

TTÜ Tartu Kolledž

Õppeaine “Ehitiste restaureerimine” kood NTM0470

Loengumaterjalid



Koostaja: Maari Idnurm

Volitatud ehitusinsener, tase 8

Muinsuskaitse tegevusluba VS 225/2005-P

TALLINN 2015

SISUKORD

1. Sissejuhatus	4
2. Ajaloolised seinakonstruktsioonid	5
2.1. Keldriseinte ja sokli kahjustused ja remont	5
2.1.1. Keldriseinte konstruktsioon	5
2.1.2. Sokli konstruktsioon	6
2.1.3. Keldriseinte kahjustused	7
2.1.3.1. Niiskuskahjustused keldri seintel	7
2.1.4. Niiskuskahjustuste peatamine (drenaaž, hüdroisoleerimine). Erinevad lahendused ja kaasnevad probleemid	9
2.1.4.1. Keldriseinte vertikaalne hüdroisoleerimine	9
2.1.4.2. Keldriseinte horisontaalne hüdroisoleerimine	9
2.1.5. Radoon. Kaasnevad probleemid ja võimalikud lahendused	9
2.2. Hoone seinte konstruktsioonid. Kahjustused ja remont	11
2.2.1. Puitseinad. Ajaloolised konstruktsioonid ja sõlmed	11
2.2.1.1. Palkmajad	11
2.2.1.1.1. Rõhtpalkmaja	11
2.2.1.1.2. Püstpalkmaja	12
2.2.1.1.3. Sõrestikhoone	12
2.2.1.2. Puitseinte kahjustused. Kahjustuste liigid ja põhjused	14
2.2.1.2.1. Puidu seen- ja mardikkahjustused	14
2.2.1.2.2. Tulekahju	15
2.2.1.2.3. Päikesevalgus, UV-kiirgus	15
2.2.1.2.4. Bakterid	15
2.2.1.2.5. Temperatuurimuutused ja külmumine	15
2.2.1.2.6. Abrasiivne kulumine	15
2.2.1.3. Puitseinte uuringud. Mõõteriistad ja kahjustuste kaardistamine	16
2.2.1.4. Puitseinte tugevdamine, palkide asendamine	16
2.2.1.5. Palkseinte soojustamine	18
2.2.2. Kiviseinad	19
2.2.2.1. Ühekihilised kiviseinad.	19
2.2.2.1.1. Tellismüüritis klassikalises plokseotises	19
2.2.2.1.2. Tellismüüritis ristseotises, gooti ja hollandi seotises	19
2.2.2.1.3. Tellismüüritis tavalises ehk ameerika plokseotises	19
2.2.2.1.4. Tellismüüritis mitmekihilises seotises	20
2.2.2.2. Soojustatud tellisseinad. Erinevate seinatüüpide kirjeldused	20
2.2.2.2.1. Öönesplokkidest ja suurplokkidest seinakonstruktsioonid	21
2.2.2.3. Kiviseinte kahjustused. Kahjustuste liigid ja põhjused	21
2.2.2.4. Kiviseinte tugevdamine. Kahjustuste kaardistamine	22
2.2.2.4.1. Pragude kinnitegemine kiviseintes	23
2.2.2.4.2. Kiviseinte tugevdamine	24
2.2.2.4.2.1. Terrassärgiga tugevdamine	24
2.2.2.4.2.2. Raudbetoonsärgiga tugevdamine	25
2.2.2.4.2.3. Krohvitud võrguga tugevdamine	26
2.2.2.5. Sillused	26
2.2.2.6. Näiteülesanne. Tellisposti tugevdamine	27
3. Vahelaed. Ajaloolised konstruktsioonid. Kahjustused ja remont	29
3.1. Völvid	29
3.1.1. Völvide tüübid.	29
3.1.2. Arvutuskeem.	30
3.1.3. Kahjustused. Kahjustuste liigid ja põhjused	31
3.1.4. Tugevdamine	32
3.2. Puitlaed	32
3.2.1. Puitlagede tüübid.	32
3.2.1.1. Talalagi	32
3.2.1.2. Puittaladel puistetäitega vahelagi	32
3.2.2. Kahjustused. Kahjustuste liigid ja põhjused	33
3.2.3. Puitlagede uuringud. Mõõteriistad. Kaardistamine	33

3.2.4.	Puittalade tugevdamine ja asendamine	34
3.2.4.1.	Puittalade proteesimine	34
3.2.4.2.	Puittaladest vahelae tugevdamine	34
3.3.	Terastaladel vahelaed	35
3.3.1.	Terastaladel vahelagede tüübid	35
3.3.1.1.	Terastaladel tellisvõlvlaed	36
3.3.1.2.	Terastaladel betoonvahetäitega vahelaed	37
3.3.1.3.	Terastaladel puitvahetäitega	37
3.3.2.	Kahjustused. Kahjustuste ulatuse määramine. Kahjustuste liigid ja põhjused	37
3.3.2.1.	Korrosioon	37
3.3.2.2.	Terastaladel vahelagede kahjustused	39
3.3.3.	Terastaladest vahelae tugevdamine	39
3.4.	Raudbetoonlaed	40
3.4.1.	Raudbetoonist vahelagede tüübid	40
3.4.1.1.	Raudbetooni ajalugu ja kasutamine Eestis	40
3.4.1.2.	Monoliitset raudbetoonist vahelaed	41
3.4.1.3.	Õõnesplokkidest vahelaed	41
3.4.1.4.	Monteeritavast raudbetoonist vahelaed	42
3.4.2.	Raudbetooni kahjustused ja nende põhjused	43
3.4.2.1.	Raudbetooni mehaanilised kahjustused	43
3.4.2.2.	Raudbetooni füüsilised kahjustused	43
3.4.2.3.	Raudbetooni kahjustused tulekahju tagajärjel	44
3.4.2.4.	Raudbetooni sarruse korrosioon	44
3.4.2.5.	Keskkonnast lähtuvad keemilised ja bioloogilised mõjud	45
3.4.3.	Raudbetoonvahelagede uuringud, konstruktsioonide avamised	45
3.4.4.	Raudbetoonkonstruktsioonide parandamine	47
3.4.5.	Raudbetoonkonstruktsioonide tugevdamine	48
3.5.	Arvutushäire. Terastaladel vahelae tugevdamine	49
4.	AJALOOListe KATUSEKONSTRUKTSIOONID	51
4.1.	Sissejuhatus	51
4.2.	Katusetüüpide arengust Eestis	51
4.3.	Puitliited	54
4.3.1.	Tappliited	54
4.3.2.	Tüübelliited	56
4.3.3.	Naagelliited	56
4.4.	Katusekattematerjalide kasutamisest Eestis	57
4.5.	Katusekonstruktsioonide vanuse määramine. Dendrokronoloogia	58
4.6.	Katusekonstruktsioonide ülevaatus ja probleemide selgitamine	59
4.6.1.	Sarikate ristlõike, kandeava ja sammu kontrollimine	59
4.6.1.1.	Katusele mõjuvad koormused	59
4.6.1.2.	Lumekoormus	59
4.6.1.3.	Tuulekoormus	60
4.6.1.4.	Katuse omakaal	60
4.6.2.	Sarikate tugevdamine ja jätkamine	60
4.7.	Katusealune	62
4.7.1.	Pööninguga katus	62
4.7.2.	Katuslaega lahendus	62
4.8.	Näiteülesanne. Laupapp	63

1. Sissejuhatus

Käesolevad loengumaterjalid on koostatud TTÜ Tartu Kolledži õppeaine "Ehitiste restaureerimine", kood NTM0470 raames. Loengud käsitlevad ajaloolisi hoonete kandekonstruksioone, nende kahjustuste mõjureid ja põhjuseid. Eesmärgiks on anda tulevastele ehitusinseneride minimaalsed vajalikud algteadmised ja oskused hoonete kahjustuste likvideerimiseks.

Antud loengutsükkel on jagatud kolmeks ja käsitleb hoone kandekonstruksioone (välja arvatud vundamendid). Muinsuskaitseseadusega seonduvat, ehitusfüüsikat, viimistlusmaterjale, vundamente, paneelidelamute renoveerimist ja tehnosüsteeme käsitletakse antud loengutes minimaalselt.

Esimeses osas vaadeldakse põhjalikumalt hoonete keldrikonstruksioone ja nende niiskuskahjustusi. Tähelepanu pööratakse hüdroisolatsiooni paigaldamisele ja sellega seonduvatele probleemidele. Kandeseinte osas vaadeldakse nii ajaloolisi kivi- kui puitkonstruksioone, nende levinumaid kahjustusi ja tugevdamise lahendusi. Näiteülesandena on toodud tellisposti tugevdamise arvutus.

Teine loenguosa käsitleb ajaloolisi vahelagesi. Antakse ülevaade levinumatest lahendustest, probleemidest renoveerimisel ja tutvustatakse erinevaid võimalusi vahelagede tugevdamiseks. Samuti antakse lühike ülevaade võimalikest uurimismeetoditest ja mõõteseadmetest. Näiteülesandena käsitletakse tersataladel vahelae tugevdamist.

Kolmas loenguosa keskendub katusekonstruksioonidele. Peamiselt käsitletakse puitkonstruksioonis viilkatuseid. Loengu käigus tuuakse välja ohukohad katusealuse väljaehitamisel ja soojustamisel. Ülevaatlukult esitletakse ka lamekatustega seonduvaid probleeme.

Kasutatud kirjandus:

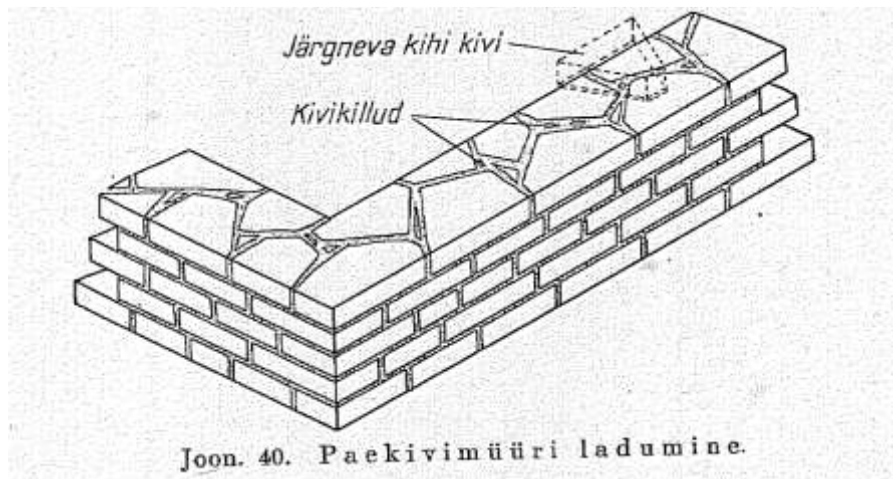
1. Arvo Veski „Puitehituse käsiraamat“ Eesti Kirjastus. Tartu 1943
2. Arvo Veski „Müüritööd“ . RK Pedagoogiline Kirjandus. Tallinn 1948
3. Sulev Käärid „Hoonete remont ja restaureerimine“. Loengukursus. TTK Tallinn 2002
4. Sulev Käärid „Hoonete remont ja restaureerimine“. Loengukursus. II osa. TTK Tallinn 2004
5. Heino Uuetalu. Loengud I, II ja III
6. Karl Öiger „Ehitiste renoveerimine. Konspekt“ I ja II. TTÜ. Tallinn 2009
7. Tõnis Kurrik „Tallinna vanalinna ajalooliste hoonete uuendamine“ magistritöö TTÜ 2002
8. Röhtpalkmajad. Central Board of National Antiquities. Sweden 1997
9. Roger Hunt & Marianne Suhr. Old House Handbook. Frances Lincoln Limited 2008
10. H.Korrovits, A.Kull, S.Rapoport. Hoonete remont. Tallinn „Valgus“ 1986
11. E.Talviste. Hooned. Tallinn „Valgus“ 1983
12. Remmers. Ehitiste hüdroisoleerimine / müüritiste saneerimine. Süsteemsed lahendused.
13. V.Voltri. kivistkonstruksioonid. Konstruksioonelementide ja sõlmede tugevdusahendused. TTÜ 2000
14. J.Aare, V.Kulbach. Metallkonstruksioonid. Tallinn „Valgus“ 1985
15. Maris Suits. Varajane raudbetoon Eesti arhitektuuris. Magistritöö EKA Tallinn 2009
16. Eesti standardid ja projekteerimise normid
17. Ehituskonstruktori käsiraamat. Tallinn 2010

2. Ajaloolised seinakonstruktsioonid

2.1. Keldriseinte ja sokli kahjustused ja remont

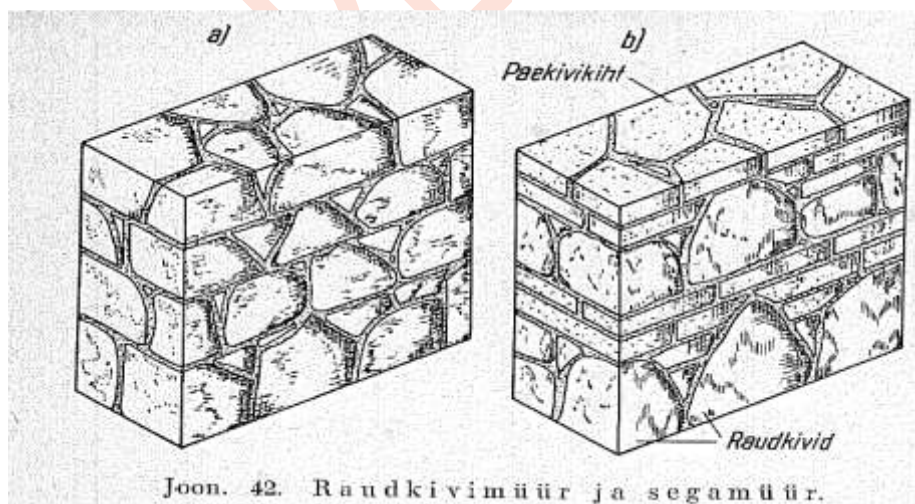
2.1.1. Keldriseinte konstruktsioon

Kellerdatud hoonete seinad on ühtlasi hoone vundamentideks. Traditsiooniliselt on keldri seinad Põhja-Eestis laotud paekividest ja Lõuna-Eestis raudkividest. Kohati esineb ka segamüüre: paekivi- savitellis ja paekivi-raudkivi. Tulenevalt juba ladumistehnilistest põhjustest on keldriseinte paksus vähemalt 60 cm. Mitmekorruselistel kivihoonetel on keldriosas seinapaksus üle meetri, kaitseehitistel isegi kuni 2,5m. Massiivsed täiskiviseinad on hea kandevõimega.



Joonis 1. Arvo Veski "Müüritööd" .RK Pedagoogiline Kirjandus. Tallinn 1948 lk.98

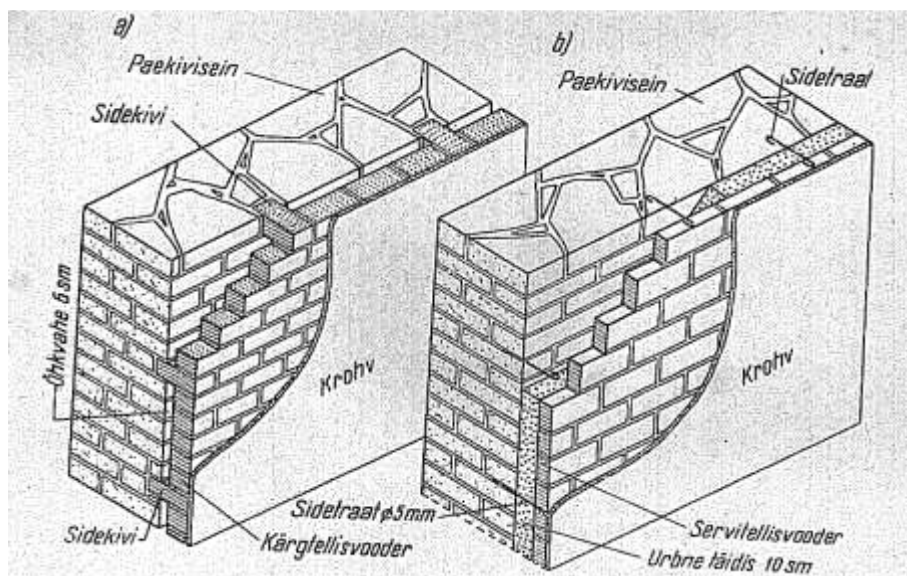
Paekivimüüritise keldriseinad on enamasti laotod seotisesse, nii et ühe kihi kivide liitekohad ei satu kokku järgneva kihi püstvuugiga. Pikemad ja sirgemaad kivid on asetatud müüri välispinnale. Raudkivid on erineva suuruse ja kujuga, mistõttu nendest ehitatud müüridel võivad puududa konkreetsed kihid ja põiksidekivid.



Joonis 2. Arvo Veski "Müüritööd" .RK Pedagoogiline Kirjandus. Tallinn 1948 lk.101

Tugeva aluspinnase puhul võib keldriseinal puududa alt laienev taldmikuosa. Nõrkade pinnaste ja suuremate hoonete puhul on müüritise kividest moodustatud vundamendi taldmik.

Üldjuhul on keldrid planeeritud külma ruumina. 20.sajandi esimesel poolel ehitati ka seestpoolt nn. soojustatud keldriseinu- paekiviseinad vooderdatud täidisekihi ja tellistega. Pigem täidab selliste seinakonstruktsioonide sisepind puhtama ja korrektsema viimistluse ülesannet, soojapidavuse näitajates suuremat erinevust ei ole.



Joonis 3. Arvo Veski "Müüritööd". RK Pedagoogiline Kirjandus. Tallinn 1948 lk.150

Müüritise sideainena kasutati lubimörti, hilisemal ajal lubi-tsement ja tsementmörte. Tsementmörtide survetugevus on oluliselt suurem=> ka müüritise kandevõime on parem ja saavutatakse kiiremini. See on üks põhjustest, miks tänapäeval kasutatakse tsemendipõhiseid mörte.

Alljärgnevalt illustreerivalt erinevate mörtide survetugevuste võrdlus:

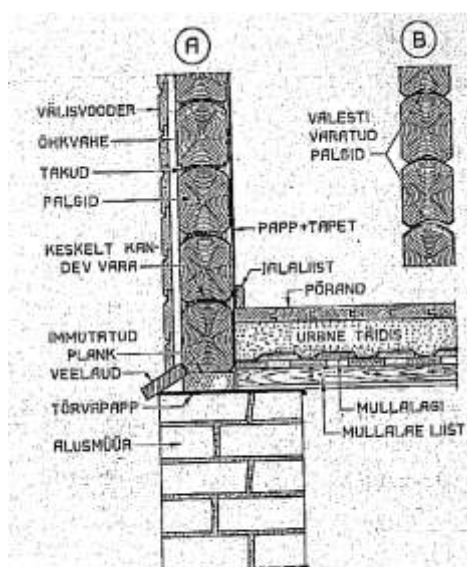
Mördi nimetus	Mahuline vahekord		Mördi survetugevus, Mpa	
			28 päeva	3 kuud
Lubimört	1:3-1:5	lubi:liiv	0,2	0,4
Lubi-savimört	1:(0,4-0,5):(5-6)	lubi:savi:liiv	0,2	0,4
Tsement-lubimört	1:2,3:17	tsement: lubi: liiv	0,8	0,8
	1:0,2:3,5	tsement:lubi: liiv	8	8
Tsementmört	1:6	tsement:liiv	3	3
	1:3,5	tsement:liiv	8	8

Joonis 4. Tabel koostatud Arvo Veski "Müüritööd". RK Pedagoogiline Kirjandus. Tallinn 1948 lk.57 ja 58 põhjal

2.1.2. Sokli konstruktsioon

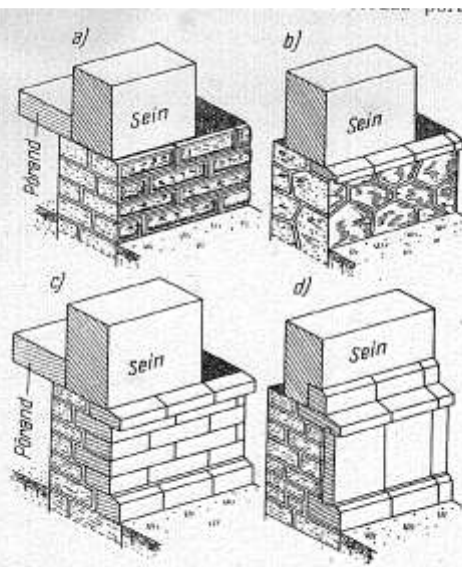
Enamasti on sokkel analoogne konstruktsiooniga kui vundament või keldriseinad. Sokkiosa funktsiooniks on kaitsta seina sadevete ja mehaaniliste vigastuste eest. Arhitektuuriliselt on sokkel kujunduslik element. Sokkel võib olla klombitud kividest või krohvitud. Keldrita hoone puhul on jäetud soklisse avad põrandaaluse osa tuulutamiseks.

Vanematel kivihoonetel puudub hüdroisolatsioon sokli ja esimese korruse seina vahel. Puithoonete puhul paigaldati esimese palgirea alla müüritise peale kasetohtu. Mõningatel juhtudel võivad palgid olla ka sängitatud lubimördiga otse paekivist soklile.



Joon. 27. Rähitpühkeseina lõige ühes alusmüüri ja põrandaga. Põlgi vara olgu loetult lieni (A). Vara ei tohi kanda servadega ega ka ühe servuga (B).

Joonis 5. Arvo Veski "Puitehitise käsiraamat".
Tartu Eesti Kirjastus 1943 lk.50



Joon. 46. Soklid: a — klombitud pae kivisokkel; b — klombitud raudkivisokkel; c — hõõveldatud pae kivisokkel; d — plaatvoodriga sokkel.

Joonis 6. Arvo Veski "Müüritööd"
RK Pedagoogiline Kirjandus. Tallinn 1948 lk.105

2.1.3. Keldriseinte kahjustused

Kahjustused jagunevad mehhaanilisteks ja keemilis-füüsikalisteks.

Mehhaanilised mõjud, mis kahjustavad hoone keldriseinu on alljärgnevad:

- Pinnase kandevõime ja mõjuvad koormused (nõrk aluspinnas, põhjavee taseme muutumine, vibratsioon, koormuste lisandumine, süvendi kaevandamine taldmikumist sügavamale, taimede juured jms)

Mehaanilisi mõjusi ja tugevdamise meetodeid käsitletakse Mait Metsa loengus. Keemilis-füüsikalised mõjud avalduvad pinnases sisalduva niiskuse, soolade ja temperatuuri koosmõjul.

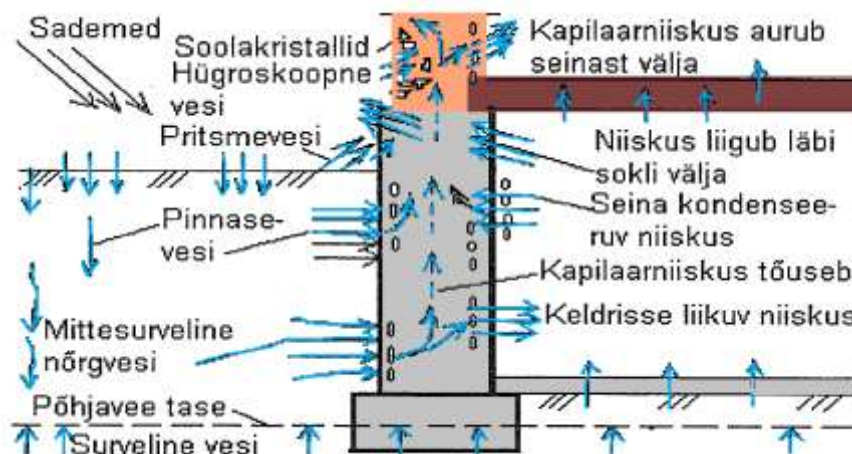
2.1.3.1. Niiskuskahjustused keldri seintel

Kõige suuremat toimet kivimaterjali lagundamisel omab vesi. Ajaloolistel kivihoonetel puudub nii horisontaalne kui ka vertikaalne niiskustõke. Selle tagajärjel imendub pinnaseniiskus kapillaarjõudude mõjul keldri- ja/või esimese korruse seintesse.

Kapillaartõusuks nimetatakse vee imbumist poorsetesse kivimitesse molekulaarsete jõudude toimel. Analooiline nähtus tekib, kui kuiv käsn asetada veeloiku. Vesi imendub käsn. Nii imendub ka osa põhjaveest veekihi peal asuvatesse kivimitesse. Kapillaartõus on seda suurem, mida peenemad on kivimi poorid. Kapillaarveetõus suureneb madalatel temperatuuridel. Eeltoodust järeldub, et külmakerke võimalus on suurem juhul, kui pinnasevee tase on külmumistsoonile lähemal kapillaartõusu kõrgusest ja kui pinnase veejuhtivus on küllalt suur transportimaks külmumisperioodi vältel piisavas koguses täiendavat vett. Kruusades ja jämeliivades oht praktiliselt puudub, kuna kapillaartõusu kõrgus on väike.

Kivim	Kapillaartõusu kõrgus [m]
Kruus	0,04...0,06
Jämeliiv	0,12...0,18
Keskliiv	0,15...0,35
Peen- ja tolmliv	0,3...1,2
Saviliiv	1,0...1,5
Liivsavi	1,5...3
Savi	...8

Pinnaseniiskuse tõttu võivad seinad märguda 1,5...2,0 m kõrguseni maapinnast. Vahelduv niiskumine ja kuivamine põhjustab kivimi deformatsioone ja lagunemist.



Joonis 7. Sulev Käär "Hoonete remont ja rekonstrueerimine". Loengukursus. TTK Tallinn 2002 lk.39

Veekoormused vundamendile ja keldri seinalle väljastpoolt:

Surveline vesi- pinnasevee tase on vundamendi taldmikut kõrgemal. Võib esineda ka lühiajaliselt kevad-sügisperioodil. Survelise vee korral tuleb hoonet kaitsta vee üleskerke vastu.

Mittesurveiline vesi- esineb vettsiduvast (savi) pinnases ja on ajutine või alaline pinnasevesi. Mõjutab vundamenti väikese hüdrostaatilise survega

Pinnaseniiskus- Pinnaseniiskus on pinnases esinev kapillaarselt seotud vesi. Kapillaarjõu abil tungib see ka vastu raskusjõudu edasi. Pinnaseniiskus on minimaalse koormusena alati maapinnas olemas. Väikseimast koormusest võib lähtuda ainult siis, kui hoone vundamendisokli alune ala koosneb kuni piisava sügavuseni vett mittesiduvast materjalist ning sama kehtib täitematerjali kohta: niisiis näiteks liiv või kruus vee läbilaskevõimsusega (K) vähemalt $K > 0,01 \text{ cm/s}$. Pinna- ja vihmavesi valgub sel juhul kuni põhjavee tasemeni, ilma et seejuures avaldataks keldriseinale hüdrostaatilist survet.

Pritsmevesi- Niiskus tungib puuduva või defektse sokli hüdroisolatsiooni kaudu müüritisse

Veekoormused vundamendile ja keldri seinalle seestpoolt:

Kondensvesi- Jahedamatel pindadel, mis tekivad seinas tänu külmasildadele, kondenseerub veeaur veena

Hügrokoopne vesi- Seinas asetsevatel sooladel on omadus (hügrokoopne) imada õhust ja ümbritsevast keskkonnast niiskust ja ladestada see ehitismaterjalis.

Seinte niiskuskahjustuste tekkimise põhjused:

Koos sissetungiva veega ladestub müüritisse ka üha enam vees lahustunud ehitist kahjustavaid soolasid. Soolad ja nende tüüpilised põhjused:

- sulfaadid = nt. kipsist
- kloriidid = nt. puistesoolast
- nitraadid = nt. karbamiidist (organismide jäänustest tekkiv)

Läbiniiskunud müüritis trandpordib soolad veega seinte pealispindadele. Siin vesi aurustub, aga soolad jäävad- kristalliseerudes kivimaterjali poorides.

Kristalliseeruvate soolamolekulide mõõtmed suurenevad ja tekitavada kivimaterjali poorides kristallatsioonirõhu, mille tõttu materjali struktuur lõhutakse. Kahjustused ilmnevad näiteks värvi koorumise või krohikihi pudenumise näol.

Seinte pikaajalise ja pideva niiskumise tagajärjel soolakristallid ummistavad hingavad poorid, mille tõttu kapillaarniiskuse toime liigub vesi müüritises veelgi ülespoole ja kahjustused süvenevad.

Keldriseinte kahjustused on:

- kristalliseerumisest ja veesisaldusest (hüdratsioon) tulenevad mehaanilised kahjustused: viimistluskihtide ja müüritise lagunemine
- külmast tingitud mehaanilised kahjustused: müüritise lagunemine
- niiskuse suurenemine müüritises ja põrandaplaadis: hallitus, ebatervislik sisekliima

2.1.4. Niiskuskahjustuste peatamine (drenaaž, hüdroisoleerimine). Erinevad lahendused ja kaasnevad probleemid

2.1.4.1. Keldriseinte vertikaalne hüdroisoleerimine

Võimalikud välishüdroisolatsioonisüsteemid:

- jäik või elastne mineraalne isolatsioonivõõp;
- 1- või 2-komponentne bituumen-pakskiht;
- veetihedad bituumenpaanid (katusekate);
- veetihedad tehismaterjalist paanid (katused, sillad jms);
- tihendus krohv tsemendi baasil (pinnaseniiskuse korral sise- või välispinnal; enamasti aluskihina)

Keldriseinte hüdroisoleerimist seestpoolt on mõtet teha vaid siis, kui vundamendil on olemas töötavad horisontaalne ja vertikaalne välimine hüdroisolatsioon. Vastasel korral langeks sisemine hüdroisolatsioonikiht negatiivse veesurve mõju alla ja irduks tasapisi seinast.

