

EHITUSPUIDU TUGEVUSKLASSIDEST

Praegu valitseb olukord, kus projekteerijatel puuduvad EPN-i (Eesti projekteerimisnormid) järgseks projekteerimiseks andmed Eestis toodetava või müüdava puitmaterjali tugevus- ja jäikusparameetrite kohta, seda nii saematerjali kui ka liimpuidu osas. Enamus puidutööstusi ja ehituspuidu müüjiga tegelevaid äriettevõtteid ei väljasta standardite nõuetele vastava kvaliteediga ehituspuitu.

Puitkonstruktsioonide projekteerimisel EPN järgi tuleb kasutada Euroopa standarditele EN 338:1995 ja EVS-EN 1194:2000 (viimane on tõlgitud ka eesti keelde) vastavaid saematerjali ja liimpuidu tugevusklasside. Nimetatud standardid jaotavad nii saematerjali kui liimpuidu sõltuvalt puidu kogumi tugevusnäitajatest ning jäikuse ja tiheduse väärtustest mitmesse tugevusklassi.

Standardite kohaselt määratakse puidu tugevusklassid kas visuaal- või masinsortimise teel. Sorditud puidu normväärtused saadakse tugevuskatsetuste alusel katsekehade, mis peavad vastama tasakaaluniiskuse olukorrale 20 °C temperatuuri ja 65% suhtelise niiskuse juures (see tähendab puidu niiskust ca 12%).

Okaspuidu tugevusklassid tähistatakse tähega C ja numbriga, mis näitab normatiivset paindetugevust (N/mm²), lehtpuidu täheks on D, liimpuidul GL.

SNiP-i järgi puitkonstruktsioone projekteerides oli asi lihtne. Konstruktsioonipuit ja-gati kolme sorti: 1. sordi puitu praktiliselt ei olnud saada; 2. sordi puit oli kõik see, mis sobis kandekonstruktsiooni pan-na; 3. sordi puit oli kandekonstruktsioonides kasutamiskõlbmatu. Seega oli projekteerijal kasutada kindel puidu sort oma vastavate normsuurustega, mille ka ehitaja ilmeksimatult ära tundis (oksi on või oksi ei ole) ning tootja oskas valmistada ja müüa. Ainsaks nõudeks oli

puidu niiskussisaldus, mida üldiselt täideti juba seetõttu, et märga puitu ehituskonstruktsioonides kasutada ei lubatud.

Milliste tugevusklassidega ehituspuitu meil kandekonstruktsioonides käesoleval ajal kasutatakse, on täiesti selgusetu. Käib täielik isetegevus, sest enamik saematerjali tootjaid ei anna ehituspuidu kohta mingit kvaliteedi vastavust tõendavat dokumenti. Samal ajal projekteerijad projekteerivad puidust kandekonstruktsioone Eesti normidega (EPN 5.1) nõutud tugevusnäitajate kohaselt.

Kõikvõimalikel puiduteemalistel seminaridel, näitustel või muudel ehituspuitu käsitlevatel üritustel reklaamivad meie tootjad oma toodangut kui loodussõbralikku, väga erinevate ristlõigetega, kvaliteetselt hõõveldatud ja täpselt töödeldud materjali. Reeglina tuuakse näiteid toodangu ekspordist väga erinevatesse maa-desse. Tugevuse kohta tavaliselt vastust anda ei osata.

Suured ehitusmaterjalidega kauplevad firmad müüvad puitu, mis tihtipeale ei vasta ehituskonstruktsioonides ka-

sutatava puitmaterjali nõuetele. Jääb mulje, et kaubeldakse selle puitmaterjaliga, mida välismaale saata ei ole võimalik. Tingituna normide ja standardite mittetundmisest müüakse ehituspuiduna isegi märga toorainet, mille kasutamine ükskõik millise ehitusnormi järgi oli ja on lubamatu. Põhjuseks tuuakse asjaolu, et see on minev kaup. Tellija seisukohalt on taoline tegevus kuritegu, millega muu hulgas teadlikult luuakse bioloogiliste kahjustuste tekkimise eeltingimused. Nii näiteks oli allakirjutanul võimalus 1999. aasta (kuum ja kuiv suvi) oktoobris näha palkidest kokkupandava sauna sarikatel seenkahjustusi juba kaks kuud hiljem pärast katuse alla saamist.

Ehituspuidu tugevussortimisest

Oleks ülekohtune väita, et kvaliteetset ehituspuitu vabariigis üldse ei ole. Osa firmasid müüvad markeeritud visuaal- või masinsorteeritud puitu, kuid häda on selles, et tugevusklass on määratud kas Põhjamaade või mõne teise maa normide

kohaselt (reeglina selle maa, kuhu saetööstus oma toodangut ekspordib). Välisriikides sorteerivad väljaõppinud sorteerijad puitu selle maa normide kohaselt. Seetõttu võime müügil kohata puitu markeeringuga T0, S10 jmt. Millistele eurostandardi kohastele tugevusklassidele need vastavad, me täpselt ei tea, kuid puitkonstruktsioonide Eesti projekteerimisnormides selliseid tugevusklasside ei esine.

Selle lünga täitmiseks töötati Tallinna Tehnikaülikoolis majandusministeeriumi tellimisel välja ehituspuidu visuaalse tugevussortimise Eesti standardi kavand, mis momendil on Standardiametile üle antud ja ootab selle kinnitust. Standardi koostamisel püüti arvestada nii tootjate kui projekteerijate huve.

Mitmete läbirääkimiste tulemusel on nimetatud standardisse lülitatud ehituspuidu tugevusklassid C16, C18 ja C24. Siinjuures on eelistatud tugevusklassid C16 ja C24. Tugevusklassiga C18 ehituspuidu saamiseks tuleb saeveskile esitada n-õ eritellimus.

