



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# BETONI JA TERÄSRAKEN- TEIDEN VERTAILUA NA- VETTARAKENTAMISESSA

TEKIJÄ: Niko Helppolainen

§			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Tekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Helppolainen Niko			
Työn nimi Betoni ja teräsrakenteiden vertailua navettarakentamisessa			
Päiväys	13.5.2020	Sivumäärä/Liitteet	28/4
Ohjaaja(t) Matti Ylikärppä, Viljo Kuusela			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Ikkuna ja ovipari Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyössäni verrataan kahden runkorakenteeltaan erilaisen navettarakennuksen kustannuksia sekä aikatauluja. Navettarakennus, josta kustannus- ja aikatauluvertailu tehdään, rakennetaan Lapinlahdelle ja sen rakentaminen alkaa keväällä 2020.</p> <p>Tarkoituksena oli saada selville rakenteiden erilaisuuden vaikutuksia navetoiden rakentamisen kustannuksiin ja aikatauluun, jonka avulla on helpompi jatkossa suunnitella asiakkaille tarpeen mukaisia rakennuksia ja tarjota sen perusteella asiakkaalle juuri sellainen navettarakennus, joka sopii hänelle kustannuksien ja aikataulun mukaan parhaiten.</p> <p>Työhön sisältyi ensimmäiseksi betoni- ja teräsrunko rakenteiden vertailua, selvittää rakenteiden hyvät sekä huonot puolet, kustannusten laskeminen ja työaika menekkien laskeminen excel taulukkoon ja sen perusteella nähdään myös vaikutus aikatauluun.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin suuntaa antava laskelma teräs- ja betonirunkorakenteen kustannuseroista ja työajasta ja tietoa rakenteiden ominaisuuksista.</p>			
<p>Avainsanat</p> <p>Navettarakentaminen, kustannusvertailu, aikataulu, teräsrunko, betonirunko</p>			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Engineering			
Author(s) Niko Helppolainen			
Title of Thesis Concrete and steel framework comparison in cowshed building			
Date	13 May 2020	Pages/Appendices	28/4
Supervisor(s) Mr. Matti Ylikärppä, Mr. Viljo Kuusela			
Client Organisation /Partners Ikkuna- ja ovipari Oy			
<p>Abstract</p> <p>The objective of this final project was to compare the costs and schedule when using two different materials in cowshed framework. The materials selected were steel and concrete because they are the most common framework materials in cowshed building.</p> <p>The purpose was to find out the differences and impacts of the materials which makes it easier to offer the client the most suitable solution in terms of cost and schedule. First, the advantages and disadvantages of concrete and steel frame structures and the costs and working hours were compared. At the end of thesis a lot of information about how the different materials affect the final result was gained. The cowshed to be build is 2400 square meters large and there will be over 200 cows and four automatic milking systems. It is located in Lapinlahti and it is due to be ready in September 2020.</p> <p>As a result of this final project the client was provided with a comparison of steel and concrete framework, the costs and the time required for building presented in an Excel-table.</p>			
Keywords cowshed, building, schedule, concrete, steel, frame structures, calculation of costs			

## ESIPUHE

Kustannusten ja ominaisuuksien vertailu kahden materiaalin välillä oli todella mielenkiintoista ja edesauttoi omaa oppimista ja ymmärrystä aiheesta. Mielestäni työ oli myös tarpeellinen koska työn sisältö auttaa jatkossa niin tilaajaa kuin asiakkaita valitsemaan navettarakentamiseen parhaiten soveltuvan ratkaisun.

Haluan kiittää Ikkuna- ja Ovipari Oy:ta opinnäytetyön aiheesta ja sujuvasta yhteydestä.

Kuopiossa 15.5.2020

Niko Helppolainen

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Opinnäytetyön sisältö .....	6
1.2	Ikkuna- ja ovipari Oy .....	7
1.3	Yhteistyökumppanit .....	7
2	YLEISTÄ NAVETTA RAKENTAMISESSA .....	8
2.1	Rakentamisen tarve- ja hankesuunnittelu .....	8
3	MATERIAALIT .....	9
3.1	Betoni rakentaminen .....	9
3.1.1	Betonirunkorakentaminen navettarakentamisessa .....	10
3.1.2	Mastopilarirakenne .....	11
3.2	Paloturvallisuus betonirakenteissa .....	14
3.3	Yleiset mitoitukset ja standardit .....	15
3.4	Yleistä teräsrunkorakentamisesta .....	16
3.4.1	Teräsrunkorakentaminen navettarakennuksessa .....	16
3.5	Teräsrakenetamisen hyödyt ja haitat .....	17
3.6	Teräsrungon tuenta .....	18
3.7	Teräspilarien manttelointi .....	19
3.8	Paloturvallisuus teräsrakenteissa .....	20
4	KUSTANNUSVERTAILU .....	21
4.1	Menetelmä .....	21
4.2	Kustannusten muodostuminen .....	21
4.3	Vertailu .....	23
5	AIKATAULUVERTAILU .....	25
5.1	Aikataulujen laskenta .....	25
6	RAKENTEIDEN VALINTA .....	26
7	POHDINTA .....	26
8	LÄHTEET .....	28

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Opinnäytetyön sisältö

Tässä opinnäytetyössä verrataan kustannuksellisesti ja aikataulullisesti kahta eri runkorakennetta, joiden välillä tehdään vertailu rungon materiaaleista. Opinnäytetyössä vertailtavat materiaalit ovat betoni ja teräs. Huomioon otettavia seikkoja ovat myös navetoiden muut rakenneratkaisut kuten pilarilinjoiden sijainnit ja niiden vaikutukset navetan tilojen käyttöratkaisuihin. Työssä käydään läpi myös, miten betoni- ja teräsrakenteiden hinnoittelu eroaa ja mitä erikoisia huomioitavia kummassakin rakenneratkaisussa on.

Vertailtaviksi materiaaleiksi työhön päätyi betoni- ja teräsrunko ratkaisut, koska ne ovat navettarakentamisessa, kuten yleisestikin yleisimmät ja eniten käytetyt materiaalit. Vertailussa kohteena toimii 240 paikkainen lypsykarjapihatto, jonka rakentaminen alkaa keväällä 2020 Lapinlahdelle.

Työn lopputuloksena on tarkoitus tuottaa tilaajalle kustannus- ja aikatalu vertailu taulukot, joissa tuodaan ilmi betoni- ja teräsrunkorakenteiden kustannuksellisia ja aikataulullisia eroja. Kustannuslaskennan osuus tehdään excel- taulukkoon ja aikataulun vertailu perustuu työssä exceliin laskettuihin tunteihin, josta selviää kumpiko runkoratkaisuista on materiaaaliltaan kalliimpi ja kumpi vaihtoehtoista on työläämpi sekä millaiseen rakennukseen runkoratkaisut soveltuvat parhaiten. Työn tilaajana toimii Ikkuna- ja ovipari Oy ja heiltä sain idean tähän työhön. Työ on tarpeellinen yritykselle ja yrityksen asiakkaille ja pelvelee myös omaa erikoistumista kustannuslaskennan ja aikataulutuksen osalla. Hyödynnän opinnäytetyössä yrityksen aiempien navettarakennusten olemassa olevia materiaaleja, yleistä tietoa navettarakentamisesta, omaa kokemusta navettarakennus työmailta ja RATUa. Tietoa on myös nykyään hyvin paljon saatavissa eri verkkosivustoilta.

## 1.2 Ikkuna- ja ovipari Oy

Ikkuna- ja ovipari Oy on toiminut vuodesta 2007 asti ja alun perin yritys on erikoistunut nimen mukaisesti ovien ja ikkunoiden toimittamiseen. Yrityksen toimenkuva on vuosien varrella laajentunut navetan valoharjojen, -seinien ja -päätyjen valmistamiseen valokennoista ja niiden paikalleen asennukseen. Nykyään Ikkuna- ja ovipari Oy rakentaa myös navetoita avaimet käteen periaatteella, jolloin navetta sisältää lypsyrobotit ja parsikalusteet. Navetoita rakennetaan yhteistyössä Lujabetoni Oy:n kanssa, joka toimittaa kohteisiin kaikki betonielementit.

Yrityksen liikevaihto vuonna 2019 oli noin 1,2 miljoonaa euroa ja yrityksessä työskentelee noin 5-10 henkilöä, riippuen paljon urakoiden määrästä. Tällähetkellä vakituisia työntekijöitä on noin 10.



Ikkuna- ja ovipari Oy

## 1.3 Yhteistyökumppanit Lujabetoni Oy

## 2 YLEISTÄ NAVETTA RAKENTAMISESSA

### 2.1 Rakentamisen tarve- ja hankesuunnittelu

Navetoiden rakentamisessa suurin osa kustannuksista syntyy rakentamisen tarve- ja hankesuunnittelu vaiheessa. Navetan rakentamisessa on tiedettävä ensinäkin mihin tarkoitukseen navetta rakennetaan, tuleeko navettaan liha- vai lypsykarjaa. Seuraavaksi määrävä tekijä on eläimien määrä ja niitä varten vaaditut resurssit kuten lypsyrobotit ja eläintein paikat, parret yms.