Horisontaalse hüdroisolatsiooni puudumisel tuleks jätta keldriseinte alumised seinaosad vähemalt osaliselt krohvimata või arvestada iga kolme aasta tagant pinnaseviimistluse uuendamise vajadusega.

Keldriruumides tuleks kasutada sisepindade viimistlusel saneerimiskrohve, mis sisaldavad suuri õhupoore, on suure soolaimavusvõimega ja võimaldavad veeauru difusiooni.

2.1.4.2. Keldriseinte horisontaalne hüdroisoleerimine

Kapillaarniiskuse tõusu takistamiseks tuleks paigaldada lisaks vertikaalsele ka horisontaalne hüdroisolatsioon. Horisontaalse hüdroisolatsiooni paigaldamiseks on alljärgnevad meetodid:

- Müüritise injekteerimine surveta või madalsurve meetodil
- Müüritise avamine järkude kaupa koos rullisoleermaterjali taastamisega
- Isoleerimine plastikplaadiga, freesitud pilus
- Isoleerimine müüritise vuuki pressitud teraslehega

1. Müüritise injekteerimine surveta või madalsurve meetodil

Seinapinna alumisse ossa puuritakse 125mm sammuga 30mm läbimõõduga ning 45° avad. Puuraugud puhastatakse tolmust ja kuivatatakse. Surveta meetodil juhitakse silikoonlahus mahutitest vooliku abil isevoolu teel puuraukudesse, madalsurve korral surutakse lahus injektsioontüübilte abil 5 bar rõhu juures müüritisse. Pärast injekteerimist suletakse puuraugud suspensiooniga.

Antud meetod võimaldab ühtlasi täita ka müüritises esinevaid tühimikke.

2. Müüritise avamine järkude kaupa koos rullmaterjali taastamisega

Meetod on kasutatav soklipealse hüdroisolatsiooni paigaldamisel õhemate seinakonstruktsioonide korral. Müüritis avatakse 1,5...2m järkude kaupa paari kivirea ulatuses. Sokli pealispind puhastatakse ja tasandatakse tsementmördiga. Horisontaalne hüdroisolatsioon paigaldatakse nii, et jätkuskohtades oleks tagatud vähemalt 200mm hüdroisolatsiooni ülekate. Peale hüdroisolatsiooni paigaldamist laotakse seiniosa uuesti kinni. Järgud teostatakse malekorras, nii et kõrvutiolevatel haardealadel oleks tööde tegemise ajaline vahe vähemalt üks nädal.

3. Isoleerimine plastikplaadi või müüritise vuuki pressitud teraslehega

Roostevaba terasleht paksusega 2-4mm või plastplaat ≥ 5 mm paigaldatakse müüritisse eelnevalt freesitud pilusse. Plaadid paigaldatakse järkude kaupa, servaülekatttega vähemalt 100mm.

2.1.5. Radoon. Kaasnevad probleemid ja võimalikud lahendused

Radoon on looduslik radioaktiivne gaas, mis tekib põhiliselt uraan ^{238}U lagunemisreas raadiumi lagunemisel. Radoon laguneb edasi radooni tütarproduktideks. Radooni poolestusaeg on 3,8 ööpäeva. Märkimisväärse kiirguskoormuse annavad radooni väikese poolestusajaga tütarproduktid.

Halvasti ventileeritud ruumi sattunud radoon ^{222}Rn koos oma radioaktiivsete tütarproduktidega annab enam kui poole inimese poolt saadavast looduslikust radioaktiivsest kogukiirgusest.

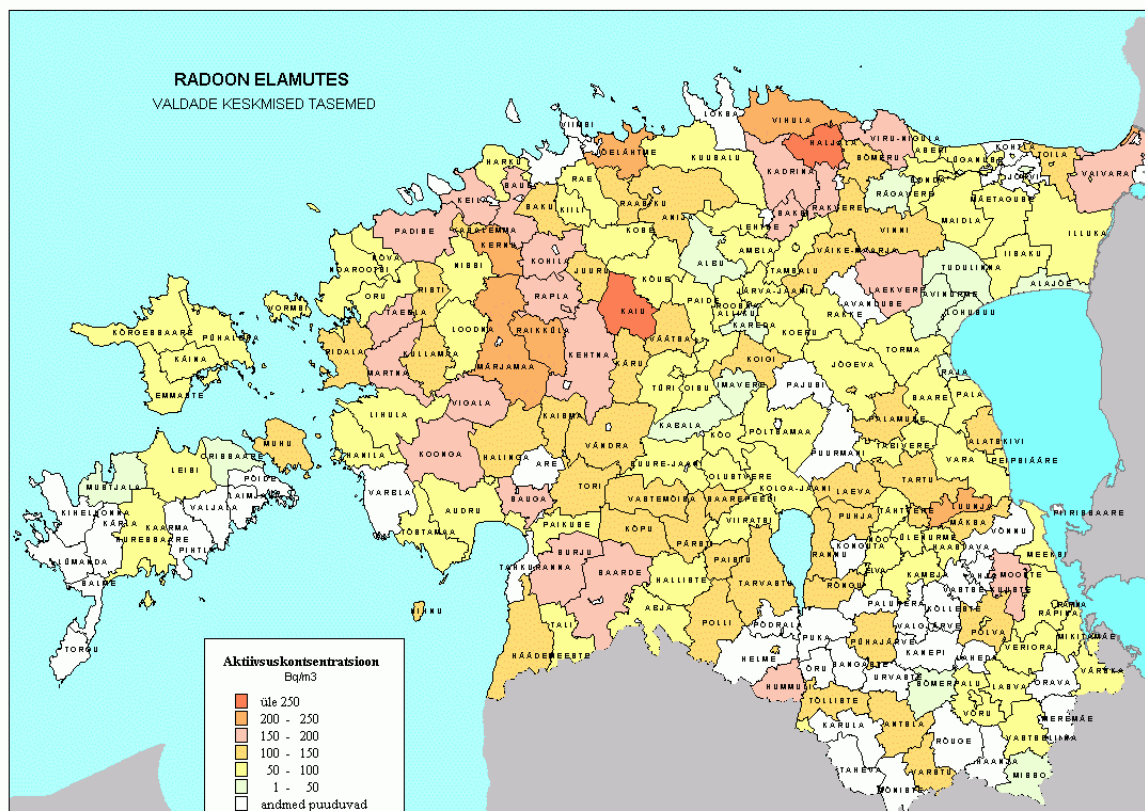
Radooni peetakse suitsetamise kõrval olulisemaks kopsuvähi tekkimise riskiteguriks.

Radooni tungimine aluspinnasest vahetult selle kohal olevasse hoonesse esineb aladel, kus hoone all (küllalt lähedal) lasub oobolusliivakivi ja/või diktoneemakilda kiht.

Radooni hoonesse sattumise vältimise abinõud olenevalt pinnase radoonisisaldusest:

Pinnase radoonisisalduse tase	Pinnase radoonisisaldus Bq/m ³	Abinõud radooni hoonesse sattumise vältimiseks
Madal	alla 10 000	Tavaline hea ehituskvaliteet
Normaalne	10 000- 50 000	Tavaline hea ehituskvaliteet; maapinnale rajatud ja vundamendi liitekohtade, pragude ja läbiviikude tihendamine; maapinnast kõrgemal asuva põrandaaluse tuulutus
Kõrge	50 000- 250 000	Tarindite radoonikindlad lahendused(õhutihedad esimese korruse tarindid ja/või alt ventileeritav betoonpõrand või maapinnast kõrgemal asuva põrandaaluse sundventilatsioon)
Ülikõrge	üle 250 000	Kompleksmeetodid

Hoonete ruumiõhu aasta keskmine radoonisisaldus eluruumides ei tohi ületada 200Bq/m³ . Alljärgnevalt on toodud aastatel 1998-2001 teostatud uuringute tulemused, mille käigus mõõdeti olemasolevates hoonetes radoonisisaldust.



Radoon liigub läbi piirdekonstruktsioonide analoogselt niiskuse levikule. Põhimõtteliselt on hüdroisolatsioon ühtlasi ka radoonitõkkeks. Hüdroisolatsiooni materjalil peaks olema sertifikaat radoonitiheduse kohta.

2.2. Hoone seinte konstruktsioonid. Kahjustused ja remont

2.2.1. Puitseinad. Ajaloolised konstruktsioonid ja sõlmed

2.2.1.1. Palkmajad

2.2.1.1.1. Rõhtpalkmaja

Eestis hakati rõhtpalkmaju ehitama hiljemalt 6.- 7.sajandil ja see traditsioon püsis valdavana 19.sajandini. (Vanimaks Eestis säilinud puitehitiseks loetakse 1644.aastal sisseõnnistatud rõhtpalkidest Ruhnu kirikut).

Rõhtpalkmajade ehitamiseks on Eestis kasutatud nii kuuske kui mändi.

Esiagselt ja lihtsamad hooned on ehitatud ümarpalkidest. Heinaküünides jms ehitiste korral tehti palkseinad hõredad, et õhk vabalt läbi liikuda saaks. Ühenduskohad tahuti sellisel juhul madalad, et palgid üksteisega kokku ei puutuks.

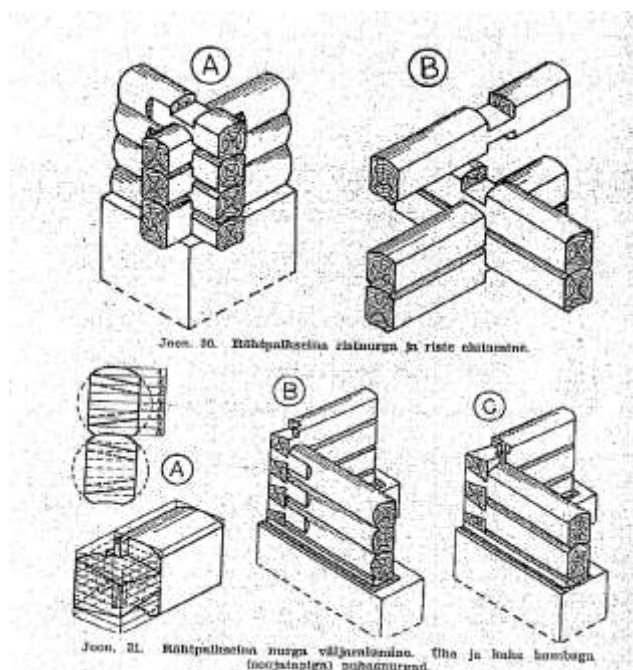
Hilisemal ajal linnades ja mõisates on eluhooned ehitatud tahutud palkidest ja lihvitud pealt siledaks.

Selliste hoonete krohvitud seinad pidid meenutama kiviseina.

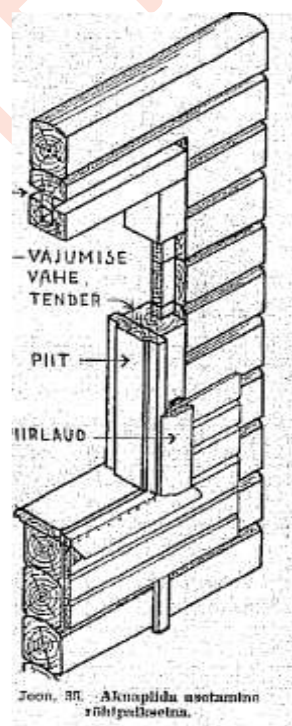
Seina palgid varatakse poolkuu kujuliselt ja tihendatud sambliku, meriheina või takuga.

Väljavajumist takistavad vaheseinad, mis on hammas- või kalasabatapiga välisseinaga ühendatud.

Akende ja uste kohas kindlustati avade servad püstprusside ehk tenderpostidega. Pikemate seinte korral ja palkide jätkamisel kasutati salapulki.



Joonis 8. Arvo Veski "Puitehitise käsiraamat".
Tartu Eesti Kirjastus 1943 lk.52



Joonis 9. Arvo Veski "Puitehitise käsiraamat".
Tartu Eesti Kirjastus 1943 lk.55

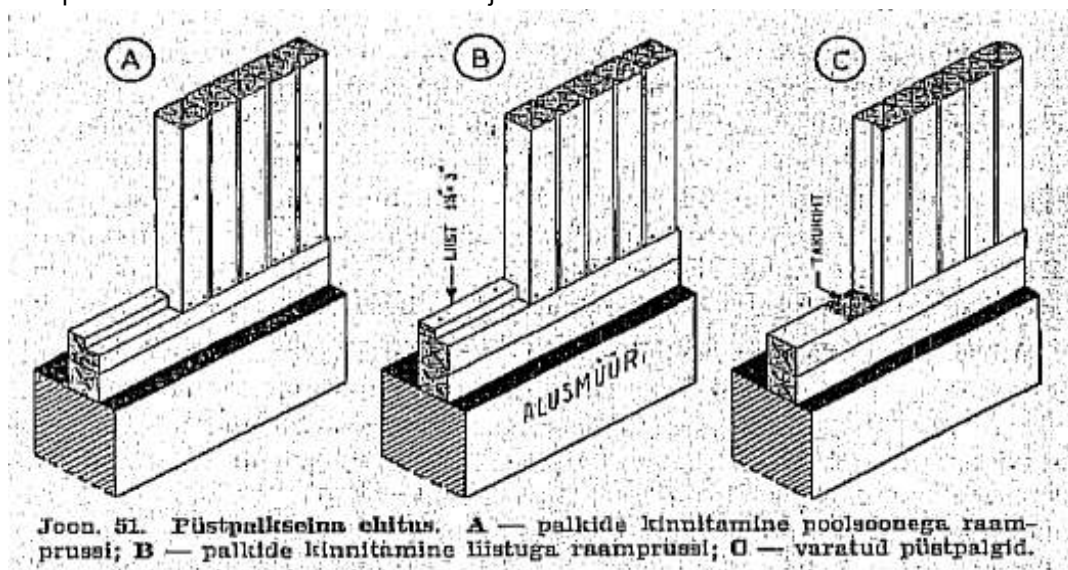
Palkmajade välisvooderdust hakati kasutama alates sellest ajast, mil saagimistehnika võimaldas kergema vaevaga laudu muretseda. Tavaliseks muutus see alles 19.sajandi keskel.

2.2.1.1.2. Püstpalkmaja

Linnaehituses ja mitmekordsete hoonete puhul on sagedasti kasutatud seinakonstruktsioonina püstpalke. Püstpalkseinte kandevõime on rõhtpalkehitisest parem. Selliste seinte soojapidavus võib olla aga halvem, juhul kui ehitamiseks on kasutatud niisket ehitusmaterjali ja palkide kuivamisel on seintesse tekkinud praod.

Püstpalkseinte välispind on üldjuhul voodrilaudadega kaetud, kivivoodriga või krohvitud.

Püstpalkseinu loetakse sõrestikseinte erijuhuks.

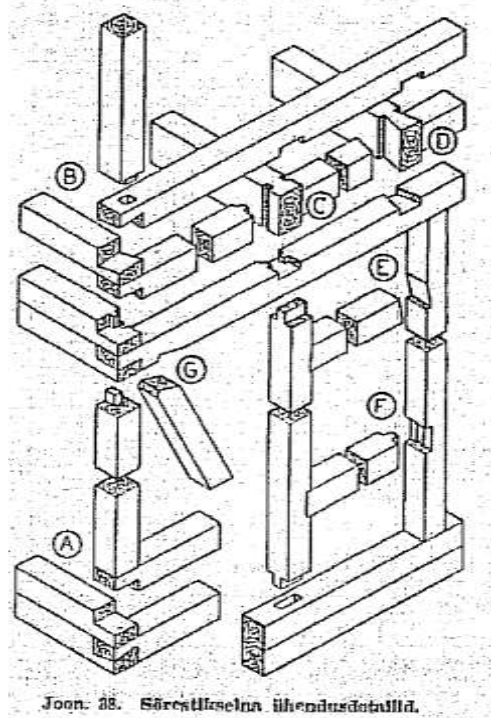


Joonis 10. Arvo Veski "Puitehitise käsiraamat". Tartu Eesti Kirjastus 1943 lk.74

2.2.1.1.3. Sõrestikhoone

19.sajandil seoses saekaatrite tekkimisega hakati linnamaju ehitama sõrestikhoonetena, mille enamlevinud tüübid olid alljärgnevad:

- sõrestiktädissein
- topeltplanksein
- ameerika sõrestiksein
- katkestatud postidega ameerika sõrestiksein



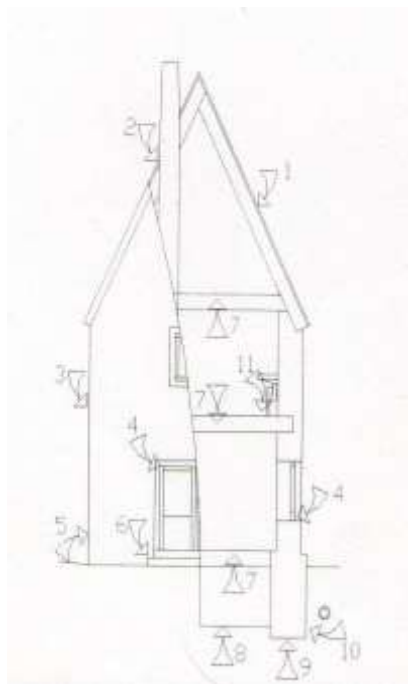
Sõrestiktädissein on kahelt poolt laudadega vooderdatud ning laudade vahe täidetud mõne urbse, kerge ja soojapidava materjaliga. Et tädis laudade vahelt välja ei variseks, on tädiskihi mõlemale küljele asetatud papikihid, mis lisavad seinale ka tuulepidavust.

Tuuletõkkekihti hakati laudise all kasutama alates 19.sajandi teisest poolest. Kasutati nii papikihte kui ka puutõrvaga töödeldud kaltsupappi ehk tõrvapappi (mitte ruberoidi !)

Joonis 11 ja 12. Arvo Veski "Puitehitise käsiraamat". Tartu Eesti Kirjastus 1943 lk.59 ja 71

2.2.1.2. Puitseinte kahjustused. Kahjustuste liigid ja põhjused

Puidu kahjustused on seotud otseselt või kaudselt niiskusega. Järgmisel joonisel on toodud peamised võimalused niiskuse sattumisest hoone konstruktsioonidesse.



1. Katuse vigastused või pööninguruumi ebapiisav tuulutus. Katuseräästa lagunemine, vihmaveesüsteemide puudumine või räästa vale ehitustehniline lahendus.
2. Läbi katuse ebakvaliteetsete läbiviigukohtade, ka parapettide ja kõrgemate hoonetega liitumissõlmed
3. Seinapragudest ja muudest avavustest (ebatihedad vuugid)
4. Ebakvaliteetsete avatäidete ja kaitseplekkide kaudu
5. Hoonet ümbritsev vale kalle ja pritsmevesi
6. Treppide ja varikatuste liitumissõlmed seinaga (kaitsepleki puudumine ja valed kalded), pritsmevesi
7. Aurutõkke puudumine niiskete ja kuivade ruumide vahel
8. Keldripõranda niiskustõkke puudumine
9. Horisontaalse hüdroisolatsiooni puudumisel kapillaarjõudude toimel pinnaseniiskuse imendumine seintesse.
10. Puuduv дренаaz või lekkiv välistrassi tõttu märguvad keldriseinad
11. Hoones lekkivad vee-ja kanalisatsioonitorustikud, samuti külma vee torudele kondenseerunud niiskuse kandumine konstruktsioonidesse
12. Tulekustutusvesi, veevariid

Joonis 15. Tõnis Kurrik „Tallinna vanalinna ajalooliste hoonete uuendamine“ magistritöö TTÜ 2002

Sõltumata sellest, kas tegemist on veega või veeauruga, imendub see puitu. Selle tulemusena puit küllastub ja paisub. Mingi aja möödudes (N:peale saju lakkamist) hakkab puit pinnalt kuivama ja mahus kahanema. Kuna puit ei talu tõmbepingeid mis mõjuvad ristikiudu, siis tekivad puidu pinnale praod. Järgmise niiskustsükliga pääseb vesi tänu pragudele sügavamale puitu ja tekivad uued praod.

2.2.1.2.1. Puidu seen- ja mardikkahjustused

Puidu märgumine soodustab ka puitu kahjustavate seente ja putukate arengut. Puitu lagundavad bioloogilised tegurid on: puitu moonutavad seened (hallitus, sine), puitu lagundavad seened (pruunmädanik, valgemädanik, pehmemädanik), putukad ja merevees puitu kahjustavad organismid..

Hallitusseened ja puidu sine ei kahjusta puidu rakke, kahjustub ainult puidu välisilme. Seente eosed võivad tekitada aga allergiat. Samuti peab silmas pidama, et hallitusseente ja sine tekkimine viitavad seenkahjuritele soodsate tingimuste olemasolule ja sellisel juhul on puit heaks kasvupinnaks juba puitu lagundavatele seentele.

Mädanikseene areng	Puidu niiskus	Õhutemperatuur °C
aeglane kasv	18...20 (30)	0....+5
kiire kasv	30...60	+15...+30
kasv seiskub	80...120	+35...+50
ooteseisund	<20 või >100	<0 või +40...+80 (1h)
eosed surevad		> +100/ (0,5h)

Joonis 16. Karl Õiger „Ehitiste renoveerimine. Konspekt“ I, TTÜ. Tallinn 2009

Puitu lagundavatest seentest on hoonetes kõige levinum pruunmädanik. Pruunmädaniku seeneniidid kasvavad puu pinnal ja rakkude õõntes eritades ensüüme, mis lagundavad tselluloosi molekulid peeneks. Alles jäänud ligniin annab puidule pruunikas-kollaka värvi. Puit kahaneb mahus, muutub hapraks ja laguneb kuubikuteks. Enamlevinud konstruktsioonides esinevaid pruunmädanike tüüpe on majavamm (Serpula Lacrymans), tavaline majamädanik (Coniophora Puteana), Antroidia sinuosa ja Gloeophyllum sepiarium.

Valgemädaniku puhul säilitab puit oma kuju, kuid muutub pehmeks ja kiuliseks. Esineb rohkem lehtpuudel, mis on pikemat aega kokkupuutes maapinnaga.

Pehmemädaniku korral muutub puit hallikaks. Esineb nii leht- kui okaspuudel. Esineb väga harva maapinnaga kokkupuutuvates osades (N:puitvundamendid).

Puidu mädanikseene tüüpi saab kindlaks teha visuaalselt viljakeha, seeneniidistiku, eoste kuju ja lagunemispildi järgi. Täpsemad tulemused annavad laboratoorsed uuringud.

Puidumardikad hävitavad erinevalt puitu lagundavatest seentest mitte ainult niisket vaid ka kuiva puitu, mis tunduvalt raskendab nende vastu võitlemist. Niiskustarbe järgi võib mardikaid jagada kolme gruppi:

- värske, toore puidu mardikas (puukoore mardikas)
- kuiva puidu mardikad (majasikk)
- kõduneva puidu mardikad (kõdusikk)

2.2.1.2.2. Tulekahju

Tulekahju korral söestub puidu pealmine pind, mis takistab kiiret kandevõime kaotust. Okaspuidu puhul arvestatakse söestumisega 0,8mm/minutis. Tekkivad kahjustused on üldjuhul laastavad, lisaks kaasnevad hoonel tulekustutusvee tagajärjel tekkida võivad niiskus- ja mädanikkahjustused.

2.2.1.2.3. Päikesevalgus, UV-kiirgus

Valgusest on puidule ohtlik ultraviolet kiirgus, mis lagundab ligniini. Puit muudab oma värvi ja puidu pind laguneb aeglaselt. Loetakse, et kuiv puit kulub päikese poolsel küljel saja aasta jooksul 5- 12mm.

2.2.1.2.4. Bakterid

Bakterid puidu tugevusomadustele ei mõju, mõningad puidu liikidel võivad väheneda niiskusest tingitud paisumis- ja kahanemisomadusi. Bakterid tekitavad ebameeldivat lõhna.

2.2.1.2.5. Temperatuurimuutused ja külmumine

Külmumine kahjustab niisket puitu, sest jää maht on sama koguse vee mahust 9% suurem. Puidu struktuur kahjustub ja suurenevad niiskuskahjustused. Temperatuuri muutuste mõjul puit paisub ja kahaneb, mille tõttu tekivad puitu praod ja puidu tugevus hakkab langema

2.2.1.2.6. Abrasiivne kulumine

Puit võib kuluda ka mehaanilisel teel (N:põrandate kulumine). Abrasiooni kiirus sõltub koormuse suuruselt, puidu kõvadusest ja abrasioonijõudude suunast.

2.2.1.3. Puitseinte uuringud. Mõõteriistad ja kahjustuste kaardistamine

Üldjuhul on kandvad puitseinad kaetud. Kahjustustele viitavad viimistlusmaterjalide ja voodrilaudade välisilme muutused- pundumine, märgumine, koorumine jms. Samuti viitavad puidu võimalikele kahjustustele suur õhuniiskus (puidu niiskus). Kandekonstruktsioonide seisukorra kindlaks tegemiseks tuleks konstruktsioonid vastavates kohtades avada. Kõik tehtud šurfide asukohad kantakse hoone plaanile, fotografeeritakse ja määratakse kahjustuse liik- ulatus- põhjused. Muinsuskaitse all olevate hoonete korral tuleb konstruktsiooni avamiseks eelnevalt taodelda uurimistööde luba.

Mõnikord tuleb teostada konstruktsiooni avamisi ainult kandekonstruktsiooni tüübi määramiseks. Sellisel juhul piisab väiksemõõdulistest puuraukude tegemisest, mis läbistavad seinakonstruktsiooni.



Puidu niiskumõõtja (naeltega)

Puitseinte uuringutel tuleks määrata puidu niiskus. Puidu niiskumõõtjatel on otstes lamellid või naelad. Naeltega niiskumõõtjad töötavad materjali elektrijuhtivuse mõõtmise põhimõttel. Üldjuhul on mõõteseadme peal ka temperatuurinäidik



Endoskoop

Endoskoobi abil on võimalik vaadelda ja teha fotosi konstruktsioonist raskesti ligipääsetavates kohtades.

Õhuniiskuse määramiseks kasutatakse õhu termo-hügromeetreid. Pikemaajaliste uuringute korral ja sisekliima muutuste väljaselgitamiseks kasutatakse temperatuur ja niiskuse logereid.

2.2.1.4. Puitseinte tugevdamine, palkide asendamine

Puidu kahjustuste seiskamiseks tuleb peatada kahjustuste tekkimise põhjused, eemaldada- asendada või tugevdada kahjustunud puitkonstruktsiooni osad. Eelkõige tulekski pöörata tähelepanu puuduvate või kahjustunud hüdroisolatsioonide, veeplekkide, sadeveesüsteemide jms taastamisele.

Mädanikseente ja putukkahjustuste korral üldjuhul eemaldatakse kahjustunud puit ning sellega külgnev puit vähemalt 0,5m ulatuses. Ulatuslikema kahjustuste korral kasutatakse hooneosade (või kogu hoone) termilist või keemilist töötlemist

Puitkonstruktsioonide proteesimisel tuleks võimalusel kasutada sama hoone puitdetaili, et vältida kahjurite importimist hoonesse ja erineva niiskusesisaldusega puidu mahumuutusi. Uue asenduspuudu kasutamisel tuleb jälgida, et puidu niiskusesisaldus jääks vahemikku 12-15%.

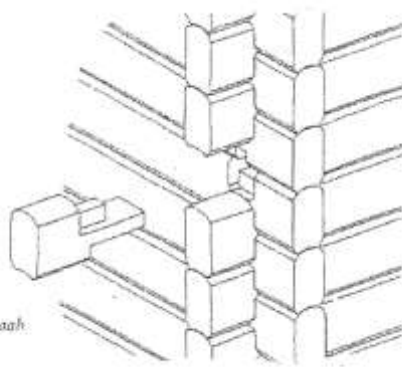
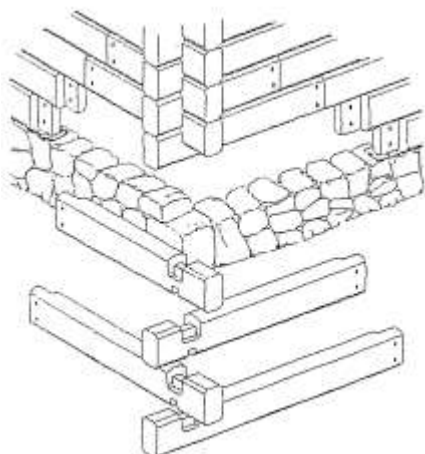
Juhul kui asendatavad puitkonstruktsioonid jäävad neile mittesobivasse keskkonda- seen- või putukkahjurite oht, kõrge niiskus, halb ventilatsioon, siis tuleks kasutada sügavimmutatud materjale. Olemasolevat puitu saab osaliselt kaitsta seen ja mardikkahjustuste leviku piiramise eesmärgil. Selleks võibatakse konstruktsioonid spetsiaalsete vahenditega (N:Deepkill puidukaitsepasta). Töötlus on pindmine.

Puitelementide kokkupuutel kivikonstruktsiooniga tuleks puit isoleerida ja võimalusel paigaldada hüdroisolatsioon. Kindlasti tuleb jälgida, et soklipealsed veelauad oleksid korralikult paigaldatud.

