



**EKA**

**Muinsuskaitse ja  
konserveerimine**

Marta Tammiste

**VARAJASED  
METALLKONSTRUKTSIOONID EESTI  
EHITUSES  
AJALUGU JA RESTAUREERIMINE**

Bakalaureusetöö

**Juhendaja:  
Maris Mändel  
Phd**

**2020**

EESTI KUNSTIAKADEEMIA  
Kunstikultuuri teaduskond  
Muinsuskaitse ja konserveerimise osakond

Marta Tammiste

**VARAJASED METALLKONSTRUKTSIOONID EESTI EHTUSES.  
AJALUGU JA RESTAUREERIMINE**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Maris Mändel PhD

Tallinn 2020



## Autorideklaratsioon

Kinnitan, et:

1. käesolev bakalaureusetöö on minu isikliku töö tulemus, seda ei ole kellegi teise poolt varem (kaitsmisele) esitatud;
2. kõik bakalaureusetöö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd (teosed), olulised seisukohad ja mistahes muudest allikatest pärinevad andmed on bakalaureusetöös nõuetekohaselt viidatud;
3. luban Eesti Kunstiakadeemial avaldada oma bakalaureusetöö repositooriumis, kus see muutub üldsusele kättesaadavaks interneti vahendusel.

Ülaltoodust lähtudes selgitan, et:

- käesoleva bakalaureusetöö koostamise ja selle sisalduvate ja/või kirjeldatud teoste loomisega seotud isiklikud autoriõigused kuuluvad minule kui bakalaureusetöö autorile ja bakalaureusetööga varalisi õigusi käsutatakse vastavalt Eesti Kunstiakadeemias kehtivale korrale;
- kuivõrd repositooriumis avaldatud bakalaureusetöö on võimalik tutvuda piiramatul isikute ringil, eeldan, et minu bakalaureusetööga tutvuja järgib seadusi, muid õigusakte ja häid tavaid heas usus, ausalt ja teiste isikute õigusi austavalt ning hoolivalt.
- Keelatud on käesoleva bakalaureusetöö ja selles sisalduvate ja/või kirjeldatud teoste kopeerimine, plagieerimine ning mistahes muu autoriõigusi rikkuv kasutamine.

---

*(kuupäev)*

---

*(bakalaureusetöö autori nimi ja allkiri)*

Töö vastab bakalaureusetöö esitatud nõuetele:

---

*(kuupäev)*

---

*(bakalaureusetöö juhendaja allkiri, akadeemiline või teaduskraad)*

## Sisukord

.....	1
Sisukord.....	3
Sissejuhatus .....	5
1. Ülevaade töös käsitlevatest metallmaterjalidest ja nende terminoloogiast .....	6
1.1. Malm.....	6
1.2. Pudeldatud teras .....	7
1.3. Kaasaegne teras .....	8
1.4. Terminoloogilised probleemid.....	9
1.5. Töös käsitletud metallmaterjalide koondtabel .....	10
2. Metallkonstruktsioonide areng maailmas.....	11
3. Varajased metallkonstruktsioonid Eestis.....	17
3.1. Malmi kasutamine Eestis .....	17
3.2. Terase kasutamine Eestis .....	26
3.2.1. Tööstus- ja militaarhooned.....	26
3.2.2. Sillaehitus .....	36
3.2.3. Tuletornid.....	40
3.2.4. Teraskonstruktsioonid elamutes ja ühiskondlikes hoonetes .....	45
4. Metallkonstruktsioonide kahjustused ja restaureerimine .....	49
4.1. Metallkonstruktsioonide peamised kahjustused.....	49
4.2. Materjali eristamine konserveerimisel.....	50
4.3. Korrosiooni tõkestamine.....	51
4.4. Ajalooliste metallkonstruktsioonide puhastamine .....	52
5. Metallkonstruktsioonide restaureerimine Eestis.....	54
5.1. Senine restaureerimispraktika .....	54
5.2. Ajaloolise metallmaterjali väärtustamine Eestis .....	55



Kokkuvõte .....	56
Summary: Early metal structures in Estonian architecture. History and conservation .....	57
Illustratsioonide nimekiri .....	58
Kasutatud allikad .....	62
LISA 1. Ajajoon: Maailm .....	69
LISA 2. Ajajoon: Eesti.....	71
LISA 3. Eesti metallikasutuse ajajoon võrreldes maailmaga.....	75

## Sissejuhatus

Töö eesmärk on anda ülevaade ehituslike metalltarindite arengust Eestis ja tuua välja põhimõtted, millest tuleks nende väärtustamisel ja restaureerimisel lähtuda. Bakalaureusetöö keskendub metalltarindite uurimisele Eestis enne I maailmsõda. Teema on oluline, kuna Eestis on ajaloolise metallmaterjali kasutamine arhitektuuris põhjalikumalt uurimata. Eestis on ajalooliste metallkonstruktsioonide kirjeldamine lünklik ja enamasti teisejärguline olnud. Teema valik lähtub huvist metallkonstruktsioonide vastu Eesti arhitektuuris.

Töös on läbivalt käsitletud kolme materjali: malmi, pudeldatud terast ja terast, mida tunneme kaasaegse ehitusterasena. Vaatluse all on nende kasutamine ehituskonstruktsioonides, materjalide muid kasutusomadusi töö ei käsitle. Töös on viis põhiteemat, milleks on ajalooline ülevaade tehnoloogiate väljakujunemisest, tausta loov metalltarindite kasutusajalugu maailmas, ülevaade varajastest metallkonstruktsioonidest Eestis, materjali kahjustused ja konserveerimise probleemid ning lühidalt ka varajaste metalltarindite väärtustamisest ja restaureerimisest Eestis.

Bakalaureusetöö toetub erialasele, nii eesti- kui ka ingliskeelsele kirjandusele, internetiallikatele, arhiivimaterjalidele ning vestlustele eriala asjatundjatega. Peamiselt on kasutatud Hubert Matve käsikirju ning publitseeritud raamatuid, arhitektuuriajaloolisi ülevaateid ja muinsuskaitse eritingimusi ning aruandeid. Uuritavate objektide valikuga on nõu andnud Tallinna Linnaplaneerimise Ameti muinsuskaitse osakonna peaspetsialist Oliver Orro, vanalinna juhtivspetsialist ja tööstusarhitektuuri huviline Henry Kuningas, arhitektuuriajaloolane Robert Treufeldt ning Muinsuskaitseameti maakonnaspetsialistid ja nõunikud. Autor tänab kõiki, kes lahkelt oma teadmisi jagasid ja samuti vastutulelikke arhivaare, kes eriolukorras dokumentidele ligipääsu võimaldasid.



# 1. Ülevaade töös käsitlevatest metallmaterjalidest ja nende terminoloogiast

Töö keskendub kolme materjali: malmi, pudeldatud terase ja terase kasutamisele ajaloolistes ehituskonstruksioonides.

Euroopa aladel pärinevad teadaolevalt esimesed malmisulatusahjud 12. sajandi Rootsist või 13. sajandi Saksamaalt. Toormalmi (inglise keeles *pig iron*) rafineerimine hakkas laiemalt levima Euroopas alles 14. sajandil.<sup>1</sup> Toormalm on lähteaineks terase tootmisel.<sup>2</sup> Esmalt osati malmist saada madala süsinikusisaldusega terast, mis jaguneb töötlemise järgi sepateraseks ehk sepirauaks ja pudeldatud teraseks. Sepaterasetehnoloogiat kasutati toormalmi töötlemiseks, kus peale põletamist segu töödeldi mitu korda sepistades. Tehnoloogia puudusteks oli rabadus ja halb sepistatavus. Saaduseks oli kergesti korrodeeruv ja mitte karastatav sepiateras, mille kvaliteet olenes rauamaagi puhtusest. Sepisrauast valmistati näiteks lukke, vedrusid, terasambe, lõiketerasid ja muud.<sup>3</sup> Ehitustarinditena hakatakse metalli kasutama 18.sajandil.

## 1.1. Malm

Ajalooliselt esimeseks ehitustarindites kasutatud metallmaterjaliks on malm. Malm on rauasüsinikusulam, mille süsinikusisaldus on 2,4% – 4% vahel. Malmid sisaldavad põhiliselt räni ja fosforit (parandab malmide valuomadusi).<sup>4</sup> Malme on erinevaid, kuid tööstuses ja arhitektuuris kasutatakse põhiliselt hallmalmi.<sup>5</sup> Malmi saadakse rauaühendite sulatamise teel ning seejärel valatakse erineva kujuga vormidesse, seetõttu kutsutakse malmi mitmetes allikates valurauaks.<sup>6</sup> Malmist valmistati algselt suurtükikuule, kaminaplaate, treppe, hauaplaate ning seejärel hakati malmi rakendama juba sillaehituses ja arhitektuuris. Levinum malmi sulatusahi on vagranka.<sup>7</sup> Malmi kasutamist hõlbustas Abraham Darby 1709. aastal

---

<sup>1</sup> J. Märss, Must metall – Koolitusprogramm, [http://jaanmarss.planet.ee/juhendid/metalli\\_restaureerimine/raud.html#pt021](http://jaanmarss.planet.ee/juhendid/metalli_restaureerimine/raud.html#pt021), (vaadatud 30. XII 2019).

<sup>2</sup> P. Kulu jt, Materjalid, Tallinna, 2001, lk 27–30.

<sup>3</sup> J. Märss, Must Metall...

<sup>4</sup> P. Kulu jt, Materjalid, lk 14–15.

<sup>5</sup> Sealsamas, lk 27–30.

<sup>6</sup> H. C. Schulitz, W. Sobek, K. J. Habermann, Steel Construction Manual. Boston: Birkhauser, 2000. lk 11.

<sup>7</sup> J. Märss, Must metall...

loodud esimene koksiga köetav kõrgahi raua sulatamiseks.<sup>8</sup> Malmi töötlemiseks on kasutatud ka leek-, elekter- ja tiigelahju.<sup>9</sup> Malmi kui ehitusmaterjali kasutati maailmas peamiselt vahemikus 1780–1850, edasi rakendati malmi juba kombineeritud kujul paralleelselt pudeldatud terasega ja paralleelselt teraskonstruktsioonidega.<sup>10</sup>

## 1.2. Pudeldatud teras

Malmi levikut konstruktsioonimaterjalina piiras asjaolu, et seda ei saanud kasutada tõmbele töötavates tarindites. Malmi oli võimalik ainult valada, seda ei saanud sepistada ega survetöödelda. Henry Cort leiutas 1784. aastal terasepudeldusahju, millega sai võimalikuks toota tööstuslikult madala süsinikusisaldusega (süsinikusisaldus on kuni 0,08%) terast ehk nn pudeldatud terast.<sup>11</sup> Tehnoloogia, mis levis 18. sajandil levis tehnoloogia, kus toormalmist toodeti terast leek- ehk pudelahjus. Tehnoloogia eeliseks oli kivisöe ja koksi kasutamine, mis hoidis puusütt kokku. Pudeldusterase levinum kinnitus oli neetimine, näiteks on neetimist kasutatud Eiffeli torni ja Vabadussamba konstruktsioonides.<sup>12</sup> Ehituses kasutati madala süsinikusisaldusega terast maailmas vahemikus 1850–1900 ja nagu eespool mainitud, siis võisid konstruktsioonid olla kombineeritud malmkonstruktsioonidega.<sup>13</sup> Tehnoloogia kõrgajaks võib lugeda 1860ndaid, mispeale metallurgia arenes madalamate kuludega tootmise suunas (konverterahjud) ja valitsevaks konstruktsioonimaterjaliks kujunes kaasaegne teras.<sup>14</sup>

---

<sup>8</sup> Abraham Darby II: A life less ordinary – Academia, <https://www.britannica.com/biography/Abraham-Darby> (vaadatud 24. XII 2019).

<sup>9</sup> S. Otsa, Malmisulatusahju ehitamine ja proovivalu teostamine. Lõputöö. Tartu Ülikooli Viljandi Kultuuri Akadeemia, 2015. Kättesaadav DSpace – University of Tartu Library, <http://hdl.handle.net/10062/47010> (vaadatud 25. XII 2019).

<sup>10</sup> H. C. Schultiz jt, Steel Construction Manual, lk 14.

<sup>11</sup> Wrought iron: metallurgy – Encyclopaedia Britannica, <https://www.britannica.com/technology/wrought-iron> (vaadatud 24. XII 2019).

<sup>12</sup> Jaan Märss, Muste metall...

<sup>13</sup> H. C. Schultiz jt, Steel Construction Manual, lk 14.

<sup>14</sup> R. B. Gordon, American Iron 1607–1900. London: The Johns Hopkins University Press, 1996, lk 220-231.



### 1.3. Kaasaegne teras

Teraseks loetakse rauasulamit, mille süsinikusisaldus on kuni 2,4%.<sup>15</sup> Ehitusteras on sulam, mille koostises on põhiliselt raud ja süsinik. Mida suurem on süsinikusisaldus terases, seda suurem on terase tugevus ja kõvadus, kuid väiksem plastilisus, sitkus ja keevitatus.<sup>16</sup>

19. sajandi II poolel hakkas levima konvertertehnoloogia, mis võimaldas toormalmi töödelda seni kuni oli saavutatud soovitud süsinikusisaldusega teras (inglise keeles *steel*). Esimesena võeti 1855. aastal kasutusele Bessemeri konverter - enam ei kasutata, sest protsessi vahetasid välja hapnikukonverterid.<sup>17</sup> Ehitusterase sulatamiseks kasutati peamiselt kahte meetodit. Esimeseks neist leekahi, näiteks martäänahi, kus soojus eraldub kütuse põlemise teel. Teiseks meetodiks konverterid, milles soojus eraldub hapniku läbipuhumise teel lisandite oksüdeerimise kaudu.<sup>18</sup> Martäänahi oli kasutusel üle 100 aasta, kuid Euroopas seda enam ei kasutata ja see on asendatud keerleekahjuga.<sup>19</sup> Kõige tänapäevasem on elektriline kõrgahi, mille töötas välja Paul Heroult 1900. aastal.<sup>20</sup> Olenemata sulatamise meetodist juhitakse teras valukoppadesse ning seejärel valatakse kokillidesse ehk hangumisvormidesse.<sup>21</sup> Ehitusterasena kasutatakse terast, mille süsinikusisaldusega kuni 0,2% ja sisaldab elemente nagu räni ja mangaan. Ehitusteras on tavapäraselt tootja poolt valmistatud ristlõikega profiilmetall, mille hulka kuuluvad talad, latid, armatuurid jne. Konstruktsioonelementide valmistamisel kasutatakse survetöötlust, mistõttu peab teras hästi deformeeruma.<sup>22</sup> Terast on võimalik nii valtsida, valada kui sepistada.<sup>23</sup> Levinum töötlemisviis on valtsimine, mille käigus saadakse leht- ja profiilteras.<sup>24</sup> Erinevate profiilidega valtsitud terast kutsutakse rahvapäraselt ka sordirauaks. Topelt T-rauda ehk I-rauda kasutatakse näiteks betoonlagede puhul taladena, ümarrauda näiteks raudbetoonist sammastes (vt ill 1).<sup>25</sup>

---

<sup>15</sup> P. Kulu jt, Materjalid, lk 14.

<sup>16</sup> J. Aare, V. Kulbach, Metallkonstruktsioonid I. Tallinn: Eesti riiklik kirjastus, 1961, lk 7.

<sup>17</sup> J. Märss, Must metall...

<sup>18</sup> J. Aare, V. Kulbach, Metallkonstruktsioonid. Tallinn: Valgus, 1985, lk 7–8.

<sup>19</sup> J. Märss, Must metall...

<sup>20</sup> W. H. Dennis, Metallurgy: 1863–1963. New York: Routledge, 2017, lk 111.

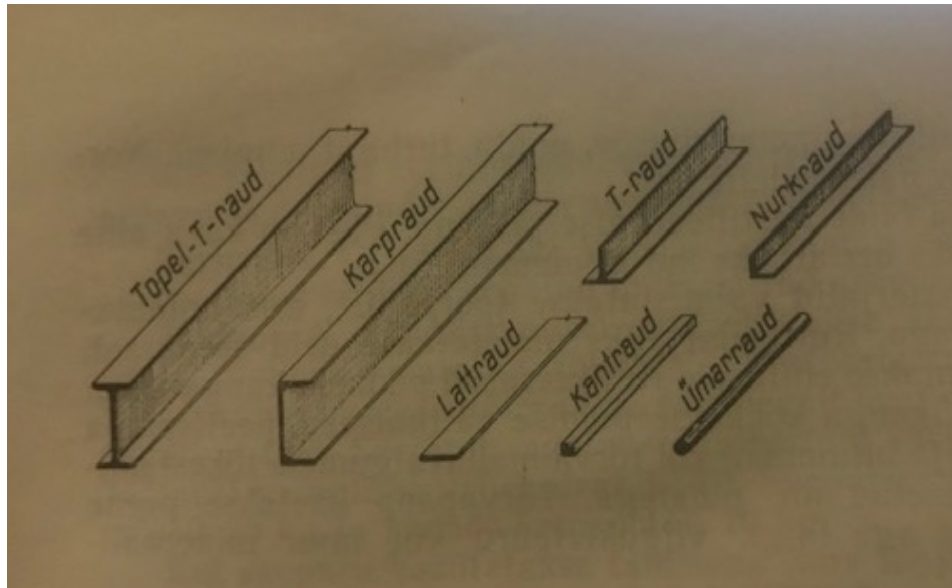
<sup>21</sup> J. Aare, V. Kulbach, Metallkonstruktsioonid, lk 7–8.

<sup>22</sup> P. Kulu jt, Materjalid, lk 16.

<sup>23</sup> H. C. Schultiz jt, Steel Construction Manual, lk 14.

<sup>24</sup> J. Aare, V. Kulbach, Metallkonstruktsioonid, lk 7–8.

<sup>25</sup> A. Veski, Individuaalelamute ehitus. Tallinn: Valgus, 1969, lk 69–70.



1. Erinevad sordiraud.

Terase mehaanilised omadused on seotud temperatuuri ja materjali läbimõõduga, mistõttu oleneb terase arvutustugevus profiili paksusest. Terast on võimalik termiliselt töödelda kas lõõmutamise või karastamise näol, mis parandab materjali mehaanilisi omadusi.<sup>26</sup> Teraskonstruktsioonide kasutamine ehituses algas 1880. aastal ning kestab tänapäevani.<sup>27</sup>

#### 1.4. Terminoloogilised probleemid

Uurides raua, malmi, pudeldatud terase ja terase kasutusajalugu selgub, et eesti keeles on terminoloogia segane ning materjali täpsele nimetamisele pole erinevates allikates piisavalt tähelepanu pööratud. Kogu sellealase materjali läbitöötamise muudab keeruliseks mitmete mõistete erinev tähendus lähtuvalt kontekstist. Näiteks kasutavad erinevad eesti autorid malmi kohta termineid nagu valuraud või valumetall, mida võib kasutada tegelikult ka teraste puhul. Lisaks kasutab Jaan Märss oma kirjutises „Must metall“ terminit sepiraud, mille all mõtleb autor ajaloolist, otse rauamaagist saadud materjali. Mõiste sepiraud all tuntakse aga ka vähese süsinikusisaldusega terast ehk pudeldatud terast, mis kajastub eestikeelses kirjanduses samuti valuraua, separaua, metalli ja terase mõiste all, kuid pole teras tänapäevases mõistes. Valuraud antud kontekstis on eksitav, kuna madala süsinikusisaldusega terast ei valata, vaid töödeldakse haamriga. Mitmeti mõistetav sõnakasutus muudab konstruktsioonimaterjali määramise raskeks kui mitte võimatuks. Sõna

<sup>26</sup> J. Aare, V. Kulbach, Metallkonstruktsioonid, lk 7–9.

