

**TUNNELIRAKENTEN MUOTTITYÖMENEKKI  
TEOLLISUUSRAKENNUSTYÖMAALLA**

Juha Takala  
Opinnäytetyö  
Kevät 2025  
Rakennusalan työnjohdon tutkinto ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Tekijä: Juha Takala

Opinnäytetyön otsikko: Tunnelirakenteen muottityömenekki teollisuusrakennus työmaalla

Työn ohjaajat: Marko Leppänen, Toimitusjohtaja, KSBR OY  
Mikko Kotro, Projekti-insinööri, KSBR OY  
Jere Kangas, Lehtori, OAMK

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2025  
Sivumäärä: 27 + 14 liitteenä

Opinnäytetyö suoritettiin KSBR Sverige AB:n työmaalla Pohjois-Ruotsissa. Työkohteeksi oli osa laajaa ja monitahoista hankekokonaisuutta, joka jo suunnitteluvaiheessa 2020-luvulla puhutti kotimaamme mediaa osana globaalia vihreää siirtymää, jossa teollisuus pyrki eroon fossiilisista polttoaineista.

KSBR Sverige AB on suomalaisen Keski-suomen Betonirakenne Oy:n tytäryhtiö ja se pyrkii laajentamaan liiketoimintaa tulevaisuudessa Ruotsin markkinoille. Hanke, jossa opinnäytetyö toteutettiin, oli ensimmäinen urakka, jonka yritys toteutti Ruotsissa.

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin teollisuusrakentamistyömaan muottityömenekkiä, verraten niitä samankaltaisiin, jo suoritettuihin KSBR Oy:n teollisuusrakentamisen projekteissa saatuihin työmenekkitietoihin. Opinnäytetyöhön rajattu rakenneosat poikkesi aikaisempien projektien mallirakenteista muodoiltaan sekä työmenetelmiltään. Tästä syntyi tarve opinnäytetyölle, jossa vertailtiin tämän projektin rakenneosan ja sen työmenetelmien vaikutusta muottityömenekkiin ja verrattiin tätä aikaisempien kohteiden toteumaan.

Opinnäytetyö jakaantuu 2 osaan, opinnäytetyöraporttiin Oulun ammattikorkeakoululle ja KSBR OY:lle toimitettavaan käytännön seurantaan ja raporttiin tuloksista laskelmineen, vertailuineen ja pohdintoineen.

Oulun ammattikorkeakoululle toimitettava julkinen raportti kertoo lukijalle olennaisen teorian betonirakentamisesta, mitä on otettava huomioon rakenteessa, mitä on työmenekki ja mihin sitä käytetään.

Työnantajalle toimitettu raportti sisältää yrityssalaisuuden piiriin kuuluvaa tietoa, ja nämä osiot ovat ainoastaan opinnäytetyön tilanteen yrityksen käytössä liitteenä. Raporttiin on viitattu tässä opinnäytetyössä kohdassa liitteet.

Opinnäytetyössä tähdättiin kehittämään ja tukemaan KSBR OY:n ja KSBR Sverige AB:n toimintaa niin työvaihesuunnittelun kuin urakkalaskennan osalta.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin yrityksen omaa tietokantaa, yleisesti alalla käytössä olevia nimikkeistöjä ja kirjallisuutta sekä käytännön seuranta toteumasta.

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Program in Bachelor of Construction management

Author: Juha Takala

Title of thesis: Formwork Costs of Tunnel Structure on a Industrial Building Project

Supervisor(s): Marko Leppänen, CEO, KSBR OY  
Mikko Kotro, Project Engineer, KSBR OY  
Jere Kangas, Lecturer, OAMK

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2025

Number of pages: 27 + 14 appendices

This thesis was completed for KSBR OY and its subsidiary KSBR Sverige AB during the KSBR Sverige AB's first industrial building project in Sweden. The project was part of big green and sustainable transitions of the Northern European industry in the 2020's where the nations including their industry aim to reborn and cut out the carbon emissions to minimum.

In this thesis the goal was to compare KSBR OY's and KSBR Sverige AB's calculated and realised formwork costs for a tunnel structure.

The thesis is divided into two separate parts: the first one is published for the educational needs and the appendix will be delivered to the KSBR OY and KSBR Sverige AB.

The public part of this thesis will inform the reader about what kind of structure is dealt with, what concrete work is and how the required quality of concrete work was executed in this structure, what is needed to be taken into account for formwork, and in the monitoring of the work costs.

The appendix will not be available for publicity since it includes confidential information for the company and there it is only informed and notified as an appendix in this part of thesis.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
SISÄLLYS .....	4
SANASTO .....	5
1 JOHDANTO .....	6
2 FLUMETUNNELI .....	8
3 BETONIRAKENTAMINEN .....	11
3.1 Työvaiheet betonirakentamisessa .....	13
3.2 Muottikalusto .....	14
3.3 Tehtäväsuunnittelu .....	17
4 AIKATYYPIT JA TYÖMENEKKI .....	21
4.1 Aikatyypit .....	21
4.2 Työmenekki .....	22
5 POHDINTA .....	24
LÄHTEET .....	25
LIITTEET .....	26

## SANASTO

<b>Käsite</b>	<b>Selite</b>
Ykköset	Seinämuottien kokonaisuuden ensimmäinen pinta, jonka asentamisesta työkokonaisuus alkaa normaalitilanteessa rakentumaan.
Tuplat	Seinämuottien kokonaisuuden toinen pinta, tämä suoritetaan, kun rauditus, tartuntaosat tai mahdolliset aukko ja läpivientivaraukset on saatu asennettua.
Holvi	Holvirakenne, muodostuu seinien päälle valettavasta laatasta.
Sielumuotti	Ykkösistä ja holvimuotista koostuva tunnelin "sielu" eli sisin, muottikokonaisuus suljetaan lopuksi tuplilla.
Työsauma	Kohta rakenteessa, johon betonirakenteen valu katkaistaan ja josta jatketaan työtä myöhemmin.
Liikuntasäura	Liikuntasäuran tarkoitus on erottaa kaksi rakennetta toisistaan, jotta estetään rasitusten siirtyminen rakenteisiin ja sallia rakenteiden pienimuotoinen vapaa liike, joka yleensä johtuu mm. lämpöliikkeistä, betonirakenteen virumasta tai kutistumasta.
Viruma	Ajan kuluessa rasitettuun betoniin tapahtuva muodonmuutos, ilmenee rakenteen vähitellen lisääntyvänä taipumana.