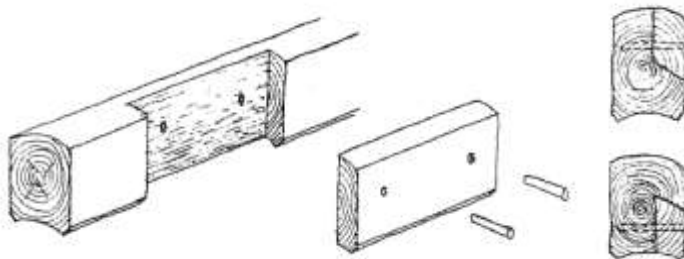
Alljärgnevalt mõned võtted rõhtpalkmajade kahjustunud palkide asendamiseks:

1. Hoone kahjustunud nurkade parandamine palkide osalise asendamisega

2. Üksiku sõlmepea asendamine

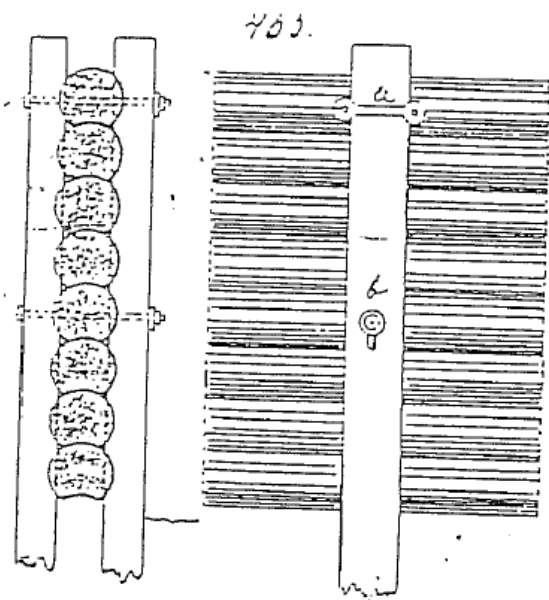


2. Osaliseks parandamiseks tuleb kasutada puitu, mille aastaringide suund on sama, mis väljatahtud palgitükil. Väliskülje horisontaalsed vuugid tuleb teha kaldega väljapoole



Joonised 17. Rõhtpalkmajad. Central Board of National Antiquities. Sweden 1997

Väljavajunud palkseinu saab jäigastada pingutustalade abil. Antud meetodit võib kasutada ka ajutise toetusena puitseina osalisel asendamisel.



Joonis18. Heino Uuetalu loengukonspektist

2.2.1.5. Palkseinte soojustamine

Üldjuhul ei ole muinsuskaitse all olevate hoonete lisasoojustamine lubatud hoone välisilme säilitamise eesmärgil. Palkmajade korral on oluline nende tuulepidavus. Selleks tuleks üle vaadata palkide vahed, hoone nurgad ja liitumissõlmed. Palkide vahed tihendada linatakuga. Eluhoonete korral kaaluda tuuletõkkeplaadi paigaldamist voodrilaua alla.

Välisvoodri remondil tuleb jälgida, et voodrilaua jääks puusüdamikuga pool väljapoole. Laudise all peab olema tagatud tuulutus, õhk peab pääsema sokli juurest välisvoodri alla ning ülalt uuesti välja.

Soojapidavuse ja helipidavuse tõstmiseks võib palkseinu seestpoolt soojustada pillirooplaatidega, mis kaetakse savi- või lubikrohviga. Sõrestikkonstruktsioonis seinaosade soojustamiseks sobib tselluvill.

Vanades puithoonetes ei soovitata kasutada umbseid veeauru mitteläbilaskvaid materjale (näiteks polüsterooli), mis võivad põhjustada puitosade märgumise tagajärjel hallitust ja seenorganismide aregnut. Samuti ei ole soovitatav kasutada tselluloosi sisaldavate materjalide kasutamist (N:kipsplaadid), mis on majaseentele heaks kasvulavaks.

ÕPPENMATERIAAL

2.2.2. Kiviseinad

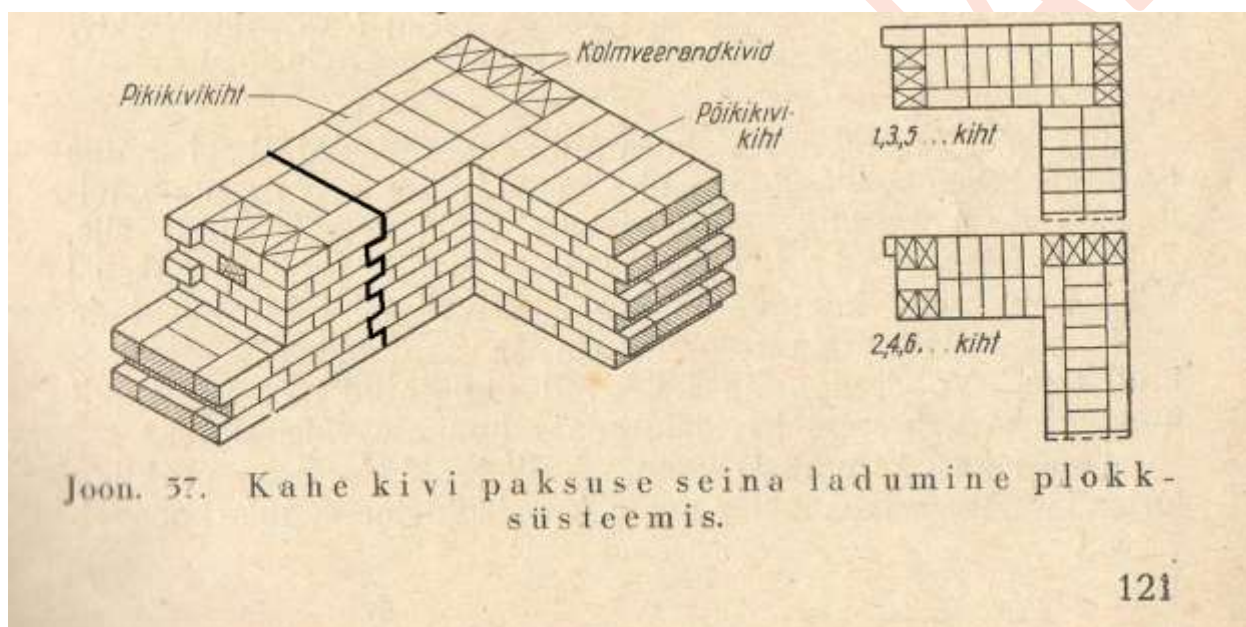
2.2.2.1. Ühekihilised kiviseinad.

Keldriseinte osas, alapunktis 2.1, on käsitletud looduskivimüüritisi.

2.2.2.1.1. Tellismüüritis klassikalises plokkseotises

Klassikalise plokkseotise reegliks on, et kõik ühe kihi püstvuugid on kaetud järgneva kihi tellistega. Telliste sidumine saavutatakse kolmveerandkividega seinte otstes ja nurkades.

Telliste asetus seinas oleneb seina paksusest. Kahekivi seina korral näiteks laotakse esimene kiht põikiteel, teise kihi pindmised read piki ja täidisread põikiteel. Kihid vahelduvad üle ühe. Puuduseks on see, et naaberkihtide põikvuugid on nihutatud ainult veerandtellise võrra, mistõttu on suurem prao tekkimise võimalus.



Joonis 19. Arvo Veski "Müüritööd" RK Pedagoogiline Kirjandus. Tallinn 1948 lk.121

2.2.2.1.2. Tellismüüritis ristseotises, gooti ja hollandi seotises

Erinevat värvi kivide ladumisel või nägusa müürikirja saavutamiseks on kasutatud puhasvuukmüüritises plokkseotistest aretatud keerukaid müüriseotisi.

Ristseotise puhul vaheldusid põiki- ja pikikivikihid, viimastes on omakorda iga järgmine kiht alumise suhtes poole tellise võrra nihutatud.

Gooti ehk poola seotise korral vahelduvad põiki ja pikikivikihid.

Hollandi seotise korral piki- ja põikikividest kihid vaheldumisi vahelduvad siduva põikikivihiga.

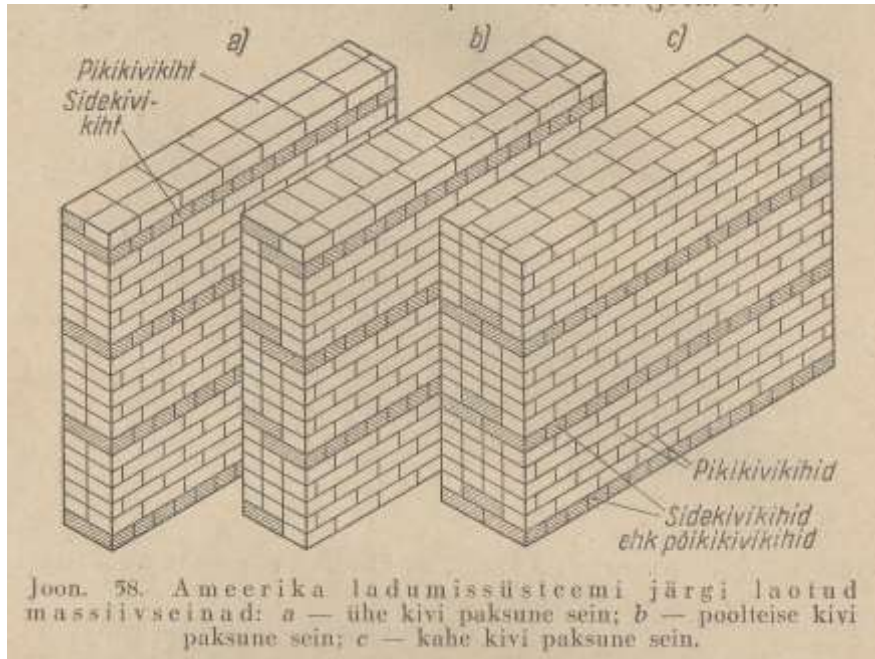
2.2.2.1.3. Tellismüüritis tavalises ehk ameerika plokkseotises

20-sajandil hakati tsementmörtide kasutusele võtmisel kasutama lihtsamat tavalist ehk ameerika plokkseotist, milles naaberkihtide püstvuugid langevad mõningal määral kokku. Võrreldes klassikalise plokkseotisega vajati vähem kolmveerandkive.

2.2.2.1.4. Tellismüüritis mitmekihilises seotises

Peale Teist Maailmasõda hakati Eestis korrushooneid laduma mitmekihilises seotises.

Kahekivipaksuste seinte seotiste tegemisel lähtuti sellest, et tsementmördil (tsement-lubimördil) laotud müüritise tugevus saavutatakse ka siis kui naaberkihtide püstvuugid teatud piirides kokku langevad. Vertikaalsed põikvuugid seoti igas kihis, aga verikaalsed pikivuugid kas iga kolmanda või viienda kihi tagant. Esimene kiht laoti põikkividest, teise kihi pindmised read pikikividest ning täidisread põikikividest. Kolmanda, neljanda, viienda, kuuenda kihi pindmised ja täidisread laoti pikikividest.



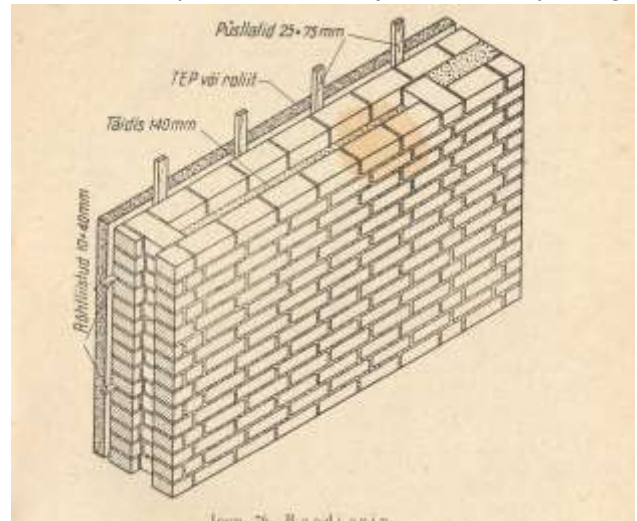
Joonis 19. Arvo Veski "Müüritööd" RK Pedagoogiline Kirjandus. Tallinn 1948 lk.122

2.2.2.2. Soojustatud tellisseinad. Erinevate seinatüüpide kirjeldused

Välisseinte soojapidavuse suurendamiseks hakati 1960-ndatel laduma hoonete seinu tädisekihiga. Tädiseks võis olla rübubetoon, saepuru- või turbatädis ja mineraalvatt. Lisaks hakati hooneid soojustama väljastpoolt TEP-plaatidega.

Tellisvooder laoti koos seinaga ja ühenduskivideks kasutati sidekive. Hilisemal ajal (kuni tänapäevani) hakati kasutama sideankruid. Selleks, et tädist oleks parem paigaldada, asetati sidekivid ühele joonele.

1. Lapikivist sisevoodri ja tädisekihiga tellissein
2. Raadi sein (Gerardi sein soojustatud TEP plaatidega)



Joonis 19. Arvo Veski "Müüritööd" RK Pedagoogiline Kirjandus. Tallinn 1948 lk.131 ja lk. 143

Vanemaks täidisekihi seinaks loetakse arhitekt Gerardi poolt 19.sajandi lõpul konstrueeritud seina, mis koosneb kahest välimisest $\frac{1}{2}$ kivi paksusest seinaosast, millede vahe on täidetud soojapidava materjaliga. Külgmised seinaosad on omavahel ühendatud püstvaheseintega.

Tartus Raadil võeti kasutusele Gerardi sein, mis vooderdati väljastpoolt isoleerplaatidega (N: TEP-plaatidega). Keskmine täidisekihi paksus on 140mm. Raadi seina puhul kasutati soojustusmaterjalina saepuru- või turbatäidist. Väljapoole paigaldatud isoleerplaadid kaitsesid seina ühtlasi välisniiskuse sissetungimise vastu.

2.2.2.2.1. Õõnesplokkidest ja suurplokkidest seinakonstruktsioonid

Väikeplokkide kasutati üldjuhul tööstushoonete ehitamisel. Materjali järgi võib õõnesplokid jagada kahte rühma: a) keraamilised õõnesplokid b) betoon-õõnesplokid

Peamiselt on seda tüüpi kive kasutatud vähekoormatud välisseinte (karkassi vahel) ja ka vaheseinte ehitamisel

Betoon-õõnesplokke valmistati kergest räbubetonist või raskest liivbetoonist. Õõnsuste eesmärgiks oli kivide kaalu vähendamine, materjali kokkuhoid ja soojapidavuse tõstmine. Algselt valmistati betoon-õõnesplokke ehitusel kohapeal. Betoon-õõnesplokke on kasutatud ka näiteks Tallinnas Vesilennukite angaari ehitusel (ehitusaeg 1916-1917)

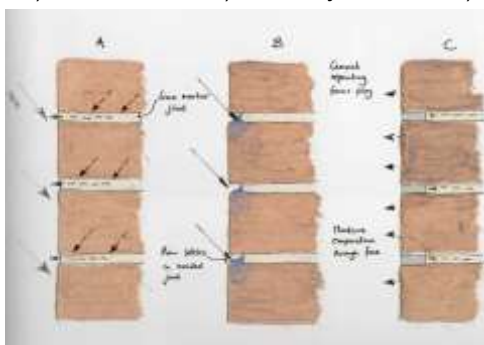
Suurplokksentest hakati hooneid ehitama peale Teist Maailmasõda. Algselt oli tegemist põhimõtteliselt täiskiviseintega. Materjalina kasutati gaas- või vahtbetooni. Plokkide laius oli 400-500mm, plokkide kõrgus 800-1750mm.

Alates 1960-ndatest hakati ehitama suurpaneelilamuid.

2.2.2.3. Kiviseinte kahjustused. Kahjustuste liigid ja põhjused.

Kiviseinte kahjustusi võivad põhjustada alljärgnevad asjaolud:

1. Projekteerimisvead:
 - Hoone ebaühtlastest vajumitest tingitud praod seintes. Põhjuseks aluspinnase ebapiisav kandevõime, põhjavee taseme muutused või hooneosade erinev koormamine. Vajumisvuukide puudumine.
 - Ülekoormusest tingitud praod valesti valitud koormuskombinatsioonide ja seinamaterjali vähese survetugevuse korral
 - Pikipraad hoone ebapiisavast jäikusest või temperatuurivuukide puudumisest
 - Hoone ümber- või pealeehitusel ei ole kontrollitud seinte ja vundamentide kandevõimet
 2. Ehitusvead:
 - Seinte niiskumine, märgumine ja lagunemine puuduva või ebapiisava hüdroisolatsiooni tõttu
 - Seinet murenemine fassaadide krohvimisel ja vuukide täitmisel tsementmördiga, mistõttu niiskuse kuivamine seintest on takistatud
- a) lubimördil sein b)mördi väljauhtumine c)tsementmördi korral lagunevad seinad (illustreeriv pilt kõrval)



Joonis 20. Roger Hunt & Marianne Suhr. Old House Handbook. Frances Lincoln Limited 2008

- Vundamentide vajumisest tingitud praod. Hoone vundamendi on rajatud täitepinnasele või külmunud pinnasele
- Praod talade toetuspunktides, sest vahelaetalad on toetatud seintele ilma koormusjaotusplaatideta või koormused on suurenenud
- Praod on tekkinud seintesse ümberehitustel kasutatud erinevate materjalide liitekohtadesse (erineva niiskuserežiimi, vajumise vms) tõttu
- Praod seintes on tekkinud uute avade rajamisel silluste ebapiisava toetus pikkuse, kandevõime vms tõttu
- Karniiside lagunemine räästaplekkide puudumise või ebaõige paigutuse tõttu
- Seinad on laotud ilma seotiseta



Joonis 21. H.Uuetalu loenukonsept I osa

3. Ekspluateerimisvead:

- Vajumispraod, mis on tingitud vee- või kanalisatsioonitorustike avarii tõttu
- Vajumispraod, mis on tekkinud sadevee valgumisel vundamendi alla vihmaveetorude, sadeveekanalite või ümbritseva maapinna vale kalde tõttu
- Külma kahjustused räästa lagunemise tõttu
- Katuse läbijooksudest tekkinud niiskus- ja külma kahjustused
- Lubimördi väljauhtumine vuukidest tuule ja vihma mõjul

2.2.2.4. Kiviseinte tugevdamine. Kahjustuste kaardistamine

Kõigepealt tuleb välja selgitada müüritisse tekkinud pragude tekkepõhjused ja määrata nende ulatus. Selleks tehakse kindlaks millise seinakonstruktsiooniga on tegemist ja kas on varasemalt esinenud ka ümberehitusi. Mõõdetakse tekkinud pragude laius, määratakse sügavus ja kaardistatakse pragude asukohad hoone vaadetele. Müüritise tugevust hinnatakse üldjuhul kogemustele tuginedes- lähtudes



visuaalsest vaatlusest, mördi või müüritise vastupanust naelaga kraapimisele või puurimisele. Silikaat- ja betoonseinte tugevust on võimalik ligikaudselt määrata näiteks Schmidt'i haamri abil.

Katse seadmeks on terasest vedruvasar, mis vedru vabastamisel lööb vastu betooni pinnaga kontaktis olevat otsikut. Terasvasara tagasipõrget terasotsikult mõõdetakse seadme raami külge kinnitatud lineaarskaalal.

Shmidt'i vasar

Kindlaks tuleks teha, kas pragude avanemine on sumbunud. Selleks asetatakse pragudele 50...100mm laiused ja 6...10mm paksused kipsmajakad. Krohvitud seinte korral raiutakse krohv majaka kohal maha, puhastatakse vuugid ja pestakse tolmust puhtaks. Majakad peavad alusmüüritisega tugevalt nakkuma. Majakatele kirjutatakse nende paigaldamise kuupäev.

Kiviseinte kahjustuste astet võib hinnata alljärgnevalt:

Kahjustuste aste	Kandevõime kaotuse %	Kahjustuste iseloomustus
Nõrgad	kuni 15	Püst- ja kaldpraod kuni läbi kahe rea. Vuugid tühjad kuni 3cm, tulekahjustused kuni 0,5cm
Keskmsed	kuni 25	Püst- ja kaldpraod kuni läbi nelja rea. Püstpraod piki- ja põikseinte ühenduskohtades. Vuugid tühjad, tulekahjustused 2cm sügavuselt
Tugevad	kuni 50	Püst- ja kaldpraod kuni läbi kaheksa rea. Vuugid tühjad kuni 10cm. Seinad välja vajunud kuni 1/3 oma paksusest. Piki- ja põikseinte ühenduste laialivajumine. Laiad praod talade toetuskohtades. Seinte suur paigast väljanihkumine rõhtsuunas. Seinad märjad, läbikülmunud.
Purustavad	üle 50	Üksikute seinaosade varisemine. Vuugid tühjad kuni poole seinapaksuseni. Seinad märjad, läbikülmunud, sügavad tulekahjustused

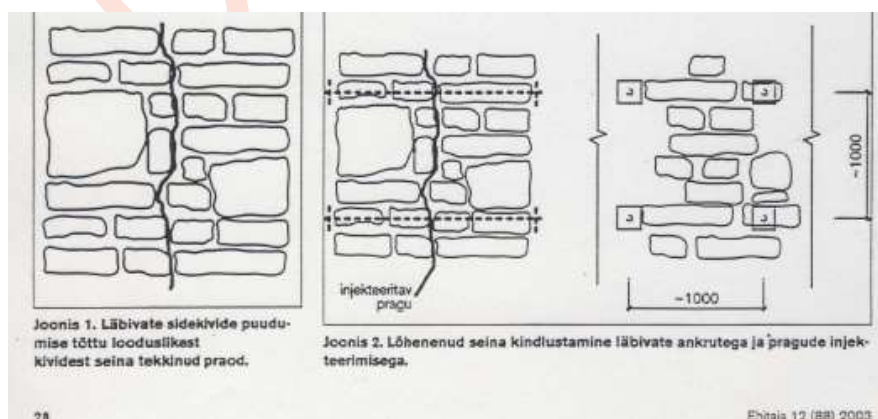
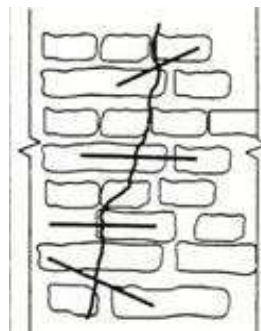
Joonis 22. Sulev Kääril „Hoonete remont ja restaureerimine“. Loengukursus. TTK Tallinn

2.2.2.4.1. Pragude kinnitegemine kiviseintes

NB! Esmalt likvideeritakse pragude tekkimise põhjused.

Alljärgnevalt on toodud mõned erinevad viisid pragude sulgemiseks kiviseintes:

1. Kitsamad praod (mitte seina läbivad) ja laiusega kuni 4cm suletakse plastse tsement-lubimördiga. Eelnevalt pragu puhastatakse ja niisutatakse. Mört surutakse prakku mördipumbaga.
2. Laiemate pragude korral on üheks võimaluseks purunenud kivide asendamine pindmises kihis ja keskosa pragude injekeerimine mördi või betooniga. Õhemate seinte korral võib kaaluda ka prao osas kogu seinakonstruktsiooni ümberladumisega.
3. Pindmiste pragude korral võib prao fikseerimiseks kasutada roostevabast terasest nn. klamberankruid, mis paigaldatakse risti prao levimise suunale.
4. Läbivate pragude korral looduskivist müüritisel seina laialivajumise vältimiseks paigaldatakse terasankrud läbi müüritise sammuga umbes üks meeter. Terasdetailid peavad olema roostevabad või äärmisel juhul töödeldud korrosioonivastase võõbaga. Praod injekteeritakse mördiga



Joonis 21. H.Uuetalu loenukonsept I osa

5. Suurte vajumite ja deformatsioonide korral saab pragude laienemist takistada metallklambrite abil. Seejärel täidetakse praod ja lõhed (lubi)tsementmördi või betooniseguga. Klambrid paigaldatakse krohvitud seinte korral süvistatult.

2.2.2.4.2. Kiviseinte tugevdamine

Olemasolevaid seinakonstruktsioone saab tugevdada kesta ehk nn. särgiga, mis takistab külgedeformatsioonide levimist ja tekkimist. Seina või posti tugevdatakse üldjuhul konstruktsiooni ebapiisava kandevõime korral. Levinumad on kolm põhilist tugevdusmoodustust nn.:

- terassärgiga
- raudbetoonsärgiga
- krohvitud võrguga

Arvutusmeetodeid Eesti standardites ei käsitleta. Tugevdusmetoodika tugineb СНП-ile (СНП II-22-81 Нормы проектирования. Каменные и армокаменные конструкции.). Antud loengumaterjalides on kasutatud V.Voltri poolt koostatud näiteülesandeid kivikonstruktsioonide tugevdamise kohta.

2.2.2.4.2.1. Terassärgiga tugevdamine

Kõige lihtsam ja levinum viis seiniosa või posti tugevdamiseks on terassärgiga. Posti nurkadesse paigaldatakse nurkraud, mis ühendatakse omavahel lattraudadega. Töötavaks suunaks on lattraud ümber posti. Pärast põikraudade keevitamist tuleb krohvida püstraudade ja posti vaheline osa täis küldeformatsioonide takistamiseks. Põikraud ei pea olema kõrgemargilisest terasest, sest nende kandevõime on oluliselt suurem müüritise omast. Põikraua kinnitamiseks on vaja küllalt suurt keevituspikkust- keevisjätk peab olema võrdtugev põikrauga. Täiendavat vertikaalkoormust saab vastu võtta ka püstraudadega kui need toetada ülalt ja alt.

Korrosioonikaitseks krohvitakse terassärg tavaliselt tsementkrohviga
Tugevuse avaldis on alljärgnev:

$$N \leq N_{Rd} = \psi \chi_{l(m)} \left[\left(\gamma_m f_d + \eta \frac{2,5\mu}{1 + 2,5\mu} \times \frac{f_{sw}}{100} \right) A + f_{sc} A_{s2} \right],$$

, kus

ψ - koormuse ekstsentrilisust arvestav tegur;
 $\chi_{l(m)}$ - nõrke- (pikipaande)tegur
 γ_m - müüritise seisundi hindetegur.
 Kui müüritises ei ole vertikaalpragusid, siis $\gamma_m = 1$,
 süsteemsete pragude puhul $\gamma_m = 0,7$;

f_d - müüritise arvutustugevus $f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$,

γ_M - materjali osavarutegur $\gamma_M = 2$
 f_{sw} - põikarmatuuri (-varraste) arvutustugevus;
 f_{sc} - püstraua arvutussurve tugevus;
 η - ekstsentrilisust arvestav tegur;

$$\mu = \frac{V_s}{V_m} \times 100$$

V_s - lattraua või rangi maht ümber posti

V_m - müüritise maht ühe lattraua (rangi) kohta ($= a \times b \times s$)

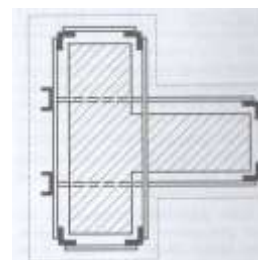
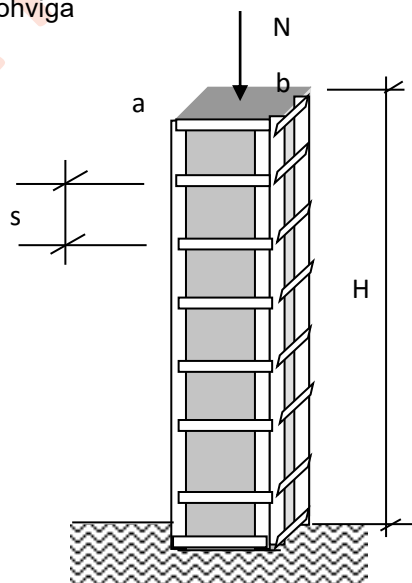
A_{s2} - püstraua ristlõikepindala.

Tsentrilise surve puhul $\psi = \eta = 1$,

ekstsentrilise surve puhul $\psi = 1 - 2e_0/t$,

$$\eta = 1 - 4e_0/t, \quad \text{kus}$$

t - ristlõike kõrgus (müüri paksus)



Joonis 22. Seiniosa tugevdamine terassärgiga
Ehituskonstruktori käsiraamat. Tallinn 2010

Müüritise normsurvetugevuse hinnangulisel määramisel võib kasutada alljärgnevat tabelit:

Täiskividest müüritise normsurvetugevus f_k (N/mm²)

Kivide normaliseeritud survetugevus f_b (N/mm ²)	Mördi survetugevus f_m (N/mm ²)			
	2,5	5	10	15
5	2,3	2,5	2,6	2,6
10	4,7	5,0	5,2	5,3
15	5,8	6,3	6,6	6,8
25	7,6	8,2	8,7	9,0
35	9,1	10,0	10,5	10,9
45	10,3	11,5	12,1	12,7
55	11,2	12,9	13,6	14,3

2.2.2.4.2.2. Raudbetoonsärgiga tugevdamine

Raudbetoonsärg on terräsärgist efektiivsem, sest betoon tagab särgi tiheda liikumise vastu konstruktsiooni. Pikemate seinte korral tuleb kasutada lisavardaid läbi seina. Lisavarraste vahekaugus ei tohiks olla suurem kui müüritise paksus ja mitte rohkem kui 1m, kõrguses ei tohiks lisavarraste samm olla üle 0,75m. Lisavarraste töötamisteguriks võetakse 0,5.

Posti ümber paigaldatakse armatuurvõrk, mis koosneb püstvarrastest ja kinnistest rangidest. Seejärel tehakse raketis ja valatakse betoon. Kasutatakse peeneteralist betooni. Raketis tehakse 1...1,5m järkudena.

