

VÄESTÖNSUOJEN
ELEMENTTIRAKENTEIDEN
MÄÄRÄYKSET, VAATIMUKSET JA
MALLINNUS

Joni Halonen

Opinnäytetyö

Rakennustekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN
AMMATTIKORKEAKOULU



Tekijä(t) Halonen, Joni	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 22.03.2014
	Sivumäärä 46	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi VÄESTÖNSUOJIEEN MÄÄRÄYKSET, VAATIMUKSET JA TEKNINEN TOTEUTUS		
Koulutusohjelma Rakennustekniikka		
Työn ohjaaja(t) Viinikainen, Marko		
Toimeksiantaja(t) Honkanen & Huuemonen OY		
Tiivistelmä Opinnäytetyö tehtiin Lahdessa toimivalle insinööritoimisto Honkanen & Huuemonen OY:lle. Työn tarkoituksena oli selvittää Suomessa rakennettavia väestönsuojia säätelevät asetukset, määräykset ja vaatimukset, ja koota ne yhteen. Näiden tietojen pohjalta tehtiin Autodesk Revit -ohjelmalla Väestönsuojien valmisosakirjasto, ja selvitettiin kuinka S1-luokan väestönsuojien elementtisuunnittelun saisi Revitillä tehtyä mahdollisimman helposti ja nopeasti. Väestönsuojien rakentamista säätelevät määräykset koottiin Suomen lainsäädännön asetuskokoelmista 379/2011 (pelastuslaki), 408/2011 (valtioneuvoston asetus väestönsuojista) sekä 506/2011 (sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta). Lisätietoa, sekä tietoa siitä, kuinka määräyksien asettamat vaatimukset toteutetaan käytännössä löytyi RT-kortiston dokumentista RT92-11083. Väestönsuojan valmisosakirjastoon vaadittavien elementtien mallintaminen Autodeskin Revit-ohjelmalla oli sujuvaa ja yksinkertaista, mutta suojien elementtisuunnittelun helpoksi ja nopeaksi tekävän ratkaisun toteuttaminen ei. Revitin todettiin tekijän tietämyksen perusteella soveltuvan huonosti vaaditun kaltaiseen elementtisuunnitteluun, johtuen esimerkiksi siitä, kuinka se luokittelee mallinnettuja objekteja ja kuinka sen mitat ja näkymät toimivat. Lopulta Honkanen ja Huuemonen OY:n työlle asettamat vaatimukset täytettiin luomalla uusi projektipohja, johon S1-luokan väestönsuojien suunnitteluun vaadittavat elementit oli asetettu valmiiksi. Nämä elementit tehtiin sitten käsin sellaisiksi, että valmiit suunnitelmat luodaan niitä siirtelemällä ja muokkaamalla. Ratkaisu on toimiva, mutta kankea. Elementtisuunnitteluun suositellaankin käytettävän jotain muuta ohjelmaa kuin Revitiä, joka soveltuu paremmin esimerkiksi arkkitehtisuunnitteluun.		
Avainsanat (asiasanat) Väestönsuojat, Autodesk Revit, rakennuksen tietomallinnus, elementtisuunnittelu		
Muut tiedot		



Author(s) Halonen, Joni	Type of publication Bachelor's / Master's Thesis	Date 22.03.2014
	Pages 46	Language Finnish
		Permission for web publication (X)
Title SPECIFICATIONS, REQUIREMENTS AND TECHNICAL EXECUTION OF PRECAST AIR-RAID SHELTERS		
Degree Programme Civil engineering		
Tutor(s) Viinikainen, Marko		
Assigned by Honkanen & Huuemonen OY		
<p>Abstract</p> <p>The bachelor's thesis was assigned by an engineering firm called Honkanen & Huuemonen OY, which is located in Lahti. Its purpose was to find out what kinds of regulations and requirements control the construction of air-raid shelters in Finland and collect them into one document. The second part of the study was to find out how designing of precast concrete elements used in class S1 air-raid shelters could be made quickly and easily using Autodesk Revit software.</p> <p>The construction of Air-raid shelters in Finland is controlled by law, and primarily by three pieces of legislation: 379/2011 (rescue act), 408/2011 (decree of council of state on air-raid shelters) and 506/2011 (ministry of the interior's decree on the technical requirements of air-raid shelters and the maintenance of their equipment). Additional information is found on RT92-11083 published by Rakennustieto OY.</p> <p>Modelling the elements required in the air-raid shelter family library for Autodesk Revit was easy and simple. It was, however, not an easy and efficient way for Honkanen & Huuemonen OY to design the shelters using the program. It was concluded that Revit was not a very good program for designing the kinds of things required in the thesis. This was mainly due to how Revit categorizes the objects created in the program and how its dimensions and views work.</p> <p>Finally, a new project template was created to work around the problems created by Revit. This template had elements necessary in designing class S1 air-raid shelters already in place. The idea was that all that had to be done when designing a new shelter was to move and edit these pre-place objects. The finished product works; however, it is somewhat stiff. Autodesk Revit is best suited for Architectural planning, and it is recommend to use some other BIM-program when creating precast concrete designs.</p>		
Keywords Air-raid shelters, Autodesk Revit, building information modelling, precast element design		
Miscellaneous		

Sisältö

1. Työn lähtökohdat.....	2
2. Yleiset asetukset ja rakentamisvelvoite.....	4
2.1 Yleistä.....	4
2.2 Rakentamisvelvoite ja väestönsuojan sijoittaminen.....	5
2.3 Väestönsuojan koko ja suojaluokka.....	5
3. Rakenteiden vaatimukset.....	7
3.1 Yleistä.....	7
3.2 Rakenteiden minimikoot.....	8
3.3 Rakenteille tulevat rasitukset.....	9
3.4 Betonin ja teräksen lujuudet.....	11
4. Laitteiden ja tilojen vaatimukset.....	12
4.1 Sirpalesuojaus.....	13
4.2 Häätäpoistumistie ja sortuma.....	14
4.3 Ilmanvaihto.....	16
4.4 Muut tilat.....	17
5. Mallinnus Autodesk Revitillä.....	19
5.1 Yleistä.....	19
5.2 Valmisosakirjaston mallintamisen perusteet.....	21
5.3 Familyiden luominen.....	23
6. Väestönsuojan valmisosakirjaston luominen.....	25
6.1 Väestönsuojan elementtisuunnittelu.....	25
6.2 Elementtien ja lappukuvien luominen Revitillä.....	26
6.3 Elementtien raudoitukset.....	30
6.4 Lappukuvien nimiön tiedot ja schedulet.....	31
6.5 Elementtikaavio ja objektien tunnukset.....	32
7. Tulosten esittely.....	35
7.1 Valmisosakirjasto.....	35
7.2 Projektipohja.....	38
8. Pohdinta.....	40
8.1 Revitin soveltuvuus rakennesuunnitteluun.....	40
8.2 Valmisosakirjaston mallintaminen.....	42
Lähteet.....	45
Liitteet.....	46
Liite 1. Suojan pinta-alan vaikutus suunnitteluun.....	46

1. Työn lähtökohdat

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Lahdessa toimiva insinööritoimisto Honkanen ja Huuemonen OY. Kyseessä on vuonna 1982 perustettu monipuolinen rakentamisen konsulttitoimisto, joka suunnittelee niin uudisrakentamista kuin vanhojen kohteiden saneerausta. Asiakkaina toimistolla ovat asunto- ja kiinteistösaakeyhtiöt, kauppa, teollisuus, kunnat, valtio ja julkiyhteisöt. Toiminta ulottuu enimmäkseen Lahteen sekä pääkaupunkiseudulle.

Honkanen ja Huuemonen OY halusi ottaa selvää, kuinka S1-luokan väestönsuojien elementtisuunnittelua voisi nopeuttaa tietomallintamisen avulla. Työn tarkoituksena oli ottaa selvää, kuinka kyseinen suunnitteluprosessi saataisiin tehtyä tietomallintamisen avulla nopeasti, sekä valmisosakirjaston luominen yrityksen käyttämään Revit structures ohjelmaan. Valmisosakirjastoon sisältyvät kaikki väestönsuojiiin tulevat osat läpivienneistä ja ovista katto- ja seinäelementteihin.

Opinnäytetyön teoriaosan tarkoitus on koota yhteen kaikki väestönsuojien suunnitteluun ja tekniseen toteutukseen tarvittava tieto siitä, milloin ja miksi niitä täytyy lain mukaan rakentaa, minkälaisilta vaaroilta niiden täytyy suojata ja kuinka riittävä suojaus saadaan aikaiseksi.

Tämä opinnäytetyö keskittyy S1-luokan väestönsuojiiin, koska Honkanen ja Huuemonen suunnittelee pääasiassa sellaisia ja koska se on selvästi yleisin väestönsuojatyyppi Suomessa.

2. Yleiset asetukset ja rakentamisvelvoite

2.1 Yleistä

Suomen lainsäädännössä käsitellään väestönsuojia sekä niihin liittyviä määräyksiä ja vaatimuksia. Tärkeimmät väestönsuojien rakentamista määrittelevät säädökset ovat seuraavissa asetuskokoelmissa:

- Suomen pelastuslaki 379/2011
- Valtioneuvoston asetus väestönsuojista 408/2011
- Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011
- S1-luokan teräsbetoniväestönsuoja RT-92-11083

Nämä säädöskokoelmat säätelevät käytännössä kaikkea väestönsuojiiin liittyvää rakentamista ja saneerausta, ja niiden tunteminen on välttämätöntä väestönsuojien suunnittelua varten.

Tärkein väestönsuojia koskeva säädös on niiden rakentamisvelvoite. Suomessa on pitkät perinteet väestönsuojien rakentamisen vaatimisesta lailla. Velvoite niiden rakentamiseen tuli alun perin voimaan juuri ennen talvisotaa 15.11.1939. Väestönsuojia on rakennettu uudisrakennuksiin siitä lähtien, lukuun ottamatta vuosia 1944–1954, jolloin niitä ei rakennettu, vaikka laki niin määräsi (Sisäministeriö, 2013).

2.2 Rakentamisvelvoite ja väestönsuojan sijoittaminen

Nykyinen Suomen pelastuslaki määrittelee, että väestönsuoja on rakennettava uudisrakentamisen yhteydessä, mikäli pysyvää asutusta sisältävän rakennuksen kerrosala on vähintään 1200 m² tai osa-aikaista (toimistot, kokoontumistilat, tehdasalueet) asutusta sisältävän rakennuksen kerrosala vähintään 1500 m². Väestönsuojaa ei kuitenkaan tarvitse rakentaa, mikäli rakennuksen tontilla, rakennuspaikalla tai yhteisessä väestönsuojassa on jo valmiiksi tarvittava määrä vapaata tilaa. (A 29.4.2011/379, §71.)

Väestönsuoja sijoitetaan yleensä asianomaisen rakennuksen alakertaan tai kellariin. Mikäli se on varsinaisesta rakennuksesta erillään, saa matka rakennuksen ulko-ovelta väestönsuojan ovelle olla enintään 250 metriä (A 5.5.2011/408, §3).

Väestönsuoja voidaan sijoittaa maan alle tai maan päälle. Yleensä se sijoitetaan rakennuksen alimpaan kerrokseen, jolloin se pystytään rakentamaan suoraan perustusten päälle. Tällöin maanpinta ja ympäröivä rakennus myös suojaavat väestönsuojaa mahdollisimman hyvin.

2.3 Väestönsuojan koko ja suojuokka

Väestönsuojan tarvitsema tilamäärä määräytyy rakennuksen, jota varten se rakennetaan, kerrosalan mukaan siten, että väestönsuojan varsinaisen suojatilan koko on 2 % asianomaisen rakennuksen koko kerrosalasta. Muissa kuin varsinaisissa asuinrakennuksissa väestönsuojan suojakoko on 1 % kerrosalasta. Mikäli tällainen mitoitus johtaisi suhteettoman suureen tai pieneen väestönsuojaan sitä tarvitsevaan henkilömäärään nähden, voidaan väestönsuojan koko määrätä niin, että se on 0,75m²/henkilö. Väestönsuojan ehdoton minimikoko on kuitenkin 20 m². (A 5.5.2011/408, §2.)

Varsinaisella suojatilalla tarkoitetaan tilaa, joka väestönsuojassa on tarkoitettu ihmisten oleskeluun. Se ei sisällä sulkutelttia tai -huonetta eikä teknisiä tiloja.

Väestönsuojan suojaluokka on suojan ominaisuuksiin liittyvä termi, joka määrittää laajasti kyseisen suojan minimivaatimuksia. Suomessa on käytössä kolme luokkaa: S1, S2 ja kalliosuoja. Suojaluokka määräytyy väestönsuojan koon perusteella ja vaikuttaa muun muassa siihen, minkälaisia kuormia väestönsuojan täytyy kestää. S1-luokan suojat ovat tavallisissa kerrostaloissa useimmiten olevia suojia. S2-luokan väestönsuojat ovat selkeästi suurempia ja jyrkempiä, esimerkiksi sairaaloissa ja vastaavissa rakennuksissa olevat suojat. Kalliosuojat ovat kaikista vahvimpia ja harvinaisimpia, nimensä mukaisesti kallion sisään rakennettuja suuria suojia. Taulukossa 1 selvitetään eri suojaluokkien vaikutukset suojan kokoon, henkilömäärään, ja kuormitukseen, joka sen täytyy kestää.