<sup>27</sup> H. C. Schulitz jt, Steel Construction Manual, lk 14.

metallkonstruktsioon võib kirjanduses tähendada kõiki kolme materjali: malmi, pudeldatud terast ja terast.

### 1.5. Töös käsitletud metallmaterjalide koondtabel

Alljärgnev tabel koondab kokku erinevatest allikatest leitud informatsiooni käsitlevate materjalide peamiste omaduste ja levinumate nimetuste kohta.

	<b>MALM</b>	<b>PUDELDATUD TERAS</b>	<b>TERAS</b>
<b>Süsinikuisaldus</b>	2,4% – 4%	Kuni 0,08%	Kuni 2,4%
<b>Kasutamise periood arhitektuuris</b>	1780–1850* <small>*Tegemist on kasutamise kõrgajaga arhitektuuris. Materjali kasutatakse kombineeritud kujul veel 20.sajandil</small>	1850–1900* <small>*Tegemist on kasutamise kõrgajaga arhitektuuris</small>	1880–...
<b>Peamised töötlemisviisid</b>	Valamine	Sepistamine Valtsimine	Valtsimine Valamine Sepistamine
<b>Omadused</b>	Hästi valatav, halvasti survetöödeldav, tundlik tõmbetugevuste suhtes, halvasti painduv	Korrosioonikindel, kuni 19.saj halvasti keevitav, hea survetöödeldavus, hästi painduv	Süsinikuisalduse järgi on võimalik materjali omadusi muuta. Mida suurem on terase tugevus ja kõvadus, seda väiksem plastilisus, sitkus ja keevitavus
<b>Inglise keelne termin</b>	<i>Cast iron</i>	<i>Wrought iron</i>	<i>Steel</i>
<b>Erinevad nimed eestikeelses kirjanduses</b>	Valuraud Valumetall Metallivalu Raudkonstruktsioon Metallkonstruktsioon	Pudeldatud teras Sepateras Teras Keedetud raud Raudkonstruktsioon Metallkonstruktsioon	Ehitusteras Profiilteras Valtsmetall Valtsteras Teraskonstruktsioon Metallkonstruktsioon

2. Ülevaade materjalide põhilistest andmetest, Marta Tammiste.

## 2. Metallkonstruktsioonide areng maailmas

Ehitusmaterjalide hüppeline areng on seotud tööstusrevolutsiooniga, mis sai alguse 18. sajandil Inglismaalt ning mõjutas kogu maailma.<sup>28</sup> Tootmistehnoloogiate areng ja uute tööstusharude tekkimine seadis uued nõudmised tootmishoonetele. Puittarindite võimekus saavutas tootmishoonete puhul oma lae ja muutus ebapraktiliseks. Ühiskond nõudis ratsionaalsemaid tarindussüsteeme. Raua tundmine ulatub küll 3000 aastat enne meie aega, kuid esimesed tõsisemad katsed materjali kasutamisel ehituses ilmsesid alles 18. sajandil.<sup>29</sup>

18. sajandiks oli malmi tootmine piisavalt arenenud, et materjali ehituses kasutada.<sup>30</sup> Laiemalt rakendati malmi sillaehituses. 1779. aastal ehitati esimene malmkonstruktsioonidega sild Coalbrookdale'i (vt ill 3) üle Severni jõe, mis asub Inglismaal. Inglismaad peetakse metalltarindite sünnipaigaks.<sup>31</sup>



3. Coalbrookdale'i sild, 2008.

Samaaegselt kaarsildadele arendati ka sepistatud terasest kettidega rippildasid, mis algselt põhinesid Hiina ehituskunstil. Kaasaegsete metallist rippildade esiisaks loetakse

---

<sup>28</sup> N. Pevsner, Kaasaegse disaini pioneerid. Tallinn: Eesti Kunstiakadeemia, 2007, lk 38.

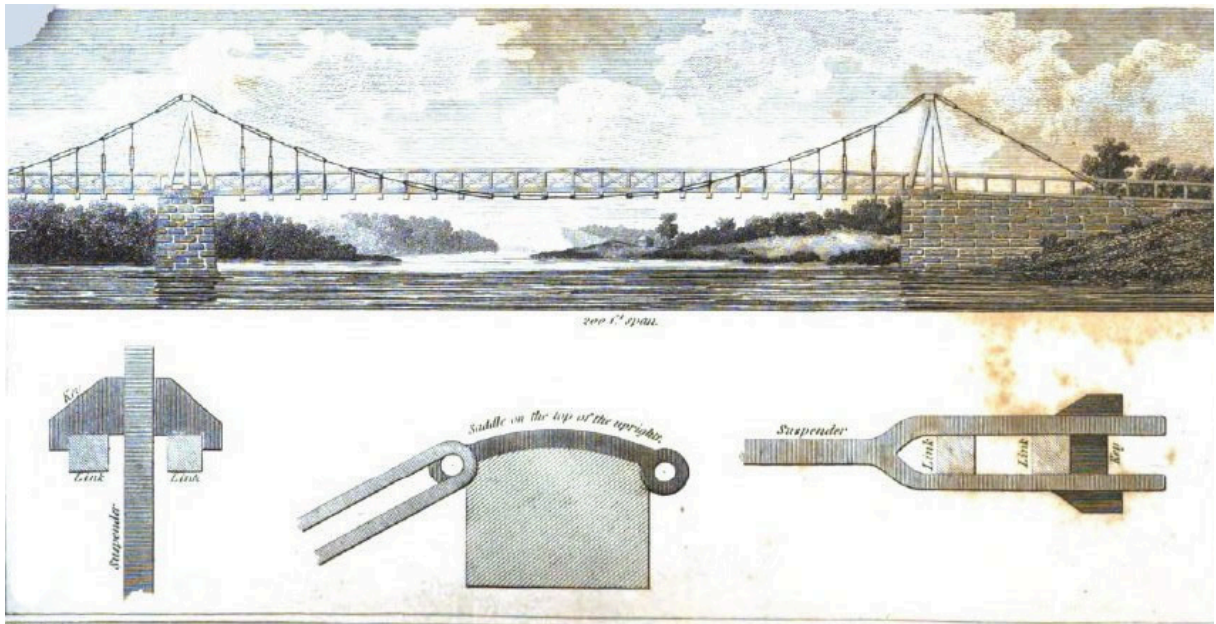
<sup>29</sup> H. Matve, Ehitus läbi aegade. Tallinn: Valgus, 1976, lk 136–143.

<sup>30</sup> History of the plant – Kyshtym Machine-Building Association, <https://aokmo.ru/en/company/history/> (vaadatud 02. I 2020).

<sup>31</sup> H. Matve, Ehitus läbi aegadel, lk 136–138.



ameeriklast James Finley't. Tema esimene projekteeritud ripp-sild on 1801. aastal valminud Jacob Creek'i sild Pennsylvanias (vt ill 4), mis hävis 30. aastat hiljem.



4. Jacob Creek'i sild, 1810.

Järgnes sillaehituse kiire areng. Üks väljapaistvamaid teoseid sillaehituses on Cliftoni ripp-sild Bristolis (vt ill 5), mille kavandas Isambard Kingdom Brunel 1829–1831.

Sild on erakordselt elegantne ning tasakaalustatud, moodustades värvapostidega sümbioosi, mille sarnast ei olnud metallkonstruktsioonidega enne saavutatud.<sup>32</sup>



5. Clifton Suspension Bridge.

<sup>32</sup> N. Pevsner, Kaasaegse disaini pioneerid, lk 92–94.



Suure tõmbetugevusega sillaketi tootmine oli kallis ning seetõttu mindi üle trosside kasutamisele. 1842. aastal patentis trossitootmise ameerika insener John August Roebling, kelle trossid olid spiraalpunutisega.

Ära tuleks märkida ka 1852. aastal William Fairbairni ja Robert Stephensoni Britannia Bridge (vt ill 6). Tegemist oli tala-raudteesillaga, kus kasutati separaualehti ehk needitud valtsplekki, mille tehnoloogia arendas välja Eton Hodgkinson. Seejärel töötas Stephenson välja 1846. aastal täisseinalise talasilla süsteemi, mida kasutas Britannia Bridge ehitamisel.



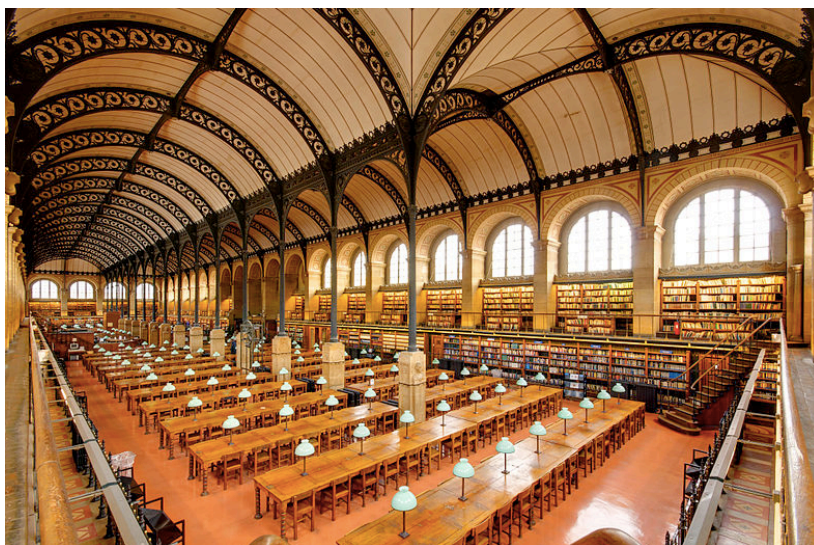
6. Britannia Bridge, .2008.

Arhitektuuri mitmekülgsusele aitas kaasa separauast sarruste kasutuselevõtt 1667. aastal Louvre'i idafassaadil, mis omakorda on raudbetooni arengu üks alguspunkte. Erinevate profiilide arengule pani aluse raudteerööbaste areng, kus esimese malmrööpa valmistas 1789. aastal William Jessop. 1820. aastal järgnes talle John Birkenshaw valtsrauast T-rööpaga, mis omakorda andis tõuke Ameerika rööbaste väljakujunemisele 1831. aastaks.<sup>33</sup> 19. sajandil said neet- ja poltühendused seoses raudteeühenduse ja inseneeria arenguga üheks kasutatumaks liideseks. 1836. aastal leiutas Antoine Duranne mehaanilise neetide tootmise, mis lihtsustab neetide kasutamist. Tuntuim needitud konstruktsioon on muidugi Eiffeli torn, millest tuleb peatüki lõpus veel juttu. Neetühenduste kasutamine vähenes

<sup>33</sup> K. Frampton, Moodne arhitektuur: kriitiline ajalugu. Tallinn: Eesti Kunstiakadeemia, 2007, lk 35–37.

keevituse kasutusele võtmisega.<sup>34</sup> Poltide kasutamine arhitektuuris on kasutusel tänapäevani.<sup>35</sup>

Inglismaa oli rauakasutamisel arhitektuuris Mandri-Euroopast ees tööstusrevolutsiooni tõttu. 1793. aastal ehitati Derbysse kalingurivabrik, mitmekorruseline metallkarkassiga tööstushoone, mille vahelagesid kandsid malmpostid.<sup>36</sup> Metalltarindite ilmumine arhitektuuri andis eelduse tugevusõpetuse ja ehitusmehaanika edendamisele; hakati avaldama ehitustehnilisi seisukohti ja praktikaid (paintedala teooria, kaardsildade teooria, meetod jätkuvtalade arvutamiseks jne).<sup>37</sup> Kuna konstruktsioonid jäid hoone sisemusse, siis see ei mõjutanud veel üldist arhitektuurikeelt. Utilitaarsete hoonete fassaadile ilmus malm ja madala süsinikusisaldusega teras läbi Ameerika mõjutuste. Näitena tuleb välja tuua arhitekt John Havilandi Pottsville'i Farmers' and Miners' Banki hoone (1829) Pennsylvanias, mille fassaad näib kui marmor ent on malmist.<sup>38</sup> Esimene näide, kus arhitekt metallkonstruktsiooni ülistab, tuleb Prantsusmaalt: Henri Labrouste 1843. aastal ehitatud St. Genevieve'i raamatukogu (vt ill 7), kus on kasutusel katmata malmpostid ja võlvikaared.<sup>39</sup>



7. St. Genevieve'i raamatukogu.

Hakkasid tekkima uued konstrueerimistehnikad, kus sõrestik on tellispaneel ja klaasi kandvaks konstruktsiooniks. Esmalt konstrueeriti malmsõrestik ehk karkass, millele toetusid

<sup>34</sup> History – Rivets de France [http://www.rivetsfrance.com/histoire\\_du\\_rivet\\_UK.html](http://www.rivetsfrance.com/histoire_du_rivet_UK.html) (vaadatud 02. I 2020).

<sup>35</sup> The History of bolt – Nord-Lock Group, 2017, <https://www.nord-lock.com/insights/knowledge/2017/the-history-of-the-bolt/> (vaadatud 02. I 2020).

<sup>36</sup> H. Matve, Ehitus läbi aegade, lk 136–138.

<sup>37</sup> Sealsamas, lk 136–138.

<sup>38</sup> N. Pevsner, Kaasaegse disaini pioneerid, lk 88–99.

<sup>39</sup> H. Matve, Ehitus läbi aegade, lk 141.

teised hoone osised.<sup>40</sup> Üks esimesi metallist ja klaasist kuppel (vt ill 8) kavandati 1809. aastal Pariisi turuhoonele. Halles aux Bles sai valmis 1811. aastal. Klaas toimis kui suur aken.



8. Halle aux bles, 2007.

Metalltarindite arengut hõlbustas valtsprofiilide leiutamine ja tööstuslik tootmine, mis sai alguse 1819. aastal Inglismaal. Toodeti nurk- ja T-profiile.<sup>41</sup> Metallkonstruktsioonide puhul ei saa mainimata jätta Gustav Eiffeli loomingut, kes on nii 1885. aastal ehitatud Vabadussamba metallkonstruktsioonide kui ka Eiffeli torni autor. Eiffeli torn valmis 1889. aastal pudeldatud terasest ning oli kuni esimese maailmasõjani kõrgeim ehitis maailmas.<sup>42</sup> 1885–1890. aastatel hakkab pudeldatud terast asendama kaasaegne teras ning pärast 1890. aastat on teras hoonete konstruktsioonis tavapärase nähtus.<sup>43</sup>

Revolutsioon terase tööstuslikus tootmises 1850. ja 1870. aastate vahel (konvertermeetod) moodustas ahela, mis lõi omakorda eelduse uute tarindite ja ehitusmehaanika arenguks. Hakati aina kõrgemate tugevusomadustega terast tootma, mis võimaldas algul teraskarkassil ja seejärel sõrestikkonstruktsioonidel hiiglaslikeks kasvada. Peale tööstuskonstruktsioonide on terase kasutamine toonud kasutusele kõrghoonete mõiste, mille arengule andis tõuke Elisha Otise poolt 1853. aastal leiutatud lift.<sup>44</sup> Esimeseks pilvelõhkujate eelkäijaks võib lugeda Wainwrighti büroohoone St. Louisis, mille kavandas Louis Sullivan 1890. aastal.

<sup>40</sup> N. Pevsner, Kaasaegse disaini pioneerid, lk 88–99.

<sup>41</sup> H. Matve, Ehitus läbi aegade, lk 141.

<sup>42</sup> Gustave Eiffel – Landmarks of the world, <https://www.wonders-of-the-world.net/Statue-of-Liberty/Gustave-Eiffel.php> (vaadatud 04. XII 2019).

<sup>43</sup> N. Pevsner, Kaasaegse disaini pioneerid, lk 99–102.

<sup>44</sup> H. Matve, Ehitus läbi aegade, lk 136–154.

Tegemist pole küll pilvelõhkujaga, kuid kasutatud on terasposte, mida fassaad ei reeda.<sup>45</sup> Esimeseks päris pilvelõhkujaks loetakse Rand-MacNally hoonet Chicagos, mis valmis 1890. aastal Burnham & Root arhitektuuribüroo projekti järgi (vt ill 9) ning kus on kasutatud täielikult teraskonstruktsioone. Hoonel oli 10 korrust ja sõrestikkonstruktsioon. Algas võidujooks kõrgustesse, kus iga järgnev ehitatud pilvelõhkuja oli kõrgem eelnevast.<sup>46</sup>



9. Rand-MacNelli kontorihoone.

---

<sup>45</sup> N. Pevsner, Kaasaegse disaini pioneerid, lk 102–103.

<sup>46</sup> J. J. Korom, The American Skyscraper 1850-1940: A celebration of height. Boston: Branden Books, 2008, lk 120–121.



### 3. Varajased metallkonstruktsioonid Eestis

1850. aastateni oli peamiseks ehitusmaterjaliks Eestis puit. Puidu kõrval kasutati paekivi, tellist ja savi. 19. sajandi keskpaigast hakkas jõudsalt välja kujunema tellisetööstus, arenesid lubja ja puidu suurtootmine, laienes paekivide murdmine müügiks ja kasutusele tulid uuenduslikud materjalid nagu tsement ja betoon, malm ning teras. Just vahelagedes ja katusekonstruktsioonides hakati järk-järgult kasutama malmi, terast ning hiljem raudbetooni. Millal täpselt metalltarindeid Eestis kasutama hakati on vaieldav ja ebaselge. Metall kui materjali teadvustamisele ja kasutamisele andsid hoogu erinevad muutused Eestis, näiteks 19. sajandi keskpaiga talurahvareformidest tulenevad majanduslikud muudatused jne. Palgatöö väljakujunemine ja inimeste linna suundumine oli aluseks tööstuste väljakujunemisele Eestis. Metall tulek ehitusse oli paljuski seotud raudtee ehitamisega Eesti aladele alates 1870. aastast (esimene Gatšina-Peterburi-Paldiski, hiljem 1877. aastal Tapa-Tartu raudtee). Tööstused koondusid peamiselt Tallinnasse ja Narva. Kerkima hakkasid erinevad tööstushooned, raudteejaamad koos remonditöökodade ja depoodega, pangad jne. Areng soosis ehitusnõudlusele vastavaid suuremasildelisi ja tulekindlamaid materjale: metall ja raudbetooni.<sup>47</sup>

#### 3.1. Malmi kasutamine Eestis

Malmi kasutati Eestis peamiselt 19. sajandi keskel ja teises pooles, muu maailmaga võrreldes pea 70 aastat hiljem.<sup>48</sup> Esialgu rakendati Eestis metalli hoonete väiksemates tarindites. Ühe varaseima näitena on teada 1833. aastal ehitatud Keila-Joa lossikompleksi (vt ill 10) igat sissepääsu kaunistanud valumalmist baldahhiinkatused. Lossi projekteeris Peterburist pärit arhitekt Hans Stackenschneider.<sup>49</sup> Venemaal oli malmi kasutamine arhitektuuris varem välja kujunenud. Legendi järgi on malmdetailid toodud 1837. aastal põlenud Peterburi talvepaleest.<sup>50</sup>

---

<sup>47</sup> Eesti Arhitektuurimuuseum (edaspidi EAM), f 20 n 2 s 9: H. Matve, Ehitusajandust, ehitustarindust ja ehitusmaterjalide tööstust käsitlev osa aastatel 1850-1918 ja 1920-1940, lk 2–31.