# 1 JOHDANTO

Työmaa, jolla opinnäytetyö suoritetaan, on suuri päästöttömän terästehtaan rakennusprojekti Pohjois-Ruotsissa. KSBR Sverige AB toimittaa tilaajalle betonirunkoiset tehdastilat. Huolimatta teollisuusrakentamisen sijoittumisesta infrarakentamisen toimialalle, rakenteiden samankaltaisuudet talonrakentamisen osalta korostuvat monessa kohtaa projektin aikana.

Tämä opinnäytetyö on suoritettu osana rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelmaa, josta kirjoittaja valmistuu ammattinimikkeelle rakennusmestari (AMK). Idea työhön syntyi yhdessä opinnäytetyön ohjaaja Marko Leppäsen kanssa työsopimusjakson aikana syksyllä 2024. Kirjoittaja on työskennellyt aikaisemmin KSBR Oy:n palveluksessa ja konsernin laajentuminen Ruotsiin kuulosti mielenkiintoiselta haasteelta keväällä 2024 suoritetun kansainvälisen vaihto-ohjelman jälkeen.

Lähtökohtaisesti teollisuusrakentaminen luokitellaan infrarakentamisen piiriin sen luonteen vuoksi. Teollisuusrakentamisessa ollaan yleensä tekemisissä suurien rakennuskokonaisuuksien kanssa, joista urakkakokonaisuudet pilkotaan osakohdeurakoiksi, joita suoritetaan valitun hankemallin mukaisesti yksikköhintaisina osaurakoina.

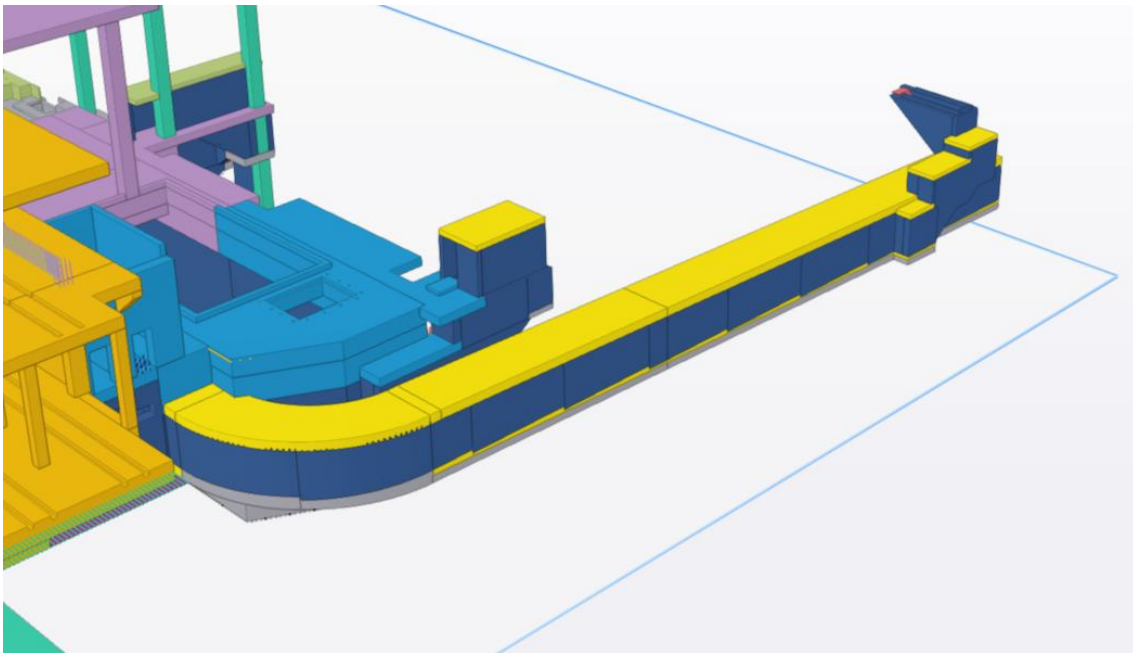
Urakkamalliin siirryttäessä havaitaan, että tämän kaltaisia tarjouksia tehdessä korostuu yrityksen jo olemassa oleva työmenekin toteuma ja kokemus aikaisemmista vastaavista rakenneosien toteuttamisesta. Opinnäytetyössä seurataan, lasketaan ja verrataan tunnelirakenteen muottityömenekkiä urakkalaskennassa käytettyyn menekkiin sekä kahden aikaisemman projektin urakkalaskentoihin sekä näiden jälkilaskelmista saatuihin menekkitoteumiin.

Opinnäytetyössä käsiteltävän terästehtaan tunnelirakenteen muoto muuttuu urakkalaskennassa käytettyyn huomattavasti, lisäksi muottimateriaali vaihdettiin järjestelmämuotista kasettimuottiin kohteeseen sopimattomuuden vuoksi.

Tämän vuoksi opinnäytetyö antaa tulevaisuudessa hyvää tietoa kasettimuottityömenekille vastaavissa rakenteissa, ja erottelee myös poikkeavan muodon ja sen menekin.