Taulukko 1. Suojaluokan määräytyminen (A 5.5.2011/408)

Suojaluokka	Varsinainen suojatila enintään (m ²)	Laskennallinen henkilömäärä enintään	Väestönsuojan kuormitus
S1	135	180	100 kPa, 1 bar
S2	900	1200	200 kPa, 2 bar
Kallio	4500	6000	300 kPa, 3 bar

Väestönsuojan koko vaikuttaa suojaluokan ohella muihinkin huomioon otettaviin asioihin suojaa suunniteltaessa. Esimerkiksi S1-luokan väestönsuojissa täytyy suojatila jakaa kahteen osaan teräsbetonisella väliseinällä, jos varsinaisen suojatilan koko ylittää 90 m² (A 10.5.2011/506, §2). Lisäksi suojatilan koko vaikuttaa ilmanvaihtolaitteiden sekä käymälöiden määrään sekä siihen, laitetaanko väestönsuojaan sulkutelttia vai -huone. Liitteessä 1 on RT-kortistosta otettu taulukko (RT 92-11083, 2012, 8.), josta pystyy katsomaan suojan koon mukaan muuttuvat asiat. Tämä taulukko on hyvä lähtökohta suojan suunnittelua aloitettaessa.

3. Rakenteiden vaatimukset

3.1 Yleistä

Väestönsuojien tärkein tehtävä on suojata niistä suojaa hakevia ihmisiä. Pelastuslain (A 29.4.2011/379 §74) mukaan väestönsuojan tulee suojata ihmisiä asevaikutuksilta (räjähteet, sirpaleet jne.), rakennussortumilta, myrkyllisiltä kaasuilta sekä ionisoivalta säteilyltä. Lisäksi väestönsuojan ilmanlaadun, lämpötilan sekä hygieenisen varustetason tulee olla riittävän hyvä siellä oleskelua varten.

Väestönsuojan tärkein puolustus näitä vaaroja vastaan ovat sen jyrkät seinät ja katto. Paksu teräsbetonirakenne torjuu kaasut, säteilyn ja sirpaleet sekä riittävällä teräsmäärällä vahvistettuna kestää aseiden ja räjähteiden aiheuttamat vauriot. Väestönsuojan ulkokuori täytyy saada toimimaan yhtenäisenä, jäykkänä kokonaisuutena, jos sen halutaan kestävän kaiken siihen kohdistuvan rasituksen.

3.2 Rakenteiden minimikoot

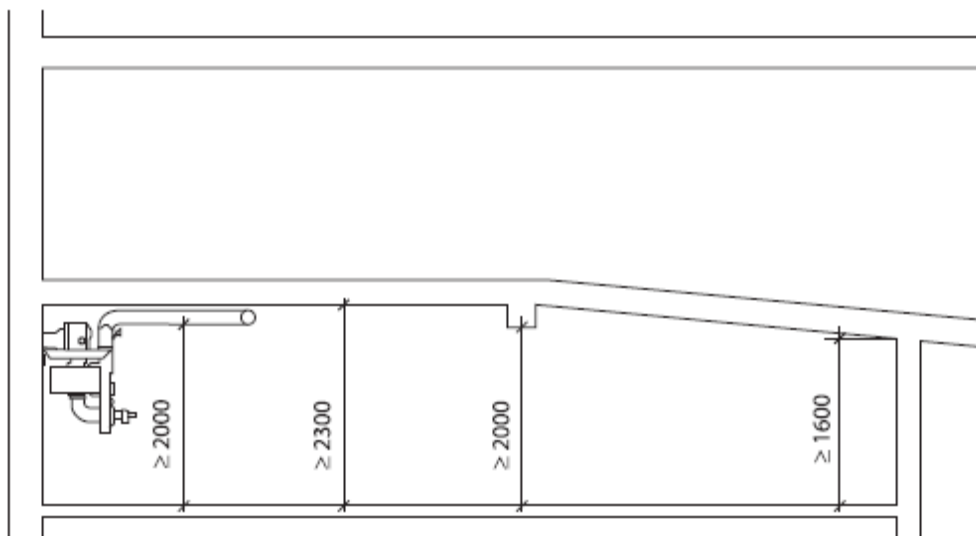
Riittävän suojaavuuden saavuttamiseksi S1-luokan väestönsuojissa täytyy seinien ja katon olla vähintään 300 mm paksua teräsbetonia. Lattian, teräsbetonisten kantavien välisienien sekä välipohjien tulee olla 150 mm paksua teräsbetonia. S2-luokan suojsissa seinien ja katon teräsbetonin paksuuden täytyy olla 400 mm ja lattiassa, välipohjassa ja väliseinissä 200 mm. Kalliosuojissa tunnelien painekuormituksia vastaan otta-

vien seinien täytyy olla ainakin 800 mm paksua teräsbetonia, ja lattialla, väliseinillä ja välipohjalla on sama vaatimus kuin S2-luokassa. (A 5.5.2011/408, §5.)

Suojan ympärusrakenteisiin ei saa tehdä liikuntasauvoja, koska ne heikentäisivät rakenteen yhtenäisyyttä ja kestävyyttä. Muun rakennuksen vaatimat liikuntasauvat tulee tehdä väestönsuojan ulkopuolelle.

Väestönsuojien suojatilan minimikorkeus on 2,3 metriä, paitsi palkkien ja kanavien kohdalla, joissa sallitaan 2,0 metriä. Seinän tai pilarin vieressä huonekorkeus voi olla pienimmillään 1,6 metriä, mutta alle 2,0 metrin korkuisia tiloja ei lasketa väestönsuojan varsinaisen suojatilan pinta-alaan. Sallitut huonekorkeudet on esitetty kuviossa 1.

(RT 92-11083, 2013, 8.)



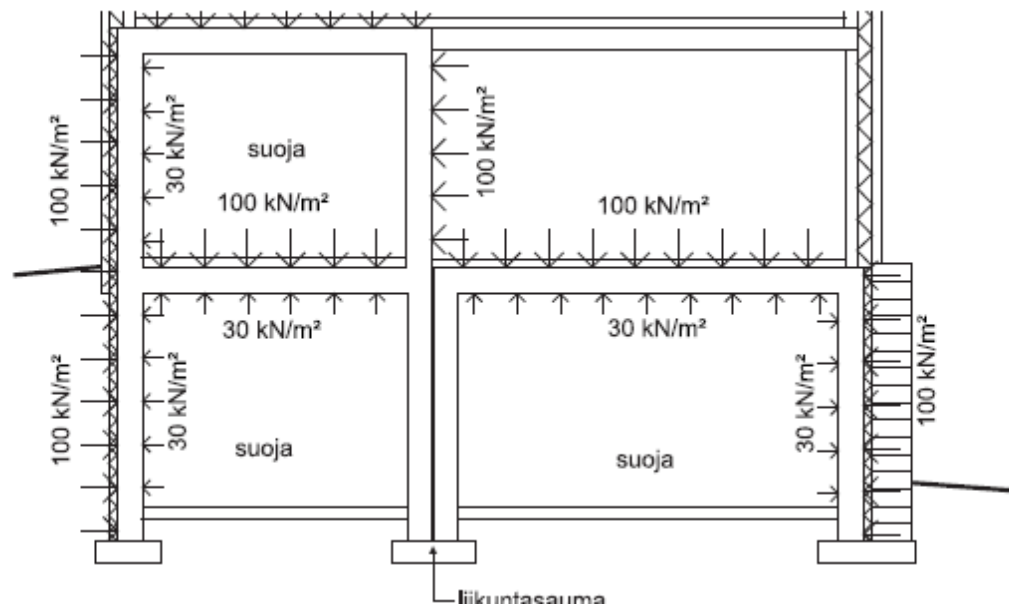
Kuvio 1. Väestönsuojan huonetilan minimikorkeus (RT 92-11083,2012, 8).

3.3 Rakenteille tulevat rasitukset

Toisin kuin useimmat muut rakennukset, väestönsuojien täytyy pystyä kestämään räjähdyksiä ja muita vastaavia aseellisia vaurioita. Tästä syystä niiden teräsbetoniraken-

teiden suunnittelussa täytyy ottaa tavanomaisten rasitusten lisäksi huomioon useita lisätekiöitä, joita tavallisen rakenteen mitoituksessa ei huomioida.

Väestönsuojien rakenteet täytyy mitoittaa kestämään suojuokasta riippuen joko 100 kPa:n (S1-luokka), 200 kPa:n (S2-luokka) tai 300 kPa:n (kalliosuojat) paineaalosta aiheutuva rasitus. Lisäksi rakenteet täytyy mitoittaa myös paineaalosta aiheutuvalla heilahduskuormalle, jonka suuruus on yksi kolmasosa koko painekuormasta. Suojaovista ja -luukuista suojan ympärusrakenteille tulevat painekuormat tulee ottaa huomioon 1,5-kertaisena. S1-luokan väestönsuojalle tulevat kuormat on esitetty kuviossa 2. (A 10.5.2011/506, §12.)



Kuvio 2. S1-luokan suojaalle tulevat painekuormat (RT 92-11083, 2012, 19.)

Sisäasiainministeriön asetuksen (A 10.5.2011/506 §13) mukaan S1-luokan rakenteet tulee mitoittaa mielivaltaisesta suunnasta tulevaa tärähdyskuormaa vastaan, jonka suuruus on vähintään koko väestönsuojan massa kaksinkertaisena. S2-suojien vastaavat tärähdyskuormat lasketaan seuraavilla kaavoilla:

-Pystysuunnassa: $q_v=(1\pm n_v)(g+q)+q_l$

-Vaakasuunnassa: $q_h=\pm n_h g$

g on rakenteen omapaino, q on rakenteiden kuormitusmääräysten mukaisten suojausajan aikana vaikuttavien pitkäaikaikuormien summa ja q_l tärähdyksen vaimentimilla varustetuista laitteista johtuvat pitkäaikaiset kuormat. Tekijän n arvot esitetään Taulukossa 2.

Taulukko 2. n -tekijän arvot (A 10.5.2011/506, §13)

	S2-teräsbe- tonisuoijat	kalliosuojat
Suoja kalliossa n_v	3	4
Suoja maassa n_v	2	-
Suoja kalliossa n_h	2	3
Suoja maassa n_h	1	-

Tärähdyskuormien osavarmuuskerroin on 1. Välipohjan oleskelukuormasta niihin otetaan mukaan yksi kolmasosa.

S1-luokan suojan perustusten mitoituksessa otetaan huomioon yksi neljäsosa pystysuoraan vaikuttavista paine- ja sortumakuormista (A 5.5.2011/408, §10).

3.4 Betonin ja teräksen lujuudet

Väestönsuojien teräsbetonirakenteiden betonina käytetään vähintään C25/30 lujista betonia, jonka rakenneluokkana on S1-luokan suojissa 2 sekä luokan S2- ja kalliosuojissa 1. Betoniraudoituksen tulee täyttää kokonaistasavenymävaatimus 5 prosenttia. Lisäksi määräyksissä ja ohjeissa olevia ominaisuuslujuuksia voidaan betonin puristuslujuuden ja teräksen lujuuden osalta nostaa enintään 20 %, ja sallittuina jänni-

tyksinä käytetään ominaisuuslujuuksia näillä korotuksilla (A 5.5.2011/408, §11; A 10.5.2011/506, §14.)

Raudoituksena väestönsuojan teräsbetonirakenteissa voidaan käyttää terästankoja, joiden halkaisija on välillä 8–20 mm. Tankojen keskiöväli voi rakenteen sisäpinnassa olla enintään 150 mm ja ulkopinnassa 300 mm. Raudoituksen alan tulee olla taivute-tussa rakenteessa vähintään 0,17 % yhdessä toimivasta betonin poikkileikkauspinta-alasta, molemmissa suunnissa ja erikseen kummassakin pinnassa.(A 10.5.2011/506, §14.)

Maanvaraisessa laatussa riittää yksi keskeinen teräsverkko. Väestönsuojan katon ala-pinnassa tulee raudoituksen lisäksi olla pääraudoitukseen sidottu teräsverkko tai be-toniin kiinnitetty teräspoimulevy. Palkkien ja laattojen pääraudoitus täytyy viedä tuelle ja ankkuroida vetorasituksella. (A 10.5.2011/506, §14.)

Betonyhdistyksen elementtisuunnittelusivu (Väestönsuojaelementit 2014) antaa väestönsuojaelementtien raudoituksille esimerkinomaisia minimikokoja. Katon ala-pinnan teräsverkkona on #3mm-K35-50 sirpalesuojaverkko, lattian raudoituksena #T10-K150, S1-luokan 300 mm paksuissa seinissä #T10-K150 molemmissa pinnoissa ja S2-luokan suojissa 400 mm seinämäpaksuudella #T12-K150 molemmissa pinnoissa.