<sup>48</sup> Sealsamas, lk 50–52.

<sup>49</sup> A. Strus, S. Konsa, A. Dvorjaninov, Keila-Joa loss, Ülevaade peahoone restaureerimistöödest – Muinsuskaitse aastaraamat 2014, Tallinn: Muinsuskaitseamet, Tallinna Linnaplaneerimise Amet, Eesti Kunstiakadeemia, lk 6–7.

<sup>50</sup> Suuline vestlus arh. ajaloolase Aleksander Pantelejeviga 2. V 2020. Märkmed autori valduses.





*10. Keila-Joa lossi varikatused.*

Hoonetüübina, kus Eestis varajasi malmkonstruktsioone leida võib, tuleks esile tuua tuletornid. 1863. aastal telliti Inglismaalt malmist kerega kolm tuletorni, millest esimene paigaldati 1864. aastal Vormsi saarele Saxbyse. Samal aastal ehitati Virtsu (hävis I maailmasõjas) ja Kihnu (vt ill 11) identse projekti järgi malmist kerega tuletornid. Vormsi tuletorn demonteeriti 1871. aastal ning paigaldati Vaindloo saarele. Selle põhjuseks olid Vormsi kõrged metsad, mille tagant torn enam välja ei paistnud. Vormsi sai Läti valutehasest uue torni. Viimane malmdetailidega tuletorn ehitati 1875. aastal Tahkuna poolsaarele.<sup>51</sup>

---

<sup>51</sup> J. Vali, Eesti Tuletornide Ajalugu. Tallinn: Tulepaak OÜ, 2011, lk 20–41.



*11. Kihnu tuletorn.*

Kandvates tarindites võeti malm kasutusele esmalt tööstusehitistes, kuna tööstuste arenemine tekitas nõudluse suuremate ruumide järele. Esimene laiemalt levinud metalltarinditüübiks oli malmpostide kasutamine vahelagede toetamiseks, kus algselt olid kasutusel puidust, hiljem malmist või (pudeldatud) terasest I-talad. Ühe varasema ja suurejoonelisema ehitisena võib näiteks tuua Kreenholmi vana ketrus- ja kudumisvabrikut (vt ill 12). Vana ketrus- ja kudumisvabrik oli Kreenholmi väljakujunemise nurgakiviks. Vabrik ehitati kahes etapis, millest esimene 1858. ja teine 1861. aastal. Ketrusvabriku hoone toetus läbi nelja korruse ümaratele malmpostidele ja tellisvõlve kandsid I-malmtalad. Kudumisvabrik oli sama tarindiga – malmpostid ja I-talad.<sup>52</sup> Hoone on seisab tänaseks tühjana<sup>53</sup>, kuid malmpostide ja samuti malmist I-talade kasutamine teeb objektist haruldase näite Eesti ehitusajaloos.

---

<sup>52</sup> Üldt. V. Raam, Eesti Arhitektuur 3: Harjumaa, Järvamaa, Raplamaa, Lääne-Virumaa, Ida-Virumaa. Tallinn: Valgus, 1997, lk 190.

<sup>53</sup> Kreenholmi ekskursioon, <https://www.narvamuuseum.ee/est/ekskursioonid/kreenholmi-ekskursioon/> (vaadatud 19. V 2020).



12. Kreenholmi vanema osa sisevaade, 2016.

19. sajandi tööstusehitistes kasutati malmposte, näiteks 1876. aastal ehitatud Tallinna Schedli-nimelises pärmivabrikus, kus puidust vahelagi toetus malmpostidele ja I-taladele.<sup>54</sup> Hoone sai II maailmasõjas kannatada ja on tänaseks päevaks ümberehitatud ning lammutamisohus.<sup>55</sup> Sarnase konstruktsiooni leiame veel Rotermanni tehasese jahuveski hoonest (säilinud),<sup>56</sup> 1893. aastal ehitatud Tallinna sadama teraviljaleevaatori konstruktsioonis (hoone hävis II maailmasõjas).<sup>57</sup> ning hiljemgi. 1886. aastal valminud Kunda tsemendivabriku tünnivabriku hoones (vt ill 13) olid samuti kasutusel malmpostid. Hoone on osaliselt ümberehitatud.<sup>58</sup>

<sup>54</sup> EAM, f 20 n 2 s 9: H. Matve, Ehitusajandust, ehitustarindust ja ehitusmaterjalide..., lk 30

<sup>55</sup> H. Kuningas, Apoloogia. Tallinna pärmivabrik ja keskmeierei – Muinsuskaitse aastaraamat 2018. Tallinn: Muinsuskaitseamet, Tallinna Linnaplaneerimise Amet, Eesti Kunstiakadeemia, lk 73.

<sup>56</sup> Tallinna Linnaplaneerimise Ameti muinsuskaitse osakonna arhiiv (edaspidi TLPA MOA), n 9 s 8767: M. Eensalu, Muinsuskaitse eritingimused: Rotermanni rukki- ja nisuveski reg.nr. 24248 ja jahuveski reg nr 24247 fassaadide restaureerimiseks. Tallinn, 2013, lk 4.

<sup>57</sup> Eesti arhitektuur 1: Tallinn. Toim V. Raam. Tallinn: Valgus, 1993, lk 36.

<sup>58</sup> Kunda tsemendivabriku tünnivabrikuhoone – Kultuurimälestiste riiklik register, <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=28732> (vaadatud 30. IV 2020).





*13. Kunda tünnivabriku hoone sisevaade 20. sajandi alguses.*

Ka näiteks 1833. aastal rajatud Sindi kalevivabrikus vahetati sajandivahetusel puidust talad malmpostide vastu välja.<sup>59</sup>

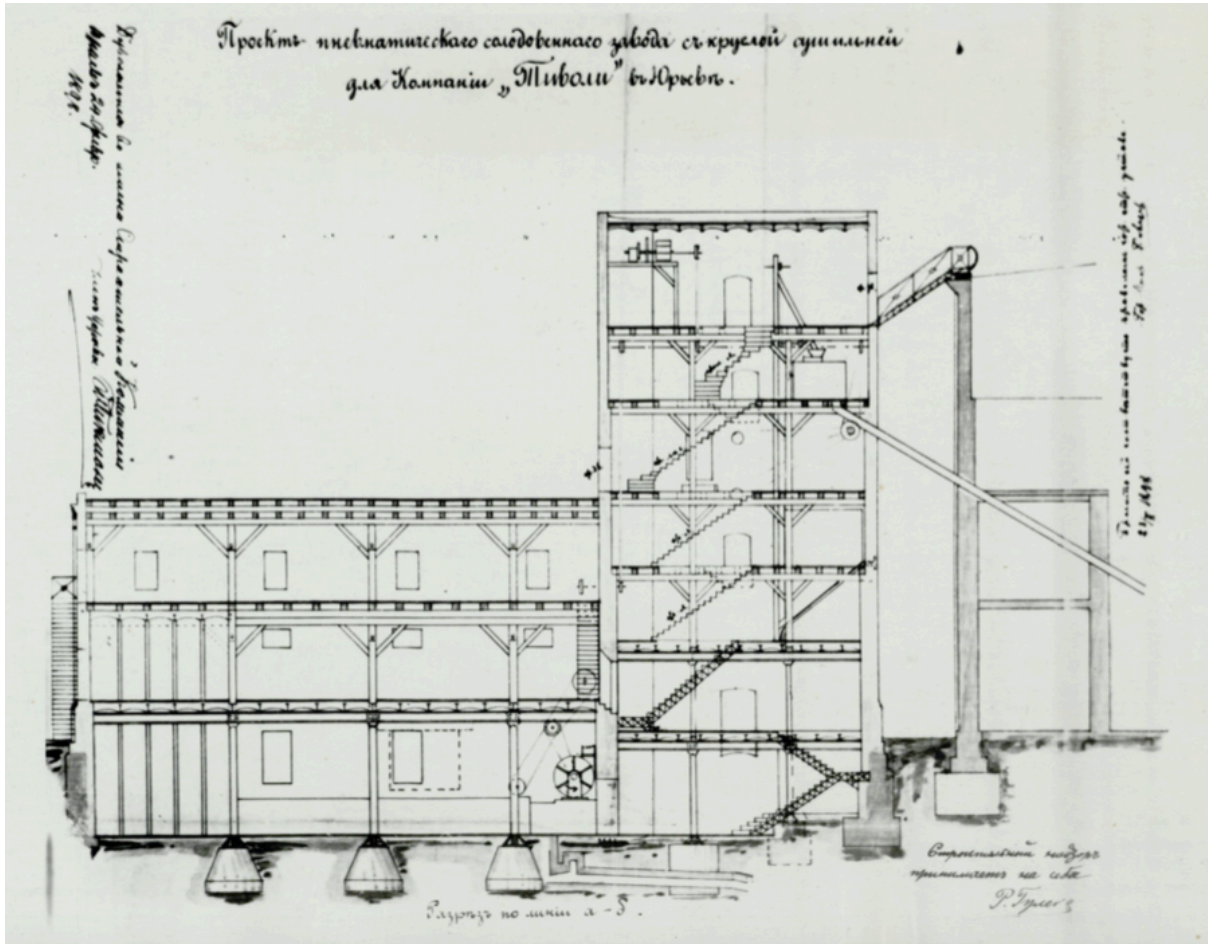


*14. Sindi kalevivabriku sisevaade, 2010.*

---

<sup>59</sup>Sindi kalevivabriku hoone 1 – Kultuurimälestiste riiklik register, <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=16785> (vaadatud 30 IV 2020).

2005. aastal hoone põles ning hävisid vahelaed ja katus, säilinud on rida malmposte (vt ill 14).<sup>60</sup> Veidi hilisem on näiteks 1898. aastal ehitatud Tartu õlletehase linnasekuivatustorniga hoone, kus on metallkonstruktsioone nagu metallsambad ja terastaladel vahelaed (vt ill 15).<sup>61</sup> Samalaadsetes sellel ajastul ehitatud vabrikuhoonetes kasutati tavaliselt metallkonstruktsioone nagu metallsambaid, -talasid, -turvikuid, kuid välisseinad ehitati endiselt paest või tellisest.<sup>62</sup> 2003. aastast on Tartu õlletehase vanema osa ruumid kasutusel muuseumina.<sup>63</sup>



15. Tartu õlletehas. Linnasekuivatustorn.

<sup>60</sup> L. Välja, Ekspertarvamus Pärnu maakonnas Sindi linnas paiknevate riiklike kultuurimälestiste vastavusest mälestise tunnustele. Tallinn, 2017, <https://sindi.kovtp.ee/documents/1124073/1790456/Ekspertarvamus+Sindi+malestistest.pdf/7e5f94f6-b67a-44bc-bc5e-9d5443ff2f7d>, lk 7 (vaadatud 19. IV 2020).

<sup>61</sup> Eesti rahvusarhiiv (edaspidi ERA), f T-76 n 1 s 850: Eesti NSV Ministrite Nõukogu Riiklik Ehituskomitee Teadusliku Restaureerimise Töökoda: Tartu õlletehas. Tallinn, 1986, lk 2.

<sup>62</sup> Eesti Arhitektuuri ajalugu. Toim. H. Arman, Tallinn, 1965, lk 420.

<sup>63</sup> Tartu Õlletehase peakorpus Tähtvere 56/62, 1898-1901.a – Kultuurimälestiste riiklik register, <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=7060> (vaadatud 19. V 2020).

Hiline 20. sajandi alguse näide malmpostide rakendamiseset on 1908. aastal ehitatud Tallinna Tselluloosivabriku puidupurustusosakonna hoone, kus vahelaed toetusid malmpostidele.<sup>64</sup>

Sarnaseid konstruktsioone leiab veel mõisate viina- ja õllevabrikute sisseseadetest. Näitena võib tuua 1861. aastal valminud Kaagjärve-Alamõisa vabrikahoone, mis kuulus mõisakompleksi juurde, kus olid kasutusel metallpostid. Hoone põles 1914. aastal ning on tänaseks ümberehitatud.<sup>65</sup> Mõisate viinavabrikute ja muude abihoonete konstruktsioonid on täpsemalt kaardistamata ning vajavad kindlasti põhjalikumalt uurimist. Käesolev töö teemat põhjalikumalt ei käsitle.

Järgmiseks oluliseks malmtarindite arengusammuks oli nende kasutamine kogu hoone karkassis, millest Eestis on säilinud üksikud näited. 1899. aastal rajatud Kreenholmi Georgi vabriku puhul oli kogu hoone karkass metallist ning see valmis Peterburi metallitehases.<sup>66</sup> Hoonel on kandvateks konstruktsioonideks malmpostid ja valtsitud ehk pudeldatud terasest talad. Tehas hävis II maailmsõjas ning seejärel ehitati ümber.<sup>67</sup>

Esile tuleks tuua R. Knüpfferi projekti järgi 1900. aastal valminud Balti Puuvillamanufaktuuri ketrus- ja kudumisvabrik, kus on malmpostidest ja teras I-taladest karkass. Omal ajal oli see üks suuremaid tööstusehitisi.<sup>68</sup> Hoone sai II maailmasõjas kannatada.<sup>69</sup> Tänapäevaks on vabrik erastatud ning seisab hetkel tühjana.<sup>70</sup>

Väiksematest malmtarinditest tuleks eraldi käsitleda malmtrappe. On teada, et Kreenholmi ja Tallinna gaasivabriku hoonetes olid malmtrappid.<sup>71</sup> Monteeritavate malmtrappide puhul võiks näiteks võtta Õpetajate maja hoone Tallinnas raekojaplats 14, kus on kaks keerdtreppi, millest üks on kindlasti hilisem. Varasem, Vene tänava poolne trepp on ehitatud 19. sajandi teises pooles (vt ill 16, 17). Tallinna vanalinnas leidub samalaadseid monteeritavad

---

<sup>64</sup> EAM, f 20 n 2 s 9: H. Matve, Ehitusajandust, ehitustarindust ja ehitusmaterjalide..., lk 32.

<sup>65</sup> Kaagjärve-Alamõisa vabrikahoone – Kultuurimälestiste register, <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=23113> (vaadatud 5. V 2020).

<sup>66</sup> EAM, f 20 n 2 s 9: H. Matve, Ehitusajandust, ehitustarindust ja ehitusmaterjalide..., lk 30–32.

<sup>67</sup> Eesti Arhitektuur 3..., Toim. V. Raam, lk 191.

<sup>68</sup> EAM, f 20 n 2 s 9: H. Matve, Ehitusajandust, ehitustarindust ja ehitusmaterjalide..., lk 30–32.

<sup>69</sup> Eesti arhitektuur 1..., Toim. V. Raam, lk 86.

<sup>70</sup> Balti Puuvillavabriku direktori elamu, 1899 a – Kultuurimälestiste riiklik register, <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=8281> (vaadatud 30. IV 2020).

<sup>71</sup> EAM, f 20 n 2 s 9: H. Matve, Ehitusajandust, ehitustarindust ja ehitusmaterjalide..., lk 31.



malmtrappe mitmetes hoonetes: näiteks Pikk tänav 26, Pikk tänav1 /Nunne tänav 2 hoones, Mustpeade majas jm.<sup>72</sup>



16. Vene tänava poolne vanem malmtrepp Õpetajate majas, 2016.

Malmtrapid olid kasutusel ka vabariigi perioodil, kuid ei ole teada kas nad on pärit mõnest vanemast hoonest või eraldi tellitud.<sup>73</sup> Näiteks võib sedasorti malmtrappe näha 1926. aastal projekteeritud Rauaniidi sukavabriku hoones<sup>74</sup> või 1936. aastal valminud funkvillas Nõmmel Nurme 40.<sup>75</sup>

---

<sup>72</sup> Suuline vestlus arh. ajaloolase Henry Kuningaga 7. V 2020. Märkmed autori valduses.

<sup>73</sup> TLPA MOA, n 9 s 10023: M. Kark. Muinsuskaitse eritingimused Tallinna Õpetajate majale. Tallinn, 2016, lk 12-22.

<sup>74</sup> TLPA MOA, n 9 s 8621: M. Eensalu, Muinsuskaitse eritingimused, Tekstiilivabriku kompleksi end. "Rauaniit"/ "Punane Koit" ehitismälestis reg.nr. 8200 restaureerimiseks. Tallinn, 2014, lk 6.

<sup>75</sup> TLPA MOA, n 9 s 9768: A. Pantelejev, Tallinn, Nurme t 40, hoone remont-restaureerimise muinsuskaitse eritingimused. Tallinn, 2016, lk 5.



17. Hilisem malmtrepp Raekoja plats 14 õpetajate majast.

Ilmekas ja haruldane näide 19. sajandi teises pooles ehitatud malmtrepist asub Tallinnas, aadressil Kiriku 2 (vt ill 18), kus peale II maailmasõda on trepi ümber olev tuulekoda lammutatud ning trepp on jäänud välitingimustesse.<sup>76</sup>



18. Kiriku 2 malmtrepp..

<sup>76</sup> Elamu Kiriku 2 hooviansambliga, 18. – 19. sajand – Kultuurimälestiste riiklik register, <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=2998> (vaadatud 8. V 2020).

Malmtrepid on kindlasti teema, mida võiks tulevikus rohkem uurida. Käesolev töö teemat süvitsi ei käsitle.

### **3.2. Teras kasutamine Eestis**

Teras jõudis sarnaselt malmile Eesti konstruktsioonidesse maailmaga võrreldes mitu kümnendit hiljem. Kui Lääne-Euroopas ja USAs teras juba laialdaselt kasutusel oli, ehitati Eestis endiselt malmist. 20. sajandi alguses tuli teras laiemalt tööstushoonete tarinditesse. 1930ndate aastateni olid kasutusel neet- ja poltliited, mis asendati järk-järgult keevitusega. Siinsed teras- või pudeldatud terasest konstruktsioonid toodeti peamiselt Peterburis.<sup>77</sup> Siinkohal tuleb ära märkida, et kirjandusest on peaaegu võimatu eristada, kas tegemist on terase või pudeldatud terasega. Sestap käsitleb järgnev peatükk terast üldiselt ning ei erista kahte materjali.