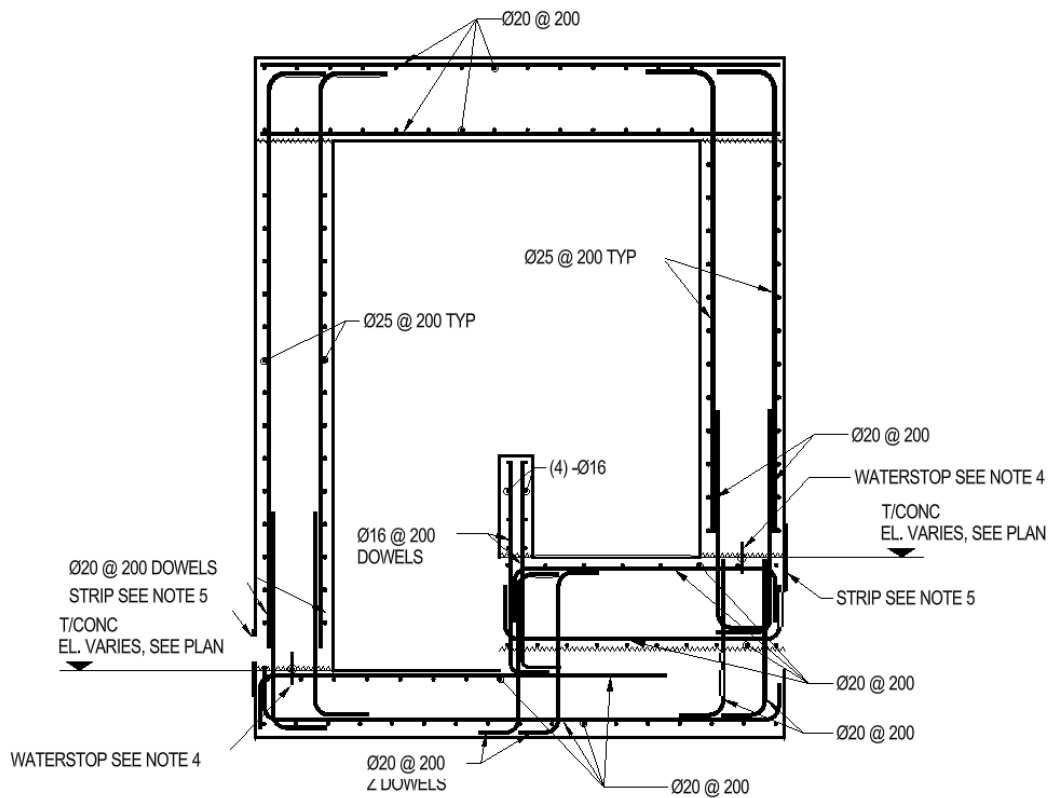
## 2 FLUMETUNNELI

Opinnäytetyössä käsiteltävän muottimenekin työkohteena on ns. flumetunneli, jonka tarkoitus on poistaa teräksen käsittelyn ohessa syntyvää kuonaa huuhtelukourua pitkin jatkokäsittelyyn. Rakenneosa noudattaa kauttaaltaan  $\geq 3$  asteen viettoa kourun ja holvin osalta, sisäpuolella kouru erottuu kulkutasosta 200 mm leveällä kaiteella, jonka korkeus vaihtelee vieton mukaan.

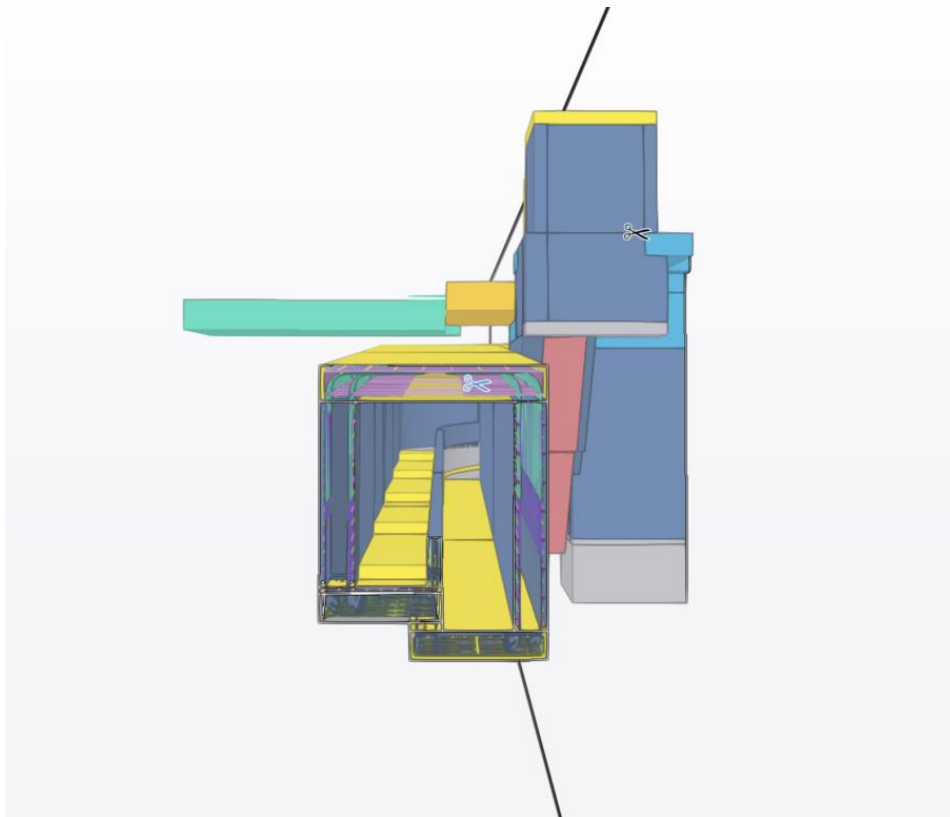


*Kuva 1. Kuvakaappaus 3D-mallista havainnollistamaan rakennetta. (KSBR Sverige AB.)*

Kuvassa 1. Flumetunneli alkaa rakennuksen itäpuolisesta seinästä ja kääntyy 90 astetta pohjoiseen, rakenteen holvi näkyy keltaisella värillä. Kuvissa 2. ja 3. on näkymä leikkaukseen sekä mitat.



Kuva 2. Leikkauskuva mittoineen tunnelista. (KSBR Sverige AB.)



Kuva 3. Flumetunnelin leikkaus 3D-mallista, (KSBR Sverige AB.)

Kuvan 2. detaljin leikkausta verratessa kuvan 3. 3D-malliin täytyy ottaa huomioon kuvien leikkaussuunta, pohjalaatta on lisäksi kuvan 2. mukaisesti toteutettu lisäraudoituksella ja paksummalla laamalla tunnelin jalankulkuväylän osalta. (9.)

Kuvaa 2. tarkastellessa nähdään rakenteen mitat, joita voidaan verrata tutummin talonrakennuksessa tehtäviin samankaltaisiin rakenneseisiin esimerkkinä maanpaineseinät. Maanpaineseinällä tarkoitetaan esimerkiksi kellarikerroksessa olevan perustuksen kantava seinää, johon kohdistuu toispuolista rasitusta maamasojen liikkeestä. (8.)

Suunnittelija valikoi raudoituksen rakenteelle tapauskohtaisesti, 25 mm Ø teräs toimii tämänkaltaisissa rakenteissa pääteräksenä ja vertautuu maanpaineseinärakenteeseen hyvin. (8, 9.)

Rakenteen holvin paksuus vertautuu talo- ja toimitilarakentamisessa käytettäviin laatan paksuuksiin, esimerkiksi ontelolaattoihin. Paikallavalu holvin tarkoitus on ottaa ympäröivästä maakerroksesta tulevat kuormat paremmin vastaan rakenteen toisella puolella ollessa tyhjä tila. (8, 10.)

Kuvasta 1. voidaan hahmottaa karkeasti opinnäytetyössä tarkastellun rakenteen rajaus, alkaen rakennuksen seinästä kääntyen 90 asteen mutkan mukaan ja päättyen porrastornin kohdalle, porrastorni on merkitty 3D-mallissa samoilla väreillä kuin flumetunneli; seinät on merkitty tummansinisellä ja holvi keltaisella.