Raudbetoonsärgi tugevust kontrollitakse avaldisega

$$N \leq N_{Rd} = \psi \chi_{l(m)} \left[\left(\gamma_m f_d + \eta \frac{3\mu}{1+\mu} \times \frac{f_{sw}}{100} \right) A + \gamma_b f_b A_b + f_{sc} A_{s2} \right],$$

kus

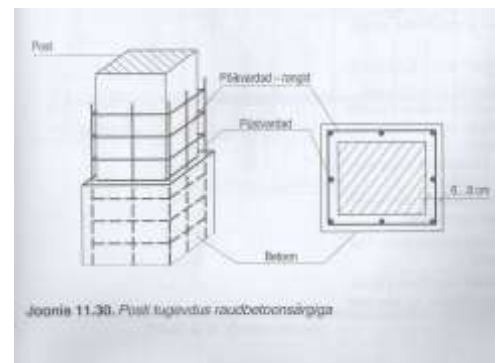
γ_b — betoonsärgi töötamist arvestav tegur. Kui koormus antakse vahetult betoonsärgile ja on olemas alumine toetus, siis $\gamma_b = 1$, kui alumine toetus puudub, siis $\gamma_b = 0,7$, kui betoonsärg ei ole otseselt koormatud ega toetatud, siis $\gamma_b = 0,35$.

μ — pöikarmeerimise tegur,

Avaldises väljendab sulgudes olev 1. liige pragunenud posti tugevuse eksperthinnangut,

2. liige – sama posti tugevdamisest saadavat lisa,

3. liige – püstvarrastest iseseisvat tööd.



Joonis 11.30. Posti tugevdamine raudbetoonsärgiga

Arvutustes soovitatakse kasutada teraste vähendatud tugevusi arvestades, et süsteem hakkab tööle alles pärast kõikide osapoolte ühisdeformatsioonide tekkimist.

Armatuuri (terase) soovituslikud tugevused :

Armatuuri (terase) tööskeem	Arvutuslik tugevus MPa
	Terase tugevusklass S235
Pöikarmatuur f_{sw}	130
Püstarmatuur ilma alumise ja ülemise toetuseta f_{sc}	40

Sama, ühest otsast ülekandegaga	120
Sama, toetus mõlemast otsast	170

Olemasolevaid raudbetoonposte võib samal meetodil tugevdada.

Teras- ja malposte tugevdatakse samuti sarrustatud betoonümbrise valamise teel.

2.2.2.4.2.3. Krohvitud võrguga tugevdamine

Olemasolevalt konstruktsioonilt eemaldatakse vana krohv. Pinnad puhastatakse ja niisutatakse.

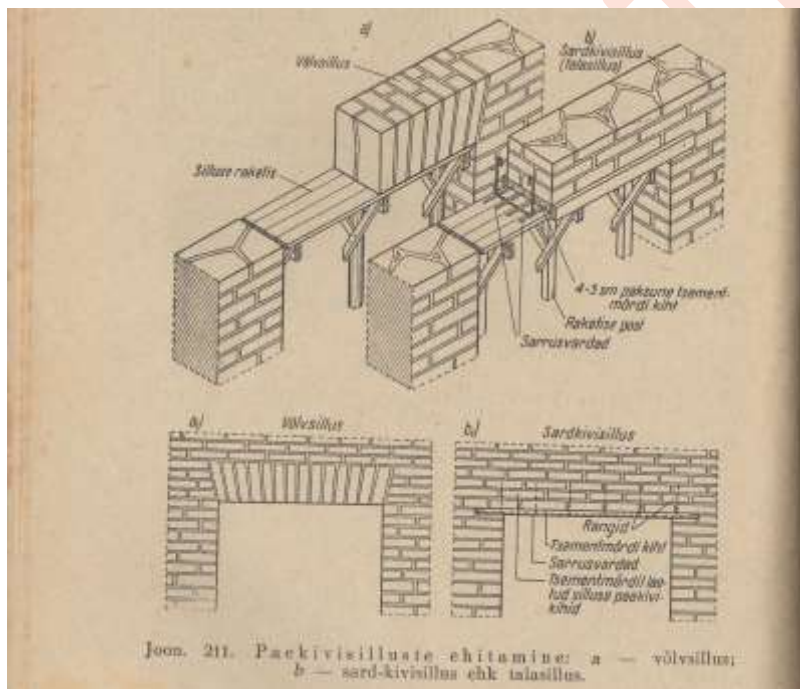
Paigaldatakse ümber tugevdatava osa püstvardad Ø6...10mm, 60...100mm vahedega. Paigaldatakse rangid ja teostatakse tsementmördiga torkreetkrohvimine. Torkreetkrohvi kihi paksus on 30...40mm.

Arvutus on analoogne raudbetoonsärgiga tugevdamise lahendusega.

2.2.2.5. Sillused

Algselt kasutati avade sildamiseks looduskivimüüritistes võlvsilluseid. Võlvsillused võivad olla sirged (ava kuni 1,5m), lameda kaarega või poolringi kujulised kaarsillused. Võlvsilluste kihtide vahelised vuugid peavad suunduma kaare tsentrisse, kus peavad ühtlasi lõikuma kandade suundjoonega. Silluste ladumist alustatakse kandadest ja lõpetatakse lukukiviga.

Kuni 2m avade sildamiseks hakati hilisemal ajal ehitama sarrustatud kivililluseid, mille korral müüritise vuukidesse paigaldati sarrusvardad. Suuremate avade sildamiseks kasutati (kasutatakse) monoliitset raudbetooni, terastalasi (-latte). Vanemate hoonete puhul on avad tihti siilatud puittaladega.



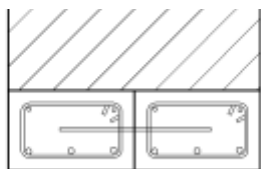
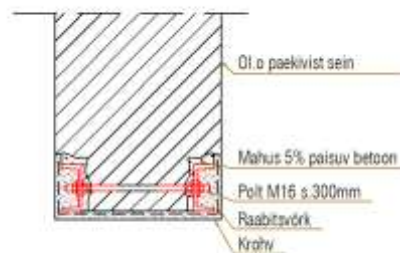
Võlvsillused ja sarrustatud kivilillused

Joonis 24. Arvo Veski "Müüritööd" RK Pedagoogiline Kirjandus. Tallinn 1948 lk.276

Sillutes esinevate pragude korral tuleb kõigepealt välja selgitada nende tekkimise põhjused. Suurte kontsentreeritud koormuste korral võib kaaluda koormuste ümberjaotamist või jagamist kõrvalolevatele seintele.

Väiksemate kahjustuste korral piisab vuukide täitmisest ja silluse korrastamisest. Avariilised sillused tuleks kas uuesi üles laduda, asendada teras- või raudbetoonsillusega või tugevdada terastaladega.

Olemasolevatesse kiviseintesse tehakse uusi avasi üldlevinult terastaladega, laiemate müüride korral tehakse mõnikord ka monoliitsest raudbetoonist sillused.



Terastaladega silluse paigaldamiseks lõigatakse alguses planeeritava ava kohale süvendid ja paigaldatakse mõlemile poole seina terastalad toepikkusega vähemalt 250mm. Talad ühendatakse omavahel poltidega. Talad kiilutakse tihedalt vastu müüritist ja täidetakse vahed tsementmördiga. Peale terastalade paigaldamist lõhutakse välja planeeritav ukse- või aknaava. Terastalad kaetakse hiljem krohvikihiga, milleks paigaldatakse terastala ümber eelnevalt krohvivõrk.

Silluste tegemisel tuleb jälgida, et olemasolevad konstruktsioonid oleksid võimalikult vähe koormatud. Raudbetoonsillused sobivad väiksema ava korral, kus võlviefekti tõttu on seina osaline varisemine väiksem; ühepoolse silluse korral või seina koormuste ümberjagamiseks. Allakukkunud kivid laduda uuesti, silluse pealsed vahed täita

2.2.2.6. Näiteülesanne. Tellisposti tugevdamine

Näiteülesandena käsitleme analoogset posti ja selle kandeskeemi nagu V.Voltri loengumaterjalides. Tugevduslahenduseks valime aga betoonsärgi.

Ülesande lähteandmed:

Posti kõrgus $H = 3,0$ m;

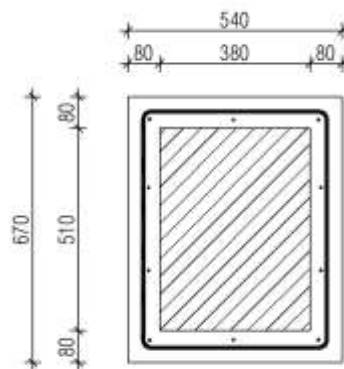
Posti laius $a = 0,38$ m;

Posti laius $b = 0,51$ m;

arvutuskooormus

$N = 500$ kN;

$f_k = 6,0$ MPa.



Kandevõimearvutuse teeme avaldisega

$$N \leq N_{Rd} = \psi \chi_{i(m)} \left[\left(\gamma_m f_d + \eta \frac{3\mu}{1+\mu} \times \frac{f_{sw}}{100} \right) A + \gamma_b f_b A_b + f_{sc} A_{s2} \right],$$

Valime kõik tugevdusraud tugevusklassiga S235- madalama klassi terase kasutamine on tugevduste puhul efektiivsem (teras kasutatakse paremini ära). Eeldame, et kivipost oli pragudega, seega $\gamma_m = 0,7$. Tugevduselemendid valitakse üldiselt kogemuste alusel, tehakse kontroll ja vajadusel korrigeeritakse valitud profiile või mõõtmeid.

Eeldame, et koormuse ekstsentrilisus on null ja nõtketuriks võtame $\chi_{i(m)} = 1,0$.

Kontrollime posti kandevõimet avaldise esimese liikme järgi:

$$N_{Rd} = \psi \chi_{i(m)} \gamma_m f_d A = 1,0 \times 1,0 \times 0,7 \times 3,0 \times 10^6 \times 0,38 \times 0,51 = 407 \times 10^3 \text{ N} = 407 \text{ kN} < 500 \text{ kN}$$

⇒ post vajab tugevdamist.

Valime rangideks ja püstvarrasteks sarruse Ø8, sammuga 150mm. Betoonsärgi paksuseks arvestame 80mm, tugevusklassiga C25/30.

Arvestame tsentrilise survega. Tsentrilise surve puhul

$$\psi = \eta = 1,$$

$$\mu = \frac{V_s}{V_m} \times 100 = \frac{(8^2 \times \pi / 4) \times 2100}{380 \times 510 \times 150} \times 100 = 0,36$$

V_s - sarruse maht ümber posti

V_m – müüritise maht ühe lattraua (rangi) kohta ($= a \times b \times s$)

Seega rangide mõju müüritise tugevusele oleks

$$= \psi \chi_{i(m)} \eta \frac{3\mu}{1+\mu} \times \frac{f_{sw}}{100} \times A = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times \frac{3 \times 0,36}{1+0,36} \times \frac{130}{100} \times 380 \times 510 = 200070 \text{ N} = 200 \text{ kN}$$

Järgmisena vaatleme betoonsärgi mõju posti tugevuse kasvule. Arvestame, et betoonsärk ei ole alt ega ülevalt toetatud:

$$= \psi \chi_{i(m)} \gamma_b f_b A_b = 1,0 \times 1,0 \times 0,35 \times 16,7 \times 168000 = 981\,960 \text{ N} = 982,0 \text{ kN}$$

Püstarmatuuri posti kandevõimet ei tohiks eriti suurendada, sest sarrused ei ole vastu külgnevaid konstruktsioone

$$= \psi \chi_{i(m)} f_{sc} A_{s2} = 1,0 \times 1,0 \times 40 \times 10 \times \frac{8^2 \times \pi}{4} = 20\,096 \text{ N} = 20,1 \text{ kN}$$

Tugevdatud posti kandevõimeks saaksime

$$N_{Rd} = 407 + 200 + 982,0 + 20,1 = 1609,1 \text{ kN} > 500 \text{ kN}$$

⇒ posti kandevõime on antud lahenduse korral varuga tagatud

ÕPPENMATERIAAL

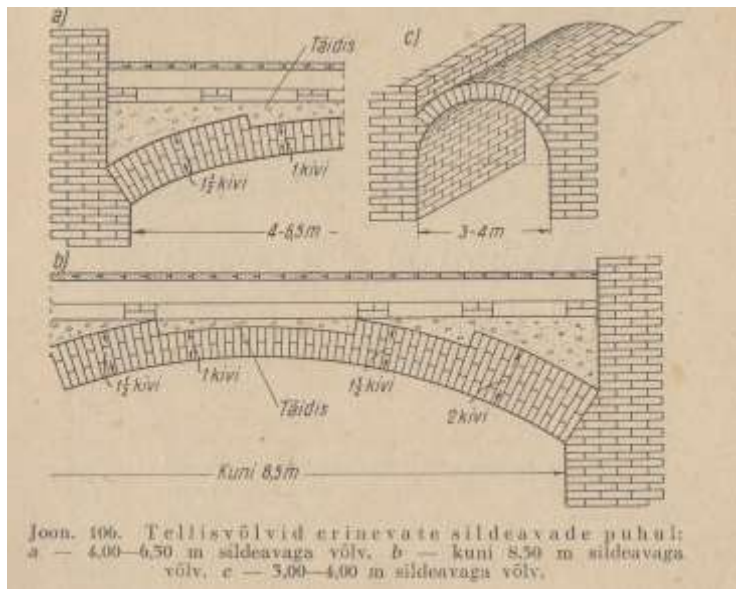
3. Vahelaed. Ajaloolised konstruktsioonid. Kahjustused ja remont

3.1. Völvid

Eestisse jõudsid oskused ja teadmised kivikonstruktsioonide s.h völvide ladumisest alles 12.sajandi lõpus seoses ristisõdadega. Esimesed kivehitised olid kirikud ja kloostrid.

Ehitismaterjalina kasutati Põhja-Eestis kohalikku ehitismaterjali- paekivi. Lõuna-Eestisse jõudis samal perioodil teadmised savitelliste põletamisest ja müürladumisest.

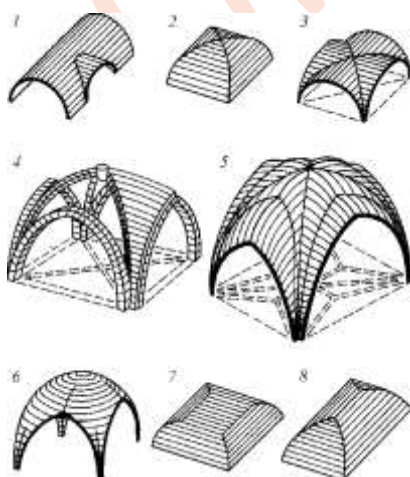
Völvide sildeava jääb üldjuhul 3- 8m piiresse.



Joon. 106. Tellisvölvid erinevate sildeavade puhul: a — 4,00—6,50 m sildeavaga völv, b — kuni 8,50 m sildeavaga völv, c — 3,00—4,00 m sildeavaga völv.

3.1.1. Völvide tüübid.

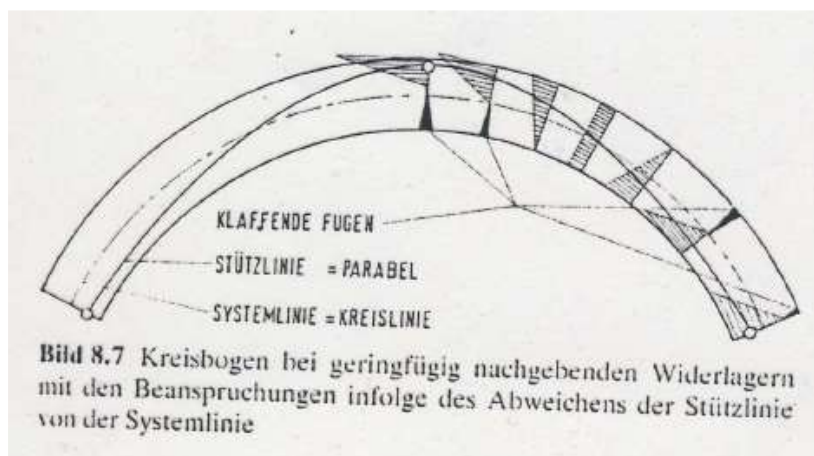
Lihtsaim ja levinuim völvitüüp on silindervölv. Kasutatud on peamiselt keldriruumide lagede sildamisel. Kloostrivölv toetub neljal küljel ühtlaselt seintele. Tavaline ristvölv moodustub silindervölvide lõikumisel, kasutatud on avaramate keldriruumide lagedena. Toetub nurkades postidele ja servades seintele. Ristroidvölvi kanduriteks on roided, millede vahele on laotud völvli pinda moodustavad kivid.



1. silindervölv
2. kloostrivölv
3. servjoonvölv ehk ristvölv
4. ristroidvölv
5. tähtvölv
6. domikaalvölv
7. peegelvölv
8. moldvölv ehk künavölv

3.1.2. Arvutusskeem.

Võlvide(kaarte) arvutusmetoodika aluseks on kolme liigendiga kaar. Paraboolse ideaalkaare korral oleks lukuliigendis paimdemoment võrdne nulliga ja survejõud mõjuks luku tsentris. Poolringi arvutusskeemi korral mõjub survejõud ekstsentriliselt ja põhjustab ristõikes tõmbepingeid. Müüritis ei ole aga suuteline tõmbepingeid vastu võtma ja seetõttu tekivad tõmbetsooni praod.

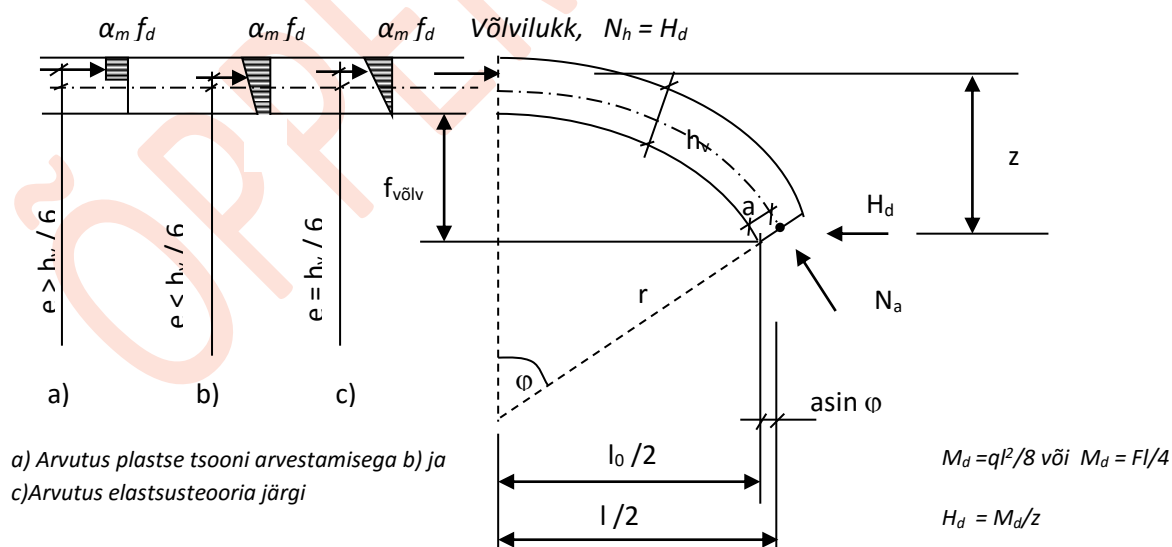


Joonis 2. Heino Uuetalu. Loengud I

Lukuliigendi tasakaaluvõrrandi järgi saadakse horisontaalreaktsioonid. Selleks arvutatakse moment lihttala skeemi kohaselt. Horisontaalkomponendi suurus leitakse momendi ja jõu öla suhtena. Võlvi

(kaare) kandevõime on piisav kui $H_d \leq R_{hd} = \alpha_m \frac{f_k}{\gamma_M} t(h_v - 2e)$, kus

- | | |
|---------------|---|
| H_d | - arvutuslik kannareaktsioon, survejõud lukus; |
| f_d | - müüritise arvutussurveugevus; |
| f_k | - müüritise normsurveugevus; |
| α_m | - müüritise horisontaalsuunalist töötamist arvestav tegur |
| $t(h_v - 2e)$ | - müüritise survejõudusi vastuvõttev ristlõike pindala |

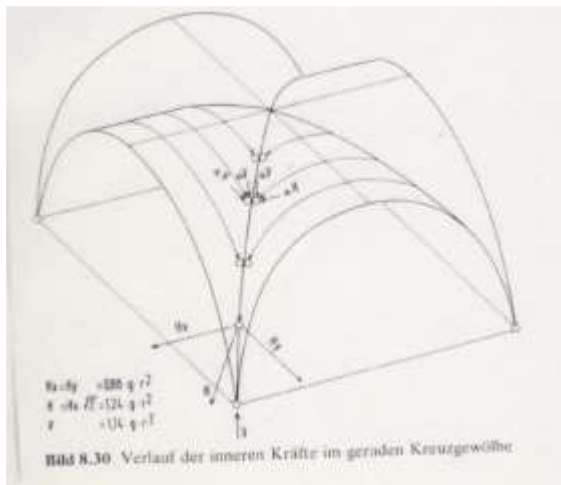


Joonis 3. V.Voltri. kivikonstruktsioonid. Konstruktsioonielementide ja sõlmede tugevdusahendused. TTÜ 2000

Võlvide korral tuleb teha lisaks ka võlvi kandevõime kontrollile ka võlvi kanna nihke- ja seina või toeposti tugevuskontroll. Nihkekontrolli aluseks on tekkiv horisontaaljõud.

Toeposti (seina) tugevuskontrolli aluseks on võlvis tekkiv vertikaaljõud, mille väärtus saadakse tugele kohta kirjutatud tasakaaluvõrrandite kaudu (ühtlaselt jaotatud koormuse korral $v=q/l/2$)

Ristvõlvi korral saadakse sisejõud horisontaal- ja vertikaaljõu komponentide diferentseerimisel piki silinderpindade lõikejoont.



Joonis 4. Heino Uuetalu. Loengud I

3.1.3. Kahjustused. Kahjustuste liigid ja põhjused

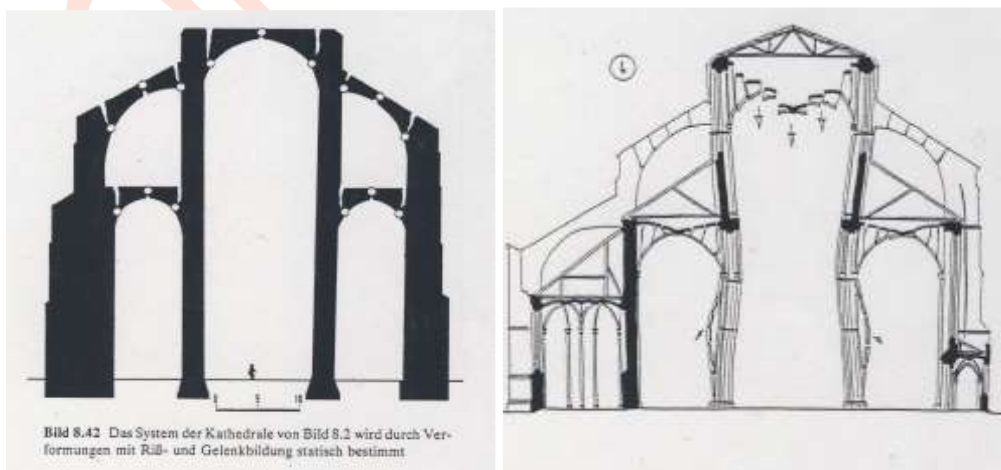
Võlvide pragunemist ja varingut võivad põhjustada nii juba ehitamisel tehtud vead kui hilisemad ümberehitused.

Võlvi kaar võib olla valitud liiga madal, mistõttu kivide vahelist nihkepinda ei moodustu. Lisaks on madalama kaare korral suuremad horisontaaljõud, mis võivad põhjustada külgnevate seinakonstruktsioonide deformeerumist.

Külgnevate konstruktsioonide ebapiisav kandevõime võib samuti põhjustada võlvide pragunemist. Hoone kandeseinte (-postide) erinevad vajumid või muul moel deformeerumised muudavad võlvi kuju ja tekitavad lisapingeid.

Võlvid võivad olla deformeerunud või täiendavalt pragunenud ümberehituste käigus suurenenud koormuste tõttu.

Praod võivad tekkida ka katuse puudumise või läbijooksude tõttu, mille tagajärjel on kivide vahelt mört uhutud ja kivid lõhenevad külmakahjustuste tagajärjel.



Joonis 5. Heino Uuetalu. Loengud I

3.1.4. Tugevdamine

Kõigepealt tuleb välja selgitada kahjustuste põhjused ja need likvideerida. Pärast seda võib ühe võimalusena kaaluda võlvi osalist ümberladumist.

Võlvi ebapiisava kandevõime korral ja või suurte deformatsioonide juures võib kaaluda kandva betoonvahelaie rajamist võlvide kohale ja võlvide nn. riputamist selle külge. Võlve saab tugevdada ka võlvi peale valatava armeeritud betoonsärgi abil.

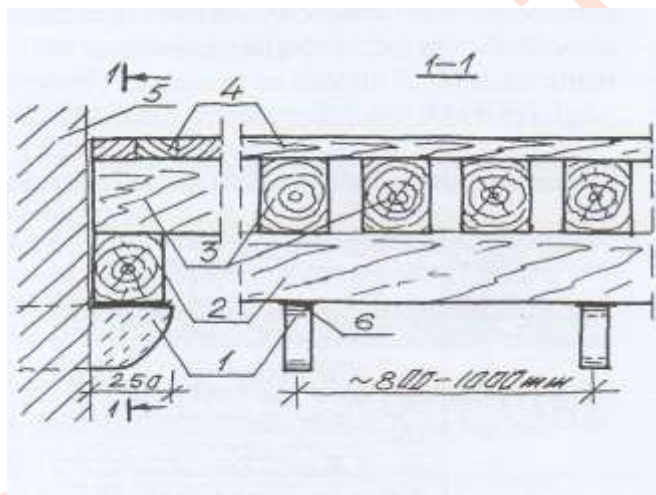
Väiksemaid konstruktsioone või kohtparandusi on võimalik teha ka terasriputite või tõmbidega.

3.2. Puitlaed

3.2.1. Puitlagede tüübid.

3.2.1.1. Talalagi

Keskajal ehitati kivihoonete vahelaed puidust nn. talalagedena. Talalagede korral on massiivsed, peaaegu ruudukujulise ristlõikega puittalad paigaldatud üksteise kõrvale. Selliste talalagede sildeava võib ulatuda 10-12 meetrini. Laetalad ei toetu kiviseina sisse, vaid seinäärsele puidust talale. Puidust seinäärne tala toetub omakorda seinast väljaulatuvatele paekivist konsooltaladele. Puit- ja kiviosad on isoleeritud kasetohuga. Talastik oli esialgselt mõeldud alt avatuna, puittaladel võib esineda ka maalinguid. Hilisemalt hakati olemasolevaid talalagesi esteetilistel kaalutlustel katma krohviga, mille alla paigaldati eelnevalt puitlaudis ja krohvimatid. Kahtluste korral tuleb puitlagesi avada ettevaatlikult ja osade kaupa, et vältida võimalike maalingute vms kahjustamist.



- 1- paekivist konsoolid
- 2- konsoolidele toetuv murispuu
- 3- laetalad
- 4- põrandalauad (6cm) või paeplaadid (keldri lagedes)
- 5- paemüüritis
- 6- isoleermaterjal (kasetoht)

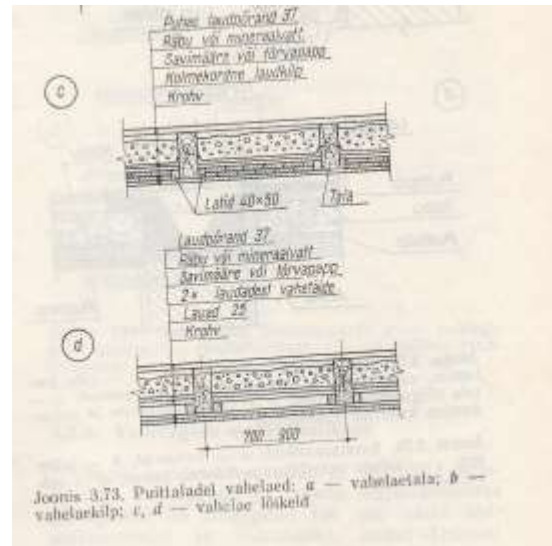
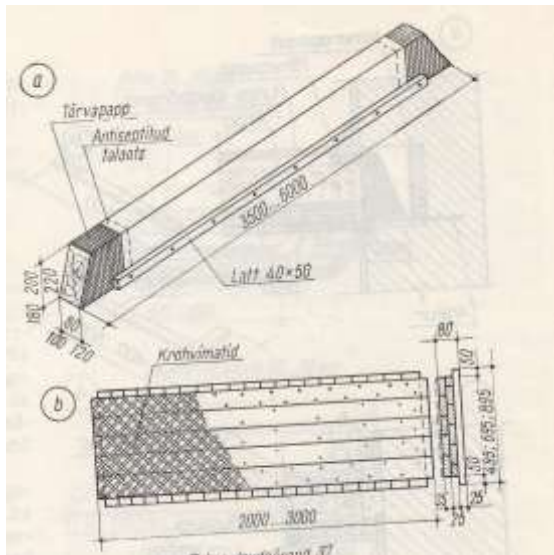
Joonis 6. Sulev Käärid. Hoonete remont ja rekonstrueerimine II osa. Tallinn 2004

3.2.1.2. Puittaladel puistetäitega vahelagi

Enne 1960-ndaid oli levinumaiks vahelaetüübiks elamute korral puittaladel puistetäitega vahelagi. Puittalad on paigaldatud enamasti 1...1,2m sammuga. Talade vahel on nn. must lagi tiheda laudisega, mille peale on paigaldatud puistetäidis. Tädiseks võis olla liiv, räbu või hiljem ka saepuru. Talade alla kinnitati laelaudis koos krohvimattidega. Nõukogude aja alguses valmistati tüüpseid puidust vahelaekilpe, mis olid antiseptitud ja kaetud juba krohvimattidega.