Tässä vaiheessa myös päätetään, onko navetta järkevämpi tehdä teräs- vai betonipilarirungolla koska eri materiaaleilla on erilaiset mitoitus- ja pilarilinjat määrittävät hyvin paljon mm. ruokintakäytävien ja karsinoiden paikkoja. Suurin määrittävä tekijä on tietysti navetan tuleva käyttötarkoitus. Nykyään navettarakennukset ovat kooltaan todella massiivisia ja niissä käytettävät rakenteet joutuvat kestämaan suuria rasituksia ja niiden mitoittamisessa on oltava todella tarkkana. Suurien navettarakennusten runkomateriaali on lähtökohtaisesti betoni, koska betonipilarit kestävät suurempia kuormia ja ne ovat rakentamisen kannalta helpompi toteuttaa. Yleensä toteutus tehdään mastopilari rakenteella. Pienissä navettarakennuksissa on helpompi suunnitella runkorakenne myös teräksestä. (proagria.fi)

Koska navettarakennukset ovat nykyään todella suuria ja kehittyneitä, navetan rakentamiseen on nykyään varauduttava investoimaan suuria summia, joiden kuolettaminen vaatii pitkän tähtäimen suunnitelmaa. Navetoiden rakennusluvan saamiseksi on myös tehtävä todella paljon paperityötä ja selvityksiä ja kun lupa on myönnetty päästään rakennusta suunnittelemaan. Suunnittelutyöt kestävät yleensä muutaman vuoden, ennekuin navetan rakentamiseen on saatu lupa ja työt saadaan käyntiin. (proagria.fi)

Navettarakentamisessa tulee myös huomioida tarpeelliset lisärakennukset kuten rehusiilot ja lietesäiliö. Niissä tulee ottaa huomioon sijainti navettarakennuksen lähellä ja niiden koko määräytyy navetan kokoluokan mukaan.

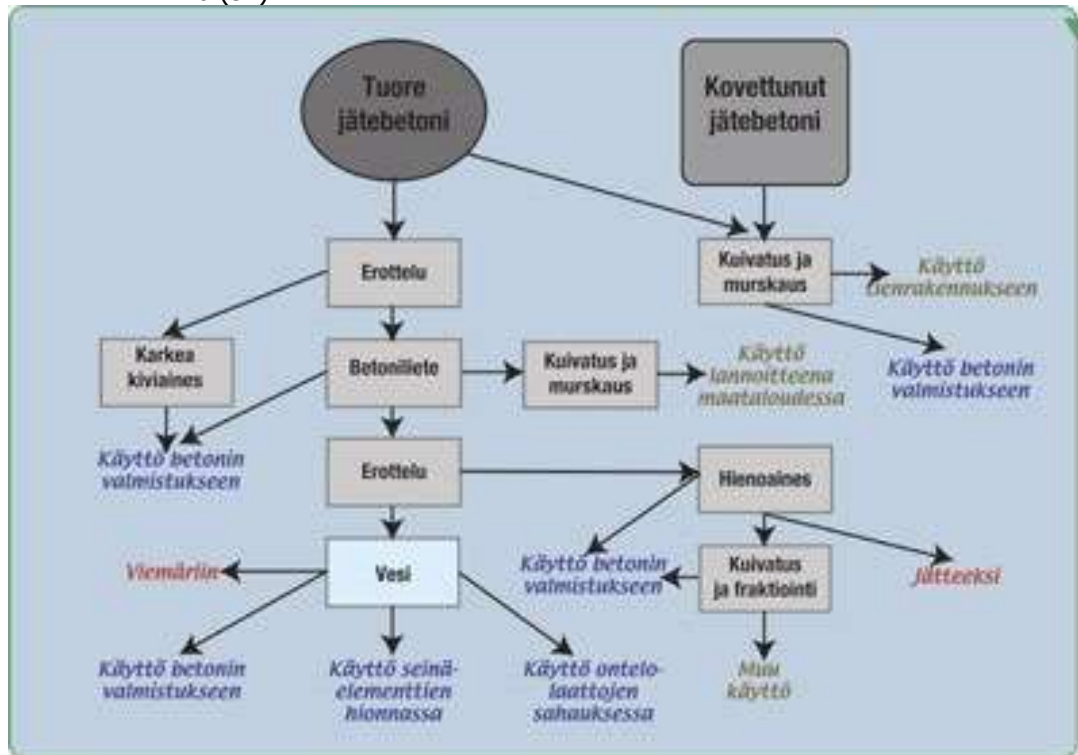
### 3 MATERIAALIT

#### 3.1 Betoni rakentaminen

Betoni on maailmalla eniten käytetty rakennusmateriaali ja sitä tarvitaan lähestulkoon kaikessa rakentamisessa. Betonia käytetään yleensäkin hyvin monipuolisesti. Käyttökohteita löytyy paitsi talonrakentamisesta pientaloista kerrostaloihin, myös erilaisista infrarakenteista kuten silloista, putkistoista, tunneleista, pato- ja voimalaitosrakenteista. Ympäristörakentamisessa käytetään myös paljon betonia erilaisina päällysteinä ja kalusteina. Betoni on materiaalina edullista, kestävä, sopii useisiin eri käyttökohteisiin ja betonilla on myös pitkä käyttöikä. (betoni.com)

Normali puristuslujuus betonille on 30-80 Megapascalia (MPa). Rakenteiden lujuus mitoitetaan jokaisessa rakennuskohteessa sen käyttötarkoituksen mukaisesti. Lujuuteen voidaan vaikuttaa betonin koostumuksella ja etenkin betonin vesi-sementtisuhteen muuttaminen vaikuttaa betonin lujuuteen olennaisesti. Uusien materiaalien käyttö ja teknologian kehittymisen edistyttyä on onnistuttu kasvattamaan betonin puristuslujuutta. Betonin vetolujuus on kuitenkin verrattain heikko, koska se on hyvin pieni osa n.(6-10%) puristuslujuudesta. Tämän takia betonirakentamisessa käytetään lähestulkoon aina raudoitusta betonin sisällä. Tällainen rakenne on nimeltään teräsbetonia. Teräsbetonissa sijoitetaan harjateräksiä niille alueille, joissa esiintyy vetojännityksiä. Kun betoni ottaa vastaan puristusjännitykset ja raudoitus vetojännitykset, lopputulos on todella luja ja kestävä materiaali. Betoni suojaa myös raudoitusta korroosiolta. Oikein suunniteltu raudoitus mahdollistaa todella suurienkin rakenteiden ja jänneväljen rakentamisen ja kuormien tasaisen siirtämisen maaperään. (betoni.com)

Betoni on kaikkiaan todella ekologinen ja ekotehokas rakennusmateriaali. Betoni on myös nykyään hyvin kierrätettävissä oleva ja jopa niin, että kierrätysmateriaali korvaa itseään suuremman määrän neitseellistä luonnon kiviainesta. Betonia pystytään uudelleen käyttämään erilaisiin tarkoituksiin kuten esimerkiksi maanrakennuksessa tienpohjien täyttömateriaalina. Myös Lapinlahdelle tulevaan pihattokohteeseen käytettiin rakennuksen ympäristäytöihin läheisen ammattiopiston purkutöistä tullutta betonimurskaa. (betoni.com)



Kuva 2 Jätebetonin kierrätys (betoni.com 2019-09-17)

### 3.1.1 Betonirunkorakentaminen navettarakentamisessa

Nykypäivänä uusien navettarakennusten materiaalina käytetään pääosin betonia, koska navettarakennukset alkavat olla kokoluokaltaan niin isoja että betonirakenne on helpompi toteuttaa. Betonia käytetään myös sen hyvän kestävyys ja käyttöiän takia ja suurin osa rakenteista tulee työmaalle valmiina elementteinä kuten kaikki lietekuiluelementit, ritiläpalkit ja seinäelementit. Betonielementti rakentaminen on yleistä koska rakenteet ovat todella kestäviä, niistä on nopea rakentaa, se on suhteutettuna rakennuksen kokoon halpaa ja erittäin laadukasta rakennusmateriaalia. Navetoiden rakentamisessa on otettava huomioon rakenteille kohdistuva lisärasitus, koska navetoissa on lietteiden takia suuria happopitoisuuksia. Betoni tulee valita käyttöluokaltaan sen mukaisesti mihin käyttötarkoitukseen se on tulossa.