#### **3.2.1. Tööstus- ja militaarhooned**

Oma rabaduse tõttu ei pidanud malm tõmbele vastu ning seetõttu kasutati I-talade puhul sageli pudeldatud terasest ning hiljem terasest talasid. Lõpuks asendati kogu tarind terasega, kuna leiti, et teras täidab kõiki omadusi: talub survet ning on vastupidav tõmbetugevustele.<sup>78</sup> Ajapikku hakati kasutama malmpostide asemel ka terasposte näiteks 1908–1910. aastal ehitatud Masina tänav 20 asetseva Tselluloosi paberivabriku hoone tarindites. Hoone on hiljem ümberehitatud.<sup>79</sup>

Üks varasemaid näiteid terase kasutamisest on Tallinna gaasivabriku esimese, 1865. aastal valminud gaasihoidla konstruktsioon (vt ill 20). Tegemist on kaheksatahulise hoonega, mille välisseinad on paekivist. Katuse puitkonstruktsiooni toetavad metallrõngad, mille külge kinnituvad on omakorda metallvardad (vt ill 19).<sup>80</sup> Ajastu konteksti arvestades võib tegemist olla pudeldatud terasega.

---

<sup>77</sup> O. Orro, R. Treufeldt, M. Mändel, Kopli sonaat: Vene-Balti Laevatehas. Eesti arhitektuurimuuseum, 2017, lk 101–102.

<sup>78</sup> S. V. Dyke, The History of wrought and cast iron. Magistratöö. University of Tennessee, Knoxville, 2005. Kättesaadav Trace – Tennessee Research and Creative Exchange, [https://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3676&context=utk\\_gradthes](https://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3676&context=utk_gradthes) (vaadatud 18. V 2020).

<sup>79</sup> Eesti arhitektuur 1..., Toim. V. Raam, lk 125.

<sup>80</sup> TLPA MOA, n 9 s 6250: M. Suits, Kalasadama 2 Tallinn, muinsuskaitse eritingimused. Tallinn, 2009, lk 8–9.



19. Kalasadama 2, endise gaasivabriku katusekonstruktsioon, 2009.



20. Gaasivabrikuhoone välisfassaad, 2009.

Oluliseks tarinduslikuks arenguhüppeks, mis terase kasutuselevõtule järgnes, olid sõrestikkonstruktsioonid. Terasferme kasutati Franz Krulli 1875. aastal rajatud tehasehoonetes (vt ill 21) aadressil Kopli 68. Valmis ehitati mitu hoonet: lukksepa-, sepa-, katelsepa- ja malmivalutsehhi. Kõigi hoonete konstruktsioonides on metallpostidele toetuvad needitud terasfermed. Tehas on pärast sõda ümberehitatud ja mitu tsehhi lammutatud, kuid töötab siiani.<sup>81</sup> 1873–1874. aastal ehitatud Tallinna Raudtee Peatehase uue veduridepoo ja töökoja tarindid on suuresildelilised metallfermid, mis toetusid sõrestikpostidele.<sup>82</sup> Enne

<sup>81</sup> Eesti arhitektuur 1..., Toim. V. Raam, lk 90.

<sup>82</sup> EAM, f 20 n 2 s 9: H. Matve, Ehitusajandust, ehitustarindust ja ehitusmaterjalide..., lk 31.



kasutati Raudtee Peatehase hoonetes puitkonstruktsioone, mis asendati 1886. metalltarinditega, hooned on tänaseks päevaks ümberehitatud või lammutatud.<sup>83</sup> 1900–1901. aastal ehitatud Volta tehase katusekonstruktsioonides on samuti terasfermid (vt ill 22), Tehas on tänaseks ümberehitatud.<sup>84</sup> Sama lahendust on kasutatud 1912. aastal ehitatud Wiegandi masinatöökoha mehhaanikatehase laekonstruktsioonides.<sup>85</sup> Hoone on ümberehitatud elamuks.<sup>86</sup>



21. Krulli tehase sisevaade.

---

<sup>83</sup> Eesti arhitektuur 1..., Toim. V. Raam, lk 86.

<sup>84</sup> 100+ aastat ajalugu – Volta kvartal, <http://endover.ee/voltakvartal/ajalugu/> (vaadatud 20. IV 2020).

<sup>85</sup> Eesti arhitektuur 1..., Toim. V. Raam, lk 173.

<sup>86</sup> P. Wiegandi masinatehase mehaanikatöökoda, 1912. a – Kultuurimälestiste riiklik register, <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=8195> (vaadatud 19. V 2020).



22. Volta tehase masinatsehi sisevaade.

Terasfermid on ka 1899–1900 rajatud Mõisaküla raudtee remonditehase hoone konstruktsioonides (vt ill 23). Hoone on hetkel osaliselt metallitöökojana kasutusel ning metallkonstruktsioonid säilinud (vt ill 24).<sup>87</sup>



23. Mõisaküla raudteetehas, sisevaade.

<sup>87</sup> ERA, f 5025 n 2 s12306: H. Kuningas, Mõisaküla Raudteetehase dokumenteerimine. Tallinn, 2012, lk 3.



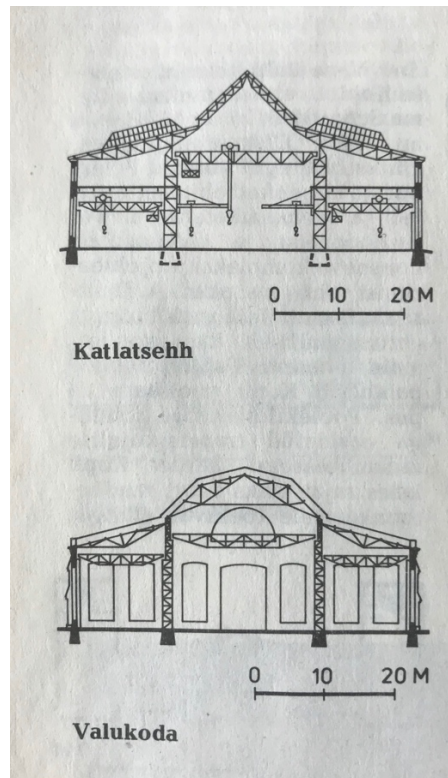


*24. Mõisaküla raudteetehas, sisevaade, 2011.*

Märkimisväärne on 1912–1915. aastal ehitatud Vene-Balti laevaehitustehase kompleks, mida võib pidada esimeseks kaasaegseks terastarindeid kasutavaks suuremahuliseks tööstuskompleksiks. Kasutati terassõrestikposte, -ferme, -katuselaternaid ja -kraanatalasid, millest osa hävis II maailmasõjas (vt ill 25).<sup>88</sup>

---

<sup>88</sup> EAM, f 20 n 2 s 9: H. Matve, Ehitusajandust, ehitustarindust ja ehitusmaterjalide..., lk 32–33.



25. Vene-Balti laevatehase katlatsehhi ja valukoja joonis.

Vene-Balti laevatehase kujundas ja ehitas Prantsuse sõjatööstusettevõtte Schneider-Creuzot (vt ill 26). Tootmishooned olid masinahalli taolised ja meenutasid varem rajatud Volta ja Krulli tehasehooneid, kuid olid palju suuremad.<sup>89</sup> Terasi kasutati Vene-Balti laevatehasesse 1913–1914. aastal rajatud turbiinitsehhi ja katelsepatsehhi, umbes 1914. aastal valminud valukoja ehitusel kui ka elektriijaama, väikelaevatehhi, pressitsehhi ja teiste tootmishoonete rajamisel.<sup>90</sup>

<sup>89</sup> O. Orro, R. Treufeldt, M. Mändel. Kopli sonaat: Vene-Balti..., lk 23.

<sup>90</sup> Sealsamas, lk 81-82.



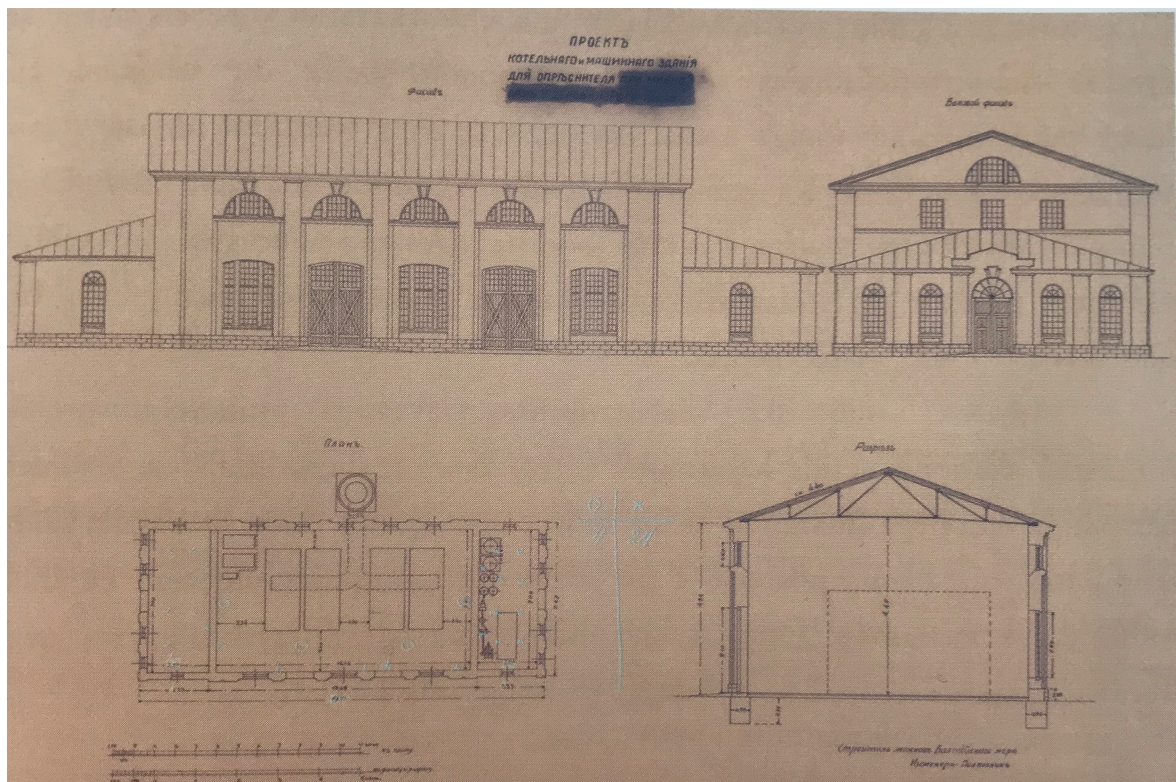
26. Ehitusjärgus Vene-Balti tehasehoone.

Vene-Balti tehase naabruses asuva, 1912–1914. aastal ehitatud Bekkeri laevatehase mehaanika- ja turbiinitsehhi katuste konstruktsioonid lahendati samuti terasfermidega. Hoone on tänaseni säilinud.<sup>91</sup> Terasfermid samuti olid kasutusel ka Rohuküla endises sõjasadamas (vt ill 27). 1916. aastal telliti Franz Krulli tehastest katla- ja masinamaja katusetarindid, pealse selle kasutati ferme veel sealse jõujaama hoones jm.<sup>92</sup>

<sup>91</sup> Üldt. V. Raam, Eesti arhitektuur 1..., lk 86.

<sup>92</sup> O. Orro, M. Eensalu, Rohuküla: Vene impeeriumi unustatud sõjasadam ja selle säilinud arhitektuuripärand. Eesti arhitektuurimuuseum 2013, lk 35–36.





27. Rohuküla miinisadama katla-ja masinamaja projekt, 1915.

Peale tootmishoonete on metalli kasutatud ka igasuguste muude kohtkindlate sisseseadete või mehhanismide puhul, näiteks ehitati paljude tootmishoonete sisse sildekraanad. Üks võimsamaid teraskonstruksioone oli kohtkindel raudbetoonalusel paiknev Bekkeri sadamakaraana, mida kutsuti Bekkeri koljatiks (vt ill 28). Rajatistest võiks välja tuua metallplaatidest ja terasprofiilidest kokku needitud Vene-Balti sadama ujuvdokki, mille projekteeris ja valmistas Inglismaa ettevõtte Clark & Standfield.<sup>93</sup>

<sup>93</sup> O. Orro, R. Treufeldt, M. Mändel, Kopli sonaat: Vene-Balti..., lk 107.





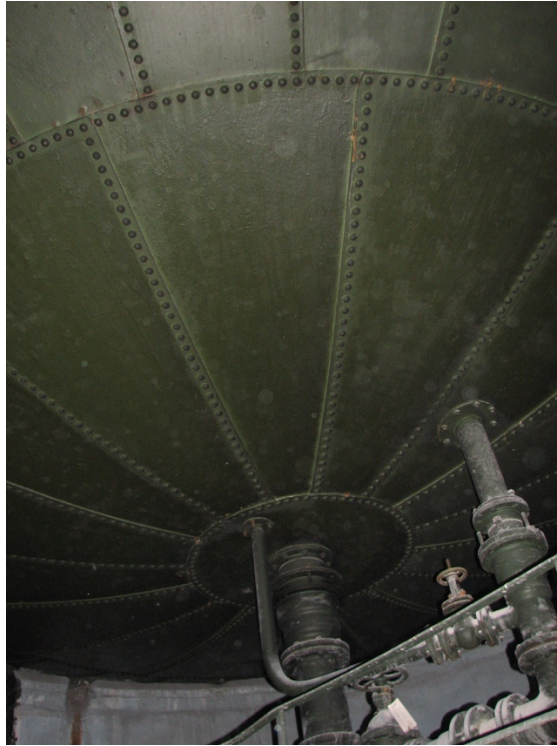
28. Bekkeri kraana.

Metalli rakendati ka mujalt, näiteks sõjasadama kütusemahutid, erinevad veetornide sisseseaded ja veepaagid: nagu 1882. aastal ehitatud Tõnismäe veetorni veepaak on metalltarinduses (vt ill 29).<sup>94</sup> Üle vana admiraliteedi basseini oli ehitatud terasest pöördsild, mis on tänaseks hävinud jne.<sup>95</sup>

---

<sup>94</sup> A. Pantelejev, Tallinn, Tõnismägi t 12 muinsuskaitse eritingimused veetorni remont-restaureerimiseks. Tallinn, 2009, <https://aktal.tallinnlv.ee/static/Eelnoud/Dokumendid/ddok11082.pdf> (vaadatud 18. V 2020).

<sup>95</sup> Robert Treufeldti e-kiri 19. IV 2020. Autori valduses.



29. Tõnismäe veetorni metallpaak..

Teraskonstruktsioone võib leida omaaegsetes militaarrajatistes, peamiselt Peeter Suure nimelise merekindluse kindlustusrajatiste võrgustiku ehitistes. Näiteks Peeter Suure merekindluse varjendites ehk blindaažides kasutati I- või T-talasad ning akna- ja uksepiidad olid rauast.<sup>96</sup> Paljud plaanitud varjendid ja tunnelid jäid ehitamata. Erakordne on ilmselt 1916. aastal ehitatud kaarjate I- või T- taladel laekonstruktsioon ohvitseride varjendi koridori laes (vt ill 30). Blindaaž asub Vääna-Viti mõisa keskuse lähedal ning on tänaseks vett täis valgunud.<sup>97</sup>

---

<sup>96</sup> H. Gustavson, *Merekindlused Eestis 1913–1940*. Tallinn: Olion, 1993, lk 70.

<sup>97</sup> Sealsamas, lk 52–53.



30. Staabiblinkaaž ohvitseride varjendi koridor.

Metalli on kasutatud ka paljude muude rajatiste ehitamisel näiteks Aegna ja Naissaare suurtükisüsteemid jne. Teras- või teraspuittarindid olid kasutusel ka Narva-Jõesuu, Kuressaare ja arvatavasti ka Pirita vesilennujaama angaaride tarindites. Angaaride kohta on vähe materjali säilinud.<sup>98</sup> Metallkonstruktsioonide kasutamine eriotstarbelistes militaar- ja sadamarajatistes ning mehhanismides on põnev teema, mis vääriks edaspidi uurimist. Antud töö raames sellega põhjalikumalt ei tegeleta.

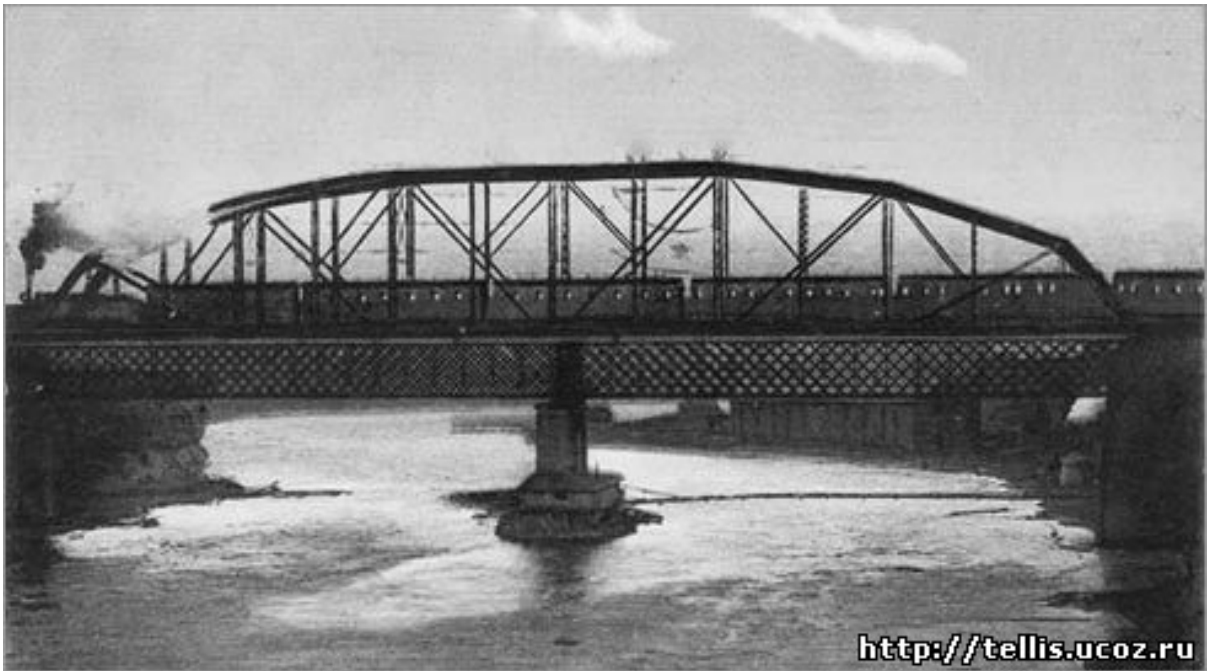
### 3.2.2. Sillaehitus

Metalli kasutati sillaehituses esimesena 1870. aastal rajatud Narva raudteesilla konstruktsioonides. Kahesildeline sild oli keedetud rauast paralleelvööde ja diagonaalvõrguga talasõrestikehitis (vt ill 32).<sup>99</sup> Võib arvata, et Matve mainitud keedetud raud on oma valmimisaega arvestades pudeldatud teras. 1902. aastal ehitati Narvas teine teraskaartega sild eelneva kõrvale (vt ill 31). Mõlemad sillad hävisid II maailmasõjas.<sup>100</sup>

<sup>98</sup> Robert Treufeldti e-kiri 19. IV 2020. Autori valduses.