4. Laitteiden ja tilojen vaatimukset

Paksu teräsbetonirakenne voi olla väestönsuojan pääasiallinen turva, mutta se yksi-nään ei riittäisi, ellei suojan ulkokuoreen tulevia läpivientejä (putket, luukut, ovet) oli-si suunniteltu omalta osaltaan suojaamaan näitä luonnollisia heikkoja kohtia. Tämän

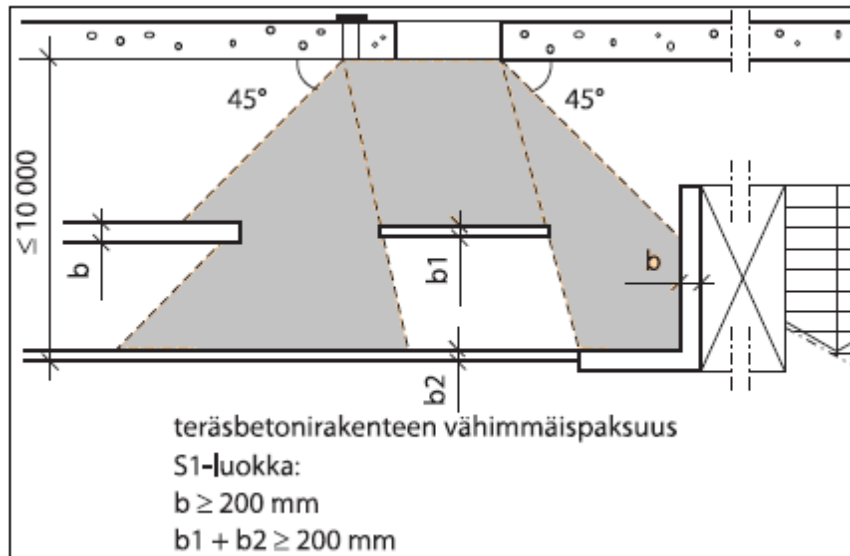
lisäksi tärkeää on myös se, että väestönsuojan tilat on suunniteltu ihmisten käyttöä silmällä pitäen eivätkä ne aiheuta tarpeetonta epämukavuutta tai pahimmassa tapauksessa suoranaista vaaraa terveydelle.

4.1 Sirpalesuojaus

Yksi pelastuslaissa mainituista väestönsuojan tehtävistä on suojasta turvaa hakevien suojaaminen aseiden sirpalevaikutuksilta. Räjähdeiden sirpaleet tai luodit eivät yleensä pysty läpäisemään väestönsuojan paksua teräsbetoniseinää, mutta ilmastointi- ja oviaukot tarjoavat tien suojatilan sisään.

Tämän takia väestönsuojien läpivientikappaleina on mahdollista ja usein suotavaa käyttää sirpalesuojattuja versioita. Esimerkiksi väestönsuojaluokan S1 ovesta SO-1 on olemassa sirpalesuojattu versio SO-1s. Lisäksi ovesta on myös kaasutiivis versio KO-1. Ilmastointiluukkuja ja ylipaineventtiilejä varten puolestaan on olemassa sirpalesuojalaippa, jonka tunnus on SS-1.

Sirpalesuojauksen tehostamiseksi väestönsuojan ovet, venttiilit ja luukut tulee sijoittaa niin, että ne ovat mahdollisimman hyvin turvassa tavanomaisten aseiden sirpalevaikutuksilta. Jotta näiden heikkojen kohtien kautta mahdolliset suojan sisälle pääsevät sirpaleet aiheuttaisivat mahdollisimman vähän vahinkoa, täytyy väestönsuojan sisälle rakentaa sirpaleilta suojaavia rakenteita, jotka suojaavat suojatilaa mahdollisesta sisääntuloaukosta 45 asteen kulmassa tulevilta sirpaleilta kuvion 3 mukaisesti. Suojaaviksi rakenteiksi lasketaan kaikki aukosta 10 metrin päässä olevat teräsbetonirakenteet, ja niiden yhteenlasketun paksuuden tulee olla vähintään 200 mm. (RT 92-11083, 2012, 21)



Kuvio 3. Sirpalesuojauksen asettelu (RT 92-11083, 2012, 21)

Sirpaleilta suojaavat rakenteet ovat S1-luokan suojissa paksuudeltaan vähintään 200 mm teräsbetonia tai 30 mm terästä. S2-luokan suojissa vastaavat luvut ovat 300 mm ja 40 mm, ja kalliosuojissa 400 mm ja 50 mm. (A 10.5.2011/506, §11.)

4.2 Hätäpoistumistie ja sortuma

Sisäasiainministeriön (A 10.5.2011/506, §7) mukaan S1- ja S2-luokkien väestönsuojissa täytyy pääsisäänkäynnin lisäksi olla ainakin yksi hätäpoistumiskäytävä. Suojan uloskäyntien tulisi myös johtaa eri puolille rakennusta, jotta ainakin yksi niistä pysyisi todennäköisemmin auki sortumatilanteessa. Kallioväestönsuojissa tulee olla ainakin kaksi hätäpoistumiskäytävää.

Pommituksissa tai muissa olosuhteissa, joissa väestönsuojia voidaan tarvita, on olemassa varsin suuri todennäköisyys, että jokin väestönsuojan ympärillä tai lähellä oleva rakennus sortuu. Siksi tämä mahdollisuus tulee ottaa huomioon ovien ja hätäpoistumislukkujen sekä venttiilien sijoittelussa. RT-kortiston (RT 92-11083, 2012, 14) mukaan rakennussortuman oletetaan ulottuvan rakennuksen ulkopinnasta etäisyy-

delle, joka on 1/3 sen korkeudesta kyseisellä kohdalla. Sortumalta suojautumiseksi väestönsuojan hätäpoistumiskäytävän täytyy johtaa sortuma-alueen ulkopuolelle, ja hätäpoistumiskäytävän sekä väestönsuojan pääoven yläpuolisten rakenteiden täytyy olla mitoitettu 25 kN/m² suuruista sortumakuormaa vastaan. (A 10.5.2011/506, §12.)

Varsinainen hätäpoistumislukku on teräksinen läpivientikappale, joka on suuruudeltaan 600x800 tai 700x1200 mm. Sitä saa myös sortuman- tai ajonkestävänä mallina. Hätäpoistumislukun sijoittamiseen on useita vaihtoehtoja, jotka riippuvat väestönsuojan ominaisuuksista. Toteutusmahdollisuudet ovat RT-kortin (RT 92-11083, 2012, 15) mukaan seuraavat:

1. Maanpäällinen suoja: hätäpoistumislukku väestönsuojan seinässä
2. Maanalainen suoja: maan alla sortuman ulkopuolelle johtava käytävä
3. Maanalainen suoja: vahvistettu kulkureitti rakennuksen sisällä ja hätäpoistumisaukko väestönsuojan seinässä maan alla korkeintaan 2 metriä maan pinnasta
4. Maanalainen suoja: hätäpoistumiskäytävä sortuma-alueelle ja hätäpoistumisaukko väestönsuojan seinässä maan alla korkeintaan 2 metriä maan pinnasta
5. Rakennuksen sisätiloihin (edellyttää rakennusvalvontaviranomaisen myöntämää lievennystä)

S1-luokan suojissa ovien, hätäpoistumislukkujen ja muiden läpivientien yhteenlaskettu ala saa olla enintään 4 % koko suojan seinäpinta-alasta. Tämän yli menevältä osalta aukot pitää suunnitella suojattavaksi säteilyltä ja sulkulaitteiden on oltava sirpaleenkestävää mallia. (RT 92-11083, 2012, 21)

4.3 Ilmanvaihto

Usein ainakin osittain maan alla sijaitsevilla väestönsuojissa ilmanvaihto on luonnollisesti tärkeä tekijä. Sisäministeriön asetuksen (A 10.5.2011/506, §15) mukaan väestönsuojaan on saatava paineventtiilin kautta suodatettua ilmaa vähintään $2,7 \text{ dm}^3/\text{s}$ varsinaisen suojatilan neliometriä kohti ja suodatuksen aikana ainakin $0,9 \text{ dm}^3/\text{s}$ taseisesti väestönsuojaan jakaantuneena. S2-luokan suojissa täytyy lisäksi olla erilliset aukot tulo- ja poistoilmalle, ja näiden välisen etäisyyden täytyy olla vähintään 10 metriä.

S1-luokan suojan suunnitteluohjeiden (RT 92-11083, 2012, 22) mukaan S1-luokan väestönsuojan ilmanvaihtojärjestelmässä on seuraavat osat:

- Tuloilmakanava (raitisilmakanava), jolla ilma johdetaan väestönsuojaan
- Ilmanvaihtolaite, jolla ilma otetaan väestönsuojaan; kykenee tarvittaessa suodattamaan ilman
- Jakokanava, joka jakaa ilman suojatilaan tuloilmaventtiileineen
- Poistoilmaventtiili, jonka kautta ilma poistuu suojatilasta sulkuhuoneeseen
- Ylipaineventtiilit, joiden kautta ilma poistuu väestönsuojasta ja jotka säätelevät suojan ylipainetta
- Normaaliolojen ilmanvaihdon sulkulaite, joka suljetaan väestönsuojaa kunnostettaessa suojakäyttöön
- Ylipainemittari, joka osoittaa suojatilan ja ulkoilman välisen paineeron.

S1-luokan väestönsuojassa täytyy varata jokaista ilmanvaihtolaitteistoa kohti $1,5 \text{ m}^2$ lattiapinta-alaa. S2-luokan väestönsuojassa sekä kalliosuojassa ilmanvaihtolaitteistot

täytyy sijoittaa erilliseen konehuoneeseen (A 10.5.2011/506, §15). S1-luokan suojien ilmanvaihtokoneesta käytetään tunnusta IVL-1, ja niitä pitää olla yksi jokaista suojatilan alkavaa 45 m² kohti. Näitä koneita saa niiden aiheuttaman melun takia kuitenkin olla yhdessä suojahuoneessa enintään 4 kappaletta. (RT 92-11083, 2012, 24)

Ilmanotto täytyy väestönsuojissa järjestää niin, ettei rakennuksen mahdollinen sortuma pääse haittaamaan sitä. Tämän takia ilmanottokohdan tulee olla sortumankestävä, sortumalta suojattu tai sen täytyy sijaita sortuma-alueen ulkopuolella. Mikäli ilmoitetaan väestönsuojan seinään asennetun ilmanvaihtoputken kautta suoraan ilmanvaihtokoneeseen, täytyy läpivienti suojata sirpalesuojalevyllä. Ilmanottokorkeuden täytyy olla ainakin 0,8 metriä maanpinnan yläpuolella. (RT 92-11083, 2012, 23.)

Väestönsuojissa täytyy ylläpitää vähintään 50 pascalin ylipainetta sekä olla mahdollisuus suodattaa ilmasta haitalliset aineet pois. Lisäksi S1-luokan väestönsuojassa tulee olla mahdollisuus asentaa ilmanvaihtojärjestelmään laitteet myrkyllisten aineiden toteamista ja tunnistamista varten. S2-luokan suojissa tämän ominaisuuden tulee olla vakiona. Väestönsuojan ilmanvaihdon, kuten väestönsuojien muutenkin, täytyy toimia, vaikka sähkösaanti katkeaisikin.(A 10.5.2011/506, §15.)

4.4 Muut tilat

Varsinaisen oleskelutilan lisäksi väestönsuojassa täytyy olla muitakin tiloja tai huoneita, jotta väestönsuoja täyttäisi tarkoituksensa kriisin aikana. Edellä mainittujen hätäpoistumiskäytävien lisäksi väestönsuojaan kuuluu sulkuhuone tai -telta, käymälät, ensiaputilat sekä konehuoneet ja valvomot.

Sisäasiainministeriön asetuksen (A 10.5.2011/506, §6) mukaan kalliosuojissa ja S2-luokan väestönsuojissa täytyy olla betonisella väliseinällä muusta suojatilasta erotettu konehuone tai tekninen tila, johon sijoitetaan ilmanvaihtokoneisto ja muut tekniset laitteistot. Lisäksi kalliosuojissa täytyy varata vähintään 7 m² teknistä valvomoa varten.

Sulkuhuone on väestönsuojan pääoven ja muun suojatilan välinen tila. Sen tarkoitus on estää ulkoilman sekoittuminen väestönsuojan ilmaan ovea avattaessa. Sisäasiainministeriön (A 10.5.2011/506) asetuksen mukaan S1-luokan suojassa täytyy olla pinta-alaltaan 2,5 m² suuruinen suojateltta tai -huone. S2-luokan suojissa ja kalliosuojissa täytyy olla 4 m² suuruinen erillinen sulkuhuone. Lisäksi S2-luokan suojissa ja kalliosuojissa täytyy sulkuhuoneen välittömään läheisyyteen varata ensiaputila, jonka koko on vähintään 10 % suojan varsinaisesta suojatilasta (A 10.5.2011/506, §5.)

Suojateltan kiinnitysalustaksi tehdään seinään ulko-oven ympärille kehikko painekylätetystä höylätystä rimasta. Suojahuone erotetaan tarkasti muusta suojatilasta ja kaikki siihen johtavat läpiviennit on tiivistettävä. Suojatilan ja suojahuoneen välisenä ovena käytetään kaasutiivistä ovea KO-1. Suojahuoneeseen on asennettava vesipiste, pesuallas ja lattiakaivo. (RT 92-11083, 2012, 25)

Jokaista alkavaa 20 m² kohti väestönsuojassa täytyy olla kuivakäymäläkomero ja kuivakäymälän kalusteet (A 10.5.2011/506, §4). Lisäksi väestönsuojassa tulee olla ruoanlämmitysmahdollisuus ja jääkaappi tai vastaava kylmäsäilytystila.