Betoni rakentamisessa runko, seinät, ritilät ja lietekuilut tulevat valmiina elementteinä mikä tarkoittaa, että rakennusvaiheessa työmaalla on tehtävä paljon mittatöitä valmiiksi ennen elementtien asennusta. Lattiat lietekuilujen pohjat sekä ruokintakäytävät betonoidaan paikallavaluina. Kattokannakkeet ovat betoni- ja liimapuupalkkeja, joiden päälle rakennetaan itsestäänkantavat pellit ja vesikattorakenne peltien päälle. Betonipalkit sijoitetaan keskimmäisen betonipilari linjan päälle ja liimapuupalkit kiinnitetään poikkipalkin päälle tai suoraan keskimmäisten pilarien päälle palkkikengän avulla. Betonipilareihin kuuluu tehdä jalustaan kiinnityksen jälkeen juurivalu juotosbetonista, jonka

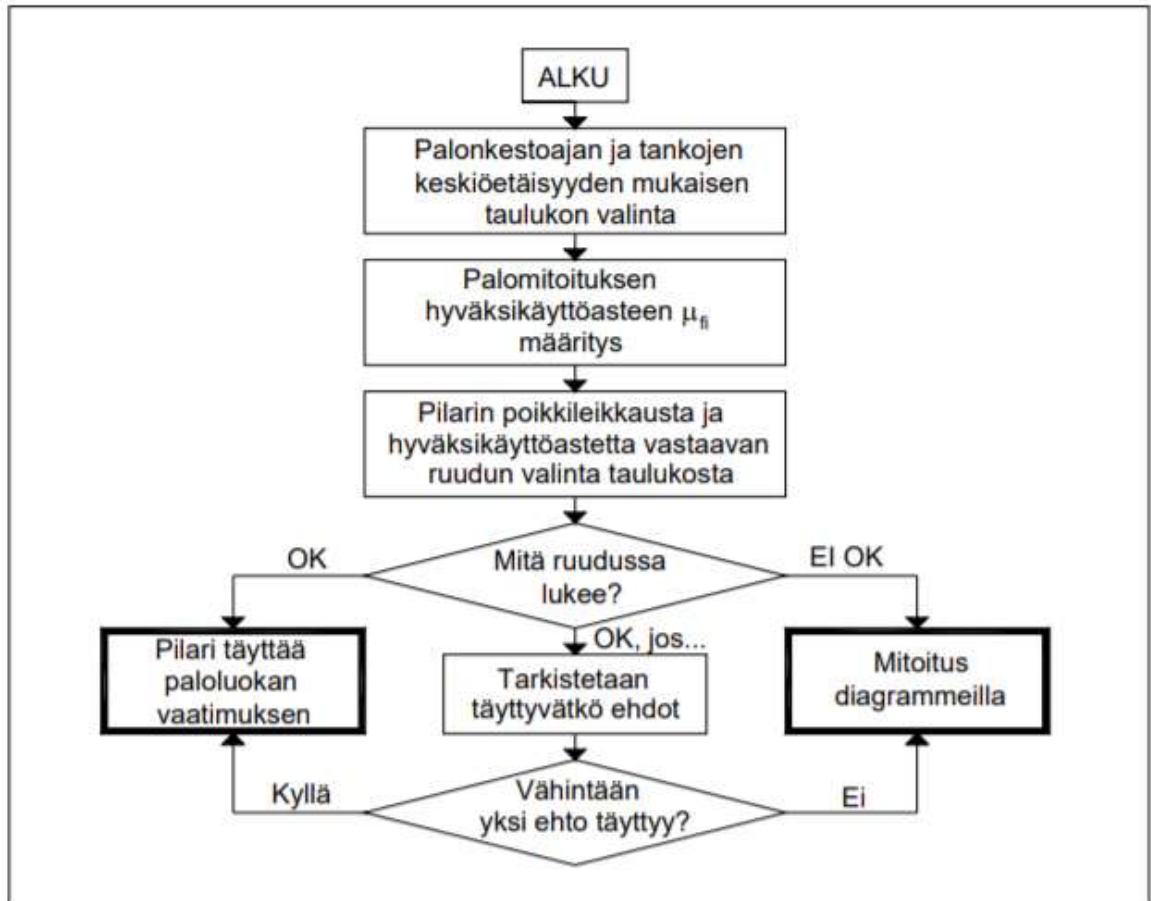
vahvuus on vähintään 50mm ja sen tulee ulottua 250mm korkeudelle. Juurivalut on tehtävä ennen kuin pilareita voidaan kuormittaa palkeilla, jotta rakenne on kestävä ja turvallinen.



Kuva 3 betonipilarin juurivalusta (Helppolainen 2020-03-29)

### 3.1.2 Mastopilarirakenne

Betonirunkoisessa navetassa käytetään mastopilarirakennetta koska se mahdollistaa suuret jännepäällit ja niiden avulla onnistutaan viemään suuria kuormia maaperään. Mastopilarirakenteessa pilari kiinnitetään pulttikehään, joka on anturavalun yhteydessä kiinnitetty teräksillä anturaan. Mastopilarissa antura on kokoluokaltaan todella suuri, kuormien mukaan mitoitettu. Mastopilarit vaativat pulttikehän ympärille juurivalun, jonka jälkeen pilari kestää kuormitusta. Lapinlahdelle rakennettavaan kasvattamoon anturoiden alle tuli myös paalutus maaperän kantavuuden riittämättömyyden vuoksi. Jokaisen anturan alle paalutettiin neljä paalua, jotta anturalaatta pysyy tasapainossa, mitoitus- tusten mukaan kolme paalua anturaa kohden olisi riittänyt. Betonirakenteiden suunnittelussa ollaan myös siirtymässä eurokoodeihin. Palomitoitus tehdään standardin SFS-EN 1992-1-2 mukaan. Pilarien taulukkomitoitus on kuitenkin rajattu koskemaan vain jäykistettyjä rakenteita eli standardin sa- moja taulukoita ei voida käyttää mastopilareille. Tampereen teknillisessä yliopistossa tehdyssä Mikko Salmisen diplomityössä kehitettiin SFS-EN 1992-1-2 vyöhykemenetelmän mukainen laskenta- ohjelma mastopilarien palomitoitukseen. Rakennuksen palonkestoluokka on P3. (betoniyhdistys.fi)



Mastopilarin palomitoituksen periaatteita. (elementtisuunnittelu.fi 23-04-2020)



Kuva 4 Betonipilarirunko (Helppolainen2020-03-29)

Koska kohteeseen tulee todella paljon elementtirakenteita, on otettava huomioon nostotöiden määrä lopullisissa kustannuksissa. Nostoihin on aina tehtävä myös nostotyösuunnitelma. Myös huonoihin sääolosuhteisiin on varauduttava, koska liian kovassa tuulessa on suuri riski työtaturmiin, jolloin nostotöitä on siirrettävä.

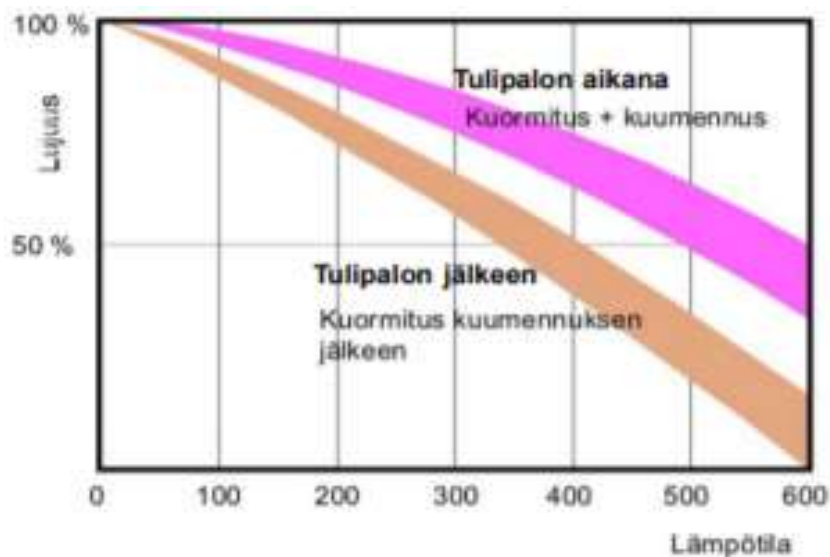
Yleinen betonielementtien toimittaja maatalouskohteisiin on Lujabetoni Oy, jonka kanssa myös tilaaja Ikkuna- ja Ovipari tekee yhtetistyötä mm. suunnittelun ja elementtien kehityksen muodossa.