<sup>99</sup> EAM, f 20 n 2 s 9: H. Matve, Ehitusajandust, ehitustarindust ja ehitusmaterjalide..., lk 33.

<sup>100</sup> Narva raudteesillad, [http://tellis.ucoz.ru/publ/narvskie\\_zheleznodorozhnye\\_mosty/3-1-0-190](http://tellis.ucoz.ru/publ/narvskie_zheleznodorozhnye_mosty/3-1-0-190) (vaadatud 05. V 2020).



31. Narva raudteesillad. Esiplaanil 1870. aastal ehitatud sild, tagaplaanil 1902. aastal ehitatud sild.



32. Narva raudteesild. Vaade vanema silla sisemusse.

Kõigile tuntud Viljandi linnusepargis asuv malmist portaalide ning sildetarindid profiilterasest neetliidetega rippisild ehitati 1879. aastal, kuid enne oli sild Taheva mõisas (vt



ill 33). Sild on tellitud ettevõttelt Falsner & Co ning kingiti Viljandi linnale 1931. aastal. Silla seadis uuesti üles Werner Eldringi metallitöofirma, kes valmistas ka metallist väravaid, aedu ja aknatrelle.<sup>101</sup>



33. Viljandi lossimäe rippisild, 1935.

1916–1917. aastal ehitatud Iru raudteesilla tarindis olid terasfermid. Silla metalloosi taaskasutati väidetavalt 1927. aastal Lelle- Papiniidu raudtee ehitamisel. Säilinud on paekivist sambad, mis on tänaseks päevaks kasutusel kergliiklustee tarbeks üle Pirita jõe.<sup>102</sup>

1917. aastal ehitatud Harku raudteesild üle Vääna jõe on ainus Peeter Suure Merekindluse kompleksist, mis on säilinud. Silla ehituses on kasutatud terasferme, kombinatsioonis puittaladega (vt ill 34).<sup>103</sup>

<sup>101</sup> Viljandi linnusepargi rippisild, 19 – 20. saj – Kultuurimälestiste riiklik register, <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=14710> (vaadatud 27. IV 2020).

<sup>102</sup> Peeter Suure Merekindluse raudtee Iru silla sambad, 1916-1917 – Kultuurimälestiste riiklik register, <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=8786> (vaadatud 29. IV 2020).

<sup>103</sup> Peeter Suure Merekindluse raudtee sild üle Vääna jõe, 1917. a – Kultuurimälestiste riiklik register, <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=8854> (vaadatud 29. IV 2020).



34. Vääna-Jõe raudteesild, Harku vallas, 2011.

Maantee-sildadest võiks esile tuua 1884. aastal üle Päärdu jõe ehitatud kolmesildelise Vati talasilla, kus rakendati terasferme. Fermid on pärit Saksamaalt. Hiljem ehitati Vati sild ümber ning fermid taaskasutati Vängla silla ehitusel, kus nad paiknesid 1970. aastateni. 1986. aastast olid need kasutuses Läti silla konstruktsioonides.<sup>104</sup> Fermid on tänaseks jõudnud Põlvamaa maanteemuuseumi.<sup>105</sup> Ka 1908–1909. aastal ehitatud Taheva neljasildeline sild oli needitud metalltaladega. Ehitajaks oli Ochrana & Co. Sild hävis II maailmasõjas.<sup>106</sup>

Sillaehituses tuleb veel mainida 1904–1906. aastal ehitatud Nurme, 1911. aastal ehitatud Iigaste ja 1911–1912. aastal valminud Kunda silda, millest esimesed kaks on tänaseks hävinud. Nurme silla konstruktsioonis kasutati terassõrestikferme, mis valmisid Riias R. Pohle tehases. Iigaste sild oli kahesildeline ning kasutatud oli nelja pikikandurit millele

<sup>104</sup> EAM, f 20 n 2 s 9: H. Matve, Ehitusajandust, ehitustarindust ja ehitusmaterjalide..., lk 33.

<sup>105</sup> J. Viska. Matkajate arvates on Läti sild Vigala kauneim. 2015, <https://kylauudis.ee/2015/01/03/matkajate-arvates-on-lati-sild-vigala-kauneim/> (vaadatud 18. V 2020).

<sup>106</sup> EAM, f 20 n 2 s 9: H. Matve, Ehitusajandust, ehitustarindust ja ehitusmaterjalide..., lk 34.



needitud I-talad, seinad needitud teraslehtedest. Kunda ühesildelise silla puhul on sõidutee osa betoonitud ning kasutatud metallisõrestikkandureid.<sup>107</sup>

### 3.2.3. Tuletornid

Eestis ehitati tuletorne peamiselt puidust, hiljem kivist või neid kahte materjali kombineerides. Krimmi sõjas kannatada saanud Keri tuletornile telliti 1857. aastal katlaplekiga kaetud terasest torn (vt ill 35).<sup>108</sup> Ajastut arvesse võttes võib oletada, et tegemist on pudeldatud terasega.

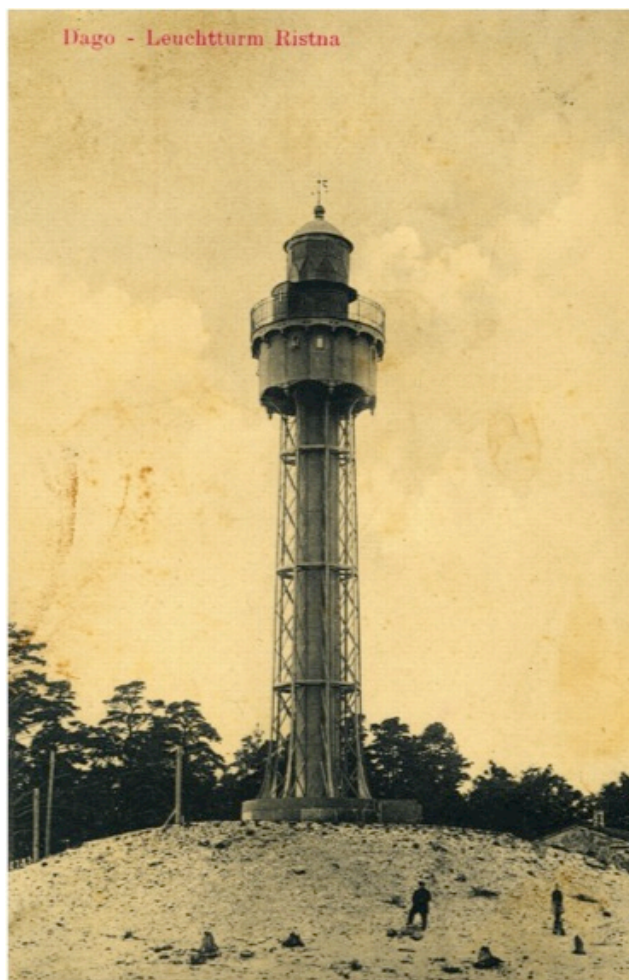


35. Keri tuletorn, 1930.

<sup>107</sup> H. Matve, Eesti sillaehitused: Teaduslik uurimistöö faktimaterjal. Tallinna Tehnikaülikooli kirjastus, 2004, lk111–112.

<sup>108</sup> J. Vali, Eesti tuletornide ajalugu, lk 31.

Keri tuletorni ehitamisega algas metalltuletornide ehitamine Venemaal.<sup>109</sup> 1874. aastal ehitati profiilrauast ja katlaplekist tuletorn Kõpu poolsaarele Ristna neemele (vt ill 36). Monteerimisel kasutati neetühendusi, mis ühendati keerdrepiga. Tuletorni toetasid sõrestik-kontraforsid. Tuletorn sai I maailmasõjas kahjustada ja on ümberehitatud.



36. Ristna tuletorn, 1910.

1877. aastal ehitati Ruhnu poolsaarele varasema puidust tuletorni asemele katlaplekist tuletorn, mille metallsilindrit sisemise keerdrepiga toetasid metalltorudest kontraforsid, mille detailid telliti Prantsusmaalt (vt ill 37). Sarnase tarindiga ehitati 1881. aastal Viirelaiule lihtsam tuletorn.

---

<sup>109</sup> J. Vali, Eesti tuletornide ajalugu, lk 31.





*37. Ruhnu tuletorn, 1901.*

19. sajandil oli levinud metallist keerdreppide rajamine torni sisemusse, sarnased olid eelnevalt mainitud Vaindloo, Vormsi, Raugi ja Roomassaare tuletornis. Madalamate tulepaakide puhul kasutati metallredeleid. Metallist monteeritavad tuletornid kiirendasid ehituse käiku, kuid operatiivsuse ja materjali kättesaadavuse tõttu ei kadunud paralleelselt puidust ja kivist tornide ja tulepaakide ehitamine.

20. sajandi algusest tulevad terassõrestik konstruktsioonid tulemärkide ehitusse. Sellised on 1904. aastal valmis Roomassaare ja 1906. aastal ehitatud Raugi sihttuletornid, mille sõrestikkonstruktsiooni katab puit (vt ill 38).



*38. Raugi tuletorn, 1906.*

1909. aastal ehitati terassõrestikkonstruktsiooniga Hara tuletorn (vt ill 39). Teras oli ehituskulude mõttes odav, kuid nõudis pidevat korrosioonivastast hooldust.<sup>110</sup>

---

<sup>110</sup> J. Vali, Eesti tuletornide ajalugu, lk 40.



39. Hara tuletorn, 1909.

Mainida tuleks veel 1910. aastal ehitatud terasprofiilist kokku needitud Sõõru tulevalvetorn Jõgevamaal, mis on üks vanemaid säilinud metallist vaatlustorne Eestis (vt ill 40).<sup>111</sup>



40. Sõõru tulevalvetorn, 2009.

Metallkonstruktsioonidega meremärke ja eriotstarbelisi tornrajatise võib olla veel, kuid selle käesolev töö neid rohkem ei käsitle.

---

<sup>111</sup> T. Padu, 20. sajandi ehituspärand: Jõgevamaa. Haapsalu 2009 – Kultuurimälestiste riiklik register, [https://register.muinas.ee/ftp/XX\\_saj.\\_arhitektuur/maakondlikud%20ylevaated/jogevamaa/Jogevamaa.pdf](https://register.muinas.ee/ftp/XX_saj._arhitektuur/maakondlikud%20ylevaated/jogevamaa/Jogevamaa.pdf), lk 56 (vaadatud 16 IV 2020).

### 3.2.4. Teraskonstruksioonid elamutes ja ühiskondlikes hoonetes

Terase levinuim kasutusviis elamute ja ühiskondlike hoonete tarindamisel oli terastaladele toetuvad vahelaed, mis hakkasid laiemalt levima 19. sajandi viimasetel kümnenditel. Ehitati nii I- taladel tellisvõlve, betoon- kui ka puittäitega lagesid. Kuna terastaladel keldri vahelagesid ehitati ka pärast II maailmasõda on vahel raske kindlaks teha, mis ajastust on tarindid pärit.<sup>112</sup> Üheks esimesed ühiskondlikuks hooneks, kus olid terastaladel vahelaed võib pidada 1883. aastal valminud Peetri Reaalkooli (tänapäev Tallinna Reaalkool), mille vahelaed toetuvad terastaladele.<sup>113</sup> I-taladel tellisvõlve umbes 1887. aastast on ka näiteks Patarei vanglahoones.<sup>114</sup> Üks varasemaid teadaolevaid terastalade kasutamise näiteid elamutes on 1885. aastal ehitatud J. Poska tänav 41 asuv elamu, mille keldri tellisvõlvi ja kangialuse konstruktsioonid on I-taladel (vt ill 41).<sup>115</sup>



41. Jaan Poska tänav 41 elamu kangialune, 2020.

<sup>112</sup> M. Idnurm, Õppeaine „Ehitiste restaureerimine“ kood NTM0470 – TTÜ Tartu Kolledž, 2015, <http://www.ekspro.ee/uploads/zy1uyfer3ux0ad4.pdf>, lk 35–37 (vaadatud 16. IV 2020).

<sup>113</sup> EAM, f 20 n 2 s 9: H. Matve, Ehitusajandust, ehitustarindust ja ehitusmaterjalide..., lk 31.

<sup>114</sup> Suuline vestlus restaureerimisnõuniku Artur Ümariga 2. VI 2020. Märkmed autori valduses.

<sup>115</sup> TLPA MOA, n 9 s 9422: A. Pantelejev, Tallinn, J. Poska tn 41 hoone remont-restaureerimise muinsuskaitse eritingimused. Tallinn, 2015, lk 7.



Sajandivahetuseks olid terastaladel keldrivahelaed saanud tavapäraseks ehituspraktikaks, mida võib leida paljudest sel ajal rajatud elamutest, näiteks Tallinnas Tööstuse tänav 6, 8, 10 hoonetel <sup>116</sup> või näiteks 1905. aastaks valminud Jakobi 34 elamus (vt ill 42).<sup>117</sup>



42. Jakobi 34 elamu kelder, Tartu.

I-talasad ei kasutatud ainult keldri vahelagedes, need sobisid hästi ka rõdukonstruktsioonidesse. Esinduslikuks näiteks võib pidada 1868. aastal ehitatud kunagise Ungern-Sternbergi aadlipalee, Tallinnas Kohtu 6 asuva hoone rõdu, mille metalltarindus on tänini uhkelt eksponeeritud (vt ill 43).<sup>118</sup> Ehitusaega arvestades võib siingi olla tegemist pudeldatud terasega.

---

<sup>116</sup> Suuline vestlus arh. ajaloolase Oliver Orroga 7. IV 2020. Märkmed autori valduses.

<sup>117</sup> A. Metsmägi, Jakobi 34 hoone esimese korruse ja keldri restaureerimise ja ümberehitamise muinsuskaitse eritingimused. Tartu, 2020, lk 3. E-dokument saadud muinsuskaitse peaspetsialistilt Egle Tammelt.

<sup>118</sup> TLPA MOA, n 9 s 6772: K.Holland, E. Sova, Tallinn, Kohtu tänav 6, muinsuskaitse eritingimused. Tallinn, 2010, lk 23.

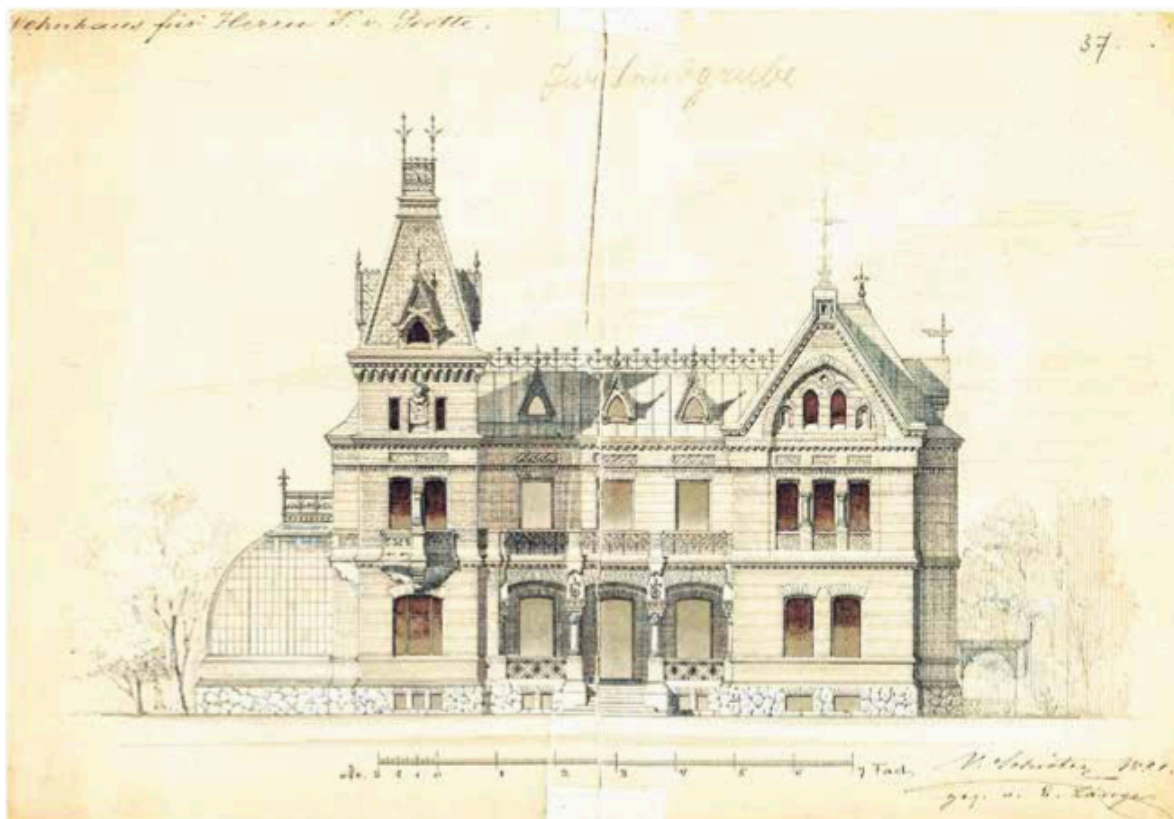


43. Unger-Sternbergide loss, praegune Teaduste akadeemia hoone rõdu.

Hoonetüübiks, kus kindlasti teraskonstruksioone kasutati, olid nii mõisate kui esinduslikumate villade juurde kuuluvad triiphoned. Heaks näiteks on 1888. aastal valminud villa Tartus aadressiga Veski 6. Hoonele oli kavandatud teraskonstruksioonidega talvaed (vt ill 44), mis ilmselt ehitati valmis, kuid ei ole säilinud.<sup>119</sup>

---

<sup>119</sup> L. Välja, Veski 6 kui Kassitoome Tuhkatriinu – Muinsuskaitse aastaraamat 2018. Muinsuskaitseamet, Tallinna Linnaplaneerimise Amet, Eesti Kunstiakadeemia, lk 12.



