattaa tarkistaa paikan päällä tiedustamalla. (rihmasto.fi)

Kaikki materiaalit, etenkin olkipaalit ja myös muut osat, suojataan työmaalla sateelta eikä niitä säilytetä suoraan maata vasten. Paalien on oltava hyvälaatuisia ja kuivia, kuten minkä tahansa muunkin runkomateriaalin. Rakennettaessa olkipaaleista kupolitaloa on hyvä koota iso ja korkea telttä, jotta suojataan tulevaa rakennusta sateilta ja muista haitoista.

Pakkausjätettä vältetään ja välttämättömimpään pakkaamiseen käytetään luonnossa hajoavia materiaaleja. Työmaalla on oltava jättesuunnitelma. Poltettava puutavara, muovit, metallit ja sekajätteet lajitellaan.

9 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä tarkoituksena oli kertoa toimivasta ekologisesta pientalosta, joka on suunniteltu olkipaaleista ja tutkia sen teknisiä järjestelmiä, jotka voisivat sopia kyseiseen taloon. Aiheesta löytyi useita kertomuksia, joista sai tietoa myös tähän rakennukseen valituista rakenteista. Työssä tutustuin tarkasti erilaisiin vaihtoehtotyyppeihin ja valinnut niistä sopivamman.

Suomen olosuhteisiin kupolirakenne sopii, mutta eivät kaikki halua sellaista rakentaa, esimerkiksi sen erilaisuuden takia. Tämä talo ei sovi arkkitehtuurisesti taajama-alueelle eikä sen läheisyyteen, vaan haja-asutusalueelle. Ehkä kupolitaloille olisi hyvä olla oma alue, taajama-alueen ulkopuolella esimerkiksi muiden pientalojen läheisyydessä.

Esimerkkejä viime vuosina tehdyistä olkipaalirakennuksista Suomessa ovat muun muassa Snellman korkeakoulun ateljeerakennus Jollaksessa Helsingissä ja Mikko Kylämarkulan majoitusrakennus Pellavista. Uusimpia rakennuksia ovat muun muassa Seppo Mannermaan suuri olkipaalihalli (300m²) ja Antonia Ringbomin ateljee. Lisäksi olkipaaleista on rakennettu mökkejä, varastoja sekä muita viritelmiä. Toivottavasti tulevaisuudessa Suomessa syntyy lisää uusia olkipaalirakennuksia.

Olkipaalista tekee rakentamiseen nerokkaan se, että sen lämmöneristyskyky on neljä kertaa parempi kuin hirsiseinä. Se alittaa siis kaikki nykyiset lämmöneristysvaatimukset ja olkipaaleista kupolitaloa rakentaen tekee käytännössä hyvin eristetyn ja vähän lämmitysenergiaa vaativan talon. Olkipaali oikein käytettynä on yhtäläillä ikuinen materiaali kuin hirsikin.

Tavoitteeni oli näyttää uusia ideoita geodeettisista olkipaalirakennuksista. Tämä opinnäytetyö perustuu vain yksinkertaiseen ratkaisuun, mutta olemassa on paljon erilaisia vaihtoehtoja, miten taloa voisi toteuttaa.

Opinnäytetyö ei mielestäni saavuttanut täysin tavoitettaan. Tavoitteena oli myös saada tarkkoja vastauksia itselleni asetettaviin kysymyksiin, mutta tiedon ja ajan puutteen takia kaikkia vastauksia ei löytynyt tähän mennessä. Valitettavasti myös rakennepiirustuksia en tässä työssä esittänyt.

Taulukot

Taulukko 1. Tekniset tiedot olkipaalimateriaalista, s. 8
(<http://naturalbuilding.fi/olkipaalirakentamisesta/>)

Kuvat

Kuva 1. Olkipaalipalikat, s. 9
(<http://mastervmoemdome.ru/38-dom-iz-solomy.html>)

Kuva 2. Esimмерkki olkipaaliseinästä, s. 9
(<http://biodoma.ru/letnij-domik-iz-solomy-s-zhivoj-sosnoj-po-centru-foto/olympus-digital-camera-3/>)

Kuva 3. Kupolitalon puurungon pystytys, s. 12
(<http://dom.dacha-dom.ru/krugly-dom>)

Kuva 4: Puurunkoinen olkipaalitalo, s. 14

Kuva 5: Olkipaalitalon luonnospiirustus, s. 16

Kuva 6. 1-vaihtoehto kupolitalon sisäänkäynnistä, s. 18
(<http://geodesic.com.ua/dome-home/construction.html>)

Kuva 7. 2-vaihtoehto kupolitalon sisäänkäynnistä, s. 18
(<http://geodesic.com.ua/dome-home/construction.html>)