Väestönsuojassa tai sen välittömässä läheisyydessä täytyy olla vedensaantipiste. S1-luokan suojissa vesipiste voi olla varsinaisen suojan ulkopuolella, mutta S2-luokan suojassa sen täytyy suojan sisällä. Mikäli vesipiste on suojan ulkopuolella, täytyy suojaan olla varattuna säilytystilaa 40 litralle vettä per suojan neliometri. Jos vesipiste on

suojan sisällä, riittää 15 litraa per neliometri. Vesipisteen yhteydessä tulee olla vesipiste ja lattiakaivo. (A 10.5.2011/506, §17.)

Väestönsuojat täytyy aina liittää sähkönjakeluverkkoon, ja niihin on asetettava oma ryhmäkeskus, joka on liitettävä omalla nousujohtolla pää- tai nousukeskukseen. Väestönsuoja voidaan tarvittaessa varustaa varavoimalla. S1-luokan väestönsuojien hätävalaistus voidaan järjestää ilmanvaihtolaitteeseen liitetyllä valaistuksella, mutta S2-luokassa ja kalliosuojassa kaikki tilat tulee varustaa kiinteällä valaistuksella, pistorasioilla ja varavalaistuksella. (A 10.5.2011/506, §18.)

5. Mallinnus Autodesk Revitillä

5.1 Yleistä

Toimeksiannon pääasiallinen työ oli tehdä S-1 luokkien väestönsuojien suunnittelussa käytettävä valmiososakirjasto Revit structures-ohjelmaan. Revit structures on Autodesk-yrityksen tekemä 3D-mallinnusohjelma, joka on käytössä ympäri maailman. Autodesk on tehnyt myös Autocad-ohjelman, jota voidaan käyttää yhdessä Revitin kanssa. Toinen Suomessa laajasti käytössä oleva 3D-mallinnusohjelma on Tekla structures.

Työn tekemiseen käytettiin Revit structuresin versiota 2014, joten kaikki työn sisältö on tehty kyseisen version rajojen ja mahdollisuuksien puitteissa.

3D-mallinnuksella tarkoitetaan kolmiulotteisen graafisen mallin luomista esimerkiksi tekeillä olevasta rakennusprojektista. Tehdystä mallista kyetään katsomaan, miltä rakennus valmiina näyttää, millaisia rakenteita se tarvitsee ja kuinka yksityiskohdat kuten rakenteiden liitokset toteutetaan. Lisäksi 3D-malliin on mahdollista tuoda neljä ulottuvuus, aika, ja saada malli näin kuvaamaan rakennusprojektin todellista etenemistä vikko viikolta tai päivä päivältä.

Yleisten tietomallivaatimusten mukaan rakennesuunnittelussa täytyy mallintaa kaikki kantavat rakenteet sekä ei-kantavat betonirakenteet. Lisäksi täytyy mallintaa sellaiset tilaa vievät rakennuksen osat, joiden sijainti ja koko vaikuttavat muiden suunnittelijoiden työhön. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 5, 6)

Valmisosakirjaston luominen väestönsuojia varten tarkoittaa sitä, että kaikista väestönsuojien rakentamiseen tarvittavista osista mallinnetaan kolmiulotteiset objektit. Nämä objektit voidaan sitten projektia tehdessä yksinkertaisesti valita valikosta ja vetää paikalleen, jolloin niin yksittäisten elementtienkin kuin koko väestönsuojankin suunnittelu käy helposti ja nopeasti.

Väestönsuojien suunnittelua varten mallinnettavat objektit käsittävät kaiken seinien ja katon elementeistä läpivienteihin sekä muita objekteja selventäviin tekstiobjekteihin. Yleisten tietomallivaatimusten mukaan rakennesuunnittelussa

5.2 Valmisosakirjaston mallintamisen perusteet

Revit-ohjelmassa yksittäistä objektia kutsutaan nimellä family, ja niiden käyttäytymisen ja toiminnan ymmärtäminen on välttämätöntä elementtien mallintamisen kannalta.

Familyitä eivät ole pelkästään esimerkiksi seinät, katot tai jokin tiettyä huonekalua kuvaava elementti, vaan myös kaikki tekstit, mitat ja piirustusohjat. Jokainen yksittäinen asia, joka Revitissä voidaan luoda, on family. Näin ollen kun puhutaan valmisosakirjaston luomisesta tai elementtimallinnuksesta, tarkoitetaan Revitin kielellä familyjen luomista.

Revitissä on kolmenlaisia familyjä. Familyn tyyppi määrittelee sen, mitä kyseisellä familyllä voi tehdä. Familyjen kolme tyyppiä ovat system, in-place ja standard component familyt.

System familyt ovat familyitä, joiden ominaisuudet ja käyttäytyminen on valmiiksi määritetty Revitin koodiin. Esimerkkejä näistä ovat seinät, laatat ja katot. Käyttäjä ei voi itse luoda uusia system familyjä, vaan olemassa olevasta system familystä täytyy tehdä kopio ja muokata sitä mieleisekseen. System familyjen etu on siinä, että ne osaavat automaattisesti ottaa huomioon niitä ympäröivät ja niihin liittyvät familyt. Esimerkiksi system familyinä tehdyt seinä ja katto voidaan laittaa liittymään yhdeksi rakenteeksi.

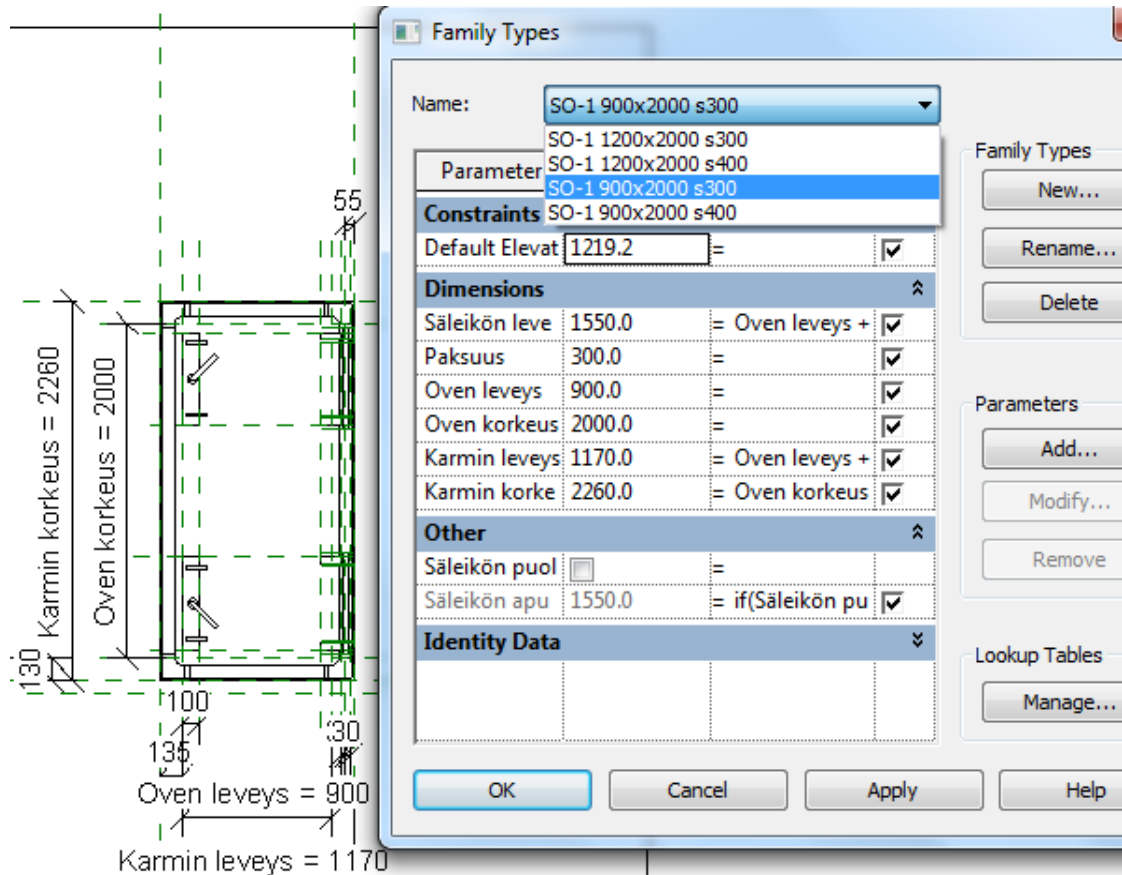
In-place familyt ovat jotakin tiettyä tarkoitusta ja projektia varten tehtyjä objekteja. Niitä käytetään yleensä vain kerran, ja ne on suunniteltu täyttämään vain tietty tarkoitus. Esimerkki in-place familystä voisi olla erikoisen muotoinen takka, joka täytyy suunnitella erikseen.

Kaikkein yleisimpiä familyjä ovat standard component familyt. Ne ovat tavallisia familyjä, joita käyttäjät voivat luoda vapaasti ja käyttää useissa eri projekteissa. Standard component familyt voivat olla mitä tahansa ikkunoista tai ovista seliteteksteihin tai detaljimerkkeihin. Standard component familyt voivat olla valmiiksi ladatuina project template -tiedostoihin tai tallennettuina tietokoneen kovalevyille, josta ne voidaan ladata projektiin tarpeen vaatiessa.

Opinnäytetyötä tehdessä päädyttiin tekemään pelkästään standard component familyjä. Näin ollen yleensä familyihin viitattaessa tarkoitetaan niitä.

Familyt voivat olla joko itsenäisiä tai emo-objektiin liittyviä (host-based). Tämä ominaisuus määritetään familyn luomisvaiheessa, ja se määrittää familyn käyttäytymistä. Itsenäinen family voisi olla vaikkapa pöytä, kun taas host-based voisi olla esimerkiksi seinään asetettava ikkuna.

Tärkeä familyihin liittyvä termi on family type. Family tyypet ovat yhden familyn sisäisiä tyyppejä, joilla on keskenään erilaiset parametrit. Mikäli samanmallisesta objektista voidaan tarvita useampaa hieman erilaista versiota, on kyseiset versiot järkevintä tehdä family typeinä, jolloin familyä projektiin liittäessä voidaan suoraan valita sopivanmallinen tyyppi. Kuviossa 4 on esitetty väestönsuojan ovesta SO-1:Stä tekemäni tyypit, jotka muuttavat sen paksuutta (300 tai 400) sekä oven leveyttä (900 tai 1200).



Kuvio 4. SO-1 familyn tyypet

5.3 Familyiden luominen

Familyn mallinnus etenee yleensä seuraavan kaavan mukaan.

Aluksi valitaan sopiva template Revitissä valmiiksi olevista vaihtoehdoista. Tällaisia ovat esimerkiksi plumbing, structural foundation tai generic model. Family templatet määrittävät, kuinka family käyttäytyy, onko se itsenäinen vai host-based, mihin sitä voi laittaa (seinä, katto jne.), tai mitä familyjä siihen voi liittää (esimerkiksi rauditus-familyjä voi lisätä structural foundationiin, mutta ei generic modeliin, vaikka molemmat näistä olisi määritelty betonielementeiksi).

Templaten valinnan jälkeen aukeaa family editor -ruutu, jossa on valmiiksi templatien mukaiset aputasot (reference plane) sekä host-based familyjen kohdalla geometriaa kuvaamassa esimerkiksi seinää, johon familyn on tarkoitus kiinnittyä. Familyn tuleva muoto määritetään aputasojen avulla, ja käyttäjän tulee itse lisätä niitä niin, että familyn geometria on helppo muodostaa oikein.

Seuraavaksi perheeseen lisätään aputasojen väliset mitat ja annetaan niille muuttujat (label). Muuttujiksi muutetut mitat toimivat parametreinä, jotka muokkaavat familyn geometriaa. Esimerkiksi mitta, jolle on annettu muuttujaksi "pituus"-parametri, kasvaa tai lyhenee parametria muutettaessa ja muokkaa samalla aputasoja, joihin se on kytketty.

Familyn geometrian luominen tapahtuu lisäämällä solid ja void kappaleita. Solid-kappaleet luovat perheeseen geometriaa, kun taas void-kappaleet leikkaavat tietynmuotoisia osia pois solid-kappaleista. Kappaleet kiinnitetään aputasoihin niin, että parametrien muuttaessa aputasojen sijainteja familyn geometria venyy tai pienenee parametrien säätämisen mukana.

Lopuksi perheestä luodaan tarvittavat family-tyypit eri muuttujien arvoilla ja tallennetaan family. Family voidaan joko ladata suoraan projektiin tai tallentaa kovalevylle odottamaan käyttöä.

Revitissä on oletusasetuksena mittava määrä erilaisia familyjä, joihin kannattaa tutustua ennen uusien familyjen luomisen aloittamista, ettei joudu tekemään turhaa työtä. Valitettavasti tämä johtaa myös siihen, että jokaisessa Revitin project templatussa on automaattisesti suuri määrä potentiaalisesti turhaa dataa näiden oletusfamilyiden takia. Turhaksi tiedettyjä familyjä kannattaakin poistaa projektista heti, kun se on mahdollista.