Liimpuidu tootmiseks on

Tabel 1. Proovide normsuuruste võrdlus standardiga EN 338:1995

Tugevusklass		Proov C16	EN 338:1995 C16	Proov C24	EN 338:1995 C24
Tugevusomadused			N/mm²		
Paine	$f_{m,k}$	17	16	25	24
Jäikusomadused			kN/mm²		
Elastsusmoodul	$E_{0,mean}$	10,8	8	11,9	11
	$E_{0,05}$	7,25	5,4	8	7,4
Tihedus			kg/m³		
Tihedus	ρ_k	368	310	400	350
	ρ_{mean}	449	370	463	420

uude standardisse lülitatud ehituspuidu sortimise reeglid tugevusklassile C30. Monoliitpuidust konstruktsioonide projekteerimisel sellega aga arvestada ei tohiks, kuna saeveskid sellist klassi ei sorteeri, liimpuidutootja sordib lamellid nimetatud tugevusklassi kohapeal.

Tugevuskatsetused

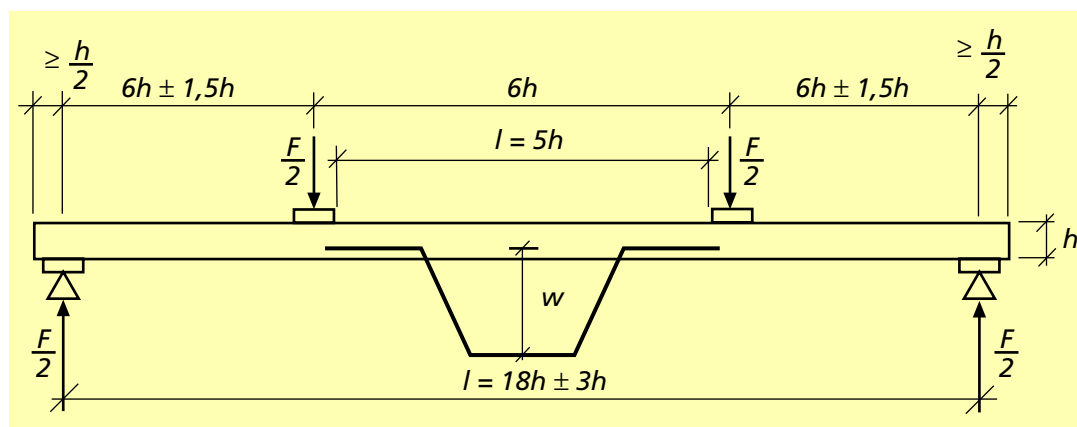
Uue sorteerimisstandardi järgi sorteeritud puit läbis tugevuskatsed, mida järgnevalt kirjeldatakse.

Saematerjal sortimiseks ja katsetamiseks saadi saeveskist AS Haret. Normväärtuste määramiseks sortiti 80 katsekeha ristlõikega ca 50 x 150 mm ja pikkusega 3,0 m tugevusklasside C16 ja C24 kohaselt.

Katsetamine viidi läbi eurostandardi EN 408:1995 "Timber structures – Structural timber and glued laminated timber – Determination of some physical and mechanical properties" alusel.

Puidu kogumi tugevusklassi määramiseks piisab, kui määrata selle paindeelastsusmoodul, paindetugevus, niiskussisaldus ja tihedus.

Katsekeha koormati paindele sümmeetriliselt kahes punktis, nagu on näidatud joonisel 1. Katsekeha põikumise vältimiseks kasutati tugeudel kültoestust.



Joonis 1. Katseskeem paindeelastsusmooduli määramisel.

Koormus rakendati koormusseadme koormava osa konstantse kiirusega liikumisel nii, et maksimaalne koormus saavutati (300 ± 120) sekundi jooksul. Paaril juhul ületas koormamise aeg lubatu; näiteks tugevusklassiga C16 katsekehade koormamisel selle tõttu, et nimetatud kogumises esines suure paindetugevusega katsekehi, mis pidanuksid olema klass kõrgemal.

Katsekeha tihedus ja niiskussisaldus määrati proovitükiga, mis võeti katsekehast purunemiskohale nii lähedalt kui võimalik, täisristlõike suurus, okste ja vaigutaskuteta.

Normväärtuste määramine

Puidu proovi normväärtused on määratud eurostandardi

EN 384:1995 "Structural timber – Determination of characteristic values of mechanical properties and density" meetodika kohaselt.

Nimetatud standard käsitleb normväärtuste määramise seotud määratlusi, katsekehi, katsetamist ja katseandmete töötlust ning annab meetodi mehaaniliste omaduste ja tiheduse normväärtuste määramiseks puidukogumi visuaalselt (samuti masinsortimisega) määratletud tugevusklasside korral.

Normväärtus on väärtus, mis vastab puidu omaduse statistilise jaotuse kvantiilile. Tugevusomaduste, elastsusmooduli ja tiheduse kvantiil on 5%. Elastsusmooduli keskmine väärtus on samuti normväärtus.

Kuna katsekeha valik te-

hakse kriitilise löike põhjal, siis ei ole kasutuselolev meetod tugevusomaduste 5% normväärtuste määramiseks seotud katsetulemuste tegeliku arväärtusega ja iga proovi 5% normväärtus f_{05} määratakse seosest

$$f_{05} = f_r$$

kus f_r saadakse proovi kõikide katsetulemuste reastamisel tõusvas järjestuses. 5% normväärtus on katsetulemus, millest 5% tulemustest on madalamad.