### 3 BETONIRAKENTAMINEN

Betonitekniikkaa käsittelevissä materiaaleissa usein mainitaan, että betonirakentaminen on yleisesti ottaen nopein, halvin ja useimmiten kestävin tapa rakentaa massiivisia rakennelmia ja rakennuksia ympäri maailman. Betonirakenteen lämmönkestävyys yhdessä rakenteen kantavuuden kanssa mahdollistaa suurien toimitilojen rakentamisen mm. urheilustadionit, pilvenpiirtäjät ja teollisuuden toimitilat.

Betoni koostuu vedestä, sementistä, runkoaineesta sekä mahdollisista seos- ja lisäaineista. Nämä ainesosat yhdistettynä betonissa oleva vesi ja sementti aloittavat välittömästi hydrataatioreaktion, eli kansan kielellä kemiallisen kovettumisen, joka jatkuu hyvällä sekoitussuhteella jopa vuosikymmeniä. (1.)

Valmis betonimassa tulee valaa muottiin yhdessä raudoituksen kanssa. Lopputuloksena seoksen kovetuttua saadaan vahva teräsbetonirakenne. (1.)

Betonin suunnittelulujuus on määritelty eurokoodeissa lujuusluokilla. Tunneliin käytettävän betonin lujuusluokkana käytetään C30/37, jossa C30 merkitsee lie-riöpuristuslujuutta ja 37 kuutiopuristuslujuutta. Numerot vastaavat kuormituksen tai paineen arvoa ilmoitettuna MPa tai muunnettuna MN/m<sup>2</sup>. (1.)

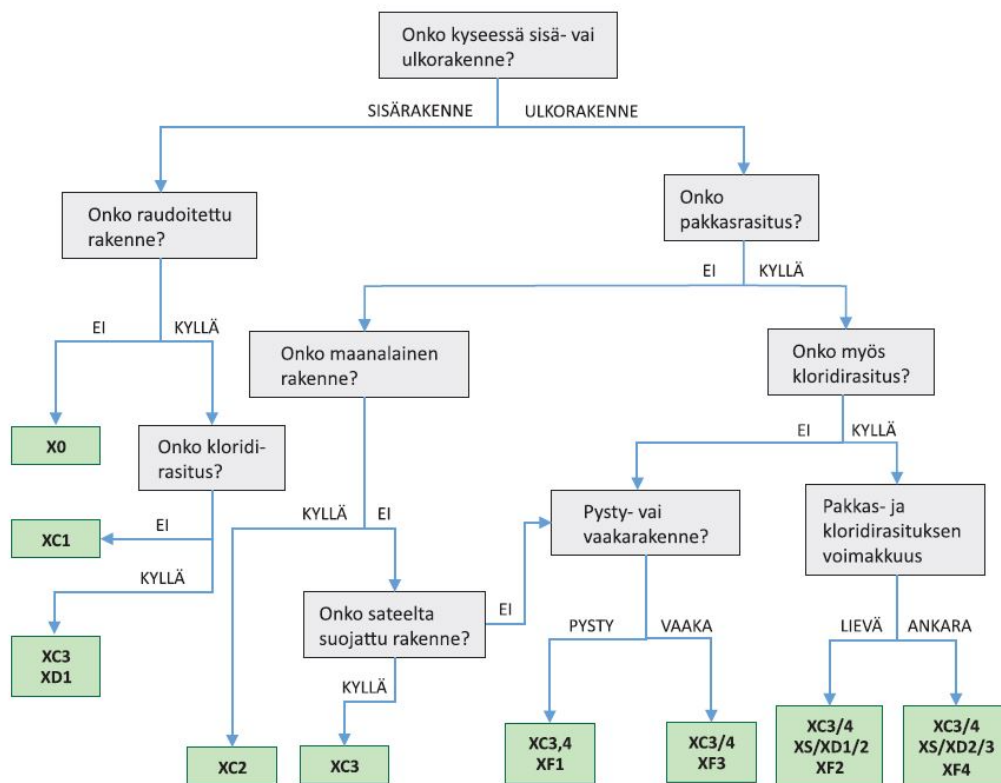
Allekirjoittaneelle kertyneen työmaakokemuksen mukaan flumetunnelissa käytettävät betonin lujuudet vastaavat lähes täysin kerrostalorakentamisessa käytettävää betonia, vaikka rakenteen mitat ja rauditus ovat lähtökohtaisesti paljon vahvempia. Vertailun vuoksi ei-kantava seinän paksuus kerrostalossa on  $\geq 200$  mm ja rauditus  $\leq 12 \text{ } \emptyset$  mm.

Rasitusluokkana käytetään XC3 ja XF1, joista ensimmäisellä estetään karbonatisoituminen ja viimeisellä jäätymis-sulamisrasitus. Karbonatisoituminen tarkoittaa betonissa olevan teräksen reagoimista karbonatisoituneen betonin kanssa niin että teräs ruostuu ja laajetessaan rikkoo betonin ympäriltään. (1.)

Betonin rasitusluokat jakaantuvat viiteen eri kategoriaan:

- karbonatisoitumisrasitus
- kloridirasitus
- merivesikloridirasitus
- jäätymis- ja sulamisrasitus
- kemiallinen rasitus

Nämä edelleen jakautuvat numerotunnuksella eri luokkiin, jotka merkitsevät rasituksen jaksoittaista vaihtelua, nyrkkisääntönä voidaan pitää mitä muuttumattomampi ympäristö tai lievempi rasite, sitä alhaisempi numero. (1.)



Kuva 4. Suomessa käytettävä taulukko suunnittelijalle betonin rasitusluokkien valintaan. (Betonitieto.fi.)

Kuvan 4. prosessikaaviota tarkastellessa huomataan, kuinka on päädytty rasitusluokkayhdistelmän XC3, XF1 valintaan, kun otetaan huomioon tunnelin jääminen suurimmilta osin maatyttöjen ja yläpuolen paalulaattaperustusten alle.

Betonitiedon sivuilla esitetty taulukko BY 68 luokittelee tunnelirakenteen erikoistapaukseksi, poikkeuksena tarkastellusta rakenneosasta puuttuva kloridirasite. (Kuva 5.)

Erikoistapauksia	
XC1; XF3	Vesialtaan rakenteet vedenpinnan alapuolella
XC2; XD2	Uima-altaiden rakenteet
XC3; XF1; XD1	Kloridirasitus, mutta vain hyvin lievä pakkasrasitus (esim. tunneleissa ja laitureissa)
XC2; XF3; XD2	Ulkona olevan uima-altaan rakenteet

*KUVA 5. Kuvakaappaus Betonitieto-sivuston taulukosta (Alkuperäinen lähde BY 68.)*

Erona kloridirasituksen puuttumiseen opinnäytetyön kohteena olevaan tunneliin on se, että toinen urakoitsija tulee rakentamaan paalulaattaperustuksen lähes kaultaan tunnelin päälle. Maaperään imeytyvät mahdolliset suolat ja saasteet rajoittuvat tällöin päälle valettavasta laatasta irtoaviin betonikemikaaleihin ja jo olemassa olevan maamassan mineraaleihin.