6. Väestönsuojan valmisosakirjaston luominen

Honkanen & Huuromonen OY:n toimeksianto oli kaksiosainen. Tehtävänä oli luoda valmisosakirjasto kaikista väestönsuojien suunnittelussa ja mallintamisessa tarvittavista familyistä sekä selvittää paras tapa väestönsuojien elementtisuunnitteluun Revitillä.

6.1 Väestönsuojan elementtisuunnittelu

Väestönsuojien elementtisuunnittelulla tarkoitetaan väestönsuojien yksittäisten elementtien sekä niiden sijoittelun suunnittelua rakennesuunnittelijan suunnitelmien mukaan. Elementtisuunnitteluun kuuluu elementin mittojen määrittämisen lisäksi kaikkien sen tarvitsemien osien (asennusjalat, nostolenkit jne.), läpivientien (ovet, ilmastointiputket, varauskolot) sekä raudoituksen sijoittelu niin, että elementti täyttää kaikki sille asetetut vaatimukset.

Elementtisuunnitelmiin kuuluvat seinien ja kattolaattojen elementtipiirustukset (ns. lappukuvat), detaljit niiden tartunnoista ja liitoksista sekä elementtikaavio. Jokaisesta elementistä on oma elementtipiirustuksensa, jossa kuvataan elementin mitat, paino, betoni- ja teräslaadut sekä muut ominaisuudet ja kaikki siihen liitettävät osat (esimerkiksi läpiviennit). Piirustusten täytyy kuvata elementti riittävällä tarkkuudella ja selkeydellä, jotta elementtitehtaalla osataan sen perusteella valmistaa oikeanlainen elementti. Elementtikaaviossa esitetään elementtien sijoittelu, tunnuksat, paino ja pituudet.

6.2 Elementtien ja lappukuvien luominen Revitillä

Työn tekeminen aloitettiin luomalla seinäelementti, josta oli kaksi family typeä, 300mm paksu sekä 400mm paksu. Lisäksi elementin pituutta pystyi muokkaamaan pelkästään klikkaamalla projektiruudussa näkyvästä kahvasta (handle) ja vetämällä hiirellä. Revit suosittelee tekemään kaikki seinät ja katot system familyinä, jolloin niihin liittyvät työkalut toimivat varmasti oikein, mutta työtä tehdessä päädyttiin tekemään seinäelementit ja kattolaatat structural foundation -tyyppisinä standard component familyinä. Syynä tähän oli se, että system familyllä saa aikaiseksi ainoastaan yhtenäistä seinäpötköä, kun taas elementtisuunnittelussa täytyy kuvata yksittäisiä seinäelementtejä. Lisäksi standard component familyn muotoa oli helpompi luoda ja muokata. Seinäelementin valmistuttua luotiin Honkasen ja Huumosen käyttämän piirustusohjan mukaisen piirustusohja-familyn nimiöineen ja alettiin miettiä lappukuvien suunnittelua.

Lappukuvien tekemisen ja niissä esitettyjen elementtien suunnittelun täytyisi tapahtua mahdollisimman nopeasti. Siksi keskityttiin Revitillä siihen, kuinka mallinnuksen avulla voitaisiin automatisoida toisistaan riippuvaisten familyiden käytöstä niin, että tiettyjen mittojen tai ominaisuuksien muuttaminen vaikuttaisi mahdollisimman nopeasti siitä riippuvaiseen asiaan automaattisesti. Näin lappukuvat saataisiin halutun kaltaisiksi mahdollisimman nopeasti ja vähällä vaivalla. Useissa tilanteissa tämä oli kuitenkin helpommin sanottu kuin tehty, johtuen siitä, kuinka Revit on ohjelmoitu toimimaan ja kuinka se käsittelee familyjä. Ensimmäisenä tämä ongelma tuli vastaan lappukuvien mittojen yhteydessä.

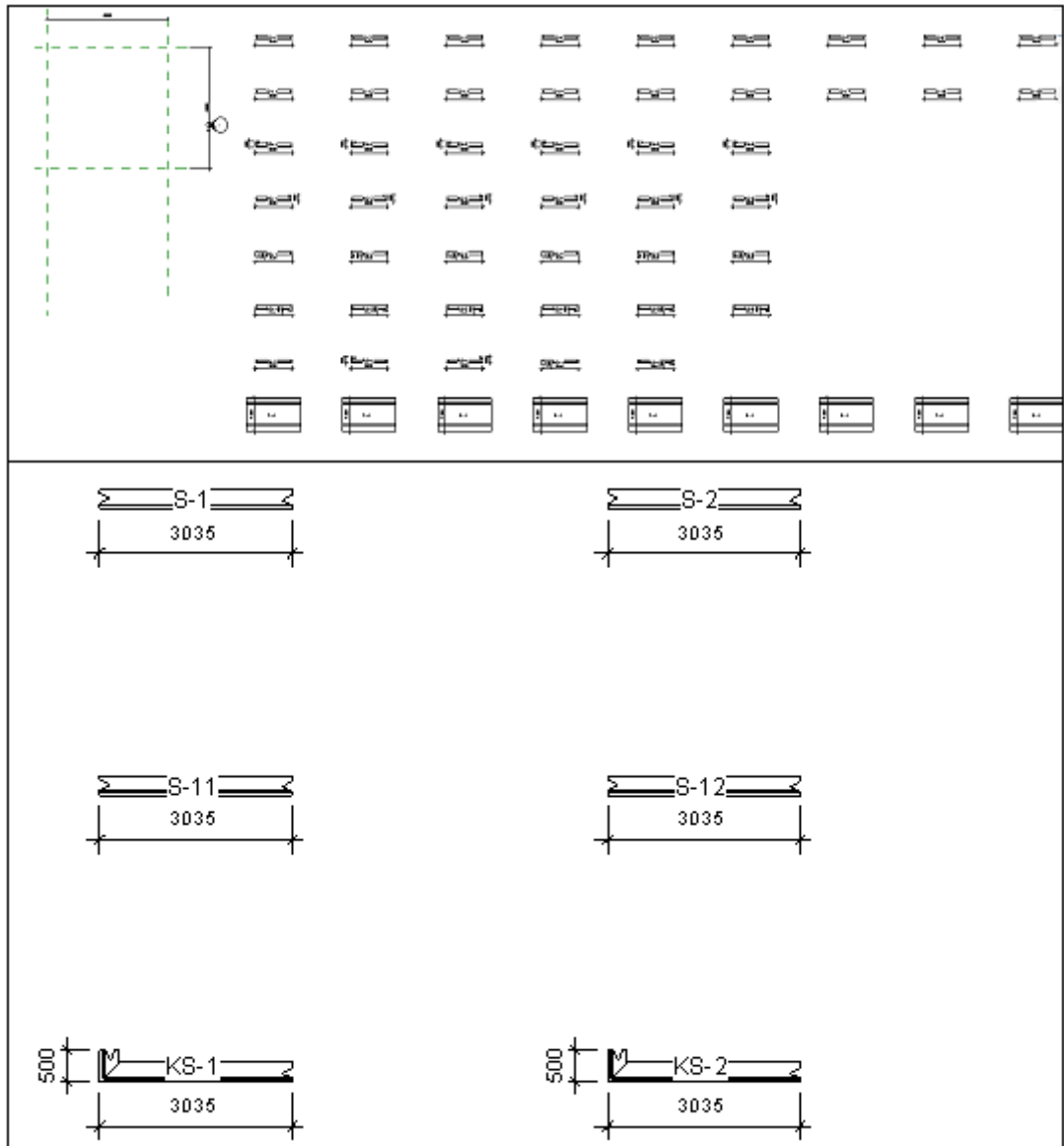
Elementin mitat ovat luonnollisesti yksi oleellisimmista asioista, joita lappukuvissa esitetään. Mallinnusohjelmalla, jota työn tekijä oli käyttänyt aikaisemmin (Tekla structures), pystyy luomaan valmiin piirustusohjan, johon laitettut mitat etsivät au-

tomaattisesti oikean kohdan elementistä, kun elementin liittää pohjaan. Revitillä näin ei voi tehdä, vaan mitat ovat pysyvästi sidotut niihin geometrisiin pintoihin tai aputa-soihin, joihin ne on alunperin asetettu, eikä mittoja voi liittää suoraan piirustuksiin. Tämä herätti kysymyksen siitä, kuinka saataisiin Revit tekemään peruspiirteissään samanlaisesta familystä (kuten seinästä) useita erilaisia piirustuksia niin, että vaadittavat mitat asettuisivat automaattisesti oikeille paikoilleen.

Alkuperäinen suunnitelma työn tekemisen suhteen oli tehdä pelkkiä familyjä, jotka valmisosakirjaston käyttäjä voisi yksinkertaisesti liittää haluamaansa projektiin. Yksi näistä familystä olisi tällöin ollut mitoilla varustettu piirustus pohja, johon elementtiä kuvaava family olisi asetettu. Kun ymmärrys Revitin mittojen toiminnasta kasvoi, päädyttiin kuitenkin hylkäämään tämä suunnitelma. Sen sijaan luotiin uusi, väestönsuojien suunnitteluun tarkoitettu projektipohja (project template). Näin väestönsuojan suunnittelija voisi projektia aloittaessaan luoda uuden projektin käyttäen tätä pohjaa, jolloin kaikki väestönsuojia varten luomani familyt olisivat jo valmiiksi ladattuina siihen. Lisäksi tämä antoi mahdollisuuden ratkaista edellisessä kappaleessa mainittu mittaongelma.

Työtä varten luodussa väestönsuojien projektipohjassa on valmiina paikalleen asetettuna useita kymmeniä väestönsuojan seinä- ja kattoelementtejä, joihin on laitettu oikeille paikoilleen kaikissa elementeissä varmasti olevat osat (asennusjalat, nostolenkit, vemot ja painopistemerkintä). Lisäksi pohjassa on valmiina piirustukset, joissa kyseiset elementit esitetään. Näin kaikissa piirustuksissa on elementin mitat sekä yleisimmät selitetekstit paikallaan heti alusta lähtien ilman että käyttäjän täytyy asettaa niitä itse yksitellen oikeisiin kohtiin. Lopputuloksena kaikkien samantyyppisten elementtien (suora seinä, kulmaseinä, kattolaatta) muotoa pystyy muuttamaan muuttamalla yhtä kyseisentyypistä yksilöä, jolloin kaikkien näiden elementtien piirustuksissa esitetyt mitat muuttuvat automaattisesti vastaamaan uutta muotoa. Kuviossa 5 on

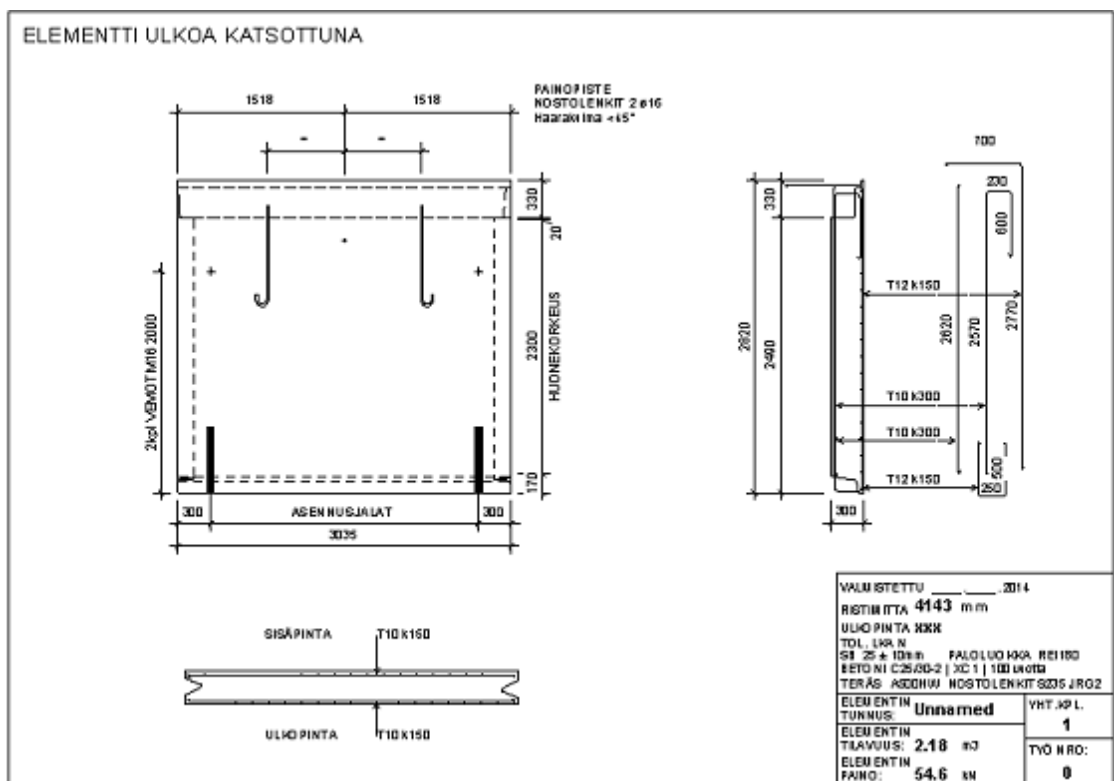
esitetty projektipohjassani olevien elementtien asettelu, sekä näkymä lähempää niistä.