Antud tüüpi vahelaed on hea helipidavuse ja tulekindlusega. Kahekordsete elamute korral tagab tulekindluse lagede krohvikihht, mis on üldjuhul ligi 25mm paksune.

Pööningu vahelagede tädisena on tulekindluse eesmärgil kasutatud enamasti liiva (pealt on lagi sellisel juhul laudisega katmata)



Joonis 7. E. Talviste. Hooned. „Valgus“ Tallinn 1983

3.2.2. Kahjustused. Kahjustuste liigid ja põhjused

Puittaladel vahelagede peamiseks kahjustusteks on niiskuse tagajärjel tekkinud mädanikkahjustused. Alljärgnevalt on toodud neist levinumad:

- tala otsad on puidumädaniku tagajärjel nõrgestunud puuduva hüdroisolatsiooni või tuulutuse puudumise tõttu
- puittalad ja laudised on mädanikkahjustustega kanalisatsiooni- ja veetorustike läbijooksude kohtades
- puittalad on mädanikkahjustustega katuse läbijooksude või avatud katuseakende aluses osas

Lisaks võivad talad olla liigselt läbi vajunud täitematerjali märgumise, ebapiisavate ristlõigete või koormuste suurenemise tõttu. Puitmaterjali kahjustusi ja selle põhjuseid on käsitletud põhjalikumalt loengumaterjali esimeses osas.

3.2.3. Puitlagede uuringud. Mõõteriistad. Kaardistamine

Puidust vahelagede avamisi tehakse peamiselt hoonete ümberehitusi planeerides. Selgitamaks täpsemalt välja vahelae konstruktsiooni, kandevõimet ja võimalike ümberehituste võimalusi. Selliste uuringute tegemiseks avatakse üldjuhul põrandalaudis umbes 0,5x0,5 meetri ulatuses ja määratakse kandekonstruktsiooni kõik ristõiked ja materjalid.

Puidust vahelagede võimalikud kahjustused ja ulatus on üldjuhul visuaalselt aimatav. Krohvi pragunemine laes viitab laetalade liigsele läbivajumisele.



Läbivajumite suurust on võimalik mõõta näiteks lasernivelliiri abil. Selleks mõõdetakse piki tala alumist pinda kaugused lasernivelliiri horisontaalkiirest (NB! Põranda suhtes ei ole tavaliselt võimalik mõõta, sest ka põrandakonstruktsioon võib olla mingil määral läbi vajunud). Erimite kaudu saab kätte talade läbipainde suuruse ja hinnata, kas need jäävad lubatud piiridesse.

Suuremaid remont- või ümberehitustöid tehes oleks soovitatav siiski avada konstruktsioonid ja määrata arvutustega vahelagede tugevdamise vajadus.

Lasernivelliir horisontaalse ja vertikaalse nähtava laserkiirega

Laes esinevad läbijooksude jäljed, krohvi on märgumine, pragunemine ja irdumine viitavad, et vahelaekonstruktsioonid võivad olla juba mingil määral kahjustunud. Võimalusel tuleks vahelagi antud piirkonnas avada ja määrata kahjustuste ulatus.

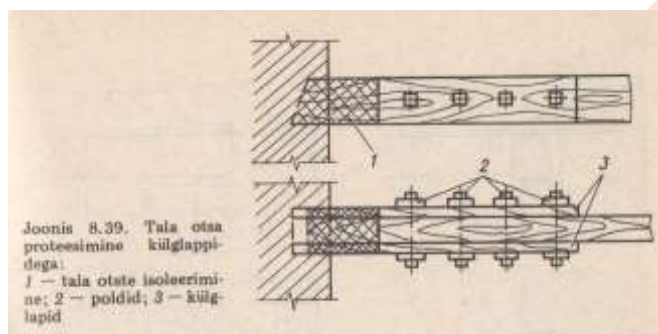
Vahelae osaline läbivajumine viitab juba tõsisematele ja pikaajalisematele probleemidele. Tuleb määrata kahjustuste ulatus ja planeerida vahelagede osaline taastamine.

Vahelae avamiste asukohad kantakse korruste plaanidele, tähistatakse ja kirjeldatakse ekspertiisi aruandes. Plaanidel tähistatakse mõõtjoontega ära kahjustuste ulatus ja iseloom. Kõikide šurfide kohta antakse ekspertiisi aruandes seletav joonis, kuhu on kantud vahelae konstruktsioon ja ristlõigete mõõtmed. Ekspertiis peab olema tehtud sellises mahus, mis võimaldaks hiljem projekteerijal anda konkreetseid lahendused tugevdamiseks, asendamiseks või ümber ehitamiseks.

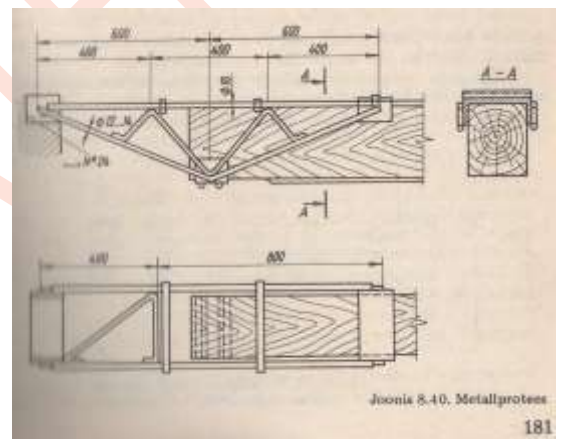
3.2.4. Puittalade tugevdamine ja asendamine

3.2.4.1. Puittalade proteesimine

Kiviseintesse toetatud talad on tihti kõdunenud liigse niiskuse tõttu. Kui kandetala on üldiselt terve ja kahjustunud on ainult toeapiirkond, siis levinuima lahenduse kohaselt asendatakse kahjustunud talaosa proteesiga. Ühendus liidetakse poltidega kinnitatud külglappide abil. Protees tuleb dimensioneerida, arvestades peamiselt mõjuvaid põikjõudusi. Tala otsad ja külgnevad puitosad tuleb antiseptida.



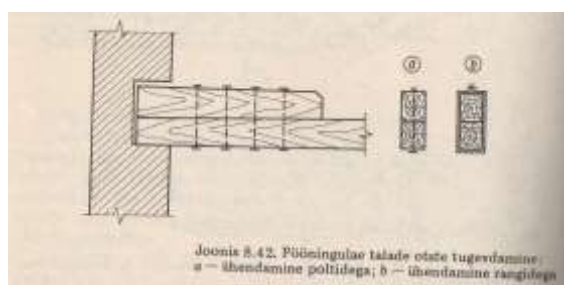
Joonis 8. H. Korrovits, A.Kull, S.Rapoport. „Valgus“ Tallinn 1986



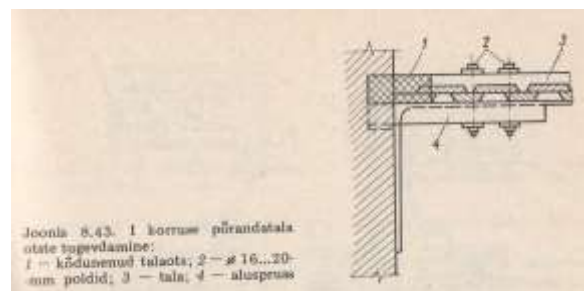
Juhul kui puittala on vähesel määral kõdunenud ainult seina sees, siis võib tala toetamiseks paigaldada karpraua ja kõdunenud osa lihtsalt eemaldada. Suurte avade korral võib kasutada ka metallproteesi. Terasdetailid tuleb kaitsta korrosioonivastase vahendiga. Proteeside paigaldamise ajal peavad talad olema toetatud.

3.2.4.2. Puittaladest vahelae tugevdamine

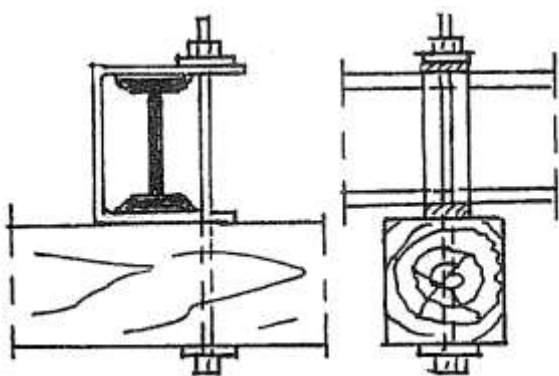
Põikjõu kandevõime suurendamiseks paigaldatakse tugedele abiprussid, mis ühendatakse olemasoleva talaga poltide abil. Selline lahenduse puuduseks on ristlõigete oluline suurenemine.



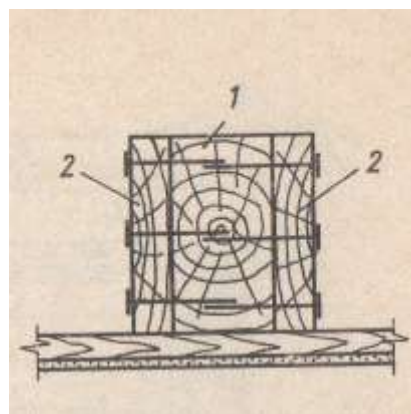
Joonis 9. H. Korrovits, A.Kull, S.Rapoport. „Valgus“ Tallinn 1986



Pööningulae talastikku saab ka toetada (ehk riputada) ja mõningal määral sirgestada talade pealispinda paigaldatud terastalade abil. Puittala riputatakse sellisel juhul pingutuspoltide ja rangide abil terastala külge (joonis 10).



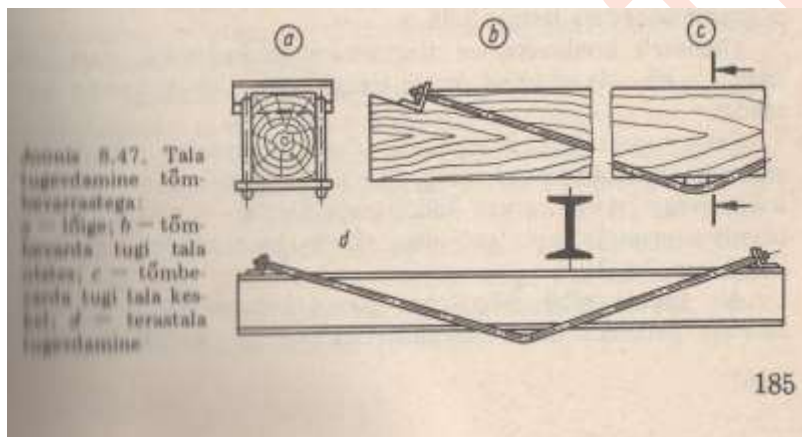
Joonis 10. H. Korrovits, A.Kull, S.Rapoport. „Valgus“ Tallinn 1986



Joonis 11. Sulev Käärid. Hoonete remont ja rekonstrueerimine II osa. Tallinn 2004

Kui kogu vahelae kandevõimet on vaja suurendada, siis võimalusel võib paigaldada olemasolevate talade vahele lisatalasi või suurendatakse tala põiklõiget abitalade külge naelutamise teel (joonis 11).

Koormuste olulisel kasvul planeeritakse uus kandekonstruktsioon olemasoleva kohale. Olemasolev lagi jääb sellisel juhul ainult iseennast kandma.



Joonis 12.

H. Korrovits, A.Kull, S.Rapoport. „Valgus“ Tallinn 1986

Juhul kui talade läbivajumid ei jää lubatavatesse piiridesse või on ebastabiilsed, siis võib kaaluda talade tugevdamist tõmbevarraste abil. Tõmbevarrad valmistatakse latti või ümarterasest ja paigaldatakse mõlemale poole tala

Vahelage on võimalik tugevdada ka kandvate seinte, talade ja postide abil- muutes liiga suure sildega puittalad kaheksilidelisteks. Selle meetodi raskendavaks tingimuseks on, et alla planeeritav konstruktsioon ei tohi vajuda rohkem kui tugevdustalade eeldatav läbipaine.

3.3. Terastaladel vahelaed

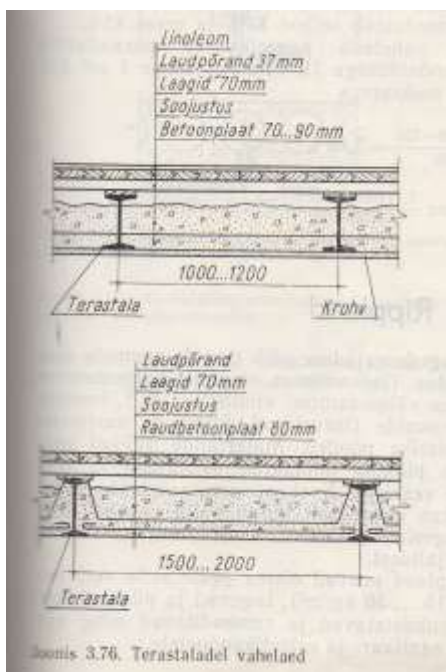
3.3.1. Terastaladel vahelagede tüübid.

Alates 19.sajandi keskpaigast hakati peamiselt keldrilagesid ehitama terastaladele toetuvatena. Levinumad terastaladel vahelagede tüübid olid alljärgnevad:

- terastaladel tellisvõlvlaed (20.sajandil ka armeeritud tellivahelaed)
- terastaladel betoonvahetäitega
- terastaladel puitvahetäitega

Enamasti on sellisel juhul kandvateks taladeks I-profiil ehk topelt t-talad, mille alumisele flantsile toetub terastalade vahele paigaldatud abikonstruktsioon (tellis, betoon või puit). Antud tüüpi lagede

3.3.1.2. Terastaladel betoonvahetäitega vahelaed



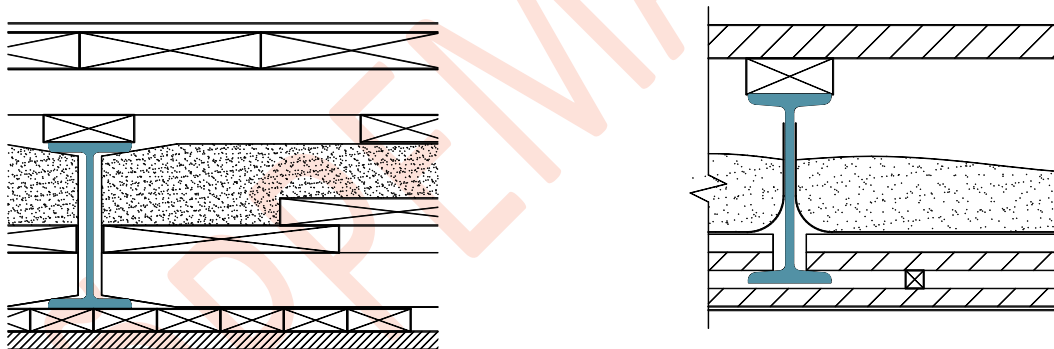
Hoonete keldrilagesi hakati ehitama terastaladel betoonvahetäitega seoses sellise lahenduse pikema eluea ja parema niiskustaluvuse, tulepüsivusnõuete jms tõttu. Tihti on vanemates puithoonetes nõukogude ajal puidust keldrilaed lammutatud ja ehitatud nende asemele terastaladel betoonvahetäitega lagi.

Üldjuhul on betoonosa paksuseks 7- 10cm, armeeritud sileda traadiga. Varasemad laed valati alt kumerad, nii et moodustus kaarjas aluspind. Uuemate vahelagede puhul on terastalad valatud juba betooni sisse, et kaitsta neid korrodeerumise eest. Betoonplaadi peale on paigaldatud puistetäide. Põrandatalad on toetatud terastaladele, betoonosa koormamata.

Joonis 18. E. Talviste. Hooned. „Valgus“ Tallinn 1983

3.3.1.3. Terastaladel puitvahetäitega

Peale Teist Maailmasõda ehitati ja taastati pommitamistel/põlengute tagajärjel hävinenud hoonete vahelagesi terastaladel, kus talade vahele paigaldati plangud või puitkilbid. Krohvimiseks naelutati lakke krohvimatid. Täitena kasutati šlakki või liiva.



Joonis 19. Terastaladel puitvahetäitega laed (EEB töödest)

3.3.2. Kahjustused. Kahjustuste ulatuse määramine. Kahjustuste liigid ja põhjused

3.3.2.1. Korrosioon

Terase peamiseks kahjustuse põhjuseks on korrosioon.

Metalli korrosiooni põhjustavad peamiselt elektrokeemilised reaktsioonid metalli ja vedeliku (elektrolüüdi) kokkupuutepinnal. Korrosiooni intensiivsus oleneb keskkonna agressiivsuse astmest ja metalli korrosioonikindlusest. Korrosiooni intensiivsust iseloomustab korrosioonikiirus, s.o. ajaühikus korrodeeruva metalli hulk pindalaühiku kohta ($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$) või metalli pinnal korrodeeruva kihi paksus ajaühikus (mm/aastas)

Keskkond loetakse mitteagressiivseks kui süsinikterase korrosiooni kiirus on kuni 0,01mm aastas. Nõrgalt, keskmiselt ja tugevalt agressiivses keskkonnas on vastavad määrad 0,01..0,05; 0,05...0,5 ja üle 0,5mm aastas.

Keskkonna agressiivsusest oleneb veekile mõju kestusest, aga ka atmosfääris leiduvate gaaside koostisest, lahustuvusest ja hügrokoopsusest. Välisõhus võib veekile mõju kestus olla väga erinev, olenevalt niiskuse tsoonist. Hoonesisene korrosioon on eriti intensiivne juhul, kui konstruktsiooni pinnal moodustub kondensaat.

Lisaks niiskusele põhjustab terase korrosiooni õhus leiduvad gaasid. Eriti aktiivset korrosiooni põhjustavad kloor, fluorvesinik, kloorvesinik, lämmastikoksiid ja väävelvesinik.

Olemasolevate terastalade seisukorda tuleb hinnata ja määrata nende korrodeerumise ulatus. Tugevuserutuste teostamisel tuleks arvestada vähenenud ristlõikega.

Tabel 12.36. Keskkonna saasteklassid

Keskkonna saasteklass	Massi ja paksuse vähenemine esimesel kasutusaastal				Keskkonnaklassi ligikaudne kirjeldus	
	Vähese süsinikusisaldusega teras		Tsink			
	Massi vähenemine g/m ²	Paksuse vähenemine µm	Massi vähenemine g/m ²	Paksuse vähenemine µm	Väliskeskkond	Sisekeskkond
C1 eriti leebe	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	–	Kõetavad puhta õhuga ruumid (koolid, bürood, kauplused, hotellid jne)
C2 leebe	10–200	1,3 – 25	0,7 – 5,0	0,1 – 0,7	Puhas maaõhk, kus saasteainete kogus on tühine	Kütmata ruumid, kus võib tekkida kondensaat (laod, spordihallid)
C3 mõõdukas	200–400	25 – 50	5,0 – 15	0,7 – 2,1	Mõõduka SO ₂ saastega linna- ja tööstuspiirkonnad, vähese soolasisaldusega mereõhk	Kõrge niiskuse ja mõõduka saastega tootmisruumid (toiduainetööstus, pesulad)
C4 agressiivne	400–650	50–80	15–30	2,1–4,2	Keskmise soolasisaldusega tööstus- ja mereäärsed alad	Keemiatööstuse tsehhid, siseujulad, rannikul paiknevad dokid
C5-I eriti agressiivne	650–1500	80–200	30–60	4,2–8,4	Niisked ja saastatud õhuga tööstuspiirkonnad	Pidevalt niisked ruumid, kus on kõrge saasteaste
C5-M eriti agressiivne merekeskkond	650–1500	80–200	30–60	4,2–8,4	Kõrge soolasisaldusega ranniku- ja merealad	Pidevalt niisked ruumid, kus on kõrge saasteaste

Joonis 20. Ehituskonstruktori käsiraamat. Tallinn 2010

Korrodeerunud terastalad tuleb enne värvimist liivapritsiiga puhastada puhastusastmeni Sa 2½.

3.3.2.2. Terastaladel vahelagede kahjustused

Terastaladel vahelagede peamiseks kahjustuseks on terastalade korrosioon. Eriti avaldub see keldriruumide lagede korral, kus terastalade alumine pind on katmata ja pidevas niiskes keskkonnas olles on talad tugevate roostekahjustustega.

Terastalade vahele paigaldatud betoon võib olla pragunenud betooni karboniseerumise ja sarruse korrodeerumise tagajärjel.

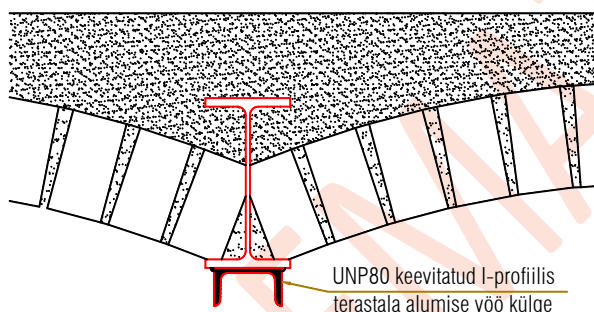
Terastalade vahele paigaldatud puittalad võivad olla mädanenud torustike läbijooksude vms veekahjustuste tõttu.

Terastaladest vahelagedel võib esineda liiga suuri läbivajumeid suurte sildeavade ja ümberehitustest tingitud täiendavate koormuste korral.

3.3.3. Terastaladest vahelae tugevdamine

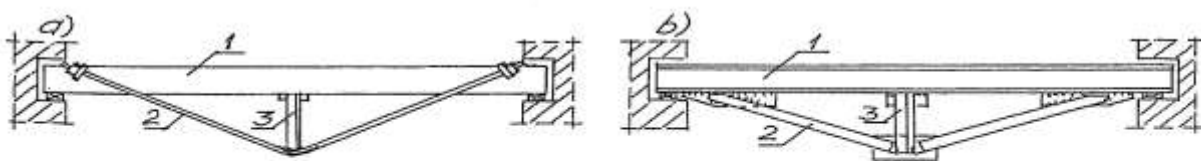
Kõige levimuid ja lihtsaim viis on terastala tugevdamine vöödele keevitatud teraslehest lappidega. Selleks keevitatakse tala ülemisele ja alumisele vööle terasest lisalapid, mille tõttu suurenevad tala pinnamomentide väärtused. Tugevdamist on võimalik lihtsalt teostada ja metallikulu on väike.

Terastala tuleb kontrollida paindele, läbivajumisele ja tala toepiirkonnas põikjõule



Joonis 21. Joonis Ehitusekspertiisbüroo OÜ arhiivist

Suurte koormuste korral muudetakse tala kolmnurkseks sprengefermiks. Talade tugevdamise ajaks tuleb



Joonis 8.32. Talade tugevdamine terasvarrastest sprengliga:
a – puittala; b – terastala; 1 – tala, 2 – sprenglivöö, 3 – post

vabastada nad muudest koormustest ja toetada ajutiselt postidega.

Joonis 21. Sulev Käär. Hoonete remont ja rekonstrueerimine II osa. Tallinn 2004

Tugevduslahendusi on mitmeid, lahendus tuleb välja kujundada vastavalt etteantud tingimustest ja piirangutest. Terastaladest puitvahelage on võimalik tugevdada ka näiteks eelpingestatud tõmbevarraste abil, pingutustrossidega jms.

3.4. Raudbetoonlaed

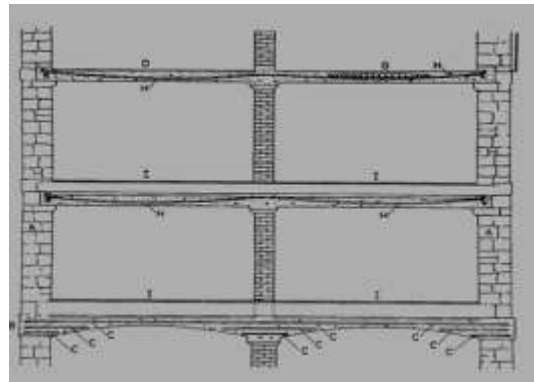
3.4.1. Raudbetoonist vahelagede tüübid.

3.4.1.1. Raudbetooni ajalugu ja kasutamine Eestis

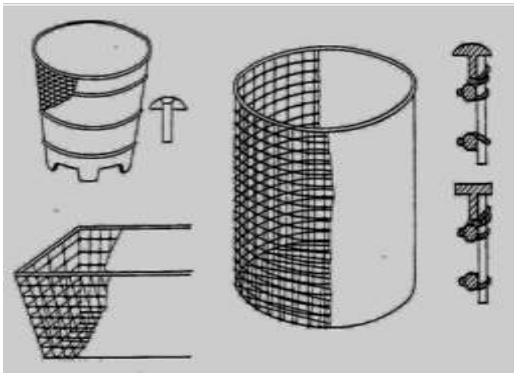
Ajalooliselt loetakse raudbetooni leiutajaks prantsuse aednikku Joseph Monier'i, kes patenteeris 1867.aastal enda valmistatud raudbetoonist lillepoti. Varasemalt oli aga juba valminud 1850-ndal aastal prantslase Lambot'i poolt ehitatud raudbetoonist paat. 1854.aastal patenteeris Wilkinson raudbetoonist tulekindla vahelaekonstruktsiooni.



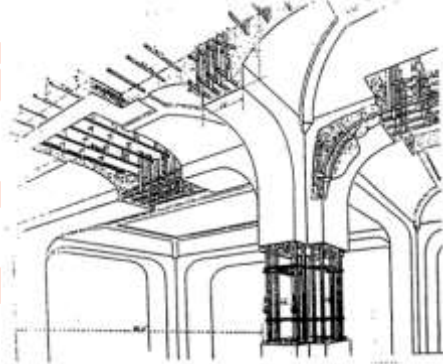
1850.aastal valminud Jean-Louis Lambot sõudepaat



1854.aastal W.Wilkinsoni poolt patenteeritud tulekindel vahelagi



1867.aastal J.Monier'i raudbetoonist lillepott



1870.aastal patenteeritud Hennebique system

Raudbetooni arengut võimaldas portlandtsemendi kasutuselevõtt (Varasemalt oli kasutatud nn. hüdraillist tsementi). 1824. a patenteeris inglise tööstur Joseph Aspdin portlandtsemendi. Selle koostist täiustati oluliselt 1844. aastal inglase Isaac Johnsoni poolt.

Raudbetoonkonstruktsioonide omadused- hea tulepüsivus, konstruktiivselt otstarbekas, erinevaid vorme võimaldav- tagasid laia kasutuselevõtu kõikide ehitustüüpide korral (1889 a- ehitati esimene raudbetoonist sild, 1904a- esimene raudbetoonist pilvelõhkuja, 1922a- ehitati Pariisi raudbetoonist kirik)

(Raud)betooni laiemat kasutuselevõttu Eestis tähistab 1871.aastal Kunda tsemenditehase avamine. Tähelepanuväärsemad esimesed raudbetoonehitised Eestis olid tööstus ja militaarhooned.

1903 Sindi kalevivabriku kella- ja veetorn
1911-1912 Estoni teatri laekonstruktsioonid
1912 Lutheri mööblivabriku masinasaal ja mööblitsehh
1912-1914 Bekkeri tehasekompleks
1914 Rohuküla sadama mageveehoidla seenvahelagi
1914-1915 Noblessneri tehasekompleks
1916-1917 Tallinna Miinisadama vesilennukite angaarid

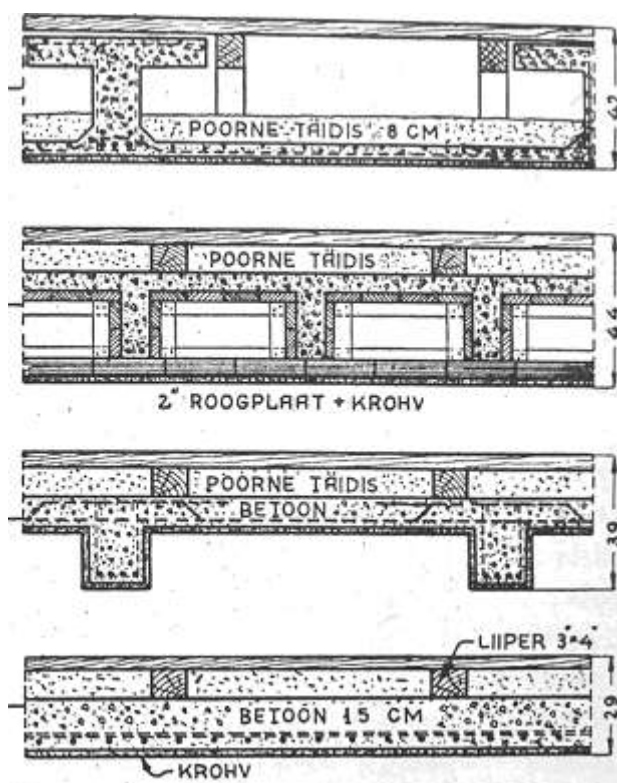


3.4.1.2. Monoliitsest raudbetoonist vahelaed

Esimeste raudbetoonkonstruktsioonide ehitamise ajal oli sellekohane projekteerimisteooria veel alusjärgus. Tollel ajal puudusid tänapäeval kasutatavad varutegurid ja pöörati vähem tähelepanu nõutavatele kaitsekihtidele. Armeeriti madalamargilise sarrusega, mille voolavuspiir jäi ligikaudu 295 Mpa kanti. Kasutatav betoon on tihti poorne ja väikse survetugevusega.