44. Veski 6 aiapoolne fassaad.

Erandlikuks näiteks on ilmselt sajandivahetusel ehitatud Tartu Raadi Uspenski kalmistu kabel, mille katusekonstruktsioonid ja roovid on profiilterasest (vt ill 45).<sup>120</sup>



45. Raadi Uspenski kalmistu kabeli tipuosa sisemus, 2016.

<sup>120</sup> J.Kilumets, Raadi Uspenski kalmistu „idamaise“ kabeli katuse restaureerimine: Muinsuskaitse eritingimused, põhiprojekt. Tallinn, 2016, lk 4. E-dokument saadud muinsuskaitse peaspetsialistilt Egle Tammelt



## 4. Metallkonstruktsioonide kahjustused ja restaureerimine

### 4.1. Metallkonstruktsioonide peamised kahjustused

Metallkonstruktsioonid vananevad 15–70 aasta jooksul. Peamisteks kahjustusteks loetakse korrosiooni. Korrosiooniks kutsutakse metalli hävimist füüsikalise-keemilise reaktsiooni tõttu keskkonnas.<sup>121</sup> Kõige tavalisem on elektrokeemiline korrosioon ehk metalli ja elektrolüütide kokkupuude metalli pinnal, mille põhjuseks võivad olla merevesi, hapete, aluste või sooladega kokkupuude, niiskus, väline elektrivool või erinevate metallide omavaheline kokkupuude ehk galvaaniline korrosioon. Metall korrodeerub umbes 0,05–1,6 mm aastas ning korrosioon jaguneb ühtlaseks ja lokaalseks korrosiooniks.<sup>122</sup> Ühtlane korrosioon on kõige tüüpilisem, lokaalse korrosiooni puhul korrodeerub probleemne koht ebakorrapäraselt.<sup>123</sup> Probleemiga mitte tegelemine ja ebasoodsate tingimuste säilimine võib juba mõne aastaga materjali täielikult purustada. Rooste võib lahti rebida needid või poldid, mis on konstruktsioonide puhul eriti ohtlik.<sup>124</sup> Korrosiooniga mitte tegelemise tagajärjel võib kaduda tarinditelt sisse pressitud info, mis on tootja määramisel oluline.<sup>125</sup>

Erinevate metallide puhul on täheldatud, et mida tugevam on metall konstruktsioonis seda korrosioonikartlikum see on. See tähendab, et näiteks malm on vähem korrosioonikartlik kui teras, kuid aja jooksul korrodeeruvad kõik kolm materjali, kui neid korralikult ei hooldata.<sup>126</sup> Pudeldatud teras on malmiga võrreldes korrosioonile vastuvõtlikum, kuid terasest korrosioonikindlam.<sup>127</sup>

---

<sup>121</sup> K. Õiger, Ehitiste renoveerimine. Tallinna Tehnikaülikooli kirjastus, 2015, lk 42–44.

<sup>122</sup> KSealsamas, lk 42–44.

<sup>123</sup> L.H. Son, G. C. S. Yuen, Building Maintenance Technology. London: The Macmillan Press, 1993, lk 229–230.

<sup>124</sup> K. Õiger, Ehitiste renoveerimine, lk 42–44.

<sup>125</sup> Iron Conservation – Historic St. Mary's City,

<https://hsmcdigshistory.org/research/archaeology/conservation/iron-conservation/> (vaadatud 17. V 2020).

<sup>126</sup> P. Roca, P. B. Lourenco, A. Gaetani, Historic construction and conservation: materjals, systems and damage. New York: Routledge, 2019, lk 120.

<sup>127</sup> M. Forsyth, Materjals & skills for historic building conservation. United Kingdom: Wiley-blackwell, 2008, lk 131–136.



## 4.2. Materjali eristamine konserveerimisel

Ajalooliste metallitarindite konserveerimisel tuleks teada, millise materjaliga täpselt tegu on. Osaliselt on võimalik seda teha visuaalsel teel, mõnel juhul on vaja täpsustavaid laboratoorseid uuringuid. Vaadeldes materjale, on malmi valandid raskemad ja jämedamad, kui pudeldatud terase või terase omad. Profiilid, mis on ornamentidega ja mille osiste pikkused on erinevad, on tehtud tavaliselt malmist, sest see viitab valamisele. Malmtalade puhul tuleb otsida valatava vormi jälgi. Malmi kasutati tavapäraselt sammastes, I-talades ainult juhul kui alt tulev surve oli tarindis suurem kui ülevalt. I-malmtalaid ei kasutatud ajalooliselt kaua, kuna mõisteti, et (pudeldatud) teras sobib antud tarindisse paremini. Välimuse järgi on malmil kare, poorne pind, kus võib olla jälgi puhumisavadest. Pudeldatud terasel on tavaliselt haamriga taotud või lõigatud pind, kuid võib olla väga sarnane terase siledale pinnale, millel on karedad servad.<sup>128</sup>

Materjali saab veel kindlaks teha nn sädemetesti abil, mida on kasutatud Inglismaal. Test seisneb ketaslõikuriga materjali lõigates sädemete jälgimisel. Malmi lõigates on sädemed väga lühikesed, pigem lõiketera juures. Pudeldatud terase korral on tegu pikkade sirgete sädemejuga, mille lõpus on puulehtede sarnased sädemed. Terasel lõikamisel on sädemed erkvalged, sarnase pikkusega pudeldatud terase omadele, kuid kahvlitaoliste hargnenud otstega.<sup>129</sup>

---

<sup>128</sup> M. Forsyth, *Materjals & skills for historic...*, lk 131–136.

<sup>129</sup> B. Martin, C. Wood, *Practical building conservation: Metals /English heritage*. Burlington: Ashgate, 2012, lk 155.



46. Sädemettest: 1)Pudeldatud teras 2)Teras 3)Teras, mille süsinikusisaldus on alla 1% 4)Kiirlõiketeras 5)Malm.

### 4.3. Korrosiooni tõkestamine

Metallkonstruktsioonide korrosioonikahjustusi saab vältida muutes keskkonda: eemaldades liigniiskuse, piirata hapniku ligipääsu, töödeldes metallipindu (terase puhul tsinkimine), kattes metalli pinnad mittemetalliga jne.<sup>130</sup> Alates 1930ndatest on kasutatud ka katoodekaitset, mida kasutati peamiselt vee- või maa-aluste rajatiste kaitseks.<sup>131</sup> Ajaloolisi metalltarindeid on kaitstud põhiliselt korrosioonivastast värviga.<sup>132</sup> Pinnakatted toimivad ainult siis kui metalli pind on roostest täielikult puhastatud.<sup>133</sup> Neet- ja poltühendused tuleb korralikult kinnitada, et materjali vahele ei saaks koguneda vett. Torud või torukujulised

<sup>130</sup> K. Õiger, Ehitiste renoveerimine, lk 153–155.

<sup>131</sup> Katoodekaitse? – Promarine trade, [https://promarinetrade.fi/abiks\\_paadiomanikule/katoodekaitse-19.html](https://promarinetrade.fi/abiks_paadiomanikule/katoodekaitse-19.html) (vaadatud 21. V 2020).

<sup>132</sup> K. Blackney. Painting Historic Ironwork, <https://www.buildingconservation.com/articles/paintingiron/paintingiron.htm> (vaadatud 19. V 2020).

<sup>133</sup> K. Õiger, Ehitiste renoveerimine, lk 153–155.

sambad tuleks õhutihedalt sulgeda ning vältida erinevate metallide kokkupuudet.<sup>134</sup> Konstruksioone tuleks perioodiliselt kriitilise pilguga vaadelda ja korrapäraselt hooldada.<sup>135</sup> See on eriti oluline kandvate tarindite puhul. Kandevõimet tuleb pidevalt hinnata ning vajadusel toetada.<sup>136</sup>

#### 4.4. Ajalooliste metallkonstruktsioonide puhastamine

Ajaloolist metallmaterjali konserveerides tuleks eelnevalt pind roostest puhastada. Kindlasti ei tohiks puhastamine materjali rohkem kahjustada. Sobiva puhastusmeetodi valimisel tuleks teada, millise materjaliga on tegemist, sest kõigil kolmel materjalil on oma erisused.<sup>137</sup> Malm on suhteliselt korrosioonikindel tänu sellele, et valamisel tekib ta peale kiiresti jahtuv kaitsekiht. Seetõttu ei tohi erinevalt terastarinditest malmtarindeid liivapritsiiga puhastada. See kahjustab malmi pinda ning eemaldab materjali kaitsva kihi.<sup>138</sup> Suruõhu nõelhaamriga ei tohiks korrosiooni eemaldada näiteks malmilt ja pudeldatud teraselt, kuid terase puhul on meetod efektiivne. Samuti saab roostet eemaldada pudeldatud teraselt materjali kuumutades, kuid malmi puhul on kuumutamine ohtlik ning terasele meetod küll mõjub, kuid väga aeglaselt. Kõigi kolme materjali puhastamiseks ei ole soovitatav kasutada mehaanilist abrasiivse harjaga lihvimismasinat ning samuti terasest traatharja, mis võib pinda rohkem kahjustada. Kõikide metallmaterjalide puhul soovitatakse kasutada tavalist pöörlevat pesuharja (*power brush*), mis annab hoolika kasutamise korral hea tulemuse.<sup>139</sup>

Ajaloolise metallkonstruktsioonide puhastamisel tasuks tähelepanu pöörata ka pinda katvatele värvikihtidele. Ajaloolised metalltarindid on harilikult kaetud ühe või mitme kihi korrosioonivastase värvikihiga. Enne puhastamist tuleks värvikihte uurida ja dokumenteerida. Inglismaal on kasutatud ajalooliselt pliimennikuga õlivärve, mida tänapäeval plii mürgisuse tõttu enam kasutada ei saa. Levisid ka bituumenibaasil värvid. Veekindluse tõttu on bituumentvärve kasutatud palju ajaloolistes konstruktsioonides mis peavad taluma raskeid ilmastikuolusid. Küll aga oli värvi raske värskendada, kuna kiht jäi väga massiivne. Veel ühte juba 19. sajandil kasutusel olnud värvi kutsuti MIO (*micaceous iron oxide* - vilguküllane raudoksiid) baasil värviks. Seda on kasutatud näiteks Eiffeli torni

---

<sup>134</sup> L.H. Son, G. C. S. Yuen, Building Maintenance Technology, lk 230–231.

<sup>135</sup> K. Öiger, Ehitiste renoveerimine, lk 153–155.

<sup>136</sup> B. Martin, C. Wood, Practical building conservation..., 2012, lk 176.

<sup>137</sup> Sealsamas, lk 196.

<sup>138</sup> M. Forsyth, Materjals & skills for historic..., lk 131–136.

<sup>139</sup> B. Martin, C. Wood, Practical building conservation..., lk 196.

värvimiseks. MIO baasil värvid on kasutusel tänapäevani.<sup>140</sup> Eestis pole metallkonstruktsioonide katmisel kasutatavaid värve uuritud ning nende kohta pole palju teada. Värv on osa ajaloost ning võimalusel tuleks kindlasti säilitada ning väärib edasist uurimist.

Ajaloolise metalli parandamisel tuleks arvestada, et konserveerimistöde käigus säiliks võimalikult palju algmaterjali. Kui metallmaterjal on endiselt oma originaalasukohas ning täidab algset rolli tuleks sekkumine eriti hoolikalt läbi mõelda, et säiliks autentsus, materjali tähtsus, ajaloolised kihistused jms. Metallkonstruktsioone saab parandada näiteks konstruktsioonilt üleliigse pinge eemaldamisega, lisatoestusi kasutades või vajalikke kohtparandusi tehes.<sup>141</sup> Kahjustuste parandamismeetodi valikul tuleks teada, et metallide kahjustuste parandamise kasutatakse kül- või kuumparandust. Külmparandused on tavaliselt kasutusel objektide puhul, mida ei saa liigutada. Külmparandusteks loetakse poltimist, neetimist ja muid mitte kuumust vajaminevaid parandusi. Külmparandus on eriti hea valik malmmaterjali korral, kuna see ei tekita materjalile mehaanilist või termilist šokki, kuid võib kasutada ka teiste materjalide puhul. Kuumparandusteks loetakse keevitamist näiteks elektrikeevitus ja igasugust muud metalli liitmist või parandamist metalli sulatamise käigus. Kuumparanduste suurimaks miinuseks on tuleohtlikkus.<sup>142</sup>

---

<sup>140</sup> B. Martin, C. Wood, Practical building conservation..., lk 118.

<sup>141</sup> Sealsamas, lk 209.

<sup>142</sup> Sealsamas, lk 210-216.



## 5. Metallkonstruktsioonide restaureerimine Eestis

### 5.1. Senine restaureerimispraktika

Enne I maailmasõda ehitatud metallkonstruktsioonidest on palju tänaseks päevaks hävinud ning alles olevate metallkonstruktsioonide seisukord on täpselt dokumenteerimata. Enamik ehitisi on küll kultuurimälestisena riikliku kaitse all, kuid tähelepanu pole pööratud niivõrd metalli seisukorrale ja tarinditele, kui hoopis hoone kultuuriajaloolisele väärtusele. Põhirõhk materjali käsitlemisel Eestis on olnud malmil ja terasel. Pudeldatud terast on Eesti kontekstis väga vähe mainitud. Kas ei osatud sel ajal sellele tähelepanu pöörata või arvati, et tegemist ongi kaasaegse terasega, jääb lahtiseks.

Konserveerimisaruanded töös mainitud olulisemate metallkonstruktsioonide kohta praktiliselt puuduvad. Mitme hoone eritingimustes on kirjeldatud metalli conserveerimise tingimusi ja seisukorda, kuid raske on tuvastada, kas töid on realselt tehtud. On eritingimusi, kus metall on teisejärguline kuid siiski mainitud. Näitena võib tuua Eesti metallkonstruktsioonide ajaloos märgilise tähtsusega Keri tuletorni, mille vundament hakkas laiali vajuma ning sai 1937. aastal paekivist vundamendile raudbetoonist rõngad, kuid 1990. aastal koostatud tehniline ülevaatus ei käsitle üldse metalloosa seisukorda, keskendudes pigem avariilisele vundamendile.<sup>143</sup> 1996. aastal koostatud remondiprojekti ekspertiis toob välja juba paigaldatud 4 terasvööd vundamendi laialivajumise vastu ning märgib, et algselt oli kavandatud 7 vööd. Samuti käsitleb ekspertiis vundamendi vööde katmist korrosioonikindla värviga ning rõhutab korrosioonitõrje tähtsust.<sup>144</sup> Ülemise osa seisukorrale on tähelepanu pööratud 1996. aastal kirjutatud tehnilises tööprojekti, kus on ettenähtud teraskonstruktsioonide puhastamine ja korrosioonivastase värviga katmine nii seest kui ka väljast ja avade ning rõdupiirete asendamine uutega.<sup>145</sup> 2008. aastal koostatud muinsuskaitse eritingimused kirjeldavad metallist torniosa ja hindavad selle seisukorra rahuldavaks. Väidetavalt on torni laternaruumi korduvalt värvitud.<sup>146</sup> MTÜ Keri Selts juhi

---

<sup>143</sup> ERA, f T-76 n 1 s 12943: J. Kaljundi, Keri tuletorni ajalooline õiend ja tehniline ülevaatus: köide I. Tallinn, 1990.

<sup>144</sup> ERA, f 5025 n 2 s 008: A. Teigar, V. Maljugin, Keri tuletorni remontprojekti ekspertiis. Tallinn, 1996.

<sup>145</sup> ERA, f 5025 n 2 s 637: L. Tozik, I. Martšenko. Meremärk nr. 115, Keri tuletorn: tuletorni kapitaalremont, tehniline tööprojekt. Tallinn, 1996.

<sup>146</sup> ERA, f 5025 n 2 s 9130: H. Uuetalu, Keri tuletorni muinsuskaitse eritingimused. Tallinn, 2008.

sõnul pole ülemise osaga eriti tegeletud, välja arvatud rõdupiirete asendamine. Restaureerimise põhirõhk on läinud alumise osa avariikahjustustele.<sup>147</sup>

Kuna malm, pudeldatud teras ja teras on omadustelt erinevad materjalid, tuleks konserveerimisel rohkem rõhku panna materjali tuvastamisele. Praegu puuduvad kindlad teadmised, millal täpselt kaasaegne teras Eestisse jõudis ja kui kaua ning laialt oli pudeldatud teras Eestis kasutusel. Kindlasti rikastaks teadmine Eesti ehitusajalugu. Eriti oluline on see varajastes konstruktsioonides, kus võib kasutusel olla mitu erinevat materjali korraga. Kahtlemata oleks vaja tähelepanu pöörata materjali korralikule dokumenteerimisele, mis aitaks järgnevatel põlvtedel varajasi metallkonstruktsioone paremini hooldada ja säilitada.

## **5.2. Ajaloolise metallmaterjali väärtustamine Eestis**

Hoone väärtusele annab olulise osa ehitusmaterjalide väärtustamine, mis muudab hoone ehitusajaloo mitmekihilisemaks ja põnevamaks.<sup>148</sup> Ajaloolise metallmaterjali puhul tuleks kindlasti ainulaadsust silmas pidada. Eesti tarindites on metalli üldse vähe kasutatud, kuna tegemist on materjaliga, mida tuli importida. Sestap on materjali vähe kasutatud ja veel vähem säilinud. Mitmed enne I maailmasõda ehitatud hooned on tänaseks hävinud või täielikult ümberehitatud. Tuleb tõdeda, et Eestis on metallmaterjali kasutus laialt levinud vahelaetaladena hoonetes, kõik ülejäänud enne I maailmasõda säilinud tarindid on väga väärtuslikud. Kindlasti mängib siin rolli materjali vanus ning kasutamise rariiteet. Näiteks on Kreenholmi malmpostidel I-malmtalad väga haruldane leid Eesti kontekstis ning tuleks teha võimalikult palju, et tarind säiliks. Kuna pudeldatud terast saab tänapäeval ainult taaskasutatud kujul, sest seda enam ei toodeta, mispärast on materjali restaureerimine ja säilitamine märgilise tähtsusega. Kolmest materjalist kõige tavalisem on teras, põhjusel, et materjali kasutatakse laialdaselt tänini. Küll aga kombinatsioonis ajalooliselt tähtsate tööstushoonetega võib terastarindeid pidada ka väga väärtuslikeks. Kui tänastes tööstushoonetes on teras üldjuhul keevitatud või poltliidetega, siis ajalooliselt üldiselt needitud, mis tõstab ajaloolise terase väärtust. Kokkuvõtvalt võib pidada kõiki enne I maailmasõda valminud metalltarindeid säilitamist ja kaitsmist väärivaks.

---

<sup>147</sup> Suuline vestlus MTÜ Keri seltsi eestvedaja Peep Radaga 14. V 2020. Märkmed autori valduses.

<sup>148</sup> M. Mändel, Tehiskivimaterjalid Eesti 20. sajandi arhitektuuris: kasutuslugu ja väärtustamine. Eesti Kunstiakadeemia, 2019, lk 30.

## Kokkuvõte

Töö käsitleb varajaste metallkonstruktsioonide arengut Eestis ning nende konserveerimisküsimusi. Vaadeldakse materjalide omadusi, arusaama terminoloogiast, erinevaid tootmistehnoloogiaid ja töötlemisviise ning kasutusajalugu. Töö autor on teinud ülevaatliku ajajoone, mis aitab paralleelselt jälgida ehitiste ja tehnoloogia arengut Eestis ja maailmas.