Kuvio 5. Projektipohja. (Revit)

Lappukuvissa täytyy esittää elementti kolmella tavalla: suoraan edestä, vertikaalisena leikkauksena ja horisontaalisena leikkauksena. Näin ollen elementtejä kuvaaviin piirustuksiin asetettiin kolme viewportia, joissa elementti näkyy näistä suunnista. Suo-

raan edestä katsottavassa kuvassa täytyy elementin takaosan rakenne esittää katko-
viivoina. Se, kuinka vaikeaa tämä oli saada aikaiseksi, oli mahdollisesti yllättävin asia
Revitin kanssa työskentelyssä. Revitissä on mahdollisuus saada toiset, objektin taka-
na olevat objektit näkymään peitettyinä yhdellä käskyllä, mutta jotta saataisiin ele-
mentin itsensä taustapuoli näkymään sillä tavalla, jouduttiin muuttamaan kyseisten
viivojen viivatyyppit käsin. Kuviossa 6 on esitetty suoran seinäelementin lappukuva
sellaisena kuin se on projektipohjan avattaessa.



Kuvio 6. Seinäelementin lappukuva. (Revit)

Seinäelementteihin liitettävät lisäosat tehtiin erillisinä familyinä, jotka käyttäjä voi
liittää haluamiinsa kohtiin käyttämällä piirustuksessa olevaa viewportia, jossa kuva-
taan elementti suoraan edestä ulkopuolelta katsottuna. Tällaisia familyjä ovat esi-

merkiksi läpivientiputki LP-1L tai KL-150, IV-koneen asennusalusta LP-1P, ylipaineen mittausputki YM-1, suojaovi SO-1, tai hätäpoistumislukku HS-1. Revitillä ei saa näiden osien sijaintia elementissä mitoittumaan automaattisesti, joten käyttäjä joutuu lisäämään kyseiset mitat käsin.

6.3 Elementtien raudoitukset

Projektipohjassa oleviin elementteihin lisättiin valmiiksi kaikki niihin varmuudella tulevat perusraudoitukset rebar-komennolla. Nämä raudat pitenevät ja siirtyvät isäntäelementtinsä mukana, eikä käyttäjän tarvitse väestönsuojaa suunnitellessa tehdä niille mitään. Raudoituksen toimimisen kannalta oli tärkeää, että valittiin elementtieni familyiden pohjaksi structural foundationin, koska se on yksi niitä family typejä, joihin voi laittaa raudoitustypejä rebar-työkalulla. Itse tehtyjä raudoituksia olisi ollut haastavaa saada muuttumaan isäntäelementin mukana.

Projektipohjani seinäelementtien piirustuksissa on erilliset viewportit raudoituksia kuvaaviin leikkauksiin. Näihin leikkauksiin on merkitty selvästi kunkin raudoituksen mitat, jotka muuttuvat automaattisesti raudoitusten mukana elementin koon muuttuessa.

Aluksi yritettiin saada raudoitusten halkaisija ja k-jako näkymään rautojen family typeä ja muuttumaan automaattisesti typeä vaihdettaessa. Todettiin kuitenkin tällaisen lähestymistavan tarkoittavan, että jokaisen elementin jokaisen raudoituksen family type pitäisi muuttua erikseen. Tämä tarkoittaisi aivan liikaa turhaa työtä työn käyttäjälle. Sen sijaan tehtiin yhteen lappukuvaan detail component, johon on merkitty viivoilla kaikki siinä olevat raudat ja kirjoitettu niiden halkaisijat ja k-jaot. Käyttäjä voi muuttaa tästä tekstistä raudoitusten tiedot kyseiseen projektiin sopiviksi ja ko-

pioida tämän detail componentin hyvin vähällä vaivalla muihin elementteihin, joissa on samanlainen rauditus.

Seinäelementit tarvitsevat luonnollisesti mahdollisuuden ovelle, mutta oven lisäämisessä standard familyn valitseminen systemin sijaan aiheutti vaikeuksia. Seinäelementtiin itseensä aukon leikkaaminen käy helposti, mutta raudoitusten leikkaaminen esimerkiksi oviaukon tieltä onnistuu Revitillä ainoastaan opening-käskyllä. Opening-käskyä puolestaan ei voi käyttää muihin kuin niihin familyihin, jotka Revit hyväksyy oikeiksi seiniksi, eli system familyihin. Tämä ongelma ratkaistiin lopulta tekemällä yksi ylimääräinen seinäelementti, jossa on valmiina aukko ovelle ja raudoitukset asetettu sen mukaisesti. Aukon kohdalle käyttäjä voi sitten lisätä väestönsuojan oven SO-1 familyn.

6.4 Lappukuvien nimiön tiedot ja scheidulet

Lappukuvan piirustuksen nimiössä on sen esittämään elementtiin liittyvää tietoa, joka täytyy saada näkymään ja päivittymään automaattisesti kaikkiin piirustuksiin. Näihin kuuluvat ristimita (mitta elementin alanurkasta toisen puolen ylänurkkaan), paino, tilavuus, projektinnumero, ulkopinnan pintakäsittely, betonin suojapaksuus, paloluokka, laatu sekä teräksen lujuus. Useimmat näistä sain näkymään lisäämällä piirustus-familyyyn shared parametrejä, joita pystyy muokkaamaan projektista käsin. Esimerkiksi projektinnumero sekä teräksen ja betonin laadut säädetään project information -ruudusta, jolloin kyseiset tiedot muuttuvat kaikkien piirustusten nimiöissä. Esimerkiksi ulkopinnan pintakäsittely puolestaan täytyy muuttaa joka elementissä käsin, koska se voi vaihdella samantyyppistenkin elementtien kesken.

Painon, tilavuuden ja ristimitan näkyviin saaminen oli hankalinta, koska niiden täytyy olla sidottuja piirustuksen esittämän seinäelementin mittoihin ja muuttua niiden mu-

kana automaattisesti. Lopulta päädyttiin käyttämään Revitin samaan aikaan sekä erinomaista että valitettavan rajoittunutta schedule-ominaisuutta. Scheduleilla oli mahdollista verrattaen helpostikin saada aikaan taulukko, jossa oli nämä halutut, automaattisesti päivittyvät tiedot jokaisesta elementistä projektipohjassa. Ongelmaksi tässä muodostui se, että Revit ei anna liittää näistä taulukoista piirustukseen ainoastaan yhtä osaa eikä irrottaa sarakkeita toisistaan. Saadakseni kaikkiin piirustuksiin oikeat tiedot oikeisiin kohtiin jouduin siis luomaan jokaista piirustusta kohti oman taulukonsa ristimittaa, painoa ja tilavuutta varten. Kun luodussa projektipohjassa on kymmeniä elementtejä, tarkoittaa tämä aivan liian monia taulukkoja, jotka tekevät project browseristani tarpeettoman sekavan.

Jotta sCHEDULET osaavat löytää nämä tiedot oikein, täyty elementeille antaa tunnukset, joilla sCHEDULET erottaisivat ne toisistaan. Elementeille päädyttiin antamaan niiden ominaisuuksien (properties) mark-kohtaan tunnuksen, joka vastaa oikealle elementille elementtikaaviossa annettavaa tunnusta (suorat seinät S-1, S-2 jne., kulmaseinät KS-1, KS-2 jne. ja kattolaatat L-1, L-2 jne.). Sitten sCHEDULET laitettiin lajittelemaan elementit niiden mark-tunnuksen mukaan.

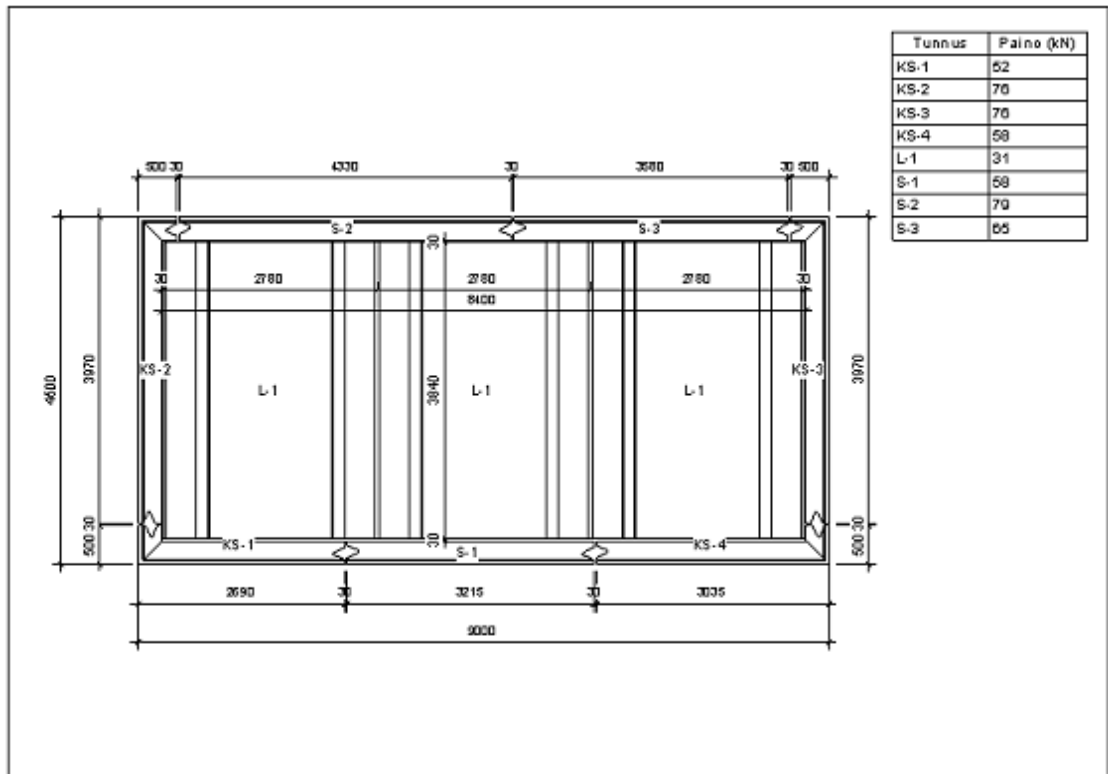
6.5 Elementtikaavio ja objektien tunnukset

Elementtikaavion luominen onnistuu tehdyssä projektipohjassa niin, että käyttäjä luo aputasoilla tulevan väestönsuojan muodon ja siirtää projektipohjaan valmiiksi asetetut elementit paikoilleen. Paikoilleen siirettyjen elementtien pituuksia pystyy sitten kasvattamaan tai pienentämään tarpeen mukaan elementeissä olevien kahvojen avulla. Väestönsuojan suunniteltuaan käyttäjä voi poistaa ylimääräiset elementit ja niiden piirustukset, jotta projektiselaimesta poistuvat turhat osat.

Elementtikaavioon täytyy merkitä elementtien tunnuksot, pituudet ja paino. Yleensä nämä on merkitty niin, että jokaisen elementin kohdalla lukee sen tunnus sekä paino, ja pituus on merkitty sen viereen. Pituuden merkitseminen projektipohjaan oli yksinkertaisinta: riitti, että avattiin elementtikaavio-piirustukseen tuleva viewport ja merkittiin kaikkien valmiiksi asetettujen elementtien viereen niiden pituudet tavallisella mittatyökalulla. Painon merkitseminen erikseen jokaisen elementin päälle tällä tavalla oli kuitenkin mahdotonta johtuen siitä, että Revit ei anna lisätä scheduleja viewporteihin. Sen sijaan päädyttiin lisäämään elementtikaavio-piirustuksen reunaan laajempi schedule-taulukko, jossa näkyi kaikkien projektissa olevien elementtien tunnuksot ja painot.

Elementtien tunnuksot täytyy kuitenkin näkyä myös kyseisen elementin kohdalla, jotta kaavio-käyttäjä tietäisi, mihin elementtiin minkä paino viittaa. Koska oltiin jo merkitty kaikkiin elementteihin niille tulevat tunnuksot niiden mark-kohtaan, päätettiin käyttää sitä hyväksi laittamalla elementtien mark-kohta näkymään elementtikaaviossa. Tähän käytettiin itse luotua tag-familyä.

Revitin tagit ovat familyjä, jotka liitetään johonkin projektissa olevaan familyyn, jolloin ne näyttävät kyseisestä familystä jonkin ennalta määrätyn tiedon. Elementtien tunnuksot merkitsemiseen käytettiin structural foundation -tagia joka oli asetettu näyttämään isäntäfamilyn mark-tunnus. Elementtien tunnuksot saatiin siis näkymään elementtikaaviossa yksinkertaisesti lisäämällä jokaiseen siinä näkyvään elementtiin tämä itse tehty tagi. Kuviossa 7 esitetään Elementtikaavio sellaisena kuin se on elementtien paikalleen asettamisen jälkeen.



Kuvio 7. Elementtikaavio projektipohjallani tehtynä. (Revit)

Tagin käyttämisessä pelkän tekstin sijaan on myös se hyvä puoli, että tag esittää mark-kohdan aina ajantasaisena. Tämä puolestaan vähentää riskiä, että kahdelle elementille tulisi vahingossa sama tunnus. Näin saattaisi käydä esimerkiksi silloin, kun elementtiin S-3 pitäisi saada ovi, jolloin kyseinen elementti täytyy korvata ovialementillä ja antaa ovialementille tunnus S-3. Se, että kahdelle elementille tulisi sama tunnus saattaisi sotkea schedulien toimintaa.