Raudbetooni kasutuselevõtu algusaegadel projekteeritud konstruktsioone iseloomustab projekteerimisel taodeldud optimaalsus ja eksperimentaalsus. Tööstushoonete vahelagede -Lutheri mööblivabrik- paksus on talastike vahel näiteks ainult 80mm. Renoveerimiskontseptsiooni väljatöötamisel tuleb arvestada sellega, et ehitamisel võidi tihti teha ka vigu (N: jäeti paigaldamata rangid, kasutati ebakvaliteetset materjali, betoneeriti ebasoodsates tingimustes jms).

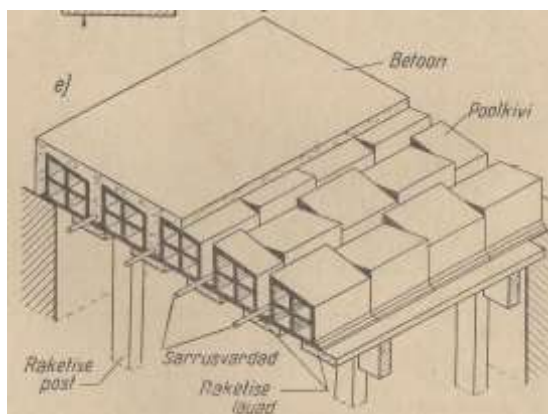
Raudbetooni hakati elamute vahelagedena laialdasemalt kasutama esimese Eesti Vabariigi ajal.



- Ülespööratud ribidega nn. soome lagi
- Raudbetoonist talalagi raketisega
- Raudbetoonist talalagi
- Raudbetoonplaat

Joonis 22. M.Suits magistritööst- Jürgenson L.Tulekindlatest lagitarinditest. –Tehnika Kõigile, 1940, nr 1, lk 10

3.4.1.3. Õonesplokkidest vahelaed



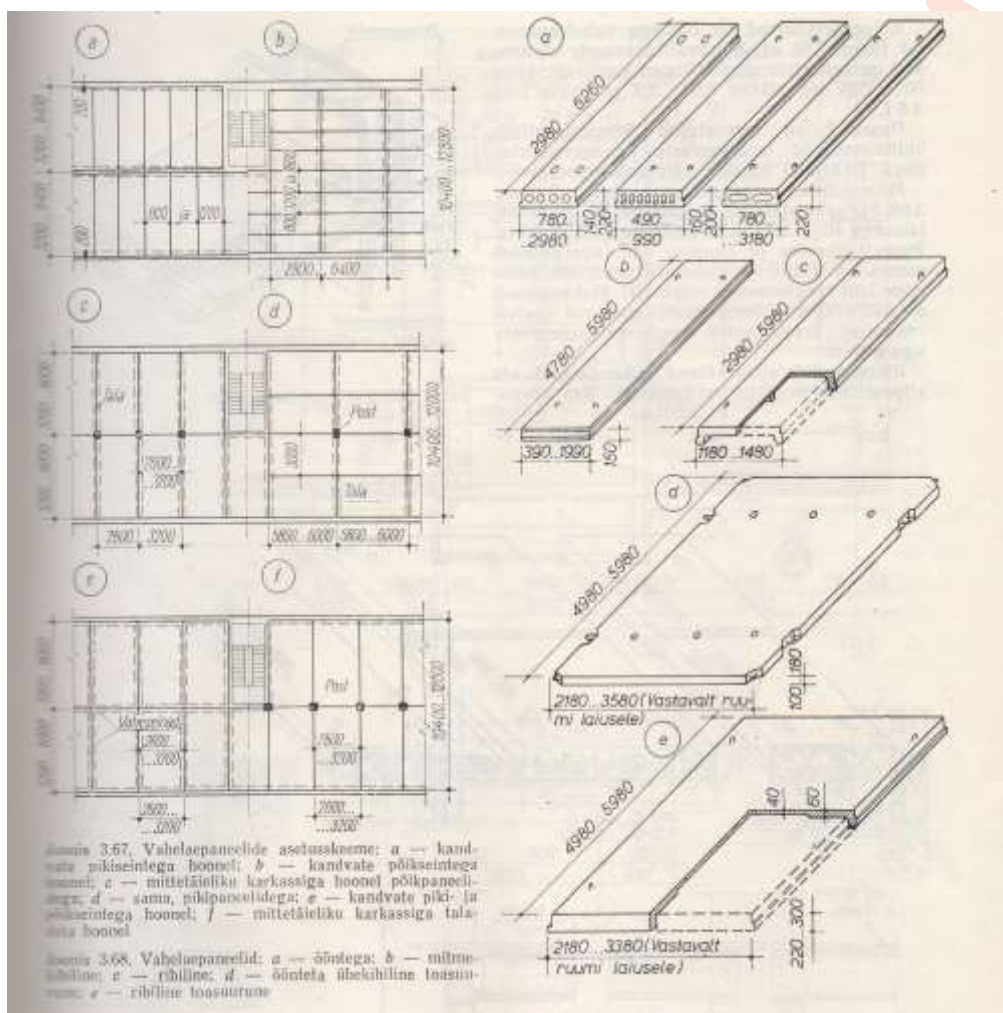
ENSV algusaastatel, enne raudbetoonpaneelvahelagede massilist tootmist, kasutati ühiskondlike hoonete ja kortermajade vahelagedes põletatud savist õonesplokke, mille vahed armeeriti ja betoneeriti. Vahelage nimetatakse õoneskivide tüübi järgi „Venko“ vahelaeks. Eesmärgiks oli vähendada raudbetoonist vahelae omakaalu, kasutada vähem sarrust, suurendada sooja- ja helipidavust.

Õonesplokkidest sai teha kuni 5,5m sildeavaga ruumide vahelagesi. Ribidesse paigaldatud sarruse läbimõõt oli 8-24mm. Toodeti erineva kõrgusega kive- 10cm- 25cm.

3.4.1.4. Monteeritavast raudbetoonist vahelaed

Eestis hakati 1960-ndatel tootma massiliselt monteeritavaid vahelaeelemente. Vahelaepaneele valmistati nii tavalisest raskbetoonist kui ka kergbetoonist. Kasutati nii monteeritavaid raudbetoonist õõnes- ja ribipaneele, ühe ja mitmekihilisi paneele ja õhukesi valtsitud ribipaneele (joonis 25). Paneele valmistati tüüptoodetena, projekteerimise aluseks olid tootekataloogid. Kataloogides oli antud ka tüüpsemate toodete kandvõimed.

Monteeritavate elementide võidukäik ja nõudmine kiiretele, tüüpsetele, majanduslikult odavatele lahendusele viis selleni, et vahepealsel Nõukogude perioodil oli lubatud ehitada ainult monteeritavaid elemente kasutades. Kohtraudbetooni kasutati ainult renoveerimisel ja erandkordadel.



Joonis 24. E. Talviste. Hooned. „Valgus” Tallinn 1983, lk. 121

Betooni soojuspaisumistegur on $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$. Temperatuuri kõikumisel konstruktsioon pikeneb või lüheneb, mistõttu konstruktsiooni võivad tekkida praod. Näiteks 50m pikkune betoonsein pikeneb temperatuuri tõusmisel 20°C võrra 10mm ($\Delta l = 10^{-5}/^{\circ}\text{C} \times 50\,000\text{mm} \times 20^{\circ}\text{C} = 10\text{mm}$)

2. Erosioon

Betooni puhul üldjuhul erosiooni mõju on väike, sest tegemist on tugeva materjaliga. Võib esineda tuulele avatud aladel pikaajalise protsessi tagajärjel. Tuule mõjul toimub betooni osakeste eraldumine, tavaliselt siiski mõne soodustava lisakomponendi olemasolul (UV-kiirgus, külmumine, soolade kahjustused vms)

3.4.2.3. Raudbetooni kahjustused tulekahju tagajärjel

Korrektset ehitatud ja projekteeritud raudbetoonkonstruktsioonid omavad nõutavat kindlust tulekahjude puhul, kaasaarvatud vastupanu veejoale. Raudbetoonkonstruktsioonide vastupanu lakkab siis, kui betoonis asetsevas armatuuris on temperatuur tõusnud kriitiliseni, s.o $400-600^{\circ}\text{C}$. Sellise temperatuuri saavutamine on peale tulekahju režiimi veel kaitsekihi omadustest. Kuigi ehitusfüüsikast on teada, et betoon on elamute seintes hea soojajuhtivusega materjal, takistab siiski näiteks 25mm paksune betoonkiht armatuuris kriitilise temperatuuri saabumist normaalse tulekahjurežiimi ($800-1000^{\circ}\text{C}$) puhul 2,5 kuni 3 tunni kestel, ilma et esineks lubamatuid jäävdeformatsioone või erilisi defekte, mis tõsiselt ohustaksid konstruktsiooni kandevõimet. Katsetega on kindlaks tehtud, et mingit osa mängib ka betooni täitematerjali liik. Tulekindluse mõttes osutub paremaks paekivikillustik, halvimal ränikivimid.

Pingbetoonkonstruktsioonid ei ole tulekahju seisukohalt rohkem ohustatud, sest

- kõrgemargiline ja tihedam betooni soojajuhtivus on suurem ja seega soojust juurdepääs pingevarrastele kergem
- kõrgemargiliste teraste käitumine kõrgetes temperatuurides on halvem, sest nad kaotavad suure osa oma tugevusest juba võrdlemisi madalatel temperatuuridel
- kuna betoonis asetsevad pingevardad omavad veel madalamaid temperatuure kui teda ümbritsev betoon, siis selle tagajärjel pingestatakse pingevardaid täiendavalt ja on võimalus, et kogu tõmbepinge pingevarrastes ületab terase voolavuspiiri.

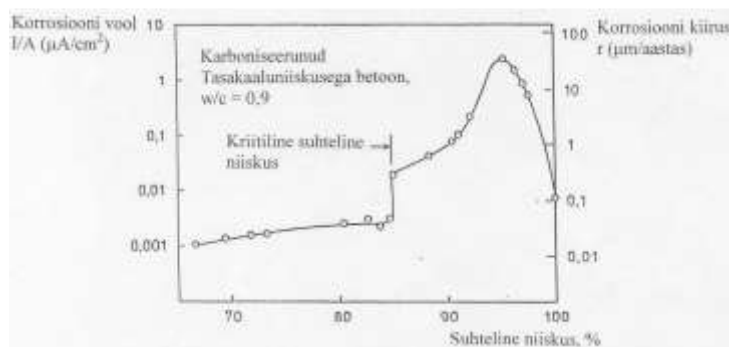
3.4.2.4. Raudbetooni sarruse korrosioon

1. Sarruse korrosioon betoonkaitsekihi lagunemise tagajärjel

Betoonkaitsekiht on kaugus armatuuri pinnast kuni betooni lähima pinnani. Kaitsekiht peab tagama:

- armatuuri piisava korrosioonikaitse
- betooni ja armatuuri vahelise nakkejõudude ülekandmise
- konstruktsiooni piisava tulekindluse

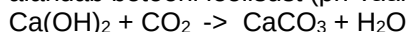
Kui meil on tegemist terasvarrastega sarrustatud betoonkonstruktsiooniga, siis piisava niiskuse olemasolul (poori õhu $\text{RH} > 80\%$) algab intensiivne sarrusvarraste korrosioon. Kuna terase korrosiooni maht on 3-4 korda suurem alproduktist, siis tekib sarrusvardaid ümbritsevas betoonis tugev siseseurve, mille tagajärjel puruneb (tõmbele) betoonist kaitsekiht, kus algselt tekivad kaitsekihis praod, mis lõpuks eemalduvad elemendist. Peale kaitsekihi eemaldumist intensiivistub terase korrosioon veelgi. Teras korrosiooni tagajärjel väheneb sarrusvarda ja betooni vaheline nake, ning ühtlasi konstruktsiooni kandevõime. Peale kaitsekihi eemaldumist väheneb ka raudbetoonelemendi tulekaitse



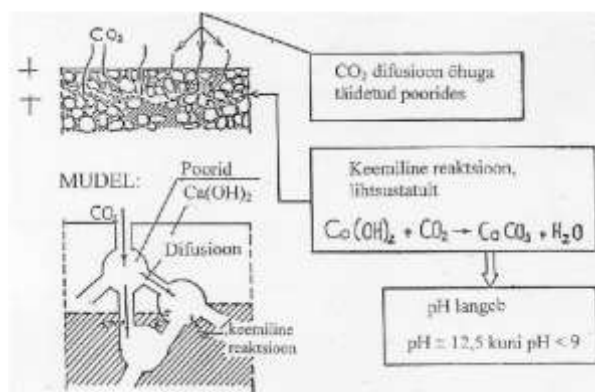
Joonis 28. Karl Öiger. Ehitiste renoveerimine. Konspekt I osa 2000...2009

2. Sarruse korrosioon mille põhjuseks on betooni leeliselisuse keemiline kadu sarruse kaitsekihis (õhu süsihappegaasi poolt põhjustatud)

Betooni armatuuriterase korrosioonikaitse põhineb tsementkivide pooride vee kõrges leelisuses (ph 13) . Kui see väärtus langeb alla ph 9, siis algab terase korrosiooniprotsess. Õhus olev süsihappegaas CO₂ alandab betooni leelisust (ph-väärtust):



Süsihappegaas tungib betooni pooridesse, misjärel reageerib ta seal kaltsiumhüdroksiidiga ehk algab betooni karboniseerumine. Aastatega nihkub karboniseerumisfront sügavamale kuni jõuab terasarmatuurini. Läbi karboniseerunud kihi jõuab vesi ja hapnik terasarmatuurini ja algab korrosioon. Rooste tagajärjel surutakse betooni kaitsekiht katki ja tekivad silmnähtavad kahjustused.



Joonis 28. Karl Õiger. Ehitiste renoveerimine. Konspekt I osa 2000...2009

3. Sarruse korrosioon betooni karboniseerumise toimet
Betooni leelisuse kaotusega kaasneb karboniseerumine, vt. eelmist punkti
4. Sarruse korrosioon, mille põhjuseks on betooni saastumine kloriidide või teiste kemikaalidega;
5. Sarruse naabruses paiknevatest elektriseadmetest sarrusesse sattunud või nende poolt indutseeritud uitvoolud

3.4.2.5. Keskkonnast lähtuvad keemilised ja bioloogilised mõjud

Keskkonna reostuse ja/või ebapuhta täitematerjali kasutuse tõttu võivad betoonis tekkida ebasoovitavad keemilised reaktsioonid, mis põhjustavad betooni lagunemist.

Soolade kristalliseerumise tagajärjel tekib mahumuutuse tagajärjel sisesurve, mis viib konstruktsiooni lagunemiseni.

			Faasi muutuse temp °C	Mahu suurenemine %
NaCl	→	NaCl · 2H ₂ O	0,15	130
Na ₂ SO ₄	→	Na ₂ SO ₄ · 10 H ₂ O	32,3	311
MgSO ₄ · H ₂ O	→	MgSO ₄ · 6 H ₂ O	73	145
MgSO ₄ · 6 H ₂ O	→	MgSO ₄ · 7 H ₂ O	47	11
Na ₂ CO ₃	→	Na ₂ CO ₃ · 10 H ₂ O	33	148

Joonis 27. Karl Õiger. Ehitiste renoveerimine. Konspekt I osa 2000...2009

3.4.3. Raudbetoonvahelagede uuringud, konstruktsioonide avamised

Uuringud võib jagada oma olemuselt kolmeks: visuaalne vaatlus koos mittepurustavatel meetoditel mõõtmised, konstruktsioonide avamised ja laboriuuringud.

- a) **Visuaalse vaatluse** käigus määratakse konstruktsiooni üldine seisukord. Ekspertiisi käigus kirjeldatakse pragude paiknemist, varasemaid remonttöid, liidete ja sõlmede seisukorda, bioloogilisi kahjustusi (hallitus, taimkate jms). Hinnatakse läbivajumeid ja nende iseloomu (sagedasti võivad raudbetoonkonstruktsioonid olla liigselt läbivajunud ka raketise liiga varajase eemaldamise või äravajumise tõttu).

Visuaalse vaatluse käigus kantakse joonistele pragude pikkus ja nende avanemislaius.

Koos välise vaatluse hindamisega kasutatakse mõõteseadmeid, mille abil on võimalik konstruktsiooni kahjustamata täpsustada vajalikke parameetreid kontrollarvutuste ja hinnangu tegemiseks.

Tänapäevased seadmed võimaldavad määrata nii sarruse läbimõõtu kui paiknemist betoonis.

Profometer 5 - sarruse avastamiseks - kerge ja kompaktne seade betooniarmeeringu asukoha, kaitsekihi ja läbimõõdu määramiseks ilma sarrust kahjustamata. Mõõtemeetod põhineb keerdvoolu ja pulss-induktsioonil põhimõttel.

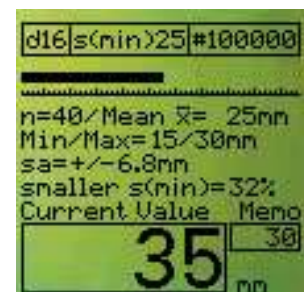
Põhiseadmel(S-mudel) on järgnevad funktsioonid:

- sarruse asukoha määramine
- kaitsekihi paksuse mõõtmine
- üksikute kaitsekihtide mõõtmistulemuste salvestamine ja nende statistiline uurimine
- sarruse paksuse määramine



Scanlog-mudelil on kõikidele S-mudeli omadustele lisaks:

- CyberScan- funktsioon, mille abil saab sarruse asukoha pildi kuvari ekraanile
- Rastermõõtmine, mille abil saab kaitsekihist kuvarile hallides toonides pildi
- ScanCar- andur, mille abil saab kiiresti skanneerida sarruste asukoha
- Mälukohad CyberScan- ja rastermõõtmis tulemuste talletamiseks.



Mõlemal mudelil võimalik mõõtetulemused saata otse printerisse või salvestada arvutisse.

Lihtsamate seadmete abil on võimalik tuvastada ainult sarruse asukohta ja mõõta kaitsekihi paksust.

Betooni survetugevust on võimalik hinnata löökvasara abli (vt. eelmine loeng- Schmidt'i vasar).

Pragude avanemise laiust mõõdetakse nihkkaliibriga. Pragu ei tohi takistada konstruktsiooni normaalselt töötamast, vähendada kestvust (korrosioon) ega muuta vastuvõetamatuks välimust. Mitteagressiivses keskkonnas võib eelpingestamata konstruktsioonidel lubatud prao laius olla kuni 0,3mm; pingbetoonkonstruktsioonidel 0-0,2mm (olenevalt keskkonnaklassist ja pingestamise viisist).

Visuaalse vaatluse korral ja soovitavalt piisava projektdokumentatsiooni olemasolu korral on võimalik hinnata olemasoleva konstruktsiooni seisukorda, tugevdamise ja remondivajadust.

- b) **Konstruktsioonide avamisi** tehakse juhul kui on vaja hinnata konstruktsiooni kandevõimet. Juhul kui puuduvad täpsed mõõteseadmed sarruse läbimõõdu määramiseks, siis avatakse konstruktsioon sarruse asukohas ja mõõdetakse nihkkaliibri abil tema läbimõõt. Eelnevat tuvastatakse sarruse asukoht metalliotsija abil.



Betooni survetugevust jm barametreid (paindetõmbetugevust, lõhestustõmbetugevust, betooni tihedust, vee sissetungimissügavust, külmakindlust) saab täpsemalt määrata laboris. Selleks tuleb eelnevalt puurida konstruktsioonist katsekehad.

Väljapuuritud katsekehadele või avatud konstruktsiooni pinnale fenoolftaleiini lahuse kandmisel saab määrata betooni karboniseerumise sügavuse.

Fenoolftaleiini mõjul värvub karboniseerumata betoon tugevalt lillakaks.

- c) **Laboriuuringuid** teostavad sertifitseeritud ettevõtted. Katsemetoodika on kirjeldatud vastavates standardites. Allpool Teede Tehnokeskuse laboriteenustest väljavõte:

Tugevuskatsekehade valmistamine ja hoidmine	EVS-EN 12390-2
Katsekehade survetugevus	EVS-EN 12390-3
Katsekehade paindetõmbetugevus	EVS-EN 12390-5
Katsekehade lõhestustõmbetugevus	EVS-EN 12390-6
Kivistunud betooni tihedus	EVS-EN 12390-7
Surve all oleva vee sissetungimissügavus	EVS-EN 12390-8
Betooni survetugevus	GOST 10180-90
Normaalbetooni külmakindlus	EVS 814
Betooni külmakindlus (sulatamine vees)	GOST 10060.1-95
Betooni külmakindlus (sulatamine soolvees)	GOST 10060.2-95
Boorbetooni külmakindlus	GOST 25485-89

3.4.4. Raudbetoonkonstruktsioonide parandamine

Raudbetoonvahelagede remondi iseloom sõltub vigastustest. Vigastused: a) sarruse kaitsekiht on pragunenud, mille tõttu sarrusevardad on kohati paljastunud b) raudbetoonplaadis on tühemikud ja praod c) sarrus on katmata ja korrodeerunud.

Parandamisel on üldnõudeks, et segude pealekandmiseks ettevalmistatud aluspind peab olema korralikult puhastatud tolmust, prügist ja lahtistest osakestest. Betooni niiskusesisaldus ja karboniseerumissügavus peab olema lubatud piirides.

Paigaldusmeetodid:

- Käsitsi paigaldamine.** Parandussegude käsitsi paigaldamisel tuleb esmalt kaitsta avatud sarrus korrosioonitõkkevahendiga. Järgmisena kaetakse renoveeritavad pinnad parandussegudega (eelnevalt tuleks kasutada naket soodustavat võõpa). Parandussegude valikul tuleb jälgida, et aluspinna materjal ja paigaldatav parandussegu omavahel sobivad. Parandussegu tuleb peale kanda mitme kihina, kusjuures ühe kihi paksus ei tohi ületada 30mm.
- Paigaldamine raketisega.** Kui kahjustused ja renoveeritavad pinnad on suured, siis käsitsi paigaldamine ei ole praktiline ja tuleks kasutada raketisi või valamisi. Peale raketise eemaldamist tuleks pinnad katta poore täitva kaitsekihiga
- Torkreetsegude e. Segud kuivalt pritsimiseks.** Kuivpritsimismeetod on thusaim viis katta parandussegudega suuri renoveeritavaid pindasi ning kus on suurendatud nõudmised nagu sillad, kaid ja reservuaarid. Kuivpritsimismeetod tagab korraliku teostuse puhul kvaliteetse tulemuse, sest täidab kõik avad ja praod, segu on suure tugevusastmega. Kuivsegud ei vaja juurde lisandeid, kuid sarrus tuleb töödelda korrosioonitõkkevahendiga. Parandussegudega kaetud pinnad tuleks katta betooni kaitse- või viimistlusvahendiga.

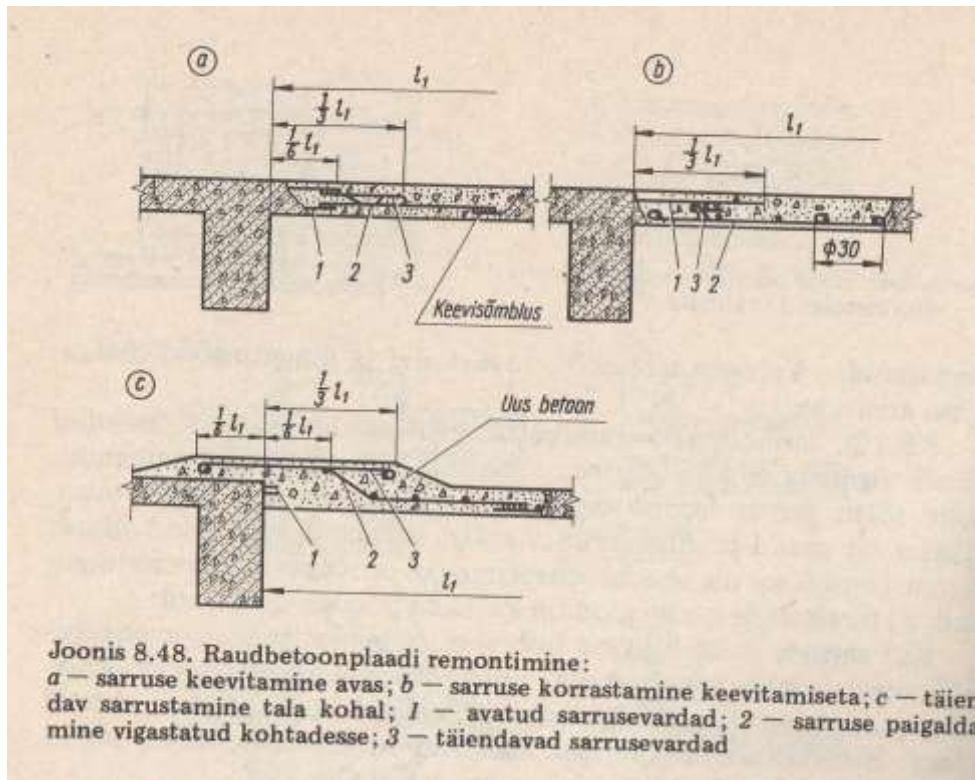
Elektrokeemilised meetodid betooni renoveerimiseks:

- a) Taasleelistamine. Betooni välispinnale asetatakse kõrge leelisesisaldusega võrkmatid või fiibermass. Betoonis oleva sarruse pingestamisel alalisvooluga imuvad leelised betooni ning tõstavad selle pH taset. Selle tulemusena taastub sarrust kaitsev oksiidkiht
- b) Kloriidide eemaldamine
- c) Katoodkaitse

3.4.5. Raudbetoonkonstruktsioonide tugevdamine

Raudbetoonkonstruktsioone saab tugevdada sarruse lisamise ja/või ristlõike suurendamise teel.

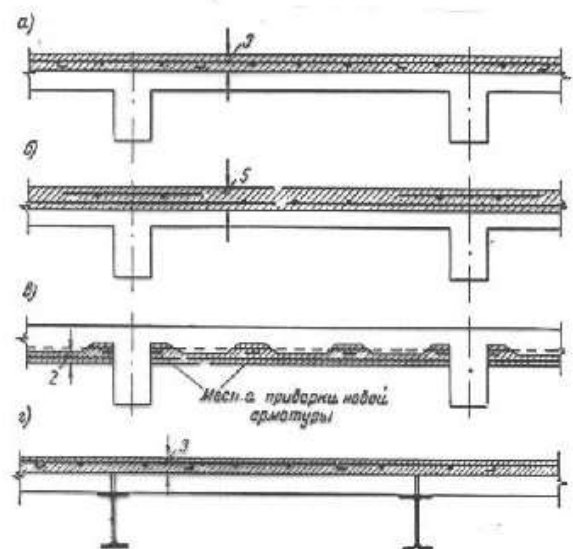
Vahelaplaadi korral avatakse betoon ja puhastatakse sarrus roostest. Suuremate kahjustuste või ebapiisava kandevõime korral lisatakse lisavardad



Joonis 29. H. Korroviits, A.Kull, S.Rapoport. Hoonete remont „Valgus“ Tallinn 1986

Arvestatakse, et on võimalik saavutada vana ja uue betooni vahel tugev nake, mille tulemusel plaat hakkab tööle monoliitse konstruktsioonina. Sellest lähtuvalt määratakse arvutuste abil plaadi paksus ja täiendava sarruse hulk. Tugevduskihi paksuseks tuleks arvestada vähemalt 30mm torkreetbetoonikihti. Kui uue ja vana betooni vahel ei ole võimalik saavutada head naket, siis tehakse uus plaat koormust kandvaks ning armeeritakse selle kohaselt nii tuges kui avades, kusjuures plaat peab olema vähemalt 50mm paks.

Joonis 30. Karl Õiger. Ehitiste renoveerimine. Konspekt II osa 2000...2009



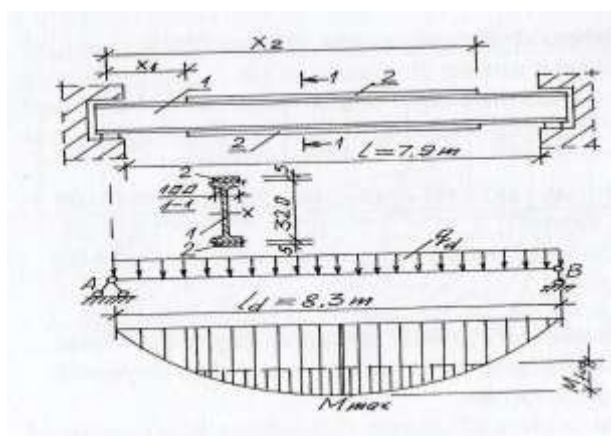
Õõnespaneelide tugevdamiseks raiutakse paneeli keskele õõnsuse kohale ava, mille kaudu lükatakse õõnde kaks poolvarrast. Vardad keevitatakse omavahel kokku. Õõnsus täidetakse betooniga, milleks tuleb täiendavalt rajada lisaauke.

3.5. Arvutusnäide. Terastaladel vahelae tugevdamine

Arvutusnäite aluseks on võetud Sulev Käärdi „Hoonete remont ja rekonstrueerimine II“ arvutusnäide punktis 8.3.4. Näiteülesannet on kaasajastatud. (NB! Tegemist on mõnevõrra lihtsustatud arvutusega)

Vana korruselamu rekonstrueerimisel büroohooneks, suureneb kasuskoormus vahelagedele 1,5-lt kuni 3,0 kN/m². Üleandeks on kontrollida vahelae talade kandevõimet ja vajadusel neid tugevdada.