Eestisse on metallmaterjalid jõudnud muust maailmast hiljem, kus malm võeti ehituslikes tarindites kasutusele 1860ndatel ning teras 1870ndatel. Esmalt kasutati malmi eriotstarbelistes manustes ning seejärel juba konstruktsioonides. Eestis tuleb malm 1860ndatel ehituskonstruktsioonidesse vahelagesid kandvate malmpostide näol ja seejärel juba hoonete täiskarkassina. Pudeldatud terast on Eestis ajalooliselt vähe mainitud. Oletatavalt on pudeldatud terast Eestis kasutatud 1850ndatest aastatest ning usutavasti 1870ndatel vahetas ta välja kaasaegne teras. Kõik materjalid: malm, pudeldatud teras ja teras on olnud arvatavasti kasutusel ka paralleelselt, mis tähendab, et terase kasutuselevõtt tööstusehitistes ei ole täielikult ära kaotanud pudeldatud terase ja malmi kasutamise konstruktsioonidest. Täpsema materjali ajaloo huvides oleks vajalik laboratoorsete uuringutega kontrollida materjalide koostist, et teha kindlaks, kui laialdaselt ja mis ajani pudeldatud terast Eestis kasutati. Käesolevas bakalaureusetöös esitatud andmed ei ole kindlasti lõplik või täielik ülevaade Eestis kasutusel olnud ajaloolistest metalltarinditest, vaid pigem on töö alus, millele tuginedes võiks täpsemate uuringutega edasi liikuda.

Teema uurimise tegi keeruliseks sellealase materjali vähene kajastamine Eestis, ebakõla terminoloogia kasutamisel erinevates kirjalikes allikates ja asjaolu, et Eestis puuduvad ajalooliste metallkonstruktsioonide käsitlemise ning väärtustamise põhimõtted. Peale selle oli keeruline kirjeldusete järgi täpset materjali tuvastada.

Kuna malm, pudeldatud teras ja teras on omadustelt erinevad materjalid tuleks konserveerimisel rohkem rõhku panna materjali tuvastamisele ning sellest lähtuvalt valida konserveerimismeetod. Eriti oluline on see varajastes konstruktsioonides, kus võib kasutusel olla mitu erinevat materjali korraga. Kahtlemata oleks vaja tähelepanu pöörata materjali korralikule dokumenteerimisele, mis aitaks järgnevatel põlvtedel varajasi metallkonstruktsioone paremini hooldada ja säilitada.

## **Summary: Early metal structures in Estonian architecture. History and conservation**

The purpose of this thesis is to map the history of metal structures in Estonian architecture up to the First World War. The topic is relevant because hitherto there is no overview of the history of metal structures in Estonia. This study will focus on early times when metal was starting to be used in Estonian construction and will examine three different metals: cast iron, wrought iron and mild steel.

Terminological inconsistency presented difficulties researching this topic. In researching this topic, terminology presented certain difficulties, as in several sources the general word “metal” was used to name the materials used in the structures, but the type of metal used remained unspecified. Furthermore, there is a lack of thematic literature available on this topic.

The thesis consists of five central chapters: introduction to the materials, world history, development of metal structures in Estonia, main damages and problems, and restoration in Estonia. Metal structures were introduced into Estonian construction around the 1860s when cast iron columns started to be used to support roofs and partition ceilings in industrial buildings. Main types of cast iron structure used in constructions were cast iron columns combined with I-beams and cast iron framed buildings. As cast iron is not working well in structures that are under tension, the I-beams were replaced with wrought iron and later with steel. Steel came into use in Estonian construction in the 1870s in steel frames, mainly in building of big factories and industrial complexes, but also for other constructions. In addition to industrial buildings, the thesis will also examine bridges, lighthouses and special purpose constructions.

Many buildings where early metal is extant are protected as cultural heritage but not to protect metal structures specifically as the emphasis is to preserve the cultural and historical value of the buildings and there are no uniform preservation principles for historical metal structures in Estonia. As cast iron, wrought iron and steel are metals with different features, the preservation process should emphasize identifying the material and then proceed to choose appropriate preserving methods, especially in early metal constructions where different materials have been used. Special attention should be paid on documenting these materials to help the next generation to preserve and maintain metal structures better.



## Illustratsioonide nimekiri

Esikaas: Albert Renger-Patzsch. näitusefoto 1928,

<https://artblart.com/2018/01/10/exhibition-albert-renger-patzsch-things-at-jeu-de-paume-paris/> (vaadatud 21. V 2020).

1. Erinevad sordirauad. Arvo Veski. Individuaalelamute ehitus. Tallinn: Valgus 1969, lk 70.
2. Tabel: ülevaade materjalide põhilistest andmetest. Marta Tammiste (koostatud 08. XII 2019).
3. Coalbrookdale'i sild. Herred Elisabeth Taubenheim. 2008, <https://structurae.net/en/structures/iron-bridge> (vaadatud 24. XII 2019).
4. Jacob Creek'i sild. 1810 – Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/Jacob%27s\\_Creek\\_Bridge\\_\(Pennsylvania\)#/media/File:View\\_of\\_the\\_Chain\\_Bridge\\_The\\_Port\\_Folio\\_June\\_1810.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Jacob%27s_Creek_Bridge_(Pennsylvania)#/media/File:View_of_the_Chain_Bridge_The_Port_Folio_June_1810.jpg) (vaadatud 24.XII 2019).
5. Clifton Suspension Bridge. 2018, <https://www.flickr.com/photos/93936890@N02/27757271948> (vaadatud 03.XII 2019).
6. Britannia Bridge. Jonathan Wilkins. 2008, <https://structurae.net/en/photos/233469-britannia-bridge> (vaadatud 02.I 2020).
7. St. Genevieve'i raamatukogu, [https://et.m.wikipedia.org/wiki/Fail:Salle\\_de\\_lecture\\_Bibliotheque\\_Sainte-Genevieve\\_n03.jpg](https://et.m.wikipedia.org/wiki/Fail:Salle_de_lecture_Bibliotheque_Sainte-Genevieve_n03.jpg) (vaadatud 24.XII 2019).
8. Halle aux bles. Jacques Mossot. 2007, <https://structurae.net/en/photos/92340-alencon-halle-aux-bles> (vaadatud 24. XII 2019).
9. Rand-MacNelli kontorihoone, <https://chicagology.com/goldenage/goldenage006/> (vaadatud 24.XII 2019).
10. Keila-Joa lossi varikatused. ERA f T-761 s 14750: Keila-Joa lossi inventariseerimine, 1979–1983.
11. Kihnu tuletorn. Eesti Meremuuseum f 5162, <https://ajapaik.ee/photo/60223/kihnu-tuletorn/> (vaadatud 8. V 2020).

12. Kreenholmi vanema osa sisevaade. 2016,  
<https://allforcoffee.eu/2016/08/kreenholmi-ekskursioon-ja-ida-virumaa/> (vaadatud 19. V 2020).
13. Kunda tünnivabriku hoone sisevaade 20. sajandi alguses. Jaan Vali fotokogu.  
Kultuurimälestiste riiklik register,  
<https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=imagegallery&iid=28732> (vaadatud 19. IV 2020).
14. Sindi kalevivabriku sisevaade. Nele Rent 09. VIII 2010. Kultuurimälestiste riiklik register,  
<https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=imagegallery&iid=16785> (vaadatud 19. IV 2020).
15. Tartu õlletehas. Linnasekuivatustorn. ERA f T-76 s 1 n 850: Tartu õlletehas. Joonis 3.
16. Vene tänava poolne vanem malmtrepp Õpetajate majas. Maili Kark. TLPA Muinsuskaitse osakonna arhiiv n 9 s 10023: Muinsuskaitse eritingimused Tallinna Õpetajate majale, Tallinn 2016.
17. Hilisem malmtrepp Raekoja plats 14 õpetajate majast. Henry Kuninga kogu.
18. Kiriku 2 malmtrepp. Henry Kuninga kogu.
19. Kalasadama 2, endise gaasivabriku katusekonstruktsioon. Maris Suits. TLPA Muinsuskaitse osakonna arhiiv n 9 s 62502009: Kalasadama 2 Tallinn, muinsuskaitse eritingimused. Tallinn 2009, lk 13.
20. Gaasivabrikuhoone välisfassaad. Maris Suits. TLPA M osakonna arhiiv n 9 s 6250: Kalasadama 2 Tallinn, muinsuskaitse eritingimused. Tallinn 2009, lk 12.
21. Krulli tehas, sisevaade. Oliver Orro kogu.
22. Volta tehase masinatsehhi sisevaade. EFA f 250 n 0 s 23968,  
<https://ajapaik.ee/photo/200283/elektrimootoritohase-volta-normaalmasinate-tsehhi-tootaja-v/> (vaadatud 20. IV 2020).
23. Mõisaküla raudteetehas, sisevaade. Henry Kuningas. ERA f 5025 n 2 s 12306: Mõisaküla Raudteetehase dokumenteerimine. Tallinn 2012, lk 3.
24. Mõisaküla raudteetehas, sisevaade. Henry Kuninga kogu, 2011.
25. Vene-Balti laevatehase katlatsehhi ja valukoja joonis. Üldt. Villem Raam. Eesti arhitektuur 1: Tallinn. Tallinn: Valgus 1993, lk 88.

26. Ehitusjärgus Vene-Balti tehasehoone. EAA f 1804 n 3 s 1940, <https://ajapaik.ee/?album=23334&photo=178691&order1=time&order2=added&page=1> vaadatud (29. IV 2020).
27. Rohuküla miinisadama katla-ja masinamaja projekt. 1915. Oliver Orro, Monika Eensalu. Rohuküla: Vene impeeriumi unustatud sõjasadam ja selle säilinud arhitektuuripäränd. Eesti arhitektuurimuuseum 2013, lk 35.
28. Bekkeri kraana. <https://tallinnbekkerport.com/bekkeri-sadama-ajalugu/> (vaadatud 16. IV 2020).
29. Tõnismäe veetorni metallpaak. Oliver Orro kogu.
30. Staabiblindaaz ohvitseride varjendi koridor. Heino Gustavson. Merekindlused Eestis 1913–1940. Tallinn: Olion 1993, lk 54, lk 46.
31. Narva raudteesillad. Esiplaanil 1870. aastal ehitatud sild, tagaplaanil 1902. aastal ehitatud sild, [http://tellis.ucoz.ru/publ/narvskie\\_zheleznodorozhnye\\_mosty/3-1-0-190](http://tellis.ucoz.ru/publ/narvskie_zheleznodorozhnye_mosty/3-1-0-190) (vaadatud 05. V 2020).
32. Narva raudteesild. Vaade vanema silla sisemusse. [http://tellis.ucoz.ru/publ/narvskie\\_zheleznodorozhnye\\_mosty/3-1-0-190](http://tellis.ucoz.ru/publ/narvskie_zheleznodorozhnye_mosty/3-1-0-190) (vaadatud 5. V 2020).
33. Viljandi lossimäe rippisild, 1935. Viljandi muuseumi fotokogu 313:17, <https://opendata.muis.ee/object/2847024> (vaadatud 27. IV 2020).
34. Vääna-Jõe raudteesild, Harku vallas. Silja Konsa. 2011. Kultuurimälestiste riiklik register, <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=imagegallery&id=8854> (vaadatud 16. IV 2020).
35. Keri tule torn 1930. <http://www.keri.ee/keri-tule torn/> (vaadatud 27. IV 2020).
36. Ristna tule torn 1910. Jaan Vali fotokogu.
37. Ruhnu tule torn, 1901. Jaan Vali fotokogu.
38. Raugi tule torn, 1906. Foto: Jaan Vali fotokogu.
39. Hara tule torn 1909. Sihtasutus Eesti meremuuseum f 14/11. <https://ajapaik.ee/photo/132253/hara-tule torn/> (vaadatud 8. V 2020).
40. Sõõru tulevalvetorn. Tõnis Padu. 20. sajandi ehituspäränd: Jõgevamaa. Haapsalu 2009, [https://register.muinas.ee/ftp/XX\\_saj.\\_arhitektuur/maakondlikud%20ylevaate d/jogevamaa/Jogevamaa.pdf](https://register.muinas.ee/ftp/XX_saj._arhitektuur/maakondlikud%20ylevaate d/jogevamaa/Jogevamaa.pdf), lk 56.
41. Jaan Poska tänav 41 elamu kangialune. Marta Tammiste 18. V 2020.

42. Jakobi 34 elamu kelder, Tartu. Egle Tamm. E-dokument saadud muinsuskaitse peaspetsialistilt Egle Tammelt, (vaadatud 30. III 2020).
43. Unger-Sternbergide loss, praegune Teaduste akadeemia hoone. Oliver Orro kogu.
44. Veski 6 aiapoolne fassaad. Leele Välja. Veski 6 kui Kassitoome Tuhkatriinu – Muinsuskaitse aastaraamat 2018. Muinsuskaitseamet. Tallinna Linnaplaneerimise Amet, Eesti Kunstiakadeemia. Tallinn, lk 11.
45. Raadi Uspenski kalmistu kabeli tipuosa sisemus. Juhan Kilumets. Raadi Uspenski kalmistu „idamaise“ kabeli katuse restaureerimine: Muinsuskaitse eritingimused, põhiprojekt. Tallinn 2016, lk 8. E-dokument saadud muinsuskaitse peaspetsialistilt Egle Tammelt (vaadatud 30. III 2020).
46. Sädemetesti mustrid. Bill Martin. Chris Wood. Practical building conservation: Metals. London: Ashgate 2012, lk 155.



## Kasutatud allikad

### Arhiivmaterjalid

#### Eesti Arhitektuurimuuseum

- EAM, f 20 n 2 s 9: H. Matve, Ehitusajandust, ehitustarindust ja ehitusmaterjalide tööstust käsitlev osa aastatel 1850-1918 ja 1920-1940.

#### Eesti Rahvusarhiiv

- ERA, f T-76 n 1 s 850: Eesti NSV Ministrite Nõukogu Riiklik Ehituskomitee Teadusliku Restaureerimise Töökoda, Tartu õlletehas. Tallinn, 1986.
- ERA, f 5025 n 2 s 12306: H. Kuningas, Mõisaküla Raudteetehase dokumenteerimine. Tallinn, 2012.
- ERA, f T-76 n 1 s 12943: J. Kaljundi, Keri tuletorni ajalooline õiend ja tehniline ülevaatus: köide I. Tallinn, 1990.
- ERA, f 5025 n 2 s 008: A. Teigar, V. Maljugin, Keri tuletorni remontprojekti ekspertiis, Tallinn, 1996.
- ERA, f 5025 n 2 s 637: L. Tozik, I. Martšenko, Meremärk nr. 115, Keri tuletorn: tuletorni kapitaalremont, tehniline tööprojekt. Tallinn, 1996.
- ERA, f 5025 n 2 s 9130: H. Uuetalu. Keri tuletorni muinsuskaitse eritingimused. Tallinn, 2008.

### Tallinna Linnaplaneerimise Ameti muinsuskaitseosakonna arhiiv

- TLPA MOA, n 9 s 8767: M. Eensalu, Muinsuskaitse eritingimused: Rotermanni rukki- ja nisuveski reg.nr. 24248 ja jahuveski reg nr 24247 fassaadide restaureerimiseks. Tallinn, 2013.
- TLPA MOA, n 9 s 10023: M. Kark. Muinsuskaitse eritingimused Tallinna Õpetajate majale, Tallinn, 2016.
- TLPA MOA, n 9 s 8621: M. Eensalu, Muinsuskaitse eritingimused, Tekstiilivabriku kompleksi end. "Rauaniit"/ "Punane Koit" ehitismälestis reg.nr. 8200 restaureerimiseks, Tallinn, 2014.
- TLPA MOA, n 9 s 9768: A. Pantelejev, Tallinn, Nurme t 40, hoone remont-restaureerimise muinsuskaitse eritingimused, Tallinn, 2016.

- TLPA MOA, n 9 s 6250: M. Suits, Kalasadama 2 Tallinn, muinsuskaitse eritingimused. Tallinn, 2009.
- TLPA MOA, n 9 s 9422: A. Pantelejev, Tallinn, J. Poska tn 41 hoone remont-restaureerimise muinsuskaitse eritingimused. Tallinn, 2015.
- TLPA MOA, n 9 s 6772: K.Holland, E. Sova, Tallinn, Kohtu tänav 6, muinsuskaitse eritingimused. Tallinn, 2010.

#### Publitseeritud allikad

- Aare J., Kulbach V., Metallkonstruktsioonid I. Tallinn: Eesti riiklik kirjastus, 1961.
- Aare J., Kulbach V., Metallkonstruktsioonid. Tallinn: Valgus, 1985.
- Eesti Arhitektuuri ajalugu. Toim. Arman H., Tallinn, 1965.
- Eesti arhitektuur 1: Tallinn. Toim. V. Raam. Tallinn: Valgus, 1993.
- Eesti Arhitektuur 3: Harjumaa, Järvamaa, Raplamaa, Lääne-Virumaa, Ida-Virumaa. Toim. V. Raam. Tallinn: Valgus, 1997.
- Dennis W. H., Metallurgy: 1863-1963. New York, 2017.
- Forsyth M., Materjals & skills for historic building conservation. United Kingdom: Wiley-blackwell, 2008.
- Frampton K., Moodne arhitektuur: kriitiline ajalugu. Eesti Kunstiakadeemia, 2007.
- Gordon R. B., American Iron 1607–1900. London: The Johns Hopkins University Press, 1996.
- Gustavson H., Merekindlused Eestis 1913–1940. Tallinn: Olion, 1993.
- Korom J. J., The American Skyscraper 1850-1940: A Celebration of Height. Boston: Branden Books, 2008.
- Kuningas H., Apoloogia. Tallinna pärmivabrik ja keskmeierei – Muinsuskaitse aastaraamat 2018. Tallinn: Muinsuskaitseamet, Tallinna Linnaplaneerimise Amet, Eesti Kunstiakadeemia.
- Kulu P., Kübarsepp J., Hendre E., Metusala T., Tapupere O., Materjalid. Tallinn, 2001.
- Martin B., Wood C., Practical building conservation: Metals /English heritage. Burlington: Ashgate, 2012.
- Matve H., Eesti sillaehitused: Teaduslik uurimistöö faktimaterjal. Tallinna Tehnikaülikooli kirjastus, 2004.
- Matve H., Ehitus läbi aegade. Tallinn: Valgus, 1976.