Kuva 5 Betonirunko navetta (lujabetoni.fi 2020-02-07)

### 3.2 Paloturvallisuus betonirakenteissa

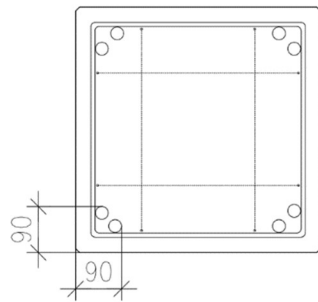
Paloturvallisuuden kannalta betoni on todella hyvä rakennusmateriaali koska Betoni ei pala eikä sula ja se luokitellaan parhaaseen A1- luokkaan. Betonin jännitystaso rakenteessa on korkeintaan 60 prosenttia murtolujuudesta, minkä betonirakenne kestää kuormituksensa vielä 500 celsiusasteen lämpötilassa. Hyvin hoikkia betonirakenteita lukuun ottamatta, betonirakenne kestää aina vähintään tunnin standardipalon. Yksinkertaisesti betonipeitettä paksuntamalla palonkesto saadaan aina neljän tunnin luokkaan, eli käytännössä betonirakenne kestää koko palon sortumatta. Betonirakennuksen sortumisia tulipaloissa ei juurikaan ole tapahtunut. Koska paloturvallisuus betonirakenteissa on itsessään erinomainen, säästytään erillisistä palosuojauksen tarpeista ja se näkyy myös rungon kustannuksissa. (elementtisuunnittelu.fi)



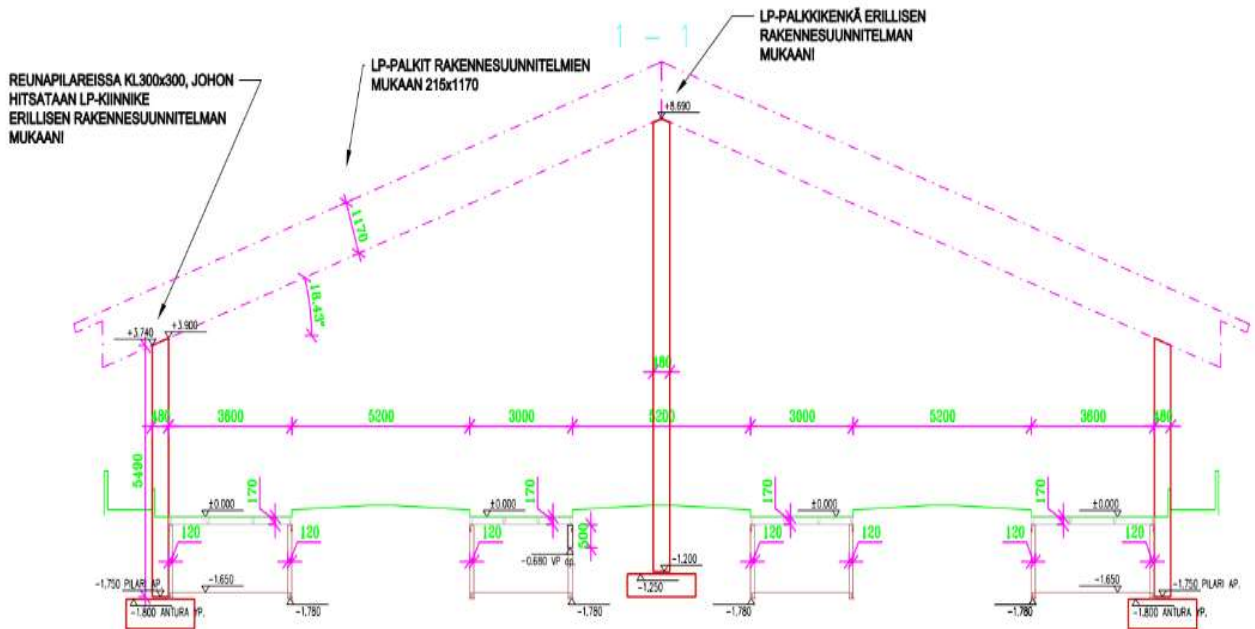
Kuva 6 Betonin lujuus tulipalon aikana ja jälkeen (aalto.fi)

### 3.3 Yleiset mitoitukset ja standardit

Betonin valmistuksessa noudatetaan standardeja SFS-EN 206 ja SFS 7022. Betonisissa rakenteissa kuten betonipilareissa niiden mitoitus on myös rakenteiden toimivuuden, kestävyys ja kustannusten osalta tärkeää. Esimerkiksi yleinen käytetty mitta pilareissa on 480x480mm koska siinä suojaetäisyydet ovat varmat, se kestää suuria kuormia ja tarvitsee vähemmän raudoitusta kuin kaapeampi pilari, jolloin sen hintakin on edullinen käyttötarkoitukseen ja toimivuuteen nähden. Pilarien mitoituksessa määrääviä tekijöitä on pilarien koko ja niiden määrä. (betoni.com)



Kuva 7 Terästen sijainti betonipilarirakenteessa (Ikkuna- ja ovipari 2020-03-29)



Kuva 8 Laskennassa käytetyn betonirunkoisen kohteen leikkauskuva (Ikkuna ja ovipari 2020-03-29)

### 3.4 Yleistä teräsrunkorakentamisesta

Kaikista rakennuksista Suomessa teräsrunkoisia on noin 20 %. Teräsrunkoa käytetään silloin kun tarvitaan suuria vapaita tiloja ja pilarilinjat eivät tule keskelle rakennusta kuten konehallit yms. Teräsrakentamisessa on yleisesti helpompi soveltaa muuttuvuutta ja teräsrunkorakenteita käytetäänkin nykyään hyvin paljon toimistotilojen rakentamisessa niiden muuntojoustavuuden takia. Teräsrakenteet suunnitellaan Eurocode-standardien mukaisesti. (teräsrakenneyhdistys.fi)

#### 3.4.1 Teräsrunkorakentaminen navettarakennuksessa

Teräsrunkorakentaminen navettarakentamisessa on harvinaisempaa sen lähtökohtaisesti kalliimman hinnan vuoksi, mutta sitä käytetään suurinpiirtein samassa suhteessa kuin muussakin rakentamisessa. Teräs on myös kestävyydeltään todella kestävä ja pitkäikäinen.

Teräsrakenteiden haittapuolia ovat mm korroosion vaikutus, varsinkin navettaympäristössä jossa on lämpötilavaihteluita ja lietteistä johtuvia korkeita happopitoisuuksia, jotka vaikuttavat myös nosto/liukuovien ja muun tekniikan toimivuuteen. Näiden johdosta myös stabiiliteetti voi olla oleellinen ongelma koska teräsrakenteet ovat yleensä ohuempia ja kapeampia jolloin niiden pehmeneminen vaikuttaa niiden kuormien kestävyYTEEN. Teräsrungon mitoituksessa on siis otettava huomioon monia seikkoja suunnittelu vaiheessa. (Kenkkilä 2016)

Teräsrunkorakentamisessa on myös erilaisia runkojärjestelmiä kuten pilari-palkki-laatta järjestelmä jossa rungon muodostavat teräspilarit sekä palkit ja niihin kiinnitettävä laatasto. Runkorakennetta suunniteltaessa on mahdollista käyttää ainakin kahta erilaista rakenneratkaisua. Ensimmäisessä ratkaisussa pilarit suunnitellaan siten että ne jatkuvat seinärakenteen sisään ja palkit sijoittuvat välipohjarakenteen sisään. Näin ollen mitoituksen suunnittelu on minimaalisempaa jolloin pilarien koot ja pilariruudut ovat pienempiä ja jännevälit lyhyempiä. Toisessa periaatteessa pilarikoot ja jännevälit optimoidaan rakenteellisesti ja jaetaan valmiisiin moduulimittoihin. (RT 82-10765 2001, 5.)

Toinen yleinen järjestelmä on pilari-palkki järjestelmä. Se on yksinkertaisempi menetelmä pilari-palkki-laatta järjestelmästä jossa laattojen alapinta on tasainen eikä palkit jää näkyviin.