1. Lähteandmed. Arvutusskeem ja uurimis-mõõtmis-tulemustel saadud andmed.



Vahelae kanduriteks on I-talad nr.30 EW teras, vt. eelnev tabel

$W_x = 652 \text{ cm}^3$,

$I_x = 9785 \text{ cm}^4$,

$A = 69 \text{ cm}^2$,

teras $f_y = 210 \text{ N/mm}^2$, $E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$

Tala seintevaheline pikkus $L = 7,9 \text{ m}$;

arvutus pikkus $L_d = 1,05 \cdot 7,9 = 8,3 \text{ m}$

Vahelae omakaal on $5,0 \text{ kN/m}^2$ ja projekteeritav kasuskoormus $3,0 \text{ kN/m}^2$.

Talade samm $1,7 \text{ m}$

2. Määrame terastalale mõjuvad koormused

- normkoormus $q_k = 8,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,7 \text{ m} = 13,6 \text{ kN/m}$
- arvutuskooormus $q_d = 5,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,7 \text{ m} \cdot 1,2 + 3,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,7 \text{ m} \cdot 1,5 = 17,85 \text{ kN/m}$

3. Olemasolevate I-talade kandevõime hindamine

- Kasutuspiir seisund

Tala lubatud piirläbipaine $w_{\max} = L_d/250 = 8,3 \cdot 10^3/250 = 33,2 \text{ mm}$

$$\text{Tala läbipaine koormuste mõjul } w = \frac{5q_k L_d^4}{384EI_x} = \frac{5 \cdot 13,6 \cdot (8,3 \cdot 10^3)^4}{384 \cdot 210000 \cdot 9785 \cdot 10^4} = 40,8 \text{ mm}$$

⇒ Terastala kandevõime kasutuspiir seisundis ei ole tagatud

- Kandepiir seisund

Tala arvutuslik paindekandevõime

$$M_{c,Rd} = W \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 652 \cdot 10^3 \times \frac{210}{1,0} = 136,9 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 136,9 \text{ kNm}$$

Talas tekkiv paindemoment

$$M = \frac{q_d \times L_d^2}{8} = \frac{17,85 \times 8,3^2}{8} = 153,5 kNm$$

⇒ Terastala kandevõime on ületatud

4. Tugevduslappide dimensioneerimine ja kontroll

- Valime tugevduslapid ristlõikega laiussega $b=100\text{mm}$ ja kõrgusega $t=5\text{mm}$

$$I_{nõutav} = W_x \times \frac{h}{2}, \text{ kus } W_x = \frac{M}{f_y} = \frac{q_d \times L_d^2}{8 \times f_y} \quad \text{ja} \quad \frac{h}{2} = z = 150 + 2,5 = 152,5\text{mm}$$

, kus h on tugevdatud ristlõike kõrgus

- Nõutav inertsimoment

$$I_{nõutav} = z \frac{q_d \times L_d^2}{8 \times f_y} = 152,5 \frac{17,85 \times (8,3 \times 10^3)^2}{8 \times 210000} = 111488883\text{mm}^4 = 11149\text{cm}^4$$

- Tugevdusega saavutatud inertsimoment sümmeetrilise ristlõike korral

$$I_{tugevdus} = I_x + I_{lisa} = I_x + 2 \left[\frac{bt^3}{12} + A \left(\frac{h}{2} + \frac{t}{2} \right)^2 \right] = 9785 \times 10^4 + 2 \left[\frac{100 \times 5^3}{12} + 100 \times 5 \left(\frac{300}{2} + \frac{5}{2} \right)^2 \right]$$

$$= 121108333\text{mm}^4 = 12110\text{cm}^4$$

⇒ Valitud tugevduslahendus on piisav

5. Teraslehest tugevduslappide pikkuse valik (tala tugevustingimust arvestades)

Ühtlaselt jaotatud koormusega tala paindemomentide epüüri muutejoon on ruutvõrrandi graafik. Koostame ruutvõrrandi ja leiame lahendid.

$$M_{\max} = \frac{q_d \times L_d^2}{8} = \frac{17,85 \times 8,3^2}{8} = 153,5 kNm$$

$$q_d \times \frac{x}{2} (l - x) = M_{\max}; \quad q_d \times x \times l - q_d \times x^2 = 2 \times M_{\max};$$

$$17,85 \times x^2 - 17,85 \times 8,3x + 2 \times 153,5 = 0; \quad /17,85$$

$$x^2 - 8,3x + 17,2 = 0;$$

$$x_{1,2} = 4,15 \pm \sqrt{(4,15^2 - 17,2)} \quad x_1 = 4,15 - 0,03 = 4,12\text{m} \quad x_2 = 4,15 + 0,03 = 4,18\text{m}$$

Teraslappide nõutav pikkus $x_2 - x_1 = 4,18 - 4,12\text{m} = 0,06\text{m}$

⇒ Valime konstruktiivselt tugevduslappide pikkuseks $0,5\text{m}$

4. AJALOOLISED KATUSEKONSTRUKTSIOONID

4.1. Sissejuhatus

Katusekonstruktsioonide kuju ja ehitustehniline lahendus on muutunud läbi aja. Kuna vanade hoonete puhul on tegemist üldjuhul katmata konstruktsiooniga, siis nende puhul on võimalik jälgida kunagiste töövõtete ja konstrueerimise arengut läbi aja. Kahjuks on katus hoone puhul kõige vähem kaitstud ilmastikumõjude eest ja tema eluiga on üldjuhul väiksem. Teine põhjus, miks on väga vähe esialgsel kujul säilinud katusekonstruktsioone on see, et katusekuju on muudetud ja ümber kujundatud arhitektuursetel ja funktsionaalsetel eesmärkidel.

Tallinna vanalinna kunagised kaupmehemajad (ehitusaeg 14.-16.sajand), olid algselt kõrge viiluga massiivsed elu- ja laohooned. Eluruumidena kasutati esimesi korruseid, mille peal paiknesid lao- ja aida ruumid. Laoruumid olid jagatud kandepostide vahel lahtrieks. Aknad laokorrustel puudusid, nende asemel olid kitsad valgustuspilud. Kaubad tõsteti laokorrustele väljast- selleks kasutati hoone pööningul asuvat vintsi, mis kujutas endast ülalt ja alt põikpalkide vahele asetatud vertikaalset palki, millele köis keerdus. Katuseviilu ülaosas paiknes välja ulatuv palgiots, mille all asetses igal laokorrusel kaubaluuk kaupade sisseandmiseks. Kuna eesmärgiks oli saada võimalikult avarad katusealused pinnad, siis algsed konstruktsioonid olid tõenäoliselt avarad ja ilma toolvärgita.

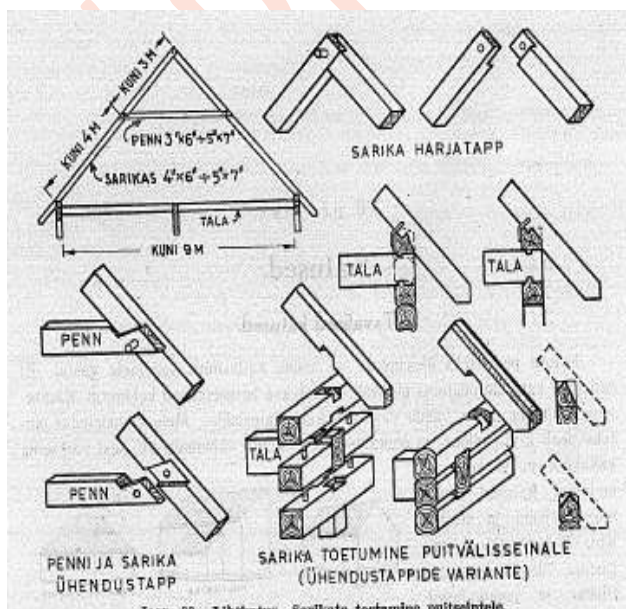


Esimesed suuremad katuste ümberehituste algasid 17.sajandil, mil Tallinnas asendati enamike kirikute ja Raekoja senised gooti stiilis tornikiivrid renessanss- ja barokkvormides kiivritega (erand Oleviste kirik). 19.sajandil jõudis Eestisse klassitsism, mille mõjul hakati Tallinnas massiliselt keskaegseid hooned ümber ehitama. Sellega kaasnes viilude lammutamine, katusekonstruktsioonide ümberehitamine ja akende rajamine. Kunagised laopinnad võeti kasutusele eluruumidena. Nõukogude ajal ehitati pööningupinnad ümber abi- ja eluruumideks.

4.2. Katusetüüpide arengust Eestis

Teateid vanimate katuste kohta Eestis leiame alates III-II aastatuhandest e.m.a. Vanimad ehitised olid püstkojad, mis kaeti arvatavasti puukoore ja mätastega.

I aastatuhande lõpul e.m.a ilmunud rõhtpalkehitisi katsid samuti puukoore ja mätastega katused. XII-XIII sajandil hakkas arenema rehielamu. Arvatakse, et tõenäoliselt olid esimeste palkhoonete katused lamedad ja kaetud mätaste ning samblaga.



Joon. 88. Lihtkatus. Sarikate toetumine puitvälisseinale.
Joonis 1. Arvo Veski "Puitehitise käsiraamat".

Alles XV-XVI sajandil hakati ehitama kõrgeid viilkatuseid. Enim esinev katusetüüp on tavaline viilkatus ehk **penniga sarikad** (A.Veski raamatus lihtkatus). Sellist tüüpi katusekonstruktsiooni korral on katuse kaldenurk 45° või enam (suure katusekalde vajaduse tingis ka kasutatavad katusekattematerjalid- roog ja õlg). Lihtkatuse optimaalne ava jääb kuni 9m piiresse. Arvutuskeemiks on ühekordselt staatikaga määratletud varrassüsteem. Sisejõudude leidmiseks on koostatud abitabelid, mida leiab näiteks „Ehituskonstruktori käsiraamatust“ alapunktist 4.4 Penniga sarikad. Konstruktsioonelemendid töötavad sellisel juhul peamiselt survele. Tähelepanu tuleb pöörata tekkivale horisontaalsuunalisele toereaktsioonile. Sarikad on seetõttu hambaga tapitud (N: hambaga sarikasõrg) puitvälisseina või müürlati külge. Puitvälisseinte

[illegible]

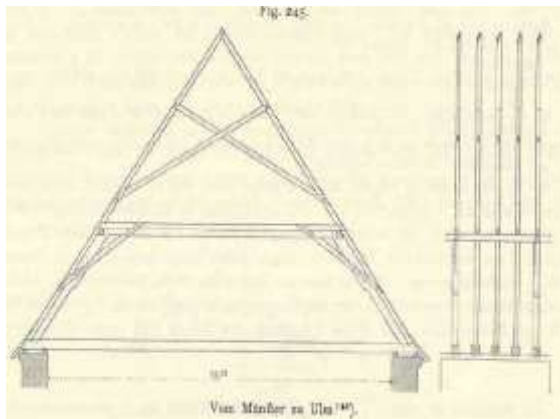
Joonis 2. Arvo Veski "Puitehitise käsiraamat".
Tartu Eesti Kirjastus 1943 lk.119

[illegible]

Joonis 3. Arvo Veski "Puitehitise käsiraamat". Tartu Eesti Kirjastus 1943 lk.118

TTÜ Tartu Kolledž. Ehitiste restaureerimine. Maari Idnurm | Katusetüüpide arengust Eestis

tn.12 katusekonstruktsioon dateeritud 1401a., Suurgildi hoone katus ümber ehitatud 1901- säilinud osaliselt katusekonstruktsiooni lahendus 17.sajandist)

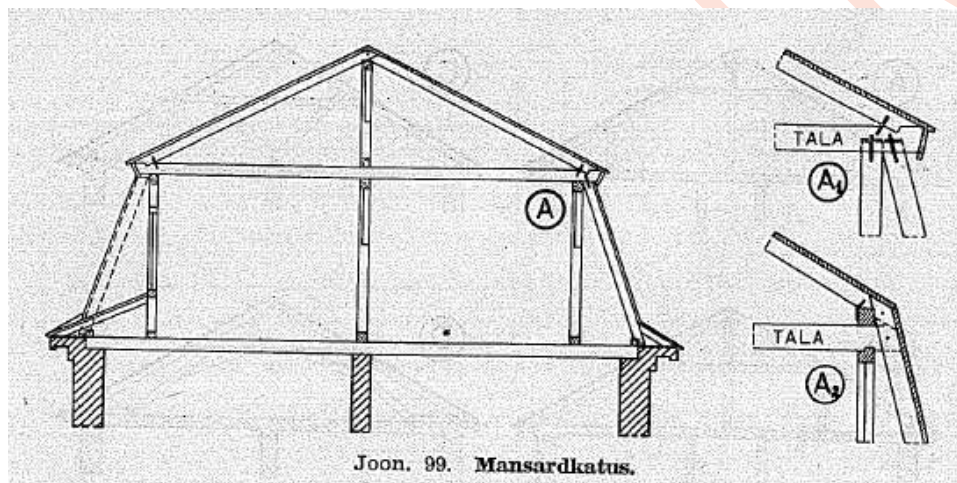


Joonis 4. Dachstuhl- Konstruktionen und Dächer. Schmitt/Landsberg Stuttgart 1897 (kordustrükk)



Joonis 5. Suurildi (Ajaloomuuseum) hoone katusekonstruktsioon H.Uuetalu konspektist

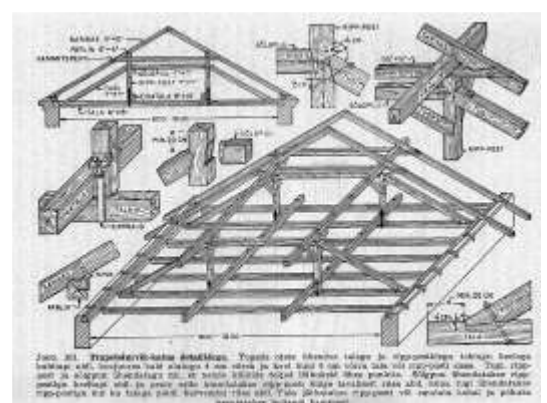
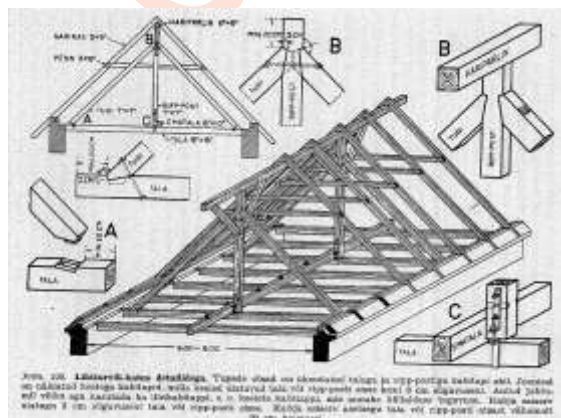
Mansardkatus on murtud pindadega katus (nimi tuleneb renessansiajastu prantsuse arhitekti François Mansart välja arendatud katusekonstruktsiooni lahendusest). Mansardkatuse seinad on puitkarkassist soojustatud vahetäitega.



Joonis 6. Mansardkatus. Arvo Puitehitise käsiraamat" . Tartu Veski "Eesti Kirjastus 1943 lk.124

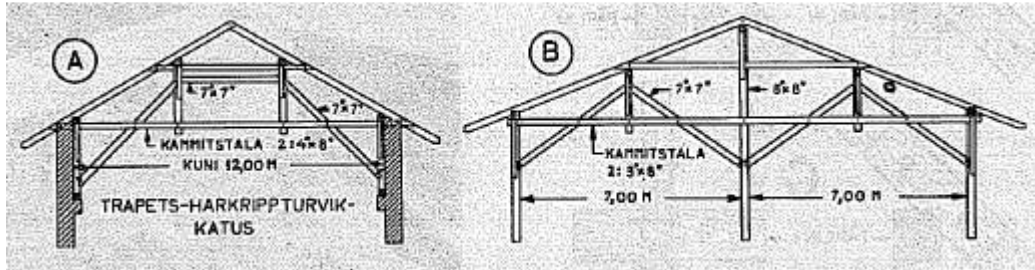
Turvikkatused olid varasemalt laialt levinud saalide jm suureavaliste ruumide laekonstruktsiooni ja ühtlasi ka katusekonstruktsiooni kandmiseks. Laetalad on sellise lahenduse korral riputatud turviku alumise tala külge.

Traditsioonilised turvikkatuste tüübid on liht-turvik katus ja trapets-turvik katus.



Lihtturvikkatuste sildeava jääb üldjuhul 8m piiresse. Trapetsturvik-katuse sildeava võib olla mõnevõrra suurem- kuni 12m. Turvikuid on kasutatud mõnikord ka katusest eraldiseisvatena, ainult laetalade riputamiseks. Turvikud võivad sellisel juhul paikneda ka paralleelselt harja joonega, risti laetaladega.

Harkrippturvik-katusekonstruktsiooni on kasutatud avarate ladude- hallide jms katustena, mille korral jäetakse katusekonstruktsioon alt lahtisena vaadeldavaks.



Joonis 8. Harpturvik-katused. Arvo Veski " Puitehitise käsiraamat" Tartu. Eesti Kirjastus 1943 lk.130

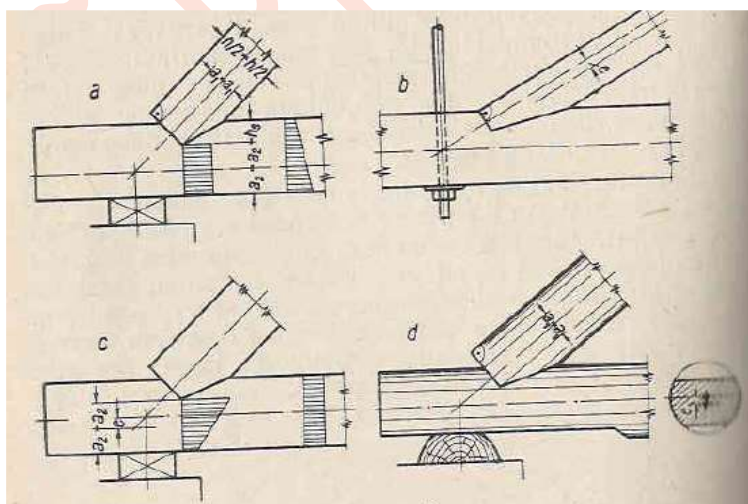
4.3. Puitliited

4.3.1. Tappliited

Tappliited on vanim puitdetailide ühendusviis ja seda on pikaajaliselt kasutatud kuni viimaste aastakümneteni. Tappühenduste hulka kuuluvad ühe ja kahe hambaga lauptapid, kolmiklauptapid, tugipadjaga lauptapid, põsktapid jne. Tappühendused on lihtsasti teostatavad kuid nõuavad muljumispindade täpset sobitamist ja kvalifitseeritud tööjõu käsitööoskusi. Tänapäeval kasutatakse vähesel määral, sest nõuab head ja täpset käsitööoskust.

Tappliiteks nimetatakse sellist liidet, kus survele töötava elemendi sisejõud antakse liituvale elemendile vahetult ilma lisa- või kinnituselementideta.

Lauptappe kasutatakse prussidest või palkidest konstruktsioonide sõlmede moodustamisel. Ühenduse kandevoime on määratud peamiselt puidu nihketugevusega. Ühe hambaga lauptapi põhitüübiks on täisnurkne tapp, mille suubuv element on sõlmepunkti ja muljumispinna suhtes tsentreeritud. Väikeste jõudude puhul võib olla ka tsentreerimata tapplahendused. Lauptapid võivad olla kujundatud nurgapoolitaja sihis moodustatud muljumispindadega tapina. Sellisel juhul on sisselõikega elemendi muljumistugevus paremini ära kasutatud.



Joonis 9. L.Allikas, V.Kulbach. Puitkonstruktsioonid. Tallinn 1962

- a) ühe hambaga tsentreeritud lauptapp
- b) ühe hambaga ekstsentriliselt lahendatud lauptapp
- c) tsentreerimisel nõrgestamata ristlõike raskuskeskme järgi tekib nõrgestatud ristlõikes paindemoment. Väheneb ka nihketugevuste ekstsentrilisus, mis mõjub halvasti tapi nihketugevusele
- d) ümarpuidus on ekstsentrilisuse mõju tühine, mistõttu tavaliselt on tsentreeritud nõrgestamata ristlõike järgi

Arvutustes tuleb kontrollida nihkepingeid suubuval elemendil, muljumispingeid toepinnal ja tapiga nõrgestatud varda kandevoimet.

Tapi sisselõike sügavuse ja asukoha suhtes on esitatud järgmised konstruktiivsed nõuded:

1. Sisselõike minimaalne sügavus on 2cm prussidest ja 3cm ümarpuidust konstruktsioonides.
2. Sisselõike maksimaalne sügavus on $\frac{1}{4} h$ vahepealsetes ja $\frac{1}{3} h$ toesõlmedes (h - varda ristlõike kõrgus sisselõike suunas)
3. Tapi nihkepinna pikkus peab moodustama vähemalt $1,5h$

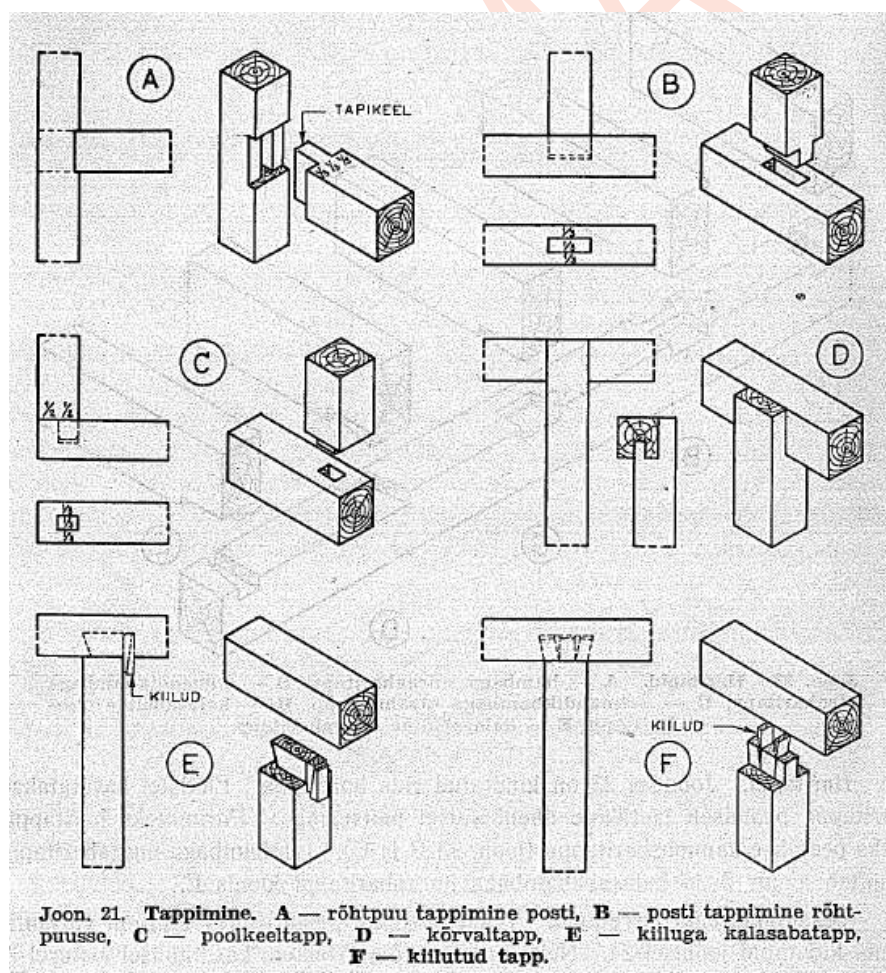
Survepingete olemasolu kindlustamiseks nihkepinna soovitatakse suubuva elemendi ja sisselõike mittetöötava tahu vahele jätta kiilukujuline pilu.

Ühe hambaga lauptapi arvutamisel tuleb kontrollida muljumispingeid, nihkepingeid ja tõmbepingeid sisselõikega varda nõrgestatud ristlõikes:

a) arvutus muljumisele $\sigma_{c,d} \leq \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$ kus $\sigma_{c,d} = \frac{F_c \cos \alpha}{b_{ef} t_v}$ b) arvutus lõikele $\tau_d \leq f_{v,d}$	kus $\tau_d = \frac{F_v}{b_{ef} l_v}$ on keskmine nihkepinge l_v ulatuses d) alumise vöö nõrgestatud ristlõike kontroll $\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \quad \text{kus} \quad \sigma_{t,0,d} = \frac{F_t}{(h - t_v) b_{ef}}$
---	--

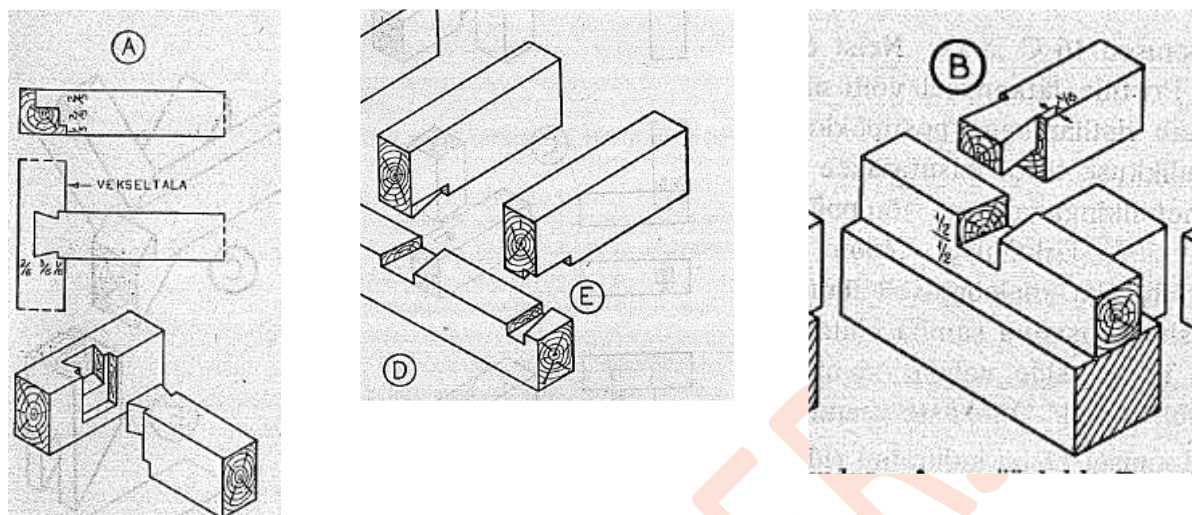
Tapp ei pea olema poldiga kinnitatud juhul kui $\alpha \geq 55..60^\circ$.

Alljärgnevalt mõned tappühendused postide ja talade omavaheliseks ühendamiseks



Kalasabatapid

Kalasabatapi korral ei ole vajalik täiendavat ühenduspulka. Suurima tugevuse saavutamiseks peaks tapikeel olema lõigatud viltu suhtega 1: 3



Joonis 11. Arvo Veski "Puitehitise käsiraamat" Tartu. Eesti Kirjastus 1943

4.3.2. Tüübelliited

Tüübelliited jagunevad prismalisteks, rõngas-, ketas- ja hammastüübliteks.

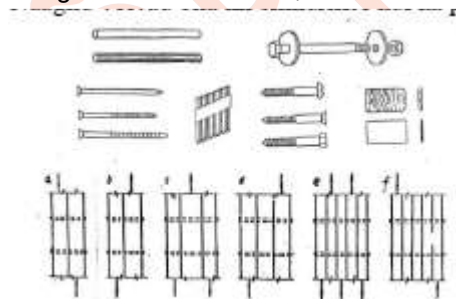
Prismalisi puittüübleid on kasutatud liittalades. Prismalised pikitüüblid ja kaldtüüblid on valmistatud tavaliselt konstruktsiooniga samast materjalist, harvem kõvast lehtpuust. Pikitüüblid nõrgestavad ühendatavaid elemente märgatavalt, kaldtüüblid töötavad aga ainult ühesuunalistele nihkejõududele

Rõngas- ketas- ja hammastüüblid valmistatakse õhukesest lehtterasest

4.3.3. Naagelliited

Naagel on põhiliselt paindele töötav sale silindriline varras või plaat, mis läbib ühendatavaid elemente ja takistab nende omavahelist nihkumist. Naagliteks võivad olla puidust, ümarterasest või klaasplastist pulgad, terastoru tükid, poldid, naelad, puidukruvid ja puit- või terasplaadid.

Naagelliited on kas ühe-, kahe- või mitmelõikelised



Naagli kandevõime antakse tema ühe lõike suhtes

Naagelliite kandevõime piirolukord saavutatakse:

- 1) kui puruneb ühendatav element nõrgestatud ristlõikes tõmbele
- 2) kui puruneb ühendatav element lõikele
- 3) kui muljumispinged naagli pesas saavutavad puidu muljumistugevuse
- 4) kui paindepinged naaglis saavutavad voolavuspiiri ja naaglis tekib plastne liigend

Joonis 12. Elmar Just Puitkonstruktsioonid 2011

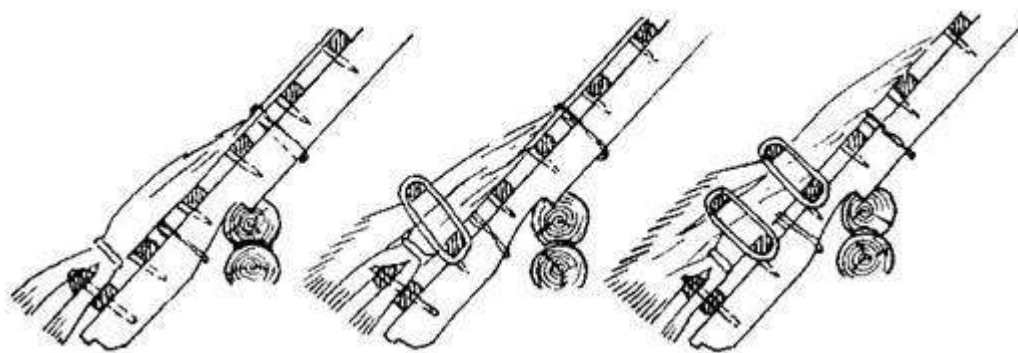
Puitu ühendavaid liiteid, k.a nael- ja liimliiteid käsitletakse pikemalt puitkonstruktsioonide õppeaines.