Toinen tätä työtä tehty tag on general model tag, joka oli asetettu näyttämään isäntäfamilyn family type. Tämä tag ladattiin valmiiksi projectipohjaan, jotta käyttäjä pystyisi merkitsemään elementteihin lisäämistään objekteista (esimerkiksi läpivientiputket, ilmastointilaitteiden asennusalustat tai ylipaineen mittausputki) lappukuviin vaadittavat tiedot helposti ja nopeasti. Tätä silmälläpitäen nimettiin kaikkien familiyden, joilla tällainen merkintä täytyy olla, family tyypet sellaisiksi, että niistä saa yhdellä

tagilla oikeanlaisen merkinnän. Esimerkiksi ilmastointilaitteen asennusalustasta tällaisella tagilla saisi tunnukseksi 2/LP-1P (IVL-1).

7. Tulosten esittely

Opinnäytetyöstä tuli tulokseksi Revit structures-ohjelmalla tehty valmisosakirjasto, joka koostuu väestönsuojien elementtisuunnitteluun vaadittavista osista, sekä projektipohja, jolla suojien suunnittelu toteutetaan. Näiden avulla väestönsuojiiin tulevien elementtien sekä niiden asettelun suunnittelu on mahdollista hoitaa nopeasti ja helposti.

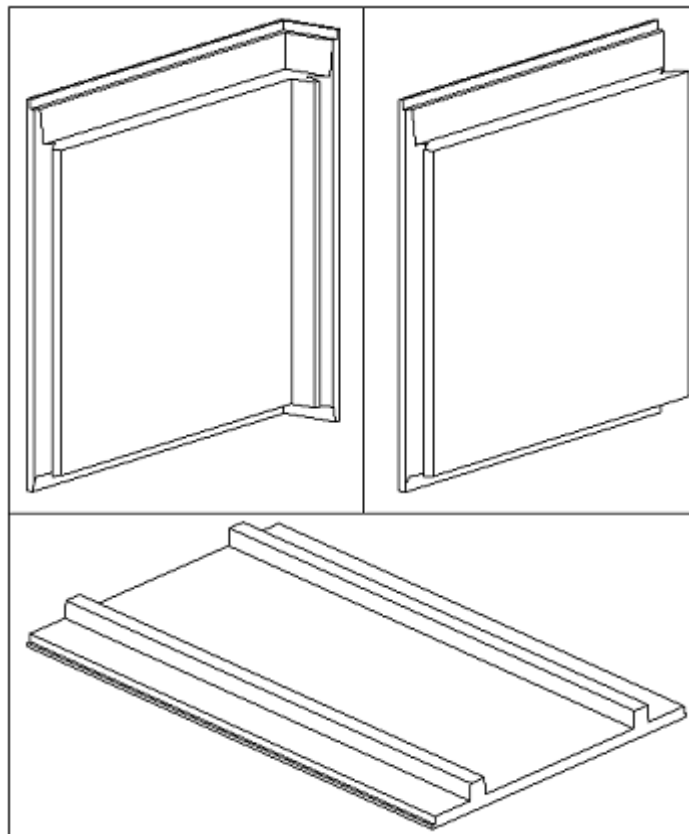
7.1 Valmisosakirjasto

Työtä varten tehty valmisosakirjasto koostuu Revit-ohjelmalla tehdyistä familyistä, joilla on mallinnettu väestönsuojien seinä- ja kattolaattaelementit, sekä niihin asennettavat osat (läpivientiputket, ovet ja luukut, laitteiden asennusalustat sekä asennukseen ja sen aikaiseen tuentaan liittyvät osat). Kaikki familyt on ladattu valmiiksi sisään luomaani projektipohjaan, sekä tallennettu erillisiksi .rfa-tiedostoiksi tietokoneen kiintolevyille.

Seinä- ja laattaelementtejä kuvaaviin familyihin on mallinnettu kyseisen elementin betonirakenteen muoto. Teräksiä näihin familyihin ei ole mallinnettu, vaan perusrakenteet on liitetty niihin valmiiksi projektipohjassa. Familyt on mallinnettu niin, että elementtien pituutta voidaan muokata suoraan projektipohjassa hiirellä vetämällä.

Muut niiden ominaisuudet (kuten profiilin muoto tai seinän korkeus) ovat muokattavissa muuttamalla familyn parametrejä edit type-komennon avulla.

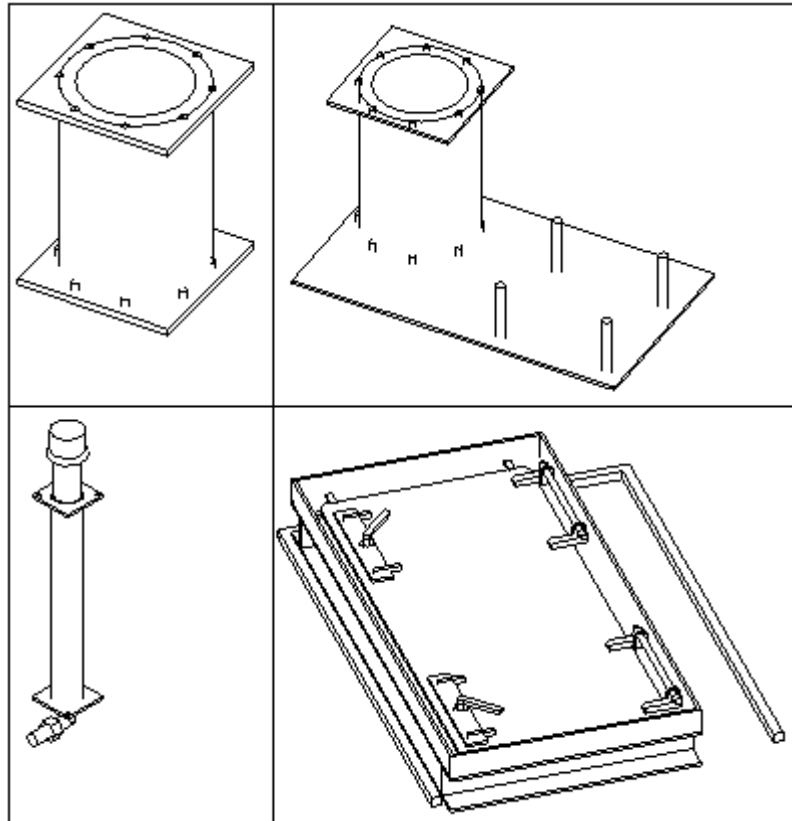
Seinäelementtejä valmisosakirjastossa on viittä erilaista. Suora (tunnukseltaan S-1), sekä neljä erilaista kulmaelementtiä (KS-1). Kulmaelementit eroavat toisistaan sen mukaan, onko kulma niissä ulkoa katsoen vasemmalla vai oikealla, ja kääntykö kulma sisään- vai ulospäin. Kattolaattaelementtejä on vain yksi (L-1). Kuviossa 8 on esitetty 3D-mallit suorasta seinäelementistä, kulmaelementistä sekä kattolaattaelementistä.



Kuvio 8. Seinä- ja kattoelementit. (Revit)

Muut valmisosakirjastossa olevat familyt ovat osia, jotka liitetään kiinni seinäelementteihin elementtitehtaalla. Elementtien asentamiseen liittyvät osat (asennusjalat, nostolenkit sekä vemot), jotka ovat varmasti kaikissa elementeissä ovat mukana valmisosakirjastossa, vaikka ne onkin jo liitetty valmiiksi kaikkiin projektipohjassani oleviin elementteihin. Sama koskee myös painopistemerkintää, joka on projektipohjassani käyttäjän vapaasti liikuteltavissa oleva detail merkintä.

Asentamiseen liittyviä osia lukunottamatta tehdyt familyt ovat pääasiassa läpivientejä. Poiketen elementeistä, jotka on valmiiksi asetettu projektipohjaan, täytyy nämä familyt laittaa käsin paikalleen niihin elementteihin, joihin kyseinen osa suunnitelmien mukaan tulee. Läpivienneissä on aina ainakin kaksi family typeä: 300mm paksuisiin seiniin asetettava, ja 400 mm paksuihin seiniin tuleva. Lisäksi niissä voi olla lisää family typejä riippuen kunkin familyn ominaisuuksista. Esimerkiksi Läpivientiputki LP-1L:n putken koko voi muuttua, joten jokaisesta putkikoosta on oma family tyypensä. Kuviossa 9 on esitetty läpivientiosista esimerkkeinä läpivientiputki LP-1L, IV-koneen asennusalusta LP-1L, Ylipaneen mittausputki YM-1 sekä väestönsuojan ovi SO-1.



Kuvio 9. Familyt osista LP-IL, LP-1P, YM-1 sekä SO-1 (Revit)

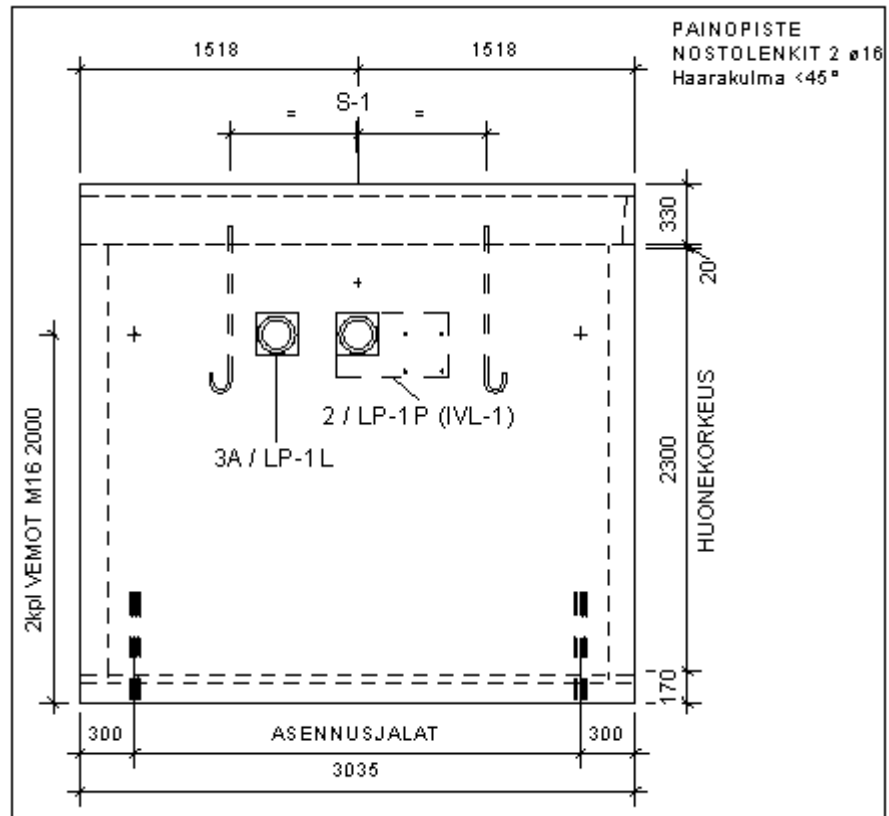
7.2 Projektipohja

Työtä varten tehty projektipohja antaa mahdollisuuden luoda elementtikaavio yksinkertaisesti valitsemalla projektipohjaan valmiiksi asetetuista elementeistä sopivat ja siirtämällä ne haluttuun kohtaan. Tämän jälkeen elementtikaavioon tarvitsee ainoastaan lisätä tarvittavat mitat, jonka jälkeen siinä on kaikki vaadittavat perusasiat. Elementtikaavion piirustus löytyy project browserin kohdasta Sheet, nimellä elementtikaavio. Kuva näin luodusta elementtikaaviosta löytyy tämän dokumentin kuviosta 7.

Jokaisesta elementistä on valmiiksi otettu tarvittavat leikkaukset, jotka löytyvät kyseisen elementin lappukuvasta project browserin kohdasta Sheet. Näihin lappukuviin

on valmiiksi merkattu kaikki tarvittava perustieto elementistä ja kuvat sen raudoituksesta. Kuva elementin S-1 lappukuvasta löytyy tämän dokumentin luvun 6 kuvasta 6 sivulta 29. Elementin S-1 lappukuvassa on esitetty detaljiteksteinä tietoa (pääasiassa sen raudoituksesta) jota ei projektipohjan muiden elementtien lappukuvissa ole oletusarvoisesti esitetty. Käyttäjän täytyy siis muokata piirustuksesta S-1 terästen tiedot sellaisiksi, kuin ne kyseisen väestönsuojan elementeissä ovat, ja kopioida detaljiteksti, jossa tiedot esitetään, sitten suojan muiden elementtien lappukuviin. Tällaiseen ratkaisuun päädyttiin siksi, ettei Revitillä pysty helposti muuttamaan terästen kokoa monissa piirustuksissa samalla kertaa.