### 3.1 Työvaiheet betonirakentamisessa

Yksinkertaistettuna betonirakentamisen työvaiheet etenevät alla kuvatun mukaisesti:

1. Mittaustyöt ja merkinnät.
2. Muottien ykköspinnan pystytys.
3. Varaukset ja tartuntaosat pystytetylle ykköspinnalle.
4. Mahdolliset vedeneristykset ja injektioletkut seinälinjaan tai työsaumaan.
5. Raudoitustyöt.
6. Varaukset ja tartuntaosat ja työsaumakatkot kakkospinnalle.
7. Tarkastukset.
8. Muottien tuplaus kakkospinnalla, eli ns. muottikokonaisuuden sulkeminen.
9. Betonityöt.
10. Muotinpurku.

Näistä työvaiheista jokainen syö tietyn määrän siihen sidottua työvoimaa ajallisesti, opinnäytetyössä tarkkaillaan muottikirvesmiesryhmän saavuttamaa toteumaa tietyt työsuoritteet mukaan lukien tai poistaen, rakenneosan mukaan. Lopputuloksena saadaan työmenekki kyseiselle rakenneosalle, joka helpottaa yritystä mm. tulevaisuudessa uusien urakoiden tarjouslaskennassa.

Opinnäytetyön aihe seuraa kohtien 1,2,6,8 ja 10 toteumaa ja näiden laskentaa raporttiliitteessä, joka toimitetaan KSBR OY:lle. Tieto ja tutkimus näistä ovat KSBR OY:n ja KSBR Sverige AB:n yrityssalaisuuden alaisuudessa ja näihin on viitattu raporttina tämän opinnäytetyön lopussa.

### **3.2 Muottikalusto**

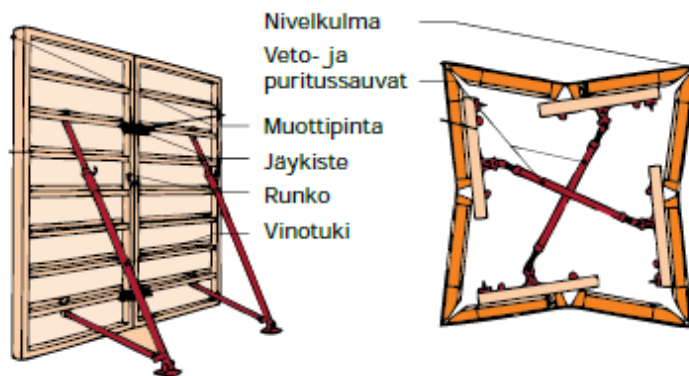
Muottikalustona käytettiin puurunkoista kasettimuottia. Muottikalusto sisälsi luonnollisesti tässä tapauksessa myös kiilalukot ja ruostumattomasta teräksestä valmistettua pyöröterästä muottisiteeksi.

Muottimateriaalit jakaantuivat 2 osaan, seinä ja holvi materiaaleihin. Seinässä käytettävän muotin materiaali oli mittatilattua puutavaraa ja kasattiin työmaalla kaseteiksi suunnitelman mukaisesti. Holvimuotin kansimateriaalina toimi PERI 3-kerroslevy kiinnitettynä 45x200 niskalankkuihin, sekä 100x100 parru tuentana.

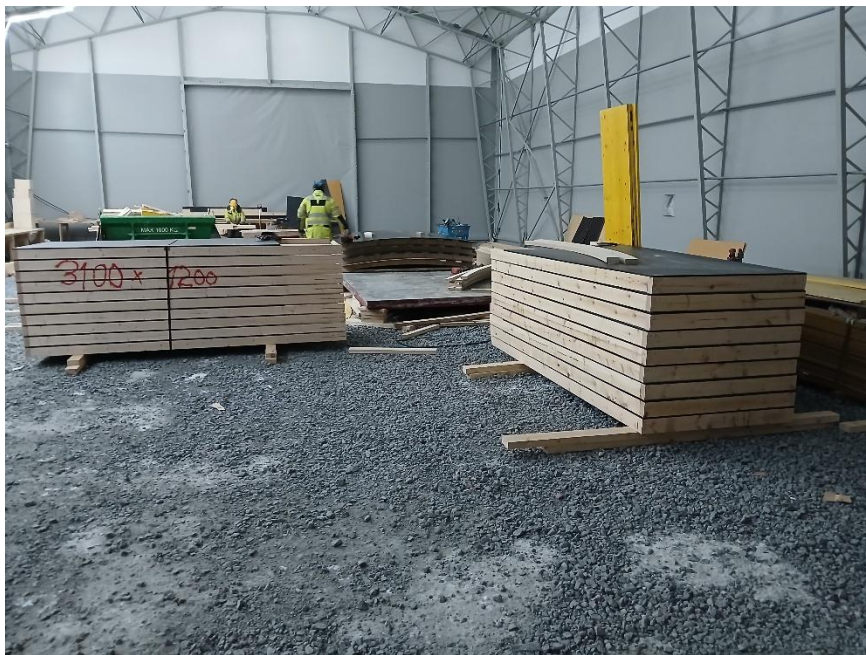
Seinämuotin runkomateriaali ja koolaus oli kertopuuta, lukkopuina käytettiin 45x95 lankkua ja muottipintana toimi filmivaneri. Kuvassa 6. esitetään kasettimuotin periaate, joka on tuentajärjestelmän perusteella teräsrunkoon rakennettu. Kuvassa 7. nähdään kirvesmies taustalla tekemässä kasettimuotin osia muottipöydällä, etualalla valmiita palasia pinottuna päällekkäin. (Kuvat 6 ja 7.)

**Kasettimuotit** kootaan vakiokiinnikkeillä määrämittäisistä kaseteista, jotka ovat puu-, teräs- tai alumiinirunkoon kiinnitettyjä vaneri- ja teräslevyjä.

Kasettimuoteista, nivelkulmista sekä veto- ja puristussauvoista voidaan koota ns. kuilu-  
muotti porras- ja hissikuilujen sisäpuoliseksi muotiksi.