4.4. Katusekattematerjalide kasutamisest Eestis

Algselt kaeti katuseid Eestis tõenäoliselt mätastega. **Mätaskatus** on raske, 150-200 kg/m² ja nõuab tugevat katusekonstruktsiooni. Mättad laoti kahes kihis roovidele ülekattega, nii et pealne kamar jäi välispinnale. Lähikasvades moodustus tihe katusekate. Ehitatud on ka ühekihilisi mätaskatuseid. Suurema veepidavuse saamiseks punuti tihedam aluspind õlgedega ja kaeti saviga. Savi peale paigaldati mullakiht, mis hiljem kattus rohukamaraga. Mätaskatus peaks olema suhteliselt lame- kaldenurk väiksem kui 30°, et vältida mulla väljauhtumist. Tänapäeval ehitatakse mätaskatuseid rohkem esteetilistel kaalutlustel- analoogia ka katuserasside rajamisel.

XI-XIII sajandil hakkas arenema rehielamu. Algselt oli hoone samuti kaetud kasetohu ja mätastega. Arvatavasti ka varasemad linnaehitused olid puidust ning puitkatustega.

Alates XV-XVI sajandist hakati reheelamute katuseid katma õlgede ja rooga. **Õlg- ja rookatus** on sooja- ja vettpidav. Katusekatte paksus ligikaudu 25cm ja katusekalle suurem kui 45°. Katuseroog peaks olema sirge, kuiv; õled käsitsi pekstud ja jämedavarrelised. Roo paigaldamist alustatakse räästast, kus kasutatakse seotud vihke. Ülejäänud katus tehti lahtistest kõrtest. Peale otste tasandamist asetati kõrte peale roigas, mis surus kõrred tihedalt vastu roovlatti. Harja osas murti kõrred vaheliti üle katuse ja paigaldati täiendav kiht kõrsi. Harjal fikseeriti rookõrred harimalkade või laudadega. Katuse harja tuleks uuendada iga 10-ne aasta tagant



Joonis 13. Restaureerimise infovoldik nr.6 Katus. Ehitamine, hooldus ja parandamine (K.Tihase „Eesti talurahvaarhitektuur“)

Linnaehitusel ja mõisahoonetel hakati alates XVI sajandist katma katuseid **katusekividega**, samal perioodil rajati Eestisse ka esimesed telliselöövid telliste ja katusekivide tootmiseks. Ajalooliselt on Eestis valmistatud nelja tüüpi katusekive munk-nunn, piibrisaba, hollandi ehk S-katusekivi ja valtsiga katusekivi.



Munk-nunn (keskaeg)



Piibrisaba (keskaeg)



S-kivi (17.saj)



Valtsiga katusekivi (19.saj)



Glasuuritud valtskivi

Kivivahelised praod täideti lubimördiga, mis oli segatud loomakarvadega. Pööningud olid kütmata ja tuulutavad, mistõttu oli tagatud niiskuse väljakuvamine.

Kivikatused on laialdaselt kasutatud tänaseni, katusekivide alla paigaldatakse üldjuhul aluskate.

Esimesed **puitkatused** olid käsitsi lõhatud kisklaudadest. Puitkatus kaeti kasetohu või samblaga.

Poolpalkidest katuseid tehti abiruumidele- sepikojad, suveköögid, paadikuurid. Alates XIX sajandist hakati

ehitama saelaudadest katuseid, milleks kasutati 2-3cm paksuseid männi- või kuuselaudasid. Saelaudad paigaldati kas vertikaalselt või horisontaalselt.

Käsitsi valmistatud laastukatust nimetatakse pilbaskatuseks. Pilpad kisti käsitsi toore puupaku küljest. Seisnud puud leotati eelnevalt vees, et puit muutuks sitkemaks. Katusepilpa paksus on 2-3mm, laius 7-10cm ja pikkus 45-50cm. Pilpad paigaldati neljas kihis.

Katuselaastud lõigatakse spetsiaalse laastumasina abil kuuse-, männi-, haava- või lepuuust.

Lisaks on Eestis puitkatustena veel kasutatud sindlit ja kimmi. Sindel on kiilukujulise põiklõikega saetud lauake, mille laiemas servas on soon. Kimmid on pakust või plangust ketassae abil välja saetud või lõhestatud kiilukujulised lauakesed.

XIX sajandil keelati Tallinna eeslinnades puidust ja õlgedest katusekatted. Laialdaselt hakkas levima linnades **plekk-katus**. Katusekattematerjalina tuli plekk kasutusele juba XVII sajandil (N: vaskplekist katus Suurgildi väravahoonele).

Seatina- e pliiplekk on vanimaid katusekattematerjale. See on hea ilmastikukindlusega ja vastupidav, samas hästi töödeldav. Tegemist on tervistkahjustava materjaliga ja enam ei kasutata.

Vaskplekk on vastupidavam, aga kalleim katusekatte materjal. Eeliseks on hea töödeldavus ja vananedes kaitsva roheline paatina moodustumine vase pinnale. Kasutatud ainult erilistate hoonete- N: kirikutornide katustel. Plekitahvlite traditsioonilised mõõdud olid 61x 120cm

Katuseid on kaetud ka nn. musta raudplekiga, mis kaeti nii sise- kui välisküljelt värnitsa või tinamennikuga. Lisaks värviti pleki välispind linaõlivärvi või puutõrvaga. Musta pleki traditsioonilised mõõtmed on 70,5 x 141 cm.

Raudplekki kaitsti ka tinamisega. Selleks kasteti plekk sulatina sisse- nii valmis nn. valge plekk. Tina on väga hea korrosioonikindel materjal. Valge pleki traditsioonilised mõõtmed on 25x 33cm ja 30x35cm.

1920.aastatel jõudis Eestisse tsingitud teraspleki kasutamine. Plekitahvlite traditsioonilised mõõtmed on 70,5x 141cm. Tsingikihi paksus peab olema üle 0,02mm (20µm).

Puhast tsinkplekki kasutatakse harvem, sest see on vähem vastupidavam materjal ja on kasutatud väiksemate detailide valmistamisel.

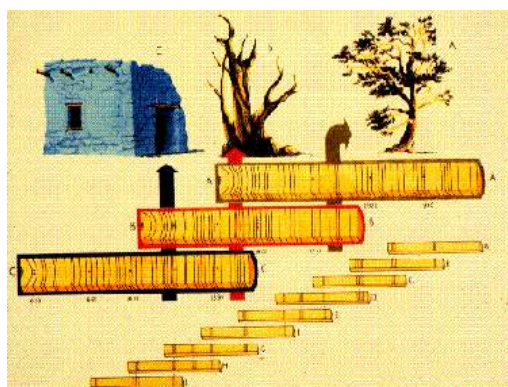
XIX sajandi lõpus ja XX sajandi alguses kasutati mõnede jõukate mõisahäärberite katusekattematerjalina ka välismaalt sissetoodud kiltkivi (Alatskivi, Taagepera, Mooste mõis)

XX sajandi alguses hakati tootma tsemendist katusekive, bituumen- katusekatteplaate ja eterniiti. Funktsionalismi tulekuga hakati ehitama lamekatuseid, mida kaeti ruberoidiga.

4.5. Katusekonstruktsioonide vanuse määramine. Dendrokronoloogia

Katusekonstruktsioonide vanust saab ligikaudselt määrata arhiiviuuringute ja visuaalse vaatluse põhjal. Ajalooliste uuringute ja hinnangute tegemiseks on võimalik määrata ehituspuidu langetamise aega dendrokronoloogiliste uuringute alusel.

Dendrokronoloogia on teadusharu ja ühtlasi ka meetod, mis uurib ja analüüsib puittaimede aastarõngaid. Dendrokronoloogia võimaldab muu hulgas kirjeldada vanade puude (näiteks üle tuhande aasta) aastaringide alusel mingi koha (kus vaadeldav puu kasvab) ajaperioodi kliimat (dendroklimatoloogia).



Dendrokronoloogia kui meetodi võttis 20. sajandi alguses kasutusele astronoom Andrew Ellicott Douglass.

Puidu aastarõnga moodustab varapuit (kevadpuit) ja hilispuit (sügispuit). Puu kasvamise kiirus oleneb ilmastiku-tingimustest ja suurte maa-aladel suhteliselt ühesugune.

Aastarõngaste põhjal hinnangu tegemist raskendavad asjaolud, et puu kasvamine oleneb kasvukohast, vanusest, kahjuritest jms. Võib esineda hälbeid puuduva aastarõnga või kahjustuste tõttu tekkinud vääraastarõngaste näol.

Puuduvaid aastarõngaid saab avastada kui võrrelda erinevaid ristlõikeid samal puul.

Dateerimise teostamiseks eelduseks on suur andmebaas, kuhu on koondatud varasemad mõõtmised kasvavast metsast, turbaaukudest, arheoloogilistest leidudest ja vanadest hoonetest. Käsitletakse ja võrreldakse keskmisi väärtusi.

Dendrokronoloogiliste uuringute käigus puuritakse puiduproovid läbimõõduga 7,5mm pöörleva elektri trelli abil. Puuriauuk jääb umbes 15mm laiune. Puuraukude tegemine ei kahjusta konstruktsiooni kandevõimet ja üldjuhul tehakse need silmapaistmatust kohast.

Puuraukude tegemisel võetakse igast talast vähemalt üks proov. Parema tulemuse annab kui on säilinud koorealuse pinnaga palke. Proov peaks sisaldama vähemalt 70 aastarõngast.

Eestis teostab dendrokronoloogilisi uuringuid Alar Läänelaid. Tallinnas Suurgildi hoone katusekonstruktsioonide vanemad konstruktsiooniosad dateeriti dendrokronoloogiliste uuringute põhjal aastasse 1654. Kunagise kaupmehehoone katusekonstruktsioon Vene tn 12 võib olla uuringute põhjal autentsena säilinud aastast 1401.



4.6. Katusekonstruktsioonide ülevaatus ja probleemide selgitamine

Peamised probleemid, millele tuleb katusekonstruktsioonide ülevaatusel tähelepanu pöörata on:

- Sarikate ristlõike, kandeava ja samm;
- Toolvärgi olemasolul selle ja laetalade kandevõime;
- Sarikate üldine seisukord- kahjustuste olemasolu läbijooksudest;
- Ühendussõlmede ja jätkude seisukord
- Pennide kasutamisel soojustatud laetaladena pöörata tähelepanu kinnitussõlme ja penni kandevõimele.
- Roovitise vahetamisel pöörata tähelepanu viilkatuse pikijäikusele.
- Lae soojustuse seisukord
- Pööningu põranda kandevõime. Kuhu ja kuidas on lahendatud pööningu põrandatalade toetus
- Millises seisukorras on katusekate, ülespöörete lahendused ja liitumised konstruktsioonidega.
- Räästa lahendus, kahjustused.
- Pööningu tuulutus ja katuse aluskatte olemasolu ning paigaldus
- Katuse hooldatus ja hooldamise võimalused (käiguteed jms)

Vanematel hoonetel tuleks tähelepanu pöörata erinevatel aegadel teostatud ümberehitustele ja nende ajaloolisele väärtusele.

4.6.1. Sarikate ristlõike, kandeava ja sammu kontrollimine

4.6.1.1. Katusele mõjuvad koormused

Peamised katusele mõjuvad koormused on omakaal, lume- ja tuulekoormus. Lumekoormus mõjub alati survena, tuul võib mõjuda nii rõhuna kui ka imemisjõuna.

4.6.1.2. Lumekoormus

Lumekoormus katusele arvestatakse mõjuvana ühtlaselt jaotatuna katuse rõhtprojektsioonile.

Konstruktsioonide kandevõime arvutamisel kasutatakse arvutuslikku koormust, mis saadakse normatiivse koormuse korrutamisel varuteguriga 1,5. Varutegur võtab arvesse koormusmudelite ebatäpsusi ja muid erakorralisi tegureid, arvestab lume ebaühtlast tihedust ja kuhjumise võimalust.

Eestis on arvutustes kasutatavad maapinnale mõjuvad lumekoormuse normväärtused saadud aastatel 1962-2002 teostatud mõõdistuste alusel.

Tegeliku katusel paikneva lumekihi koormuse määrab ära lumikatte paksus ning selle tihedus. Tihedus sõltub lume tüübist – värskelt sadanud lumi tihedusega 100 kg/m³ võib seistes tiheneda 350 kg/m³-ni. Märja lume tihedus on umbes 400 kg/m³.

Erakorralistest lumeoludes peaks majaomanik tagama, et katusel ei oleks rohkem lund, kui normatiivsele lumekoormuse vastav lumikatte paksus. Soovituslikult võiks lähtuda, et värsket kohevat lund võiks lubada katusele kuni 60cm; tihenendud lumekatte paksus katusel peaks jääma väiksemaks kui 40cm; tihenendud ja jäätunud lumekatte paksus ei tohiks olla rohkem kui 30cm.

Lume eemaldamisel katuselt peaks järgima ohutusnõudeid nii lumekoristajate kui ka jalakäijate seisukohast. Tuleks järgida alljärgnevat soovitusi:

- Esmalt peaks eemaldama kuhjunud lume, mis paikneb madalamatel katustel, varikatustel, seadmete, katuselaternate ja parapettide ümbruses.
- Viilkatuste puhul tuleb katuselt lumi eemaldada sümmeetriliselt. Vältida tuleb olukordi, kus üks pool katust jääks maksimaalselt koormatuks, samal ajal kui teiselt poolt viilu on lumi eemaldatud.
- Tuleb vältida lume kuhjamist kõrgemalt katuselt madalamale ja samuti kõrgema katuse ulatuses.
- Katusekatte vigastuste vältimiseks ei tohiks eemaldada lund 5 cm ulatuses katusepinnast. Soovitav on kasutada plastikust lumelabidaid. Lumi tuleks eemaldada katuselt enne selle jäätumist.
- Lume eemaldamisel tuleb vältida liikumist ja lume kokku tallamist kõrvaloleval puhastamata katuse osal.
- Lund aetakse katuselt maha ka sulaveelompide tekke, rennide jäätumise ja purikate vältimiseks. Vältida tuleks vihmaveerennide jäätumist ja proovida hoida puhtana sulavee vooluteed- rennid ja neelud.

4.6.1.3. Tuulekoormus

Tuulekoormus võetakse muutuvkoormusena arvesse katusesarikate kandevoime hindamisel. Arvutustes tuleb arvesse võtta nii tuule survet kui ka imemisjõudu. Tuulekoormus oleneb katuse kujust, ümbritsevast maastikust ja hoone kõrgusest. Tuulekoormuse osakaal on suurem rannikualal ja lagedal paiknevatel ehitistel, samuti kõrgemate hoonete puhul.

4.6.1.4. Katuse omakaal.

Lume- ja tuulekoormus mõjuvad katustele olenemata katusekattematerjalist.

Koormuse väärtuse saamisel tuleb arvestada sarikate reaalsel pikkust ja sammu.

4.6.2. Sarikate tugevdamine ja jätkamine

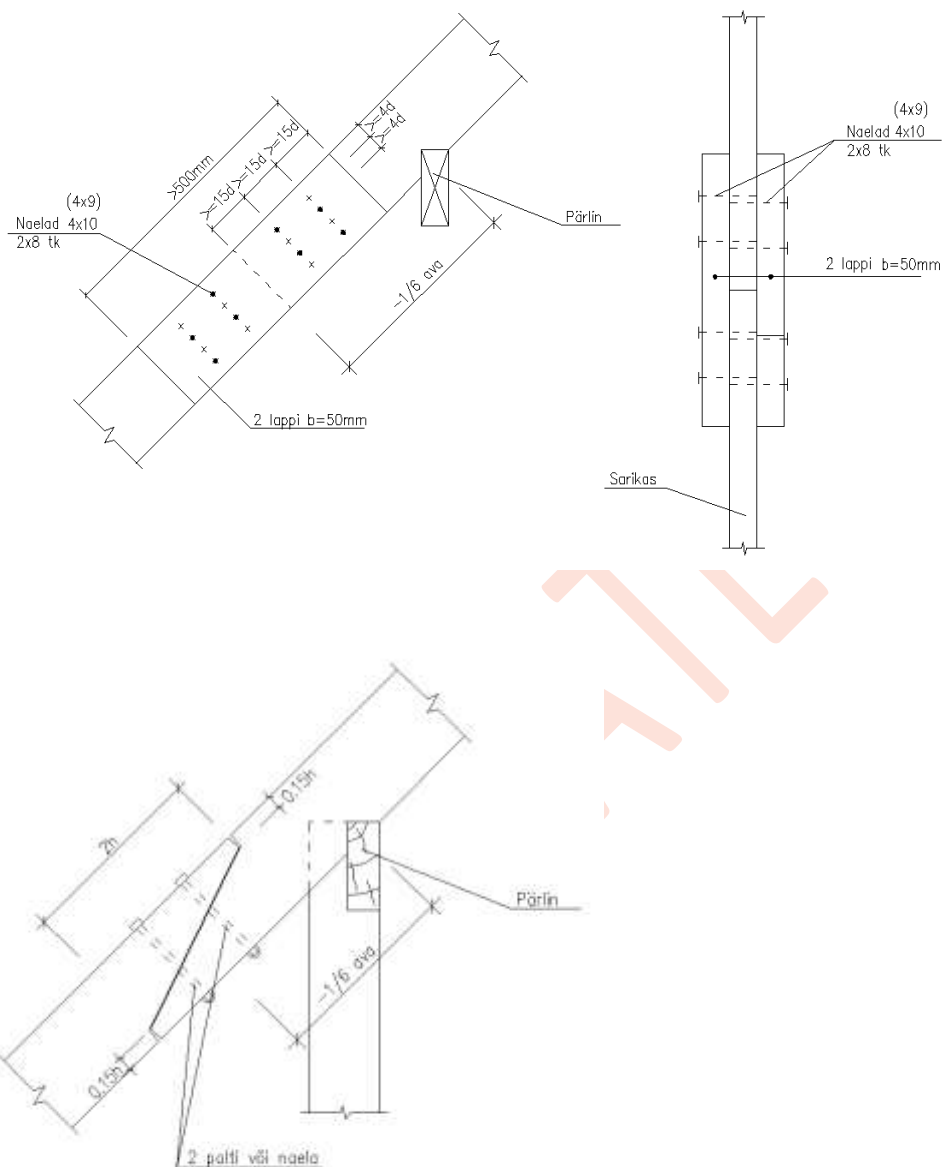
Kui sarikate tugevuse kontrollimisel osutub sarika ristlõike nõrgaks on lihtsam viis olukorra lahendamiseks vähendada penniga katuse korral sarikate kandeava. Selleks tuleks teha sarikatele alla toolvärk pärlist ja postidest. Toolvärgi tegemisel tuleb toolvärk toetada kandeseintele või laetaladele, võimalikult tugevate lähedale. .

Sarikate sammu üle 120 cm ja ebapiisava tugevusega ristlõike korral on vajalik uute sarikate lisamine olemasolevate vahele.

Kui sarikatel esineb kahjustusi, näiteks mädanenud osad läbijooksudest, tuleb sarikaid proteesida. Proteesimist võib teha ainult tugevate lähedal. Avas esinevate vigastuste korral tuleb sarikas asendada.

Korstnate ja katuseuukide kohal sarikad vekseldatakse. Ühe sarika vekseldamine (s.o. vekseltala abil toetatud kõrvalsarikatele) ei tekita probleeme. Mitme sarika vekseldamisel peavad kõrvalolevad sarikad olema tugevamad või kasutama topeltsarikaid.

Sarika proteesimise detaile:



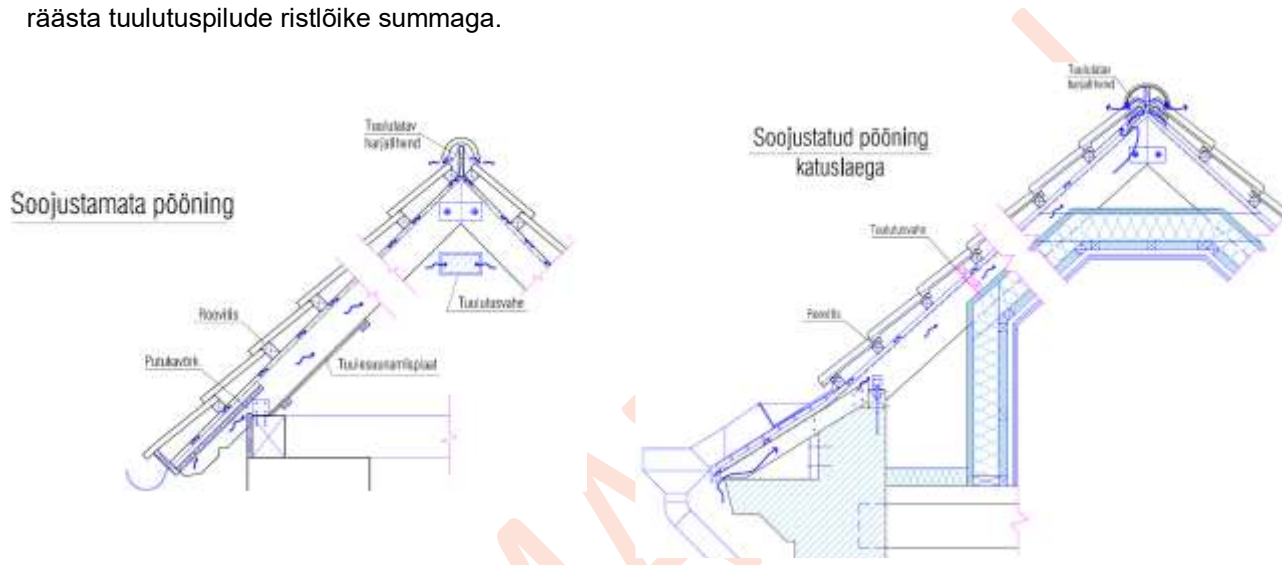
4.7. Katusealune

Katusekivide pikaajalise tagavad katusealuse tuulutus ja kivide väljakuivamine. Katusekivi imab endasse niiskust ja temperatuuride muutumisel pooridesse tunginud vesi vaheldumisi külmub ja sulab. Kivide märgumise vältimiseks tuleb tagada, et katusekivi temperatuur oleks välisõhuga võrdne, hoida katusepind puhas samblast ja prahist ning katusekivide alla tuleb ettenäha tuulutus.

4.7.1. Pööninguga katus

Traditsiooniline lahendus jahe ja hästi tuulduva pööninguga hoiab katusekivi ühtlasel temperatuuril, miinustemperatuuridel ei hakka katusel olev lumi ja jää sulama. Samuti jõuab enamus kivisse tunginud niiskust välja kuivada enne külmumist. Kuna soojem õhk ja veeaur liiguvad ülespoole, on tõmmet seda parem, mida suurem on kõrguste vahe räästa ja harja vahel.

Katuse harja või pööningu seinal paiknevate tuulutusavade summaarne ristlõikepindala peab võrduma räästa tuulutuspilude ristlõike summaga.



4.7.2. Katuslaega lahendus

Hoonete renoveerimisel soovitakse tihti kasutusse võtta külm pööninguosa ja katusekatte vahetusel näha katusealuse soojustamine. Katuslae ehitamisel tuleb jälgida, et tagatud oleks piisav tuulutus nii katusekivide kui aluskatte alt.

Katusekivide aluse osa tuulutuseks tuleb ettenäha roovlattide alla vaheliist. Õhk imetakse sisse räästast ja väljub harjast. Tuulega läbi kivikatte pressitud sajuvesi, tuisulume sulamisvesi ja sulamisveelompidest läbitulnud vesi, kivide aluspinnale kondenseerunud kastevesi jookseb mööda aluskatet alla. Aluskatus peab juhtima vee kas räästasse, neelu või liidete pealispinnale. Temperatuur tuulutatava katusekatte all on ligilähedane välisõhu temperatuuriga ja selle abil välditakse külmal ajal katusele kuhjunud lume sulamist.

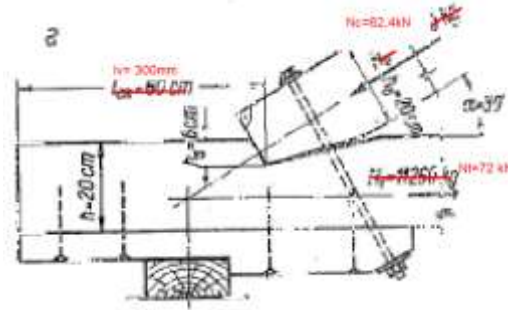
Kasutusotstarbeta suletud katusealuste osade korral ja mittehingava aluskatte korral tuleb tagada tuulutus aluskatte all. Köetavast hooneosast viib õhk läbi soojustatud piirete niiskust väljapoole välis- ja siserõhkude erinevuste tõttu. Veeauru liikumisel köetavast ruumist külmema keskkonna poole, osa veeaurust kondenseerub, põhjustades piirete märgumist, soojusisolatsiooni omaduste halvenemist, puidu ja saepuru mädanemist ning külmumisel piirete kahjustumist. Nõutav tuulutusvahe on 100mm.

Hingavat aluskatet võib paigaldada otse soojustuse peale ilma täiendava tuulutusvaheta juhul kui sissepoole näha täiendavalt ette aurutõke, vältimaks niiskuse tungimist piirdesse. Katusealune tuleks soojustada täies ulatuses, et vältida tuulutamata jäävaid pööninguosi.

4.8. Näiteülesanne. Laup tapp

Tappliite arvutusnäide

- Kontrollida toesõlme kande võimet kui
- $\alpha = 30^\circ$
- $N_c = 62,4 \text{ kN}$
- $N_t = 72 \text{ kN}$
- Puit 200x200mm
- Tugevusklass C18
- Nihkepind $l_v = 300 \text{ mm}$
- Kasutusklass 1
- Koormus keskkestev



11/13/2011

TTÜ Tartu Kollidž, Maari Idnurm

30

- Arvutus muljumisele
- Pikikiudu arvutuslik survetugevus

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{\text{mod}} \times f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \times 18}{1,3} = 11,08$$

- Ristikiudu arvutuslik survetugevus

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{\text{mod}} \times f_{c,90,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \times 4,8}{1,3} = 2,95$$

11/13/2011

TTÜ Tartu Kollidž, Maari Idnurm

31

- Survepinge kiudude suhtes nurga all

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{N_c \cos \alpha}{b_{ef} t_v} = \frac{62,4 \times 10^3 \times \cos 30^\circ}{60 \times 200} = 4,50 \text{ MPa}$$

- Tugevuskontroll

$$\sigma_{c,\alpha,d} = 4,50 \text{ MPa} \leq \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{11,08}{\frac{11,08}{2,95} \sin^2 30^\circ + \cos^2 30^\circ} = 6,56 \text{ MPa}$$

11/13/2011

TTÜ Tartu Kõledž, Maari Idnurm

32

Arvutus lõikele

- Nihketugevuse arvutusväärtus

$$f_{v,d} = \frac{k_{\text{mod}} \times f_{v,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \times 2,0}{1,3} = 1,2 \text{ MPa}$$

- Arvutuslik nihkepinge

$$\tau_d = \frac{N_t}{b_{ef} l_v} = \frac{72 \times 10^3}{200 \times 300} = 1,2 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 1,2 \text{ MPa}$$

11/13/2011

TTÜ Tartu Kõledž, Maari Idnurm

33



Alumise vöö nõrgestatud ristlõike kontroll tõmbele

- Tõmbetugevus

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{\text{mod}} \times f_{t,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \times 11,0}{1,3} = 6,77 \text{ MPa}$$

- Alumise vöö nõrgestatud ristlõike tugevuskontroll tõmbele

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_t}{(h - t_v) b_{ef}} = \frac{72 \times 10^3}{(200 - 60) \times 200} = 2,57 \text{ MPa} \leq f_{t,0,d} = 6,77 \text{ MPa}$$

11/13/2011

TTÜ Tartu Kõledž, Maari Idnurm

34

Nõrgestatud ristlõike kontroll tõmbele
juhul kui tsentreeritud oleks nõrgestatud ristlõike
raskuskeskme joone järgi $e_0=30\text{mm}$

■ Tõmme koos paindega

- tugevustingimus

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1,0$$

- Paindepinged ekstsentrilisusest nõrgestatud ristlõikes

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{N_t \times e_0}{W} = \frac{72 \times 10^3 \times 30}{\frac{200 \times 140^2}{6}} = 3,31 \text{ MPa}$$

11/13/2011

TTÜ Tartu Kõledž, Maari Idnurm

35

■ Tugevustingimuse kontroll

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{2,57}{6,77} + \frac{3,31}{11,1} = 0,68 \leq 1,0$$

=> Valitud ristlõike sisselõike sügavuse 60mm ja nihkepinna 300mm korral osutuvad sobivaks tsentreerimisel nii nõrgestatud kui ka nõrgestamata ristlõike raskuskeskme joone järgi