Kuva 8. Perustuksen valmistelua, s. 20
(www.pervorod.ru/blogs/eto-interesno/kupolnyy-dom-iz-solomy-na-64-kvm-4-etapa-stroitelstva)

Kuva 9: Betonipilarit, s. 21

Kuva 10. Kupolirakenteisen talon malli. Runko kertopuuta, s. 22

Kuva 11. Puurungon teräksinen liitoskappale, s. 23

Kuva 12. Olkipaalien sijoittaminen rakenteeseen, poikkileikkaus, s. 24
(<http://straw-house.ru/doma-sfery>)

Kuva 13. Aluskermin asennus ennen bitumikatetta, s. 25
(<http://geodesic.com.ua/dome-home/construction.html>)

Kuva 14. Bitumikate valmis, s. 25
(<http://geodesic.com.ua/dome-home/construction.html>)

Kuva 15. Kupolimuotoisan puurungon pohjapiirustus, s. 27

Kuva 16: Kupolitalon mahdolliset mitat, s. 35

Lähteet

Arkkitehtuurimuseo: http://www.mfa.fi/uvv_rakentaminen

Asetus 209/2011, Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110209>

Aurinko-opas. Aurinkoenergiaa rakennuksiin. Päivitetty panos. Porvoo: Painoyhtymä Oy

D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto: http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf

Geodeettinen kupoli: SpaceBimBom
<http://spacebimbom.com/kategoriat/miscellanea/buckminster-fuller.php>

Geodesic dome calculator:
http://acidome.ru/lab/calc/#7/12_Cone_3V_R5_beams_50x100

HormiProffa: <http://www.hormiproffa.fi/index.php/hormiproffa-lammontalteenotto-2>

<http://henry.puheenvuoro.uusisuomi.fi/18231-ekorakentaminen-osa-3-olkipaali-lammoneristeena-taysin-ylivoimainen>

<http://www.ekotalo.fi/homepage/ukk/ilmanvaihto>

<http://www.nba.fi/fi/File/2132/korjauskortti-25.pdf>

http://www.rakentajanekolaskuri.fi/taustatietoa.php#L%C3%A4mmitysmuodot_ja_oma

<http://www.saviry.fi/rakentaminen/olkipaali.html>

<http://straw-house.ru/>

https://ru.wikipedia.org/wiki/соломенное_домостроение

https://vk.com/club20373024?z=photo-59536160_319234425%2Fwall-20373024_62

<https://vk.com/wall-58013809?offset=60>

Hyödyt ja haitat: Pro gradu -tutkielma, Markus Vanninen, Jyväskylän yliopisto, Kemian laitos, 2009

Ilmanvaihto ja sisäilman laatu:

http://www.rakentaja.fi/artikkelit/7756/ilmanvaihto_ja_sisailman.htm

Maaseutualueiden rakennustapaohjeet:

http://www.karkola.fi/Dokumentit/Rakennusvalvonta/Maaseutualueiden_rakennustapaohje

Museoviraston korjauskortisto, Korjauskortti n:o 25- 31.1.2011

Opas jätevesien maailmaan: <http://www.vesiensuojelu.fi/jatevesi/etusivu.html>

Pienrakentajan opas: http://www.kempele.fi/fi/muuttajalle-ja_rakentajalle/pienrakentajan-opas.html

Rakennettu ympäristö, Kantavan olkipaalirakenteen pioneerityötä Suomessa 2012: <http://www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/lehti/5wvdVAMVQ.html>

RT RakMK-21099 1999, 4, 11.

Schmidt, Werner 2012. Stroh – Bauen. Saatavissa:

<http://www.atelierwernerschmidt.ch/de/stroh/stroh-bauen>

Suomen rakentamismääräyskokoelma RakMk:

[http://www.ym.fi/fi/FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Suomen_rakentamismaarayskokoelma\(3624\)](http://www.ym.fi/fi/FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Suomen_rakentamismaarayskokoelma(3624))

Suomen rakentamismääräyskokoelma. E1. Rakennusten paloturvallisuus määräykset ja ohjeet (2011): http://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1_2011-fi.pdf

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C2 Kosteus, määräykset ja ohjeet (1998): <http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf>

Testikokeen seinän tarkastelu:

http://www.proektnoegosudarstvo.ru/materials/dom_iz_solomu/

The Natural Building Company: <http://naturalbuilding.fi/>

www.dizayndoma.ru

www.kolodome.com

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu, Asiointi, luvat ja

ympäristövaikutusten arviointi: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi

Куполные дома Время природы: <http://xn--d1aldfhcd5a.xn--p1ai/>

РазЭкодом: разэкодом.рф/bloki