Elementteihin liitettävät osat (esimerkiksi läpiviennit ja ovet) käyttäjä voi liittää paikalleen lappukuvassa olevassa leikkauksessa, jossa elementti esitetään edestä päin. Familyt, jotka esittävät elementteihin tulevia osia, löytyvät project browserin families-kohdasta generic models -kategorian alta. Sieltä valitut osat voidaan laittaa oikealle paikalleen elementissä yksinkertaisesti klikkaamalla elementin ulkopinnasta. Tiedot, jotka kyseisistä osista täytyy esittää saadaan näkyviin tag by category -käskyllä. Kuviossa 10 on esitetty kuva elementistä johon on lisätty läpivientiputki LP-1L sekä IV-koneen asennusalusta LP-1P, sekä lisätty niille tagit.



Kuvio 10. Elementti johon on lisätty osia sekä niiden tagit (Revit)

Tehtyyn projektipohjaan on valmiiksi merkattu kaikki perustieto joka lappukuviin sekä elementtikaavioon vaaditaan, jotta väestönsuojan elementtisuunnittelu kävisi mahdollisimman nopeasti. Selvää on kuitenkin, ettei siinä voida varautua kaikkiin mahdollisiin olosuhteisiin tai rakennuksiin joihin väestönsuojia voidaan suunnitella. Siksi valmisosakirjaston käyttäjä joutuu varmasti lisäämään valmiisiin tuotoksiin asioita myös tyhjästä.

8. Pohdinta

8.1 Revitin soveltuvuus rakennesuunnitteluun

Työskennellessäni Autodesk Revitin parissa opinnäytetyötä tehdessäni olen tullut siihen johtopäätökseen, että Revit voi olla arkkitehtuurisessa suunnittelussa erinomainen työkalu, mutta oman kokemukseni ja tietämykseni perusteella sanoisin että rakennesuunnittelua ajatellen siinä on paljon parantamisen varaa. Revitillä pystyy luomaan loistavan näköisiä malleja, ja 3D-objektien tai pintatekstuurien luominen on helppoa, tehokasta, ja näyttävää. Samaan aikaan Revitissä on kuitenkin mielivaltaisen oloisia sääntöjä ja rajoituksia siitä, mitä voi ja ei voi tehdä, jotka vaikeuttavat rakennesuunnittelulta vaadittujen asioiden tekemistä.

Revit vaatii tekemään seinät ja katot system familyinä, mutta ne eivät palvele rakennesuunnittelun tarkoituksia lainkaan. Rakennesuunnittelussa ja erityisesti elementtisuunnittelussa on tärkeää pystyä erottamaan yksittäiset seinäelementit ja tarkastella niiden liitoksia ja tartuntoja, eikä tämä ole mahdollista system familyinä tehdyissä seinissä. System family -seinät ovat graafinen esitys siitä, minkä mallinen ja näköinen seinä tulee kokonaisuudessaan olemaan. Se ei ota kantaa siihen, kuinka seinän yksittäinen osa rakennetaan tai kuinka se liittyy yläpohjaan tai muihin seinän osiin.

Seinän voi yrittää tehdä muunlaisena familynä, kuten vaikkapa yksittäisiä seinäelementtejä kuvaavina standard component familyinä. Tällöin kuitenkin törmää jatkuvasti ongelmiin, jotka johtuvat siitä, että Revit ei tunnista luotua familyä seinäksi. Ensimmäinen ongelma tulee vastaan jo siinä, ettei tehtyä familya pysty kategorisoi-

maan seinäksi, vaan sille joutuu keksimään jonkin muun luokituksen (kuten käyttämäni structural foundation). Raudoitustyökaluista ainoastaan rebar toimii muissa kuin system familyissä, mutta rebarilla tehtyyn raudoitukseen ei voi tehdä aukkoja, mikä on varsin suuri ongelma elementtisuunnittelussa. Sama pätee muihinkin seinien ja kattojen suunnittelun tarkoitettuihin työkaluihin, joiden puute tekee näiden rakenteiden suunnittelusta huomattavasti hankalampaa.

Revitin mittojen toiminta on suunniteltu yhden kokonaisen kohteen päämittojen mittaamista ajatellen, eikä ohjelma ota ollenkaan huomioon elementtisuunnittelun tarpeita. Jos elementtirakenteisessa kerrostalossa voi olla satoja enemmän tai vähemmän erilaisia elementtejä, on naurettavaa, että Revit edellyttää mitoittamaan niiden kaikkien elementtipiirustukset erikseen. Käytännössä kyseinen työ pitäisi kuitenkin hoitaa näin, koska Revitillä ei voi helposti tehdä piirustus pohjaa, jossa olisi valmiina kaikki tarvittavat mitat, jotka etsiytyisivät paikalleen automaattisesti.

Olen aikaisemmin tehnyt elementtisuunnittelua Tekla structures -mallinnusohjelmalla, ja ero sen ja Revitin välillä on huomattava. Teklalla työskentely oli sujuvaa ja joustavaa, ja kyseinen ohjelma on selkeästi suunniteltu vastaamaan rakenne- ja elementtisuunnittelun tarpeisiin. Esimerkkeinä mainittakoon, että ohjelma antaa mallintaa seinät ja katot erillisistä elementeistä, ja elementtipiirustusten mitoitus sujuu nopeasti kiitos valmiiksi mitoitettujen piirustus pohjien käyttämisen.

Revit on maailmanlaajuisesti erittäin käytetty ohjelma, ja epäilemättä sillä pystyy tekemään hyvin monenlaisia asioita ja suunnittelemaan paljon erilaisia projekteja. Vaikka sainkin lopulta tehtyä Revitillä kaiken sen mitä piti, on rakennesuunnittelua varten kuitenkin olemassa parempiakin ohjelmia, joita suosittelen käyttämään, mikäli se vain on suinkin mahdollista.

8.2 Valmisosakirjaston mallintaminen

Alun perin ajattelin, että opinnäytetyön tekemisen vaativin osuus olisi erilaisten monimutkaisten objektien mallintaminen. Työskenneltyäni Revitin ja väestönsuojan elementtisuunnittelun parissa enemmän aloin kuitenkin hahmottaa, että tärkeämpää ja huomattavasti haastavampaa oli luoda mallinnettavat objektit ja niitä varten tuleva projektipohja niin, että väestönsuojan elementtisuunnittelu kävisi mahdollisimman nopeasti. Tämä tarkoitti käytännössä sitä, että jo familyjä suunnitellessa täytyi miettiä, kuinka ne täytyy nimetä, millaiset parametrit palvelevat valmisosakirjaston käyttäjää parhaiten ja millaisia ja minkä nimisiä family typejä kyseisestä familystä täytyisi luoda.

Väestönsuojan elementtisuunnittelu on Honkanen & Huuromon OY:ssä saatu sujuvaan erittäin nopeasti teknisellä piirustusohjelmalla Autocadilla. Tuodakseni omalla valmisosakirjastollani suunnitteluprosessiin jotain lisää päädyin lopulta keskittymään siihen, mitä kaikkea elementtisuunnittelua varten vaadittua informaatiota on mahdollista saada automaattisesti päivittymään elementtejä muutettaessa. Mallinnettujen elementtisuunnitelmien suurin etu perinteiseen piirustusohjelmalla luotuun vastaavaan onkin objektien riippuvuus toisistaan.

Suunnittelua aloitettaessa työlläni voidaan esimerkiksi muuttaa yhden elementin mitat halutun kaltaisiksi, jolloin sama muutos tapahtuu muissakin vastaavissa elementeissä. Elementtien mukana muuttuvat myös niihin asetetut raudoitukset sekä niiden piirustuksiin merkityt tiedot. Lopputuloksena käyttäjällä on yhden elementin ominaisuuksien muuttamisen jälkeen kaikista samanlaisista elementeistä piirustukset, joissa näkyvät elementtien mitat, paino, ristimitta ja tilavuus sekä perusraudoitusten asettelu ja mitat. Elementtikaavion piirustukseen on jo merkitty kaikille elementeille nii-

den tunnukset sekä automaattisesti päivittyvät painot ja pituudet, joten sen suunnittelu tapahtuu yksinkertaisesti vetämällä elementit oikeille paikoilleen.

Monimutkaisia objekteja, esimerkiksi ovea SO-1, mallintaessani aloin miettimään, mitä etuja mallintamisesta on suunnittelun mahdollisen nopeutumisen lisäksi silloin, kun tarkoituksena on ainoastaan luoda kohteesta kaksiulotteisia piirustuksia. Tarkan objektin luominen tuntui ajan haaskaukselta, kun käytännössä elementtipiirustuksessa riittää, että siihen on merkattu oikeaan kohtaan ”tähän tulee tämäntyyppinen ovi”. Mallintamisen täysi hyöty tuleeekin todennäköisesti käyttöön vasta silloin, kun käsitellään mallia koknaisuutena ja käytetään sitä asioihin jotka eivät ole olleet mahdollisia perinteisillä piirustuksilla.

Yleiset tietomallivaatimukset asettavat mallinnuksen tavoitteiksi esimerkiksi projektin havainnollistamisen niin, että sitä koskeva päätöksenteko ja suunnitteluratkaisujen esittäminen helpottuvat sekä suunnitelmien ja suunnittelun yhteensovittamisessa helpottamisen. Lisäksi mallinnuksen tulisi tehostaa rakentamisaikaisia prosesseja, sekä tukea hankkeen kustannus- ja elinkaarianalyysijä sekä tietojen siirtämistä käytönaikaiseen tiedonhallintaan. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1, 5)

En ole tehnyt väestönsuojien elementtisuunnittelua Autocadillä, joten en osaa arvioida, kuinka nopeaa se on perinteisellä piirustusohjelmalla. Uskon kuitenkin, ettei oma Revitillä mallintamalla tehty ratkaisuni ole ainakaan sitä hitaampi. Suunnittelu itsessään on toki erilaista, ja lopputulos voi poiketa hieman Autocadillä tehdystä (esimerkiksi elementtikaavioon tulevien elementtien painojen merkitsemisen suhteen), mutta tekemälläni valmiosakirjastolla on joka tapauksessa mahdollista luoda väestönsuojien elementtisuunnitelmia hyvin nopeasti ja helposti.

Lähteet

A 29.4.2011/379. Pelastuslaki. Viitattu 6.3.2014. Valtion säädöstietopankki Finlex. [Http://www.finlex.fi](http://www.finlex.fi), ajantasainen lainsäädäntö.

A 5.5.2011/408. Valtioneuvoston asetus väestönsuojista. Viitattu 1.3.2014. Valtion säädöstietopankki Finlex. [Http://www.finlex.fi](http://www.finlex.fi), ajantasainen lainsäädäntö.

A 10.5.2011/506. Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta. Viitattu 7.3.2014. Valtion säädöstietopankki Finlex. [Http://www.finlex.fi](http://www.finlex.fi), ajantasainen lainsäädäntö.

RT 92-11083. 2012. S1-luokan teräsbetoniväestönsuoja. Viitattu 7.3.2014. Rakennustieto. <https://www.rakennustieto.fi>

Sisäministeriö 2013. Väestönsuojien rakentamista koskevia strategisia linjauksia selvittäneen työryhmän muistio 31.03.2013.. Viitattu 6.3.2014. <http://www.intermin.fi/>, Suomen sisäministeriö.

Väestönsuojaelementit. Betoniteollisuuden ohjeistus väestönsuojien elementtisuunnitteluun. Viitattu 8.3.2014. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/>

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. BuildingSMART Finlandin ohjeistus tietomallintamiseen. Viitattu 29.3.2014. <http://www.buildingsmart.fi/>

Liitteet

Liite 1. Suojan pinta-alan vaikutus suunnitteluun

rakennuksen tai rakennusryhmän kerrosala, m ² (1 %)	2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000 11000 12000 13000 13500
rakennuksen tai rakennusryhmän kerrosala, m ² (2 %)	1200 1500 2000 2500 3000 3500 4000 4500 5000 5500 6000 6500
henkilömäärä	26 30 35 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180
varsinainen suojatila, 0,75 m ² /henkilö	20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 135
suojahuoneiden lukumäärä vähintään	1 2 2 kpl S1-luokan väestönsuoja, S2-luokan suoja tai kalliosuoja
sulkutila, ≥2,5 m ²	sulkutilta sulkutilta tai sulkuhuone
ilmanvaihtolaitteiden lukumäärä, IVL-1, 1 kpl/45 m ² varsinaista suojatilaa	1 2 3 4
käymälöiden lukumäärä (kpl/m ²) alkavaa varsinaisen suojatilan 20 m ² kohti	2/1,4 m ² 3/2,1 m ² 4/2,8 m ² 5/3,5 m ² 6/4,2 m ² 7/4,9 m ² n/n x 0,7 m ²
ensiaputila, tilavaus	ei tilavausta ensiaputilalle 6 m ² , kun varsinainen suojatila >135 m ²

Taulukkoon liittyviä tietoja

- ilmanvaihtolaitteita voi olla 1...3 kpl/suojahuone
- käymälöiden lukumäärää mitoitettaessa väestönsuojassa olevat normaaliolojen wc-tilat otetaan huomioon erikseen

Taulukon käyttöesimerkki (merkitty katkoviivalla)

Rakennuksen kerrosala on 4100 m² ja rakennus on sellainen, että suojan varsinainen suojatila lasketaan 2 %:n mukaan

- varsinainen suojatila 82 m²
- suojahuoneita vähintään 1 kpl
- sulkutila
- ilmanvaihtolaitteita 2 kpl
- käymälöitä 5 kpl
- ei ensiaputilaa
- laskennallinen henkilömäärä on 108 henkilöä (0,75 m²)