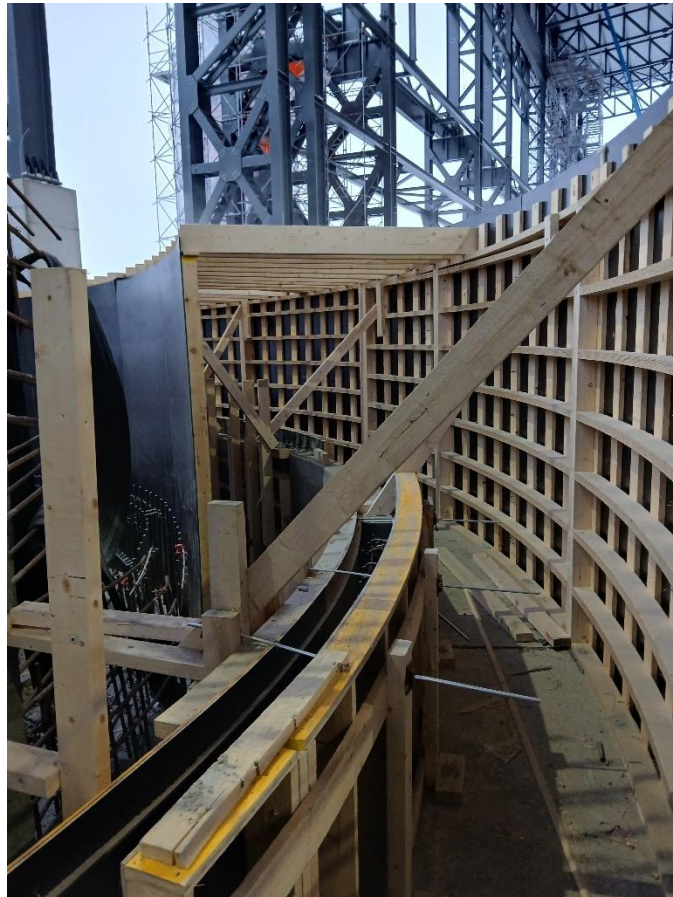
*Kuva 6. Kasettimuotin periaate. (Rakennushankkeen tuotantotekniikka, s.65.)*



*Kuva 7. Kasettimuottien esivalmistusta. (Juha Takala, KSBR Sverige AB.)*

Aikaisemmat suoritetut tunnelirakenteet oli tehty järjestelmämuotilla, tässä koh-  
teessa järjestelmämuotti osoittautui mahdottomaksi toteuttaa opinnäytetyössä  
tarkasteltavan rakenteen työsuorituksessa, johtuen rakenteen muodosta, mi-  
toista, vaadituista vietosta ja järjestelmämuotin painosta.

Kuvassa 8. nähdään keskeneräistä muottityötä, keskeltä puuttuu 2 kappaletta 100x100 parrua, jotka tukivat niskat ja jäykistivät vinoituennalla ykkösmuotit sielussa.



*Kuva 8. Sielumuotin tekoa. (Juha Takala, KSBR Sverige AB.)*



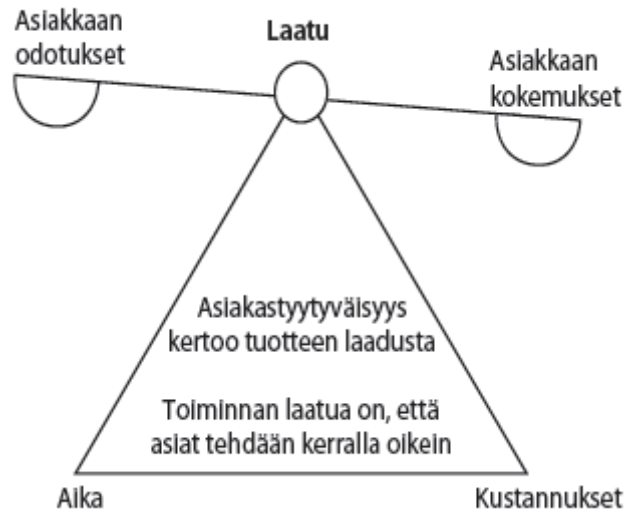
*Kuva 9. Kirvesmies lukitsemassa tuplapinnan muotteja. (Juha Takala, KSBR Sverige AB.)*

Kuvaa 9. tarkastellessa huomataan, kuinka rakenneosia katkaistiin työsaumalla noin 5 metriä ennen yhdistymistä rakennukseen. Syynä tälle oli liikuntasäama, joten oli luontevaa valita työsaumalle kyseinen kohta. Liikuntasäaman vaikutus työmenekkiin oli vähäinen, joskin hyvällä suunnittelulla tämä olisi voitu välttää jo aikaisemmin tehtynä.

### **3.3 Tehtäväsuunnittelu**

Tehtäväsuunnittelu on yksi tärkeimmistä työkaluista työnjohdolle ja se antaa raamit työn laadulliselle, kustannustehokkaalle ja ajalliselle toteutukselle. Tehtäväsuunnitelma luo myös pohjan työn turvalliselle suunnittelulle mm. RAMS (Risk Analysis and Method Statement) tai työvaiheen turvallisuussuunnitelmalle. (3,4,7.)

Kuva 10. esittää miten edellä mainitut asiat ovat yhteydessä toisiinsa ja mikäli jokin näistä osa-alueista karkaa, levittää se muut ns. pannukakuksi, eli suunnitellut tavoitetasot ylittyvät tai alittuvat ei toivotun mukaisesti.



Kuva 10. Laatukolmio. (Rakennustöiden laatu 2017, s.10.)

Onnistunut tehtäväsuunnittelu edellyttää tutustumista detaljitason toteutukseen riittävän ajoissa. Näin toimittaessa työmaahenkilöstö kykenee vaikuttamaan suunnitelmiin ja hyväksyttää mahdolliset tuotannolle välttämättömät muutokset rakennuttajalla. (7).

Yksittäisen tehtävän suunnittelussa tähdätään siihen, että tehtävän aloitusedellytykset täyttyvät ja työsuoritus onnistuu häiriöttä. Aloitusedellytysten varmistamiseen kuuluu (3,7).

- edeltävien työvaiheiden valmistuminen ajallisesti oikeaan aikaan.
- suunnitelmien ajantasaisuus ja toteutuskelpoisuus.
- tekniset yksityiskohdat ja niiden vaikutus suunnitteluun.
- tarvittavien materiaalien ja tarvikkeiden selvittäminen sekä ajoittaminen työkohteeseen.
- tarvittavien työvälineiden läpikäynti ja saatavuuden varmistus.

- Työssä syntyvän jätteen keräyksen ja lajittelun selvittäminen

Työmaakokemukseni mukaan aloitusedellytysten täyttymisen seuranta tulee tehdä aktiivisesti mm. edellisen työvaiheen valvonta, suunnitelmien läpikäynti hyvissä ajoin, teknisissä ongelmissa reagointi suunnittelun suuntaan ja urakointia helpottavat ehdotukset, hankintojen varmistaminen hyvissä ajoin, sekä jätehuollon varmistus kohteeseen asiaan kuuluvalla tavalla.

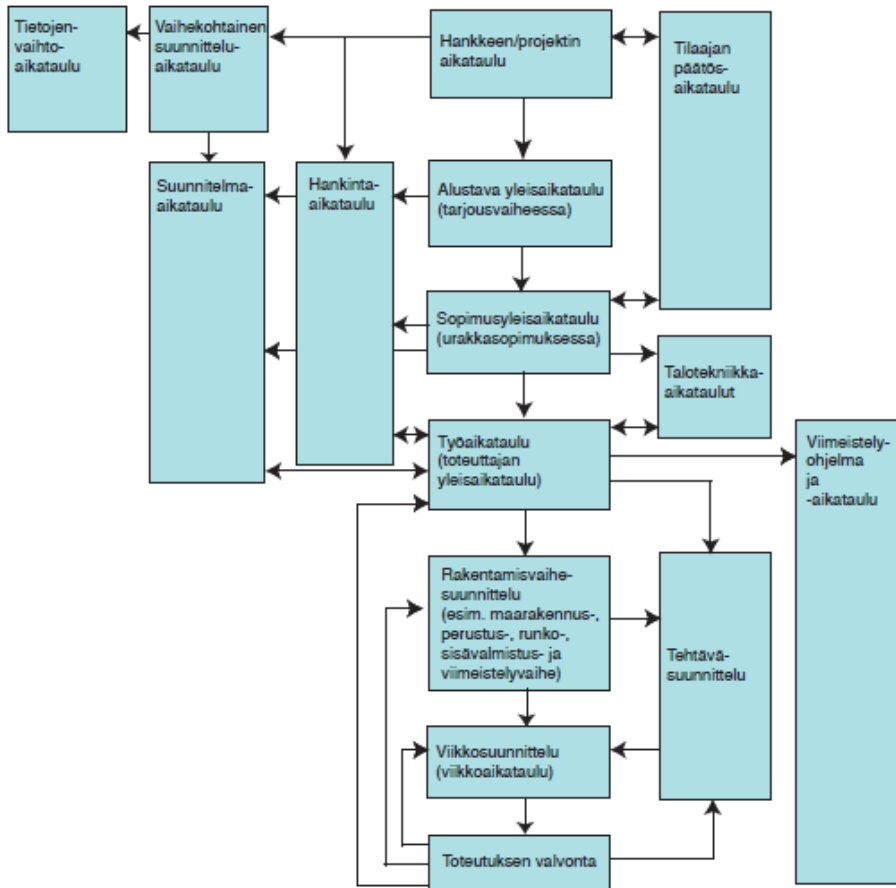
Yllä mainitut asiat ovat monelle työnjohtajana toimineelle rutiininomaista toimintaa, mutta lukijalle voidaan kansankielisesti todeta; aloitekyvykyys ja aktiivisuus kantaa hedelmää ja työnjohdon tulisi elää aina 3 viikkoa aikataulusta edellä ja reagoida välittömästi mahdollisiin tuleviin ongelmiin.

Tehtäväsuunnitelman laatii vastaava mestari tai erikseen sovittu vastuullinen työnjohtaja. Tehtäväsuunnittelulla pyritään ensisijaisesti varmistamaan yksittäisten tehtävien ajallinen, taloudellinen ja laadullinen saavuttaminen sekä se, että työhön osallistuvat osapuolet ymmärtävät työn tavoitteet ja vaatimukset sekä keinot, joilla nämä saavutetaan. (3,7).

Tehtäväsuunnitelman toissijainen käyttötarkoitus on toimia tehtävän toteutusmallina, josta saadaan lähtötiedot työkaupalle tai aliurakkasopimukselle, hankintapyyntöjen valmisteluun, logistiikan toteutuksen järjestämiseen tai laadunvarmistuksen määrittämiseen. (7.)

Kuvassa 11. nähdään prosessikaaviosta koko rakennushankkeelle, alaosassa kaaviota nähdään tehtäväsuunnittelu hyvin keskeisessä roolissa. Tehtäväsuunnitelma saa tietonsa työaikataulusta, rakentamisvaihe aikataulusta ja toteutuksen valvonnasta. (Kuva 11.)

Yleensä tehtäväsuunnitelma tehdään yksittäisestä, useasti toistuvasta työtehtävästä rungoksi tuleville työtehtäville, jota tarkennetaan työn niin vaatiessa. Poikkeuksena kriittiset työtehtävät, kuten laiteperustan metalliosien asennus, jolla on tahdistava vaikutus muiden työkohteiden aloitukseen tai etenemiseen.



Kuva 11. Prosessikaavio selventää lukijalle, miten keskeisessä roolissa tehtäväsuunnittelu työmaan onnistuneessa läpiviennissä on. (Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, s.40.)

## 4 AIKATYYPIT JA TYÖMENEKKI

Työmenekillä tarkoitetaan työhön käytettyä aikaa työkohteen laajuuksien yhteenlaskettua yksikköä kohden. Työmenekkitiedot toimivat lähtötietoina kustannus- ja aikataulusuunnitelmien laadintaan rakennushankkeen eri vaiheissa. Menekkitietojen avulla pystytään vertaamaan eri tuotantotapojen, materiaalien ja työmenetelmien vaikutusta työn keston ja kustannuksiin. (4.)

Työmenekit esiintyvät kahtena eri aikatyypinä tuotannosuunnittelussa ja työsuunnittelu valitsee aikatyypin halutun tavoitteellisuuden mukaan. Työmaan työjohton tekemän tehtäväsuunnittelun aikataulu perustuu työmenekkiin, joka toimii lähtötietona suunnittelulle. (4.)

### 4.1 Aikatyypit

Aikatyypillä tarkoitetaan aikaa, joka tehollisesti käytetään tuotantoon tietyssä työtehtävässä. Rakennushankkeen kokonaisaikaa ei voida olettaa käytettävän puhtaasti tuotantoon eri syistä johtuvien keskeytysten vuoksi. Tyypillisiä keskeytyksiä ovat mm. Lomat ja arkipyhät, sääolosuhteet esimerkiksi kova pakkanen ja tuotannon häiriöt kuten suunnitelmien puutos tai toimitusten viivästyminen. (7.)

Kun työt suunnitellaan toteutettavaksi ilman häiriötä ja varaudutaan mahdollisiin keskeytyksiin, varmistetaan aikataulun tavoitteellisuus ja realismi. Aikataulu saadaan tavoitteelliseksi, kun käytetään tehollista työaikaa eli T3-aikatyyppejä. (4,7.)

Kun tuotanto on suunniteltu tehtäväsuunnitelmaa apuna käyttäen häiriöttömäksi, tavoitellaan tehollisen ajan mukaista työsaavutusta, mikäli työsaavutus ei ole tavoitteen mukainen, ero havaitaan ja suoritetaan tarvittavat korjaustoimenpiteet tuotannon parantamiseksi. (4,7.)

Kuvassa 11. esitetty työaikataulu eli yleisaikataulu ja sen mukainen tehtävän T4-aikatyypin luo väärän kuvan oikeasta tavoitetasosta aikatyypin ottaessa

huomioon työn tauot, häiriöt ja keskeytykset. Näitä voivat olla esimerkiksi muista urakoitsijoista, tilaajasta tai materiaalityöistä johtuvia häiriöitä. (Kuva 11.)

Tavoiteaikataulun realistisuus varmistetaan varaamalla tehollisen työajan lisäksi tauot ja pienet keskeytykset sekä ns. pelivara suurille häiriöille, joita poikkeuksetta esiintyy rakennusprojektin aikana. Häiriöt syntyvät satunnaisesti eikä urakoitsija kykene vaikuttamaan niiden syntyyn. (7.)

Kansankielelle kääntäen siis T3- aikatyypin on työsuorituksen tehollinen työ-aika, jota seurataan ja korjataan tarvittaessa. T4- aikatyypin taas kokonaisaika suoritukselle ml. keskeytykset ja häiriöt. (Kuva 12.)

Perusaika T1	Menetelmän lisäaika TL1	Työvuoron lisäaika TL2 Alle 1,0 tunnin keskeytykset	Pelivarat TL3-aika
Menetelmäaika T2			
Tehollinen aika (työvuoroaika) T3		Pienet erilliset työvaiheet (T3p) ja työehtosopimuksen mukaiset tauot	
Kokonaisaika (työnvaihe-aika) T4			

Kuva 12. Aikatyypit. (Rakennustöiden menekit 2020, s.9.)

## 4.2 Työmenekki

Työmenekki koostuu työtehtävään käytetyistä henkilöresursseista ja saavutetusta työsuoritemäärästä. Työntekijätunnit jaettuna suoritettulle työnlaajuudelle = tth/yks, lopullinen työmenekki saadaan kertomalla saavutettu tth/yksikkö työn laajuudella esimerkiksi  $0,4 \text{ tth/m}^2 * 20 \text{ m}^2 = 8 \text{ tth}$ . (4.)

Käytännön läheisesti esimerkkiä käyttäen, jos laatoittajan tiedetty työsuorite on  $0,4 \text{ tth/m}^2$  ja hänelle annetaan työtehtäväksi laatoittaa  $20 \text{ m}^2$  pinta-ala kylpyhuoneen lattiaa, hän saa siis suoritettua työtehtävän 8 tunnin työvuorossa, mikäli työsuoritus on häiriötön. Isommissa kohteissa rakennusammattimiehet

työskentelevät yleensä 2 miehen ryhmissä, tämä puolittaa laskennallisesti vastaavan työtehtävän keston 4 tuntiin.

Käytännön kokemus on osoittanut, että työmenekin seuranta on tehtävä aktiivisella valvonnalla ja kirjanpidolla. Saadut tulokset harvemmin poikkeavat mm. Rakennustöiden menekki kirjasta tai vastaavasta alan kirjallisuudesta.

Yritykset myös ylläpitävät tietokantaa omista suoritteistaan ja jälkilaskennasta voidaan saada tietoa, mikäli jokin työvaihe ei pysynyt tavoiteaikataulussa, syitä tälle kuitenkin on erityisen hankala paikantaa, mikäli valvontaa ja ongelmien havainnointia ei tehdä työmaalla työsuorituksen aikana.

Opinnäytetyön aiheena ollut urakkalaskelmien, jälkilaskelmien ja toteuman vertailu tähtää yrityksen tavoitearvion sekä alustavien aikataulujen kehittämiseen vastaisuudessa. Saadut tulokset toimivat pohjana T3 ja T4 aikojen mukaisesti tavoitearvioiden ja tehtäväsuunnitelmien laadinnassa, sekä urakkalaskennan tukena aikataulu ja kustannussuunnittelussa. (4.)

Seuranta ja vertailu toteutettiin aktiivisella työn etenemän valvonnalla, eri rakennusammattimies ryhmien kanssa koordinoinnilla ja laskennalla.

## 5 POHDINTA

Opinnäytetyössä onnistuttiin tuottamaan yrityksen haluama tieto, sekä saatiin myös uutta tietoa laskennan tueksi tuleviin urakoihin. Hankemallista ja työn luonteesta johtuvat pienet ongelmat joita työkohteessa esiintyi ovat paikattavissa mutta vaativat työnjohdolta aktiivisia toimia.

Teollisuusrakennustyömaan omalaatuiset haasteet mm. lean- mallin rakentamisen haastavuus tai sen puute luovat monia tavanomaiselle talonrakentamiselle tuntemattomia haasteita. Henkilökohtaisesti olen erittäin tyytyväinen opinnäytetyön lopputulokseen ja onnistumiseen.

Opiskelujeni osalta haluan kiittää Keskisuomen Betonirakenne Oy:tä joka tarjosi työn ohella luontevan mahdollisuuden toteuttaa tämä opinnäytetyö, sekä ohjaaja Jere Kangasta hyvästä opinnäytetyön ohjauksesta.

## LÄHTEET

1. Betonitieto 2025. Luettavissa: <https://www.betonitieto.fi/etusivu.html> : Luettu: 12.3.2025.
2. KSBR 2024. Luettavissa: <https://ksbr.fi/ksbr-hakee-kasvua-ruotista-paatettiin-etta-sinne-lahdetaan-kun-sopiva-hanke-loytyy/> : Luettu: 10.4.2025.
3. RATU KI-6020, Rakentamisen tuotantotekniikka, Talonrakennusteollisuus Ry.
4. RATU KI-6035, Rakennustöiden menekit 2020, Talonrakennusteollisuus Ry.
5. RATU KI-6029, Rakennustöiden laatu 2017, Talonrakennusteollisuus Ry.
6. RATU KI-6031, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, Talonrakennusteollisuus Ry.
7. Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta, Juha-Matti Junnonen, Suomen rakennusmedia Oy Helsinki 2010.
8. Maanpaineseinän mitoitus, Hanna Kellberg, Opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu 2023.
9. KSBR Sverige AB, flumetunnelin suunnitelmat ja detaljit.
10. Lujabetoni 2025. Luettavissa <https://lujabetoni.fi/tuotteet/rakennuselementit/laatat/ontelo-ja-kuorilaatat/> : Luettu 4.6.2025

## LIITTEET

Tunnelirakenteen muottityömenekki toteumaraportti KSBR, Juha Takala, KSBR Sverige AB kevät 2025. Salattu asiakirja.