Kuva 9 Esimerkkikuva teräsrunkonavetasta (maaseuduntulevaisuus.fi 2020-02-08)

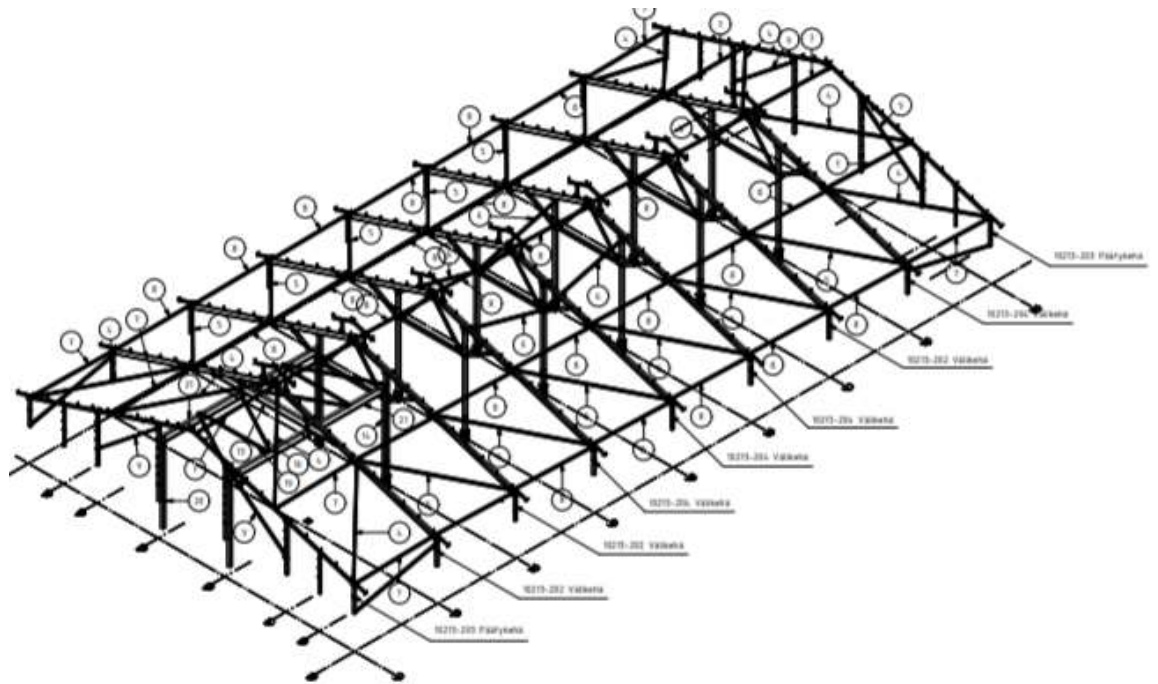
### 3.5 Teräsrakenetamisen hyödyt ja haitat

Teräsrunkon rakenteen suurimmat hyödyt ovat sen erinomainen paino-lujuussuhde, joka antaa suunnittelijalle mahdollisuuden toteuttaa runkorakenteen pienemmillä ja kevyemmällä rakenne ratkaisuihin. Teräsrakenteiden liitokset on helppo toteuttaa koska ne tehdään joko ruuvamalla, hitsaamalla ja pultti liitoksin, jotka ovat työajaltaan todella nopeita verrattuna esimerkiksi betonissa tarvittaviin juotosvaluihin. Materiaalina teräs on myös hyvin tasalaatuinen. Myöskään kosteudella ei ole vaikutusta teräksen ominaisuuksiin. Teräspilarit runkorakenteina ovat myös kappalehinnaltaan halvempia, mutta toisaalta ne vaativat hyvän tuennan ja palosuojauksen. (teräsrakenneyhdistys.fi)

Huonoja puolia teräsrakenteissa on niille tehtävät lisätyöt kuten eristäminen ja tuenta verrattuna betonirakenteisiin koska teräsrakenteet ovat yleensä todella hoikkia, eikä teräsrakenteet kestä suuria lämpötilavaihteluja. Liiallinen kuumuus saa teräsrakenteet pehmeämmän, kun taas liian kylmä lämpötila saa rakenteen haurastumaan. Teräkseen liittyy myös jo aiemmin mainittuja stabiliteetti ongelmia koska teräksestä tehtävät rakenteet voidaan toteuttaa kapeammilla mitoilla. Mitoituksen kanssa on oltava tarkkana, että teräksen lujuudet kestävät niille lasketut kuormat, etteivät ne kiepsahda tai nurjahda. (Kenkkilä 2016)

Teräsrakenteita suunniteltaessa myös yksi vaikuttava ja huomioon otettava tekijä on korroosio. Korroosio aiheuttaa rakenteen ruostumista ja sitä kautta rakenteen haurastumista, joka voi pahimmassa tapauksessa johtaa rakennuksen vioittumiseen ja jopa sen romahtamiseen. Eritoten lämpötilalla on oma vaikutuksensa korroosion etenemiseen, koska korkea lämpötila nopeuttaa korroosion etenemistä kun taas matala lämpötila hidastaa sitä. Korroosiota voidaan estää pinnoittamalla teräs ja suojata se maalaamalla kestävillä metallille tarkoitettulla maalilla. (Kenkkilä 2016)





Kuva 11 Esimerkkikuva teräsrungon tuenasta (Weckmann steel 2020-03-29)

### 3.7 Teräspilarien manttelointi

Teräspilarit vaativat lattiapinnan alapuolella täyttöjen kohdalla pilarin juuren mantteloinnin koska teräsrakenne ei kestä täyttäaineen kanssa suoraa kosketusta vaan pilarissa alkaa tapahtua korroosiota jolloin se heikkenee ja aiheuttaa sortumisvaaran. Manttelointi tehdään betonilla ja sen tulee ulottua juuresta lattiapintaan asti. Mantteloinnissa betonin suojapeitteen paksuus tulee olla vähintään 50 mm, jolloin se täyttää suunnittelunmukaiset vaatimukset.

## 3.8 Paloturvallisuus teräsrakenteissa

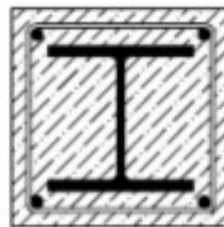
Teräsrakenteissa yleinen paloturvallisuus on huono teräksen hyvän lämmönjohtavuuden vuoksi. Esimerkiksi neljältä sivulta palolle altistettu teräspalkki pettää 550 celsiusasteessa riippumatta teräksen laadusta. Sekä teräs että betoni ovat palamattomia materiaaleja, mutta teräs kuumenee sen hyvän lämmönjohtonsa vuoksi niin nopeasti, että suojaamaton teräsrakenne kestää standardi paloa vain noin 15 minuuttia. (elementtisuunnittelu.fi)

Palosuojausmenetelmiä teräsrakenteille on kuitenkin useita kuten palosuojamaalit, palosuojalevyt, erilaiset ruiskutukset ja eristeet. Palosuojausta voidaan tehdä myös rakenteellisin keinoin. Yleisimpiä rakenteellisia suojausmenetelmiä navettarakennuksissa ovat pilareiden sijoitus seinän sisälle ja pilareiden betonointi. (Johansson 2013)

Jotta teräsrakenteista saadaan paloluokan P3 kriteerit on tehtävä toimenpiteitä kuten pilarien betonointi ja palkkien palosuojamaalaus. Palosuojamaalin kuivakalvon paksuuden tulee olla putkiprofiileilla välillä 300... 1500  $\mu\text{m}$  ja I-profiileilla välillä 200...1400  $\mu\text{m}$ .



Kuva 12 Palkin suojaus eristelevyillä (paroc.fi 2020-03-07)



Kuva 13 Teräspilarin betonointi esimerkkejä (Matilainen 2017 2020-03-07)

## 4 KUSTANNUSVERTAILU

### 4.1 Menetelmä

Kustannusvertailu alkoi ensin laskemalla navettarakennuksista määrälaskenta exceltaulukkoon. Määrälaskennassa käytin tilaajan pyynnöstä Talo 80-nimikkeistöä. Määrälaskennan tein tilaajalta saamista DWG kuvista ja listasin rungon määrät ja materiaalit yksitellen määrälaskenta taulukkoon. Kustannusten vertailemisessa apuna toimi opinnoissa tutuksi tulleet menetelmät.

Sain tilaajalta kuvat ja paljon taustamateriaalia aiemmista kohteista, joista selvisi esimerkiksi elementtien aiempia hinnoitteluja betonirakenteille ja osviittaa myös missä työvaiheissa työkustannuksia voidaan säästää ja työvaiheita nopeuttaa. Navettarakentamisessa on myös paljon työvaiheita, joihin ei aikataulukirjasta löytynyt työmenekkejä vaan niitä piti tutkia aiempien samantyylisten rakennusten seurannasta, joita löytyi laajalti tilaajan puolesta. Näiden työmenekkien kirjaaminen ylös helpottaa jatkossa työskentelyä navettaurakoiden laskemisessa. Kustannuslaskennan suoritin valmiin kustannuslaskenta excel-pohjaan, jonka perusteella kustannuksia lähdin vertailemaan. Kustannukset laskin ensin betonirunko navetalle ja sen jälkeen vaihdoin betonin runko-osat teräksisiin ja laskin niille kustannukset.

### 4.2 Kustannusten muodostuminen

Kustannukset muodostuvat navettarakennuksen materiaalivalintojen ja navetan käyttötarkoituksen mukaan. Esimerkiksi lypsykarjalle tuleva robotillinen navetta on huomattavasti kalliimpi kuin liha-karjalle tuleva kasvattamo, koska robotit ja muut tekniset koneet tuovat jopa neljänneksen hintaan lisää. Eroavaisuus eri runkomateriaaleille muodostuu tietenkin materiaalien hinnoista, liitoksiin ja asentamiseen tarvittavista työvaiheista ja kalustosta sekä niihin kuluva työajasta. Rungon kustannusosuus esimerkiksi betonirunko rakennuksessa koko hankkeesta on noin 25%. Kustannuksiin vaikuttaa myös se miten paljon rakennukseen tulee kantavaa seinää verrattuna pilareihin, esimerkiksi Lapinlahdelle rakennettavaan betonirunkoiseen pihatto kohteeseen tulee vain kaksi kantavaa ulkoseinäelementtiä ja muuten kuormitukset ovat pilarien varassa. Suuri tekijä kustannuksiin on myös, onko tila lämmin vai kylmä.

Betonirunkorakentamisessa paljon kustannuksia syntyy nostotöistä, hitsaustöistä, juotosvaluista ja tietenkin materiaaleista. Kustannuksiin sisältyy myös toimituskuluja ja toimitukset on sovittava sujuvasti aikataulun mukaan, jolloin työmaalla ei tapahdu siitä johtuvia viivästyksiä, jotka vaikuttavat aikatauluun ja sitä kautta kustannuksiin. Betoniset pilarit ovat yleensä itsessään myös kalliimpia kuin teräspilarit, mutta säästöä tulee työnäärässä koska betoniset mastopilari rakenteet eivät tarvitse samanlaisia tuentoja mitä teräsrunkoiset rakennukset ja myös paloturvallisuudessa tulee

säästää betonin hyvän palonkestävyyden vuoksi. Suurimman osan rungon hinnasta muodostaa liimapuupalkit ja kattorakenne. Liimapuupalkeissa plussaa ovat sen suuri kantavuus, joka mahdollistaa pitkät jännevälit pienillä tuennoilla ja ne kestävät suuria kuormituksia.

Teräsrunkoiselle navetalle lisäkuluja syntyy nosto ja hitsaustöistä. Myös rakenteiden palosuojaus ja tuenta tuovat teräsrunkoiselle navetalle lisäkustannuksia. Teräspilarit ovat hinnaltaan kuitenkin yleisesti navettarakentamisessa edullisempia kuin betonipilarit, haittapuolena kuitenkin teräksen huono palonkestävyys ja stabiilisuus. Teräsrungon tuenta lisää rungolle tulevia kuluja verrattuna betoniin ja palosuojauksesta aiheutuvat lisäkulut tulevat eristysvalinnan mukaan. Teräsrunkoisen pilarilinjan laskennassa työn tilaajan puolesta ei ollut paljon tietoa aiemmista kohteista, joten teräsrunko kohteessa kustannuksia piti etsiä tavaran toimittajilta ja verkkokaupoista. Teräksen hinnoittelu on laskettu tonnihinnoittelulla.

Runko- ja vesikattorakenteet													
Kantava ulkoseinä	5 kpl	1,180	5,900	19,00 €	22,42 €	112,10 €	6 340,00 €	31 700,00 €	0,00 €	6 362,42 €	31 812,10 €	2	2
Juurivalun muotityö	36,48 m2	0,120	4,378	19,00 €	2,28 €	83,17 €	2,06 €	75,15 €	0,00 €	4,34 €	158,32 €	1	
Juurivalu (Fescon)	1,9 m3	1,732	3,291	19,00 €	32,91 €	62,53 €	1,67 €	3,17 €	0,00 €	34,58 €	65,71 €	1	1
Betonipilarit 480x480 (9950mm)	12 kpl	0,450	5,400	19,00 €	8,55 €	102,60 €	2 192,50 €	26 310,00 €	0,00 €	2 201,05 €	26 412,60 €	2	2
Betonipilarit 480x480 (6950mm)	26 kpl	0,450	11,700	19,00 €	8,55 €	222,30 €	1 590,00 €	41 340,00 €	0,00 €	1 598,55 €	41 562,30 €	2	2
Betonipalkit 480x780	4 kpl	0,880	3,520	19,00 €	16,72 €	66,88 €	2 580,00 €	10 320,00 €	0,00 €	2 596,72 €	10 386,88 €	2	2
Liimapuut	28 kpl	0,500	14,000	19,40 €	9,70 €	271,60 €	4 245,00 €	118 860,00 €	0,00 €	4 254,70 €	119 131,60 €	2	1
Liimapuun kiinnikkeet	38 kpl	0,270	10,260	19,00 €	5,13 €	194,94 €	118,42 €	4 499,96 €	0,00 €	123,55 €	4 694,90 €	1	1
Katto (aluraikka)	2795 m2						60,00 €	AU	167 000,00 €	59,75 €	167 000,00 €		
Päähykolmiot	200 m2	0,043	8,600	19,00 €	0,82 €	163,40 €	60,00 €	12 000,00 €	0,00 €	60,82 €	12 163,40 €	2	2
Nosturi	24 h						100,00 €	2 400,00 € AU	20,00 €	480,00 €	120,00 €	1	0
Avattava valoharja 66m	66 m	0,150	9,900	19,00 €	2,85 €	188,10 €	500,00 €	33 000,00 €	0,00 €	502,85 €	33 188,10 €	2	2
Henkilöstön vuokra	1 erä							Muut 500,00 €	500,00 €				
Pientarvikkeet	1 erä							Muut 500,00 €	500,00 €				
Runko- ja vesikatto yhteensä			77			1 467,63 €		280 508,28 €		168 480,00 €	449 455,91 €		

Kuva 14 Kustannukset betonirungolle. (Helppolainen 2020)

Runko- ja vesikattorakenteet															
Kantava ulkoseinä	5 kpl	1,180	5,900	19,00 €	22,42 €	112,10 €	6 340,00 €	31 700,00 €		0,00 €	6 362,42 €	31 812,10 €	2	2	
Mastopilarit (seinälinja)	26 kpl	0,280	7,280	19,00 €	5,32 €	138,32 €	1 590,00 €	41 340,00 €		0,00 €	1 595,32 €	41 478,32 €	2	2	
Juurivalu (muotittu)	24,96 m <sup>2</sup>	0,120	2,995	19,00 €	2,28 €	56,91 €	2,06 €	51,42 €		0,00 €	4,34 €	108,33 €	1	1	
Juurivalu	1,2 m <sup>3</sup>	0,720	0,864	19,00 €	13,68 €	16,42 €	1,67 €	2,00 €		0,00 €	15,35 €	18,42 €	1	1	
Teräspilarit 12 kpl 300x300x16 (167kg/m)	16,096 t														
		0,668	10,752	19,00 €	12,69 €	204,29 €	2 000,00 €	32 192,00 €		0,00 €	2 012,69 €	32 396,29 €	2	2	
Teräspalkit 4kpl HEB600 (212kg/m)	8,268 t						2 254,00 €								
		0,430	3,555	19,40 €	8,34 €	68,97 €		18 636,07 €		0,00 €	2 262,34 €	18 705,04 €	2	1	
Palosuoja betonointi	10,6 m <sup>3</sup>	0,178	1,887	19,00 €	3,38 €	35,85 €	120,00 €	1 272,00 €		0,00 €	123,38 €	1 307,85 €	1	1	
Palonsuojamaalaus palkit (Sherwin Williams Firetex FX512)	68 m <sup>2</sup>														
		0,070	4,760	20,00 €	1,40 €	95,20 €	10,81 €	735,08 €		0,00 €	12,21 €	830,28 €	1		
Mantteilit teräspilareille (Muotittu)	25,2 m <sup>2</sup>	0,120	3,024	20,00 €	2,40 €	60,48 €	2,30 €	57,96 €		0,00 €	4,70 €	118,44 €	2		
Mantteilit teräspilareille (valu)	0,546 m <sup>3</sup>	0,680	0,371	19,00 €	120,00 €	7,05 €	120,00 €	65,52 €		0,00 €	132,92 €	72,57 €	1	1	
Liimapuut	28 kpl	0,500	14,000	19,40 €	9,70 €	271,60 €	4 245,00 €	118 860,00 €		0,00 €	4 254,70 €	119 131,60 €	2	1	
Palkkikengät	38 kpl	0,270	10,260	19,00 €	3,20 €	121,68 €	121,80 €	4 628,40 €		0,00 €	125,00 €	4 750,08 €	1	1	
Katto (alusrakka)	2795 m <sup>2</sup>								AU	60,00 €	167 700,00 €	60,00 €	167 700,00 €		
Päätykolmiot	200 m <sup>2</sup>	0,043	8,600	19,00 €	0,82 €	163,40 €	60,00 €	12 000,00 €		0,00 €	60,82 €	12 163,40 €	2	2	
Nosturi	24 h								AU	100,00 €	2 400,00 €	100,00 €	2 400,00 €		
Avattava valoharja 66jm	66 m	0,150	9,900	19,00 €	2,85 €	188,10 €	500,00 €	33 000,00 €		0,00 €	502,85 €	33 188,10 €	2	2	
Henkilönostin vuokra	1 erä								Muut	500,00 €	500,00 €				
Pientarvikkeet	1 erä								Muut	500,00 €	500,00 €				
Runko- ja vesikatto yhteensä			84			1 540,37 €		294 540,45 €		171 100,00 €		466 180,82 €			

Kuva 15 Kustannukset teräsrungolle (Helppolainen 2020)

#### 4.3 Vertailu

Tekemässäni vertailussa vertailun kohteena toimivat navetan runkorakenteet. Runkorakenteita verratessa tuli ottaa huomioon millaiset vahvuudet tullee olla betonirakenteilla ja millaiset teräsrakenteilla. Betonirakenteiden hintoja sain selville Ikkuna- ja ovipari Oy:n yhteistyökumppanilta Luja betoni Oy:ltä. Teräsrakenteissa taas hinnoittelu tehtiin tonni hinnoilla kuten teräsrakenteissa yleensä. Osa teräsrunko navetan palkeista ja pilareista löytyi standari mitoilla ja valmiiksi hoinnoiteltuna ja joiden mukaan sain hinnat laskentaan. Vertailin ensin materiaali hintoja ja sen jälkeen työstä aiheutuvia kustannuksia.

Vertailussa kohteena on siis 2400 m<sup>2</sup> kokoinen betonirunkoinen lypsykarja pihatto, jossa toisessa versiossa kaikki rungon osat ovat betonista ja liimapuusta ja toisessa versioissa keskilinjän pilarit ovat korvattu teräksisillä ja betonipalkit teräspalkein, muuten liimapuu ja kattorakenteet ovat samanlaisia. Myös anturarakenne on samanlainen koska kohteessa on paalu perusta, jolloin paalujen päät määräävät anturan koon.

Betonirunkoinen navetta tulee kustannuksien puolesta edullisemmaksi silloin kun rakennus on massiivinen koska se on helpoin toteuttaa silloin mastopilari rakenteella. Betoniselle rungolle ei tarvitse

tehdä palosuojuksia kuten teräsrunkorakenteelle joutuu tekemään koska betonirakenne on palonkestoltaan erinomainen materiaali ja tällöin betonirakentamisella säästetään palosuojauksen osalta. Rakennuksen paloluokka on P3 ja betonirunko täyttää paloluokan kriteert. Teräspilari rungon etuna on yleensä kuitenkin sen edullisempi kappalehintaa ja sitä kannattaa harkita esimerkiksi silloin, jos pilarien määrä on vähäinen, jolloin myös palosuojauksista aiheutuvat kulut teräsrungolle ovat pienet, ylipäättään teräsrunko on yleensä halvempi kokonsa puolesta pienemmissä rakennuksissa. Kuitenkin vertailussani teräspilareille tuli myös kalliimpi kappalehintaa kuin betonisille koska ne ovat mitoitukseltaan todella suuria. Kun pilarien määrä taas kasvaa on palosuojauksen kulut huomattava osa runkorakennetta ja myös teräsrungolle vaadittavat tuennat vievät oman osansa kustannuksista verrattuna betoniin. Seuraavassa laskelmassa on otettu huomioon runkorakenteiden hinnat ja niille aiheutuvat lisäkulut, työkulut ja -määrät ja verrattu niitä toisiinsa.

Teräsrunkoisen rakenteen loppuhinnaksi muodostui 466 180,82€ ja betonirunko rakenteen hinnaksi 449 455,91€ eli erotusta on 17 024,91€ betonirunkoisen ratkaisun hyväksi. ( $466\,180,82\text{€} - 449\,455,91\text{€} = 17\,024,91\text{€}$ ). Työaikamenekin puolesta betonirunkoinen ratkaisu on myös 7th nopeampi, joten aikatuluun vaikutusta ei ole huomattavasti. Suurin osa lisäkuluista teräskelle siis syntyvät palonsuojaus toimista, teräspilarit on valettava betonilla täyteen ja teräspalkit taas on maalattava palosuojamalilla, jotta rakenteet täyttävät palonkestoluokan P3 kriteerit.

### 5.1 Aikataulujen laskenta

Aikataulun laskennan suoritin excel taulukkoon, joka on tullut tutuksi eri rakentamistalouden kursseilta. Laskin ensin runkotyövaheeseen menevät määrät, jonka jälkeen etsin työn suorituskertoimet ja otin laskennassa myös huomioon työvaiheista johtuvat viivästykset ja päällekkäisyydet. Aikataulun vaikutus kustannuksiin on hyvin suuressa roolissa koska työvoima on kallista ja se tulee hyödyntää maksimaalisesti hyviin tuloksiin pyrkiessä. Aikataulullisesti runkotöissä vaikutuksia tulee myös sen takia, koska palkit ja katto on jätetty lattiavalujen ja sisäpuolen nostojen takia myöhemmäksi, jotta nosturiautojen kanssa työskentely on huomattavasti jouhevampaa ja näin säästetään aikataulullisesti.

Navetoiden rakentamisessa, kuten muussakin rakentamisessa aikataulu on todella tärkeässä roolissa ja viivästyksiä ei olisi suotavaa tulla. Lasketun aikataulun perusteella uuteen navettarakennukseen on yleensä tulossa karjaa jo etukäteen sovittuna päivämääränä ja navetan tulisi olla siinä kunnossa, että eläimet pääsevät suoraan uuteen navettaan. Aikatauluissa suurin eroavaisuus on, että teräsrakenteissa rakenteita liitetään hitsaamalla sekä pulttaamalla, joka on nopeaa, kun taas betonirakenteissa on hitsattavia liitoksia, pultattavia ja esimerkiksi pilarit vaativat juurivalun juotosbetonista. Seuraavat aikataulut näyttävät tuntimääräisesti molempien runkorakenteiden työaika menekin.

Opinnäytetyön kohteena toimivan lypsykarjapihaton laskettu aikataulu on yleisesti on noin seitsemän kuukautta, jossa runkovaiheen kesto on arviolta 5 kuukautta koska rakentaessa pyritään tekemään kaikki sisäpuolen valutyöt ja nostotyöt ennekuin kattorakenne rakennetaan. Tämä järjestys helpottaa huomattavasti työntekoa ja säästää aikaa. Jos rungon pystyttäisi ennen sisäpuolien tekemistä rungon pystytyksen kuluva aika työtunneissa on 77tth ja työryhmänä toimii pääsääntöisesti 2 RAM + 2 RM työryhmät.

Opinnäytetyössä laskettavan teräsrunkoisen rungon pystyttämiseen menee hieman pidempään ja aikataulu riippuu myös siitä missä järjestyksessä rakennuksen sisävaiheen töitä halutaan tehdä. Teräsrungon pystyttäminen itsessään on todella nopea, mutta lisäkustannukset syntyvät teräksen paloeristämisestä ja tuennasta. Laskennan mukaan työhönkuluisi 84tth 2 RAM + 2 RM työryhmällä.

Rakenteet valitaan tietenkin kohteeseen sopiviksi ja suunnittelijan parhaan näkemyksen mukaisesti käyttökohteen tarpeisiin. Rakenteiden valinnasta päättää loppujen lopuksi asiakas, koska hänellä on viimekädessä päätävävalta, millaisen navetan haluaa rakentaa. Tämä opinnäytetyö tuo kuitenkin perustellusti apua asiakkaalle mitä etuja on rakentaa betoni- tai teräsrunkovanetta.

Betonirunkoiset navetat mahdollistavat nykyään hyvinkin massiivisen kokoiset navettarakennukset vähällä lisä tuennoilla ja paloturvallisuus on betonirakenteessa erinomainen. Näin ollen sen hinta suurissa rakennuksissa on edullisempi, kun taas teräsrunkoista navettarakennusta suositetaan pienempien navetoiden rakentamiseen. Teräsrakenteita on todella hankala mitoittaa massiiviseen navetan rakentamiseen koska niiden tuenta on suuren mittakaavan navetassa ongelmallinen verrattuna betonisiin mastopilareihin. Terösrungon etuna on kuitenkin sen nopea pystytettävyyys ja muutostajoustavuus.

## 7 POHDINTA

Valitsin tämän aiheen alun perin koska se oli mielestäni todella mielenkiintoinen ja vastaa tulevaisuuden työnkuvaa, joten näin tässä hyvän mahdollisuuden kehittää itseäni ammatillisessa mielessä. Opinnäytetön laajuus on sopivan kokoinen ja opinnäytetyön sisältö muokkautui paljon työtä tehdessä. Tiesin jo tätä työtä tehdessäni pääseväni työnjohto tehtäviin kyseiselle työmaalle, joten työstä oli hyötyä paljon, koska pääsin tutustumaan kohteeseen etukäteen ja työmenetelmät tulivat tutuiksi hyvissä ajoin ennen työmaan aloitusta. Uudessa kohteessa on todella paljon suunnittele- mista ja tätä opinnäytetyötä tehdessäni oivalsin paljon uusia seikkoja mitä tulee ottaa huomioon kustannuksia ja aikatauluja laskiessa. Esimerkiksi lypsypihaton rakentamisessa kustannuksia säästyy tavaran säilyttämisen osalta koska yleensä työmaata ympäröivät pellot, joille tavaraa saa paljon säilytykseen. Myös usein maatilalla on isoja varastoja ja työkoneita siirtämässä tarvittavaa tavaraa lähemmäksi, joten turhalta kantamiselta ja siirtokoneiden vuokraamiselta säästyy. Siirrot on kuitenkin tehtävä asianmukaisesti eikä niistä saa koitua vaaraa työntekijöille.

Itse vertailu oli myös hyvin mielenkiintoinen sen puolesta, että koskaan aiemmin en ole laskenut tai perehtynyt teräs rakentamiseen muuta kuin mitä pieni pintaraapaisu aiheesta on käsitelty koulun oppiaineiden parissa. Teräsrakentamisessa on huomioitava todella paljon seikkoja mitoituksien ja rakenteiden tuentojen osalta. Teräsrakentamisesta mieleen on jäänyt, että se todella kätevä vaihtoehto, jos haluaa rakentaa nykypäivänä niin sanotusti pienemmän pihaton ja ylipäättään teräsrakentaminen soveltuu parhaiten hallien ja muutostajoustavuudeltaan nopeita muutoksia tarvitseviin esimerkiksi toimisto rakennuksiin. Hallien rakentamisessa teräsrakentaminen on materiaalien puolesta todella edullinen varsinkin sellaisiin rakennuksiin, joiden palonkestoluokka vaatimus on minimi, mutta kun rakennuksien koko kasvaa käy teräsksestä rakentaminen todella kalliiksi verrattuna betoniin. Työtä aloittaessani luulin, että teräsrunkoisen rakennuksen rakentaminen on todella paljon kalliimpaa kuin betonirunkoisen rakennuksen mutta hyvin nopeasti minulle kävi selväksi, että teräsrunkoisia navetoita rakennetaan suhteessa vähemmän ja ne ovat kokoluokaltaan pienempiä

niissä materiaalikustannukset olivatkin osittain halvemmat kuin betonisessa rakennuksessa. Halusin myös selvittää onnistuisiko betoniruko kohteen rakentaminen mahdollisesti teräsrunkoisena ja suunnittelioiden kanssa keskustelutani ja yhteistuumin mietittyämme päädyimme siihen tulokseen, että kohde olisi miltei mahdoton rakentaa teräsrakenteista koska silloin vaadittaisiin niin järeää tuentaa, että sitä ei kannattaisi lähteä toteuttamaan vaan kyseinen kohde on järkevin toteuttaa teräsbetonisilla mastopilareilla.

Onnistuin mielestäni hyvin tekemässäni työssä ja työtä tehdessä ja sitä myötä käytujen keskusteluiden ansiosta olen saanut tulevaa työuraa ajatellen todella hyvää kokemusta ja aioin jatkossakin pyrkiä selvittämään rakennustapojen eroja aikataulullisesti ja kustannuksellisesti. Työ opetti sen, että ennakkoluulot voivat olla hyvinkin vääriä ja niitä on hyvä selvittää perin pohjin ennen suunnitteleminen aloitusta. Opin työtä tehdessä myös paljon navettarakentamisen periaatteista ja koska toimin tätä työtätehdessäni jo apulaismestarin roolissa betonirunko työmaalla pääsin keskustelemaan myös asiakkaan kanssa kenelle betonirunkoista navettaa rakensimme ja kyselemään mietteitä nykypäiväisestä navettarakentamisesta, ja sen kautta se avarsi todella paljon seikkoja mitä navetoita suunniteltaessa ja myös rakennusvaiheissa on otettava huomioon ja muutoksia voi tehdä myös rakentamisen aikana kun syntyy erilaisia ideoita miten jonkun osan rakennuksesta voisi tehdä paremmin ja käytännöllisemmin.

## 8 LÄHTEET

betoni.com [verkkoaineisto].[viitattu 2019-12-16] Saatavissa: Betonin kierrätys <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ekologisuus/kierratys/>

HELPPOLAINEN, NIKO 2020-03-29. Juurivalu [digikuva]. Sijainti: Lapinlahti, tekijän sähköiset kokoelmat.

HELPPOLAINEN, NIKO 2020-03-29. Betonipilarirunko [digikuva]. Sijainti: Lapinlahti, tekijän sähköiset kokoelmat.

KENKKILA, Herman 2016. Runkorakenteiden vertailu lypsykarjanavetassa, Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 2019-10-31] Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/113741/Kenkkila\\_Herman.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/113741/Kenkkila_Herman.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

lujabetoni.fi [verkkoaineisto].[viitattu 2020-02-21] Saatavissa: <https://www.lujabetoni.fi/tuotteet/maatalouselementit/>

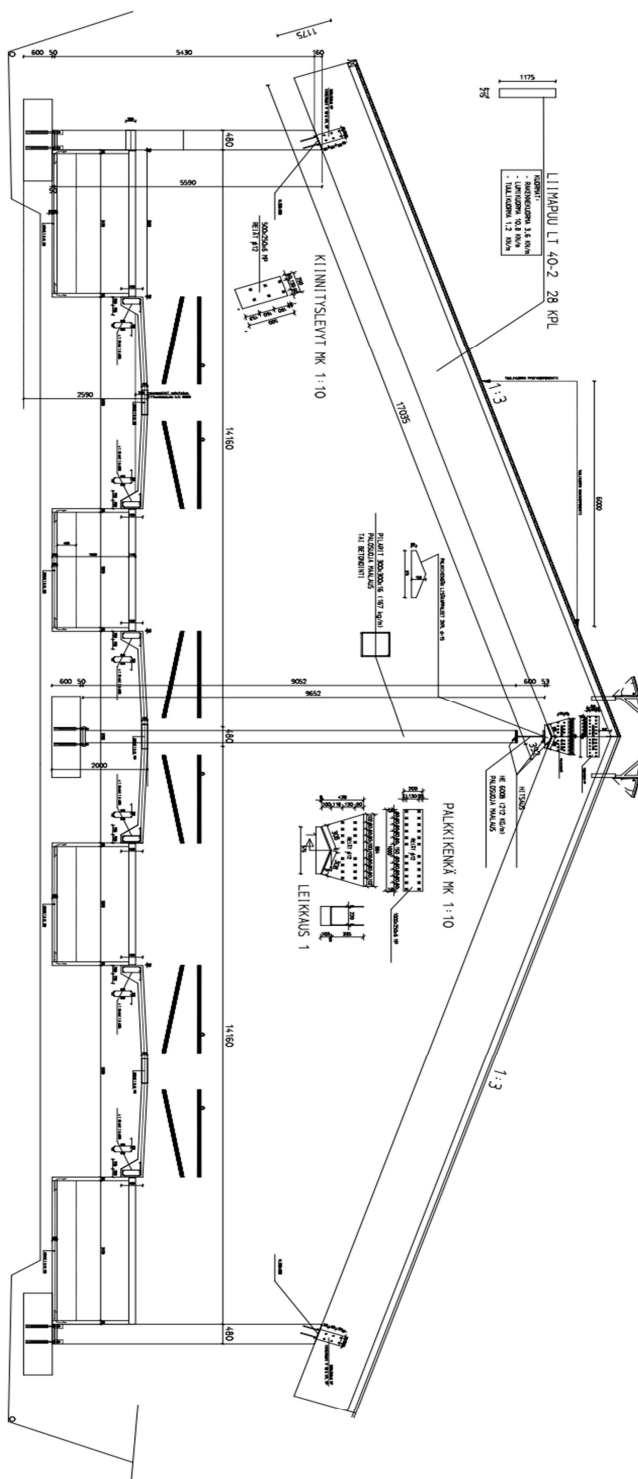
proagria.fi [verkkoaineisto].[viitattu 2019-12-17] Saatavissa: <https://www.proagria.fi/asiantuntijapalvelut/rakennussuunnittelu>

proagria.fi [verkkoaineisto].[viitattu 2019-12-17] Saatavissa: PRO AGRIA VIDEO <https://dreambroker.com/channel/nyosztq8/l9gbj5k9>

ruukki.fi [verkkoaineisto].[viitattu 2020-01-20] Saatavissa: Teräsrunkonavetta esimerkki ruukki <https://www.ruukki.com/fin/b2b/tietoa-meist%C3%A4/uutiset-ja-tapahtumat/uutiset-details/10-08-2018-ruukin-tuotteet-huippumoderniin-navettaan-kalajoella>

teräsrakenneyhdistys.fi [verkkoaineisto].[viitattu 2019-10-29] Saatavissa: <http://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/terasrakenneteollisuus/rakentaminen-teraksesta/>

## LIITE 1: TERÄSRUNKO ESIMERKKI



## LIITE 2: BETONIRUNKONAVETAN POHJAKUVA