- Mändel M., Tehiskivimaterjalid Eesti 20. sajandi arhitektuuris: kasutuslugu ja väärtustamine. Eesti Kunstiakadeemia, 2019.
- Orro O., Treufeldt R., Mändel M., Kopli sonaat: Vene-Balti Laevatehas. Eesti Arhitektuurimuuseum, 2017.
- Pevsner N., Kaasaegse disaini pioneerid. Tallinn: Eesti Kunstiakadeemia, 2007.
- Roca P., Lourenco P. B., Gaetani A., Historic construction and conservation: materjals, systems and damage. New York: Routledge, 2019
- Schulitz H. C., W. Sobek, K. J. Habermann, Steel Construction Manual. Boston: Birkhauser, 2000.
- Son L. H., G. C. S. Yuen, Building Maintenance Technology. London: The Macmillan Press, 1993
- Strus A., Konsa S., Dvorjaninov A., Keila-Joa loss. Ülevaade peahoone restaureerimistööst – Muinsuskaitse aastaraamat 2014. Tallinn: Muinsuskaitseamet, Tallinna Linnaplaneerimise Amet, Eesti Kunstiakadeemia.
- Vali J., Eesti Tuleornide Ajalugu. Tallinn: Tulepaak OÜ, 2011.
- Veski A., Individuaalelamute ehitus. Tallinn: Valgus, 1969.
- Välja L., Ekspertarvamus Pärnu maakonnas Sindi linnas paiknevate riiklike kultuurimälestiste vastavusest mälestise tunnustele. Tallinn, 2017.
- Välja L., Veski 6 kui Kassitoome Tuhkatriinu – Muinsuskaitse aastaraamat 2018. Tallinn: Muinsuskaitseamet, Tallinna Linnaplaneerimise Amet, Eesti Kunstiakadeemia.
- Õiger K., Ehitiste renoveerimine. Tallinna Tehnikaülikooli kirjastus, 2015.

### Käsikirjad

- Dyke S. V., The History of wrought and cast iron. Magistratöö. University of Tennessee, Knoxville, 2005. Kättesaadav Trace – Tennessee Research and Creative Exchange, [https://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3676&context=utk\\_gradthes](https://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3676&context=utk_gradthes) (vaadatud 18. V 2020).
- J.Kilumets, Raadi Uspenski kalmistu „idamaise“ kabeli katuse restaureerimine: Muinsuskaitse eritingimused, põhiprojekt. Tallinn, 2016. E-dokument saadud muinsuskaitse peaspetsialistilt Egle Tammelt.

- Metsmägi A., Jakobi 34 hoone esimese korruse ja keldri restaureerimise ja ümberehitamise muinsuskaitse eritingimused. Tartu, 2020.
- Otsa S., Malmisulatusahju ehitamine ja proovivalu teostamine. Lõputöö. Tartu Ülikooli Viljandi Kultuuri Akadeemia, 2015. Kättesaadav DSpace – University of Tartu Library, <http://hdl.handle.net/10062/47010> (vaadatud 25. XII 2019).

### Interneti allikad

- Abraham Darby II: A Life Less Ordinary – Academia, <https://www.britannica.com/biography/Abraham-Darby> (vaadatud 24. XII 2019).
- Blackney K., Painting Historic Ironwork, <https://www.buildingconservation.com/articles/paintingiron/paintingiron.htm> (vaadatud 19. V 2020).
- Balti Puuvillavabriku direktori elamu, 1899 a – Kultuurimälestiste riiklik register, <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=8281> (vaadatud 30. IV 2020).
- Elamu Kiriku 2 hooviansambliga, 18.–19. sajand – Kultuurimälestiste riiklik register, <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=2998> (vaadatud 8. V 2020).
- Idnurm M., Õppeaine „Ehitiste restaureerimine“ kood NTM0470 – TTÜ Tartu Kolledž, 2015, <http://www.ekspro.ee/uploads/zy1uyfer3ux0ad4.pdf> (vaadatud 16. IV 2020).
- Iron Conservation – Historic St. Mary’s City, <https://hsmcdigshistory.org/research/archaeology/conservation/iron-conservation/> (vaadatud 17. V 2020).
- Kaagjärve-Alamõisa vabrikahoone – Kultuurimälestiste register, <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=23113> (vaadatud 5. V 2020).
- Katoodkaitse? – Promarine trade, [https://promarinetrade.fi/abiks\\_paadiomanikule/katoodkaitse-19.html](https://promarinetrade.fi/abiks_paadiomanikule/katoodkaitse-19.html) (vaadatud 21. V 2020).



- Kreenholmi ekskursioon,  
<https://www.narvamuuseum.ee/est/ekskursioonid/kreenholmi-ekskursioon/>  
(vaadatud 19. V 2020).
- Kunda tsemendivabriku tünnivabrikuhoone – Kultuurimälestiste riiklik register  
<https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=28732>  
(vaadatud 30. IV 2020).
- Kyshtym Machine-Building Association – History of the plant,  
<https://aokmo.ru/en/company/history/> (vaadatud 02. I 2020).
- Landmarks of the world – Gustave Eiffel, <https://www.wonders-of-the-world.net/Statue-of-Liberty/Gustave-Eiffel.php> (vaadatud 04. XII 2019).
- Märss J., Koolitusprogramm – Must metall,  
[http://jaanmarss.planet.ee/juhendid/metalli\\_restauereerimine/raud.html#pt021](http://jaanmarss.planet.ee/juhendid/metalli_restauereerimine/raud.html#pt021)  
(vaadatud 30. XII 2019).
- Narva raudteesillad,  
[http://tellis.ucoz.ru/publ/narvskie\\_zheleznodorozhnye\\_mosty/3-1-0-190](http://tellis.ucoz.ru/publ/narvskie_zheleznodorozhnye_mosty/3-1-0-190) (vaadatud 05. V 2020).
- Nord-Lock Group – The History of bolt. 2017, <https://www.nord-lock.com/insights/knowledge/2017/the-history-of-the-bolt/> (vaadatud 02. I 2020)..
- Padu T., 20. sajandi ehituspärand: Jõgevamaa. Haapsalu 2009 – Kultuurimälestiste riiklik register,  
[https://register.muinas.ee/ftp/XX\\_saj.\\_arhitektuur/maakondlikud%20ylevaated/jogevamaa/Jogevamaa.pdf](https://register.muinas.ee/ftp/XX_saj._arhitektuur/maakondlikud%20ylevaated/jogevamaa/Jogevamaa.pdf) (vaadatud 16 IV 2020).
- Pantelejev A., Tallinn, Tõnismägi t 12 muinsuskaitse eritingimused veetorni remont-restaureerimiseks, Tallinn 2009,  
<https://aktal.tallinnlv.ee/static/Eelnoud/Dokumendid/ddok11082.pdf> (vaadatud 18. V 2020).
- Peeter Suure Merekindluse raudtee Iru silla sambad, 1916-1917 – Kultuurimälestiste riiklik register,  
<https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=8786>  
(vaadatud 29. IV 2020).
- Peeter Suure Merekindluse raudtee sild üle Vääna jõe, 1917. a – Kultuurimälestiste riiklik register,

- <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=8854>  
(vaadatud 29. IV 2020).
- P. Wiegandi masinatehase mehaanikatöökoda, 1912. a – Kultuurimälestiste riiklik register,  
<https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=8195>  
(vaadatud 19. V 2020).
  - Rivets de France – History, [http://www.rivetsfrance.com/histoire\\_du\\_rivet\\_UK.html](http://www.rivetsfrance.com/histoire_du_rivet_UK.html)  
(vaadatud 02. I 2020).
  - Sindi kalevivabriku hoone 1 – Kultuurimälestiste riiklik register,  
<https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=16785>  
(vaadatud 30 IV 2020).
  - Tartu Õlletehase peakorpus Tähtvere 56/62, 1898-1901.a – Kultuurimälestiste riiklik register,  
<https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=7060>  
(vaadatud 19. V 2020).
  - Viljandi linnusepargi rippsild, 19–20. saj – Kultuurimälestiste riiklik register,  
<https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=14710>  
(vaadatud 27. IV 2020).
  - Viska J., Matkajate arvates on Läti sild Vigala kauneim. 2015,  
<https://kylauudis.ee/2015/01/03/matkajate-arvates-on-lati-sild-vigala-kauneim/>  
(vaadatud 18. V 2020).
  - Välja L., Ekspertarvamus Pärnu maakonnas Sindi linnas paiknevate riiklike kultuurimälestiste vastavusest mälestise tunnustele. Tallinn, 2017,  
<https://sindi.kovtp.ee/documents/1124073/1790456/Ekspertarvamus+Sindi+malesti+stest.pdf/7e5f94f6-b67a-44bc-bc5e-9d5443ff2f7d> (vaadatud 19. IV 2020).
  - Wrought iron: metallurgy – Encyclopaedia Britannica,  
<https://www.britannica.com/technology/wrought-iron> (vaadatud 24. XII 2019).
  - 100+ aastat ajalugu – Volta kvartal, <http://endover.ee/voltakvartal/ajalugu/>  
(vaadatud 20. IV 2020).

### Suuline materjal

- E-kiri Robert Treufeldtilt 19. IV 2020. Autori valduses.
- Suuline vestlus Aleksander Pantelejeviga 2. V 2020. Märkmed autori valduses.

- Suuline vestlus Artur Ümariga 2. VI 2020. Märkmed autori valduses.
- Suuline vestlus Henry Kuningaga 7. V 2020. Märkmed autori valduses.
- Suuline vestlus Oliver Orroga 7. IV 2020. Märkmed autori valduses.
- Suuline vestlus Peep Radaga 14. V 2020. Märkmed autori valduses.

## LISA 1. Ajajoon: Maailm

<u>Tehnoloogilised arengud</u>	<u>Aeg</u>	<u>Märgilised ehitised/tarindid</u>	<u>Objekt/autor/päritolumaa</u>
<b>ESIMESED RAUASULATUS AHJUD</b>	12. saj- 13. saj		Euroopa aladelt teadaolevalt esimesed Rootsist või Saksamaalt
<b>TOORMALMI TÖÖTLEMINE</b>	14. saj		Levis Euroopas
<b>SEPARAUAST SARRUSED</b>	1667		Sarruseid kasutati Louvre'i idafassaadil
<b>TÖÖSTUS- REVOLUTSIOON</b>	18. saj		Inglismaal
<b>KOKSIGA KÕETAV KÕRGAHI</b>	1709		Abraham Darby, Inglismaa
	1779	<b>ESIMENE MALMIST SILD</b>	Abraham Darby, Coalbrookdale, Inglismaa
<b>MALMI KASUTAMINE LAIEMALT E HITUSES</b>	1780		
<b>TERASE PUDEL DUSAHI</b>	1784		Henry Cort, Inglismaa
	1789	<b>ESIMESED MALMRÖÖPAD</b>	William Jessop, Inglismaa
	1793	<b>I- MALMTALADEL JA POSTIDEL VABRIK</b>	Derby kalingurivabrik, Inglismaa
	1801	<b>ESIMENE SEPI SRAUAST RIPPSILD</b>	James Finley, Jacob Creek Bridge, Ameerika
	1811	<b>METALLIST KUPPEL</b>	Halles aux Bles, Parantsusmaa
<b>METALLPROFIILIDE TOOTMINE</b>	1819		Nurk ja T-profiilid, Inglismaa

	1820	<b>VALTSRAUAST RÖÖPAD</b>	John Birkenshaw, Inglismaa. Viivad Ameerika rööbaste väljakujunemiseni 1831. aastal.
	1829	<b>MALMIS FASSAAD</b>	John Haviland, Pottsville Farmers and minors bank, Pennsylvania, Ameerika
<b>MEHHAANILINE NEETIDE TOOMISE MASIN</b>	1836		Antoine Durenne, Prantsusmaa
	1843	<b>KATMATA METALLTARIND</b>	Henri Labrouste, St. Genevieve raamatukogu, Prantsusmaa
<b>TÄISSEINALINE TALASILLA SÜSTEEM</b>	1846		Robert Stephenson, Inglismaa
<b>PUDELDATUD TERASE KASUTAMINE LAIEMALT EHTUSES</b>	1850		
<b>LIFT</b>	1852		Elisha Otis
<b>BESSAMERI KONVERTER</b>	1855		Henry Bessemer, Inglismaa
<b>TERAS- KONSTRUKTSIOONIDE KASUTAMINE EHTUSES</b>	1880		
	1885	<b>(PUDELDATUD) TERASEST KARKASS</b>	Gustave Eiffel, Vabadussammas, Ameerika
	1889	<b>PUDELDATUD TERASEST SÕRESTIK-TORN</b>	Gustave Eiffel, Eiffeli torn, Prantsusmaa
	1890	<b>TERASPOSTIDEL HOONE</b>	Louis Sullivan, Wainwrighti büroohoone, St Louis Ameerika
	1890	<b>ESIMENE TERASSÕRESTIK PILVELÕHKUJA</b>	Burnham & Root, Rand- MacNally kõrghoone, Chicago, Ameerika
<b>ELEKTRILINE KÕRGAHI</b>	1900		Paul Heroult, Ameerika



## LISA 2. Ajajoon: Eesti

<u>Aeg</u>	<u>Oletuslik materjal</u>	<u>Konstruktioon</u>	<u>Objekt/asukoht</u>	<u>Seisukord</u>
1833	MALM	Malm baldahhiin katused	Keila-Joa loss, Harjumaa	Ümberehitatud
1857	MALM	Malmist kerega tuletorn	Tahkuna poolsaar, Hiiumaa	Säilinud
1857	PUDELDATUD TERAS	Katlaplekist ja arvatavasti pudeldatud terasest torn	Keri tuletorn, Harjumaa	Säilinud
1858–1861	MALM	Malmpostid ja malmist I-talad	Kreenholmi ketrus- ja kudumisvabrik, Narva, Ida-Virumaa	Säilinud, seisab tühjana
1861	MALM	Malmpostidele toetuv vahelagi	Kaagjärve-alamõisa piiritusevabrik, Valgamaa	Ümberehitatud
1863	MALM	Malmist kerega torn	Saxby tuletorn, Vormsi, Läänemaa	Demonteeritud Vandloo saarele. Vormsi sai 1871 uue valumalmist torni
1863	MALM	Malmist kerega torn	Virtsu tuletorn, Hiiumaa	Hävis I maailmasõjas
1865	PUDELDATUD TERAS	Arvatavasti pudeldatud terasest kuppel	Tallinna gaasivabriku I hoone, Harjumaa	Ümberehitatud elamuks
1868	PUDELDATUD TERAS	Arvatavasti pudeldatud terasest rõdotalad	Teaduste akadeemia rõdu, Kohtu 6, Tallinn, Harjumaa	Säilinud
1870	PUDELDATUD TERAS	Arvatavasti pudeldatud terasest talasõrestik	Narva raudteesild, Narva, Ida-Virumaa	Hävis II maailmasõjas

1875	TERAS	Terasfermid	Franz Krulli tehasehooned, Tallinn, Harjumaa	Ümberehitatud, osaliselt lammutatud
1876	MALM	Malmpostid ja I talad	Tallinna pärmivabrik, Harjumaa	Ümberehitatud
1879	TERAS	Profiilterasest sild	Taheva mõisasild, praegu Viljandi linnusepargi sild, Viljandi, Viljandimaa	Säilinud
1883	TERAS	Terasest I-taladel vahelagi	Peetri reaalkool, Tallinn, Harjumaa	Säilinud
1884	TERAS	Terasfermidel talasild	Vati maantee-sild, Raplamaa	Säilinud muuseumis
1885	TERAS	I-taladel vahelaed	J. Poska tn 41, Tallinn, Harjumaa	Säilinud
1886	MALM	malmpostid	Kunda tünnivabriku hoone, Lääne-Viru maakond	Osaliselt ümberehitatud
1886	(PUDEL DATUD) TERAS	Metallsõrestik	Tallinna Raudtee peatehase hooned, Tallinn, Harjumaa	Ümberehitatud
1887	TERAS	Terasest I-taladel vahelaed	Patarei vangla, Tallinn, Harjumaa	Varemetes
1888	TERAS	Terastaladest triiphoone	Veski 6, Tartu, Tartumaa	Hävinud
1898	MALM/TERAS	Malmpostid ja terastaladel vahelaed	Tartu õlletehase vanem hoone, Tartu, Tartumaa	Säilinud
1893	MALM	Malmpostid ja I-talad	Tallinna sadama teraviljaelevaator, Harjumaa	Hävis II maailmasõjas
1899	MALM/ PUDEL DATUD TERAS	Malmist ja pudeldatud terasest karkass	Kreenholmi Georgi vabrik, Narva, Ida-Virumaa	Varemetes
1899– 1900	TERAS	Terasfermid	Mõisaküla raudtee remonditehas, Viljandimaa	Säilinud

1900	MALM	Malmkarkass	Balti Puuvillavabriku manufaktuuri ketrus-ja kudumisvabrik, Tallinn, Harjumaa	Varemetes
1900– 1901	TERAS	Terasfermid	Volta tehase vanemad hooned, Tallinn, Harjumaa	Ümberehitatud
1902	TERAS	Teraskaartega sild	Narva raudteesild, Narva, Ida- Virumaa	Hävis II maailmasõjas
1904– 1906	TERAS	Terasfermid	Nurme sild, Pärnumaa	Hävis II maailmasõjas
1905	TERAS	Terastaladel keldri vahelaed	Jacobi 34, Tartu, Tartumaa	Säilinud
1908– 10	TERAS	Teraspostid ja I- talad	Tselluloosi paberivabrik, Masina tn 20, Tallinn, Harjumaa	Ümberehitatud
1911	TERAS	Needitud I-talad, teraslehed	Iigaste sild,	Hävis II maailmasõjas
1911– 1912	TERAS	Terassõrestik	Kunda sild	Säilinud
1912	TERAS	Terasfermid	P. Wiegandi mehaanikatöökoda, Tallinn, Harjumaa	Ümberehitatud
1912– 1914	TERAS	Terasfermid	Bekkeri laevatehase mehaanika- ja turbiinitsehh, Tallinn, Harjumaa	Säilinud
1912– 1915	TERAS	Teraspostid, - fermid, -laternad, - kraanatalad	Vene-Balti laevatehas, Tallinn, Harjumaa	Osa hävis II maailmasõjas
1916	TERAS	Terasfermid	Rohuküla sõjasadama katla- ja masinamaja, jõujaam jne, Läänemaakond	Hävisid I maailmasõjas

1916	TERAS	Terasfermid	Iru raudteesild, Tallinn, Harjumaa	Ümberehitatud
1916	TERAS	Kaarjad I- või T- talad lae- konstruktsioonides	Peeter Suure merekindluse ohvitseride varjend, Harjumaa	Säilinud
1917	TERAS	Terasfermid	Harku raudteesild, Harjumaa	Säilinud

### LISA 3. Eesti metallikasutuse ajajoon võrreldes maailmaga

<u>Maailm</u>	<u>Aeg</u>	<u>Eesti</u>
	<b>18. saj</b>	
Esimene malmsild	1779	
Esimene terase pudeldusahi	1784	
Esimesed malmpostidel ja malmtaladel vabrikud	1793	
	<b>19.saj</b>	
	1833	Esimesed malmpostidel vabrikuhooned
Pudeldatud terase kasutamine laiemalt levinud	1850	
	1857	Arvatavasti esimene pudeldatud terasest tuletorn
	1865–70	Pudeldatud terast hakatakse konstruktsioonides kasutama
	1870	Esimene metallist raudteesild
Teraskonstruktsioonide laiem levik ehituses	1880	Esimesed üksikud teraskonstruktsioonidega hooned
	1885	Kasutusele tulevad terasest I-talad
Esimene terassõrestik pilvelõhkuja	1890	Paralleelselt ehitatakse endiselt malmist, malmpostid ja malmkarkass
	<b>20.saj</b>	
	1900..	Hakatakse terasferme laiemalt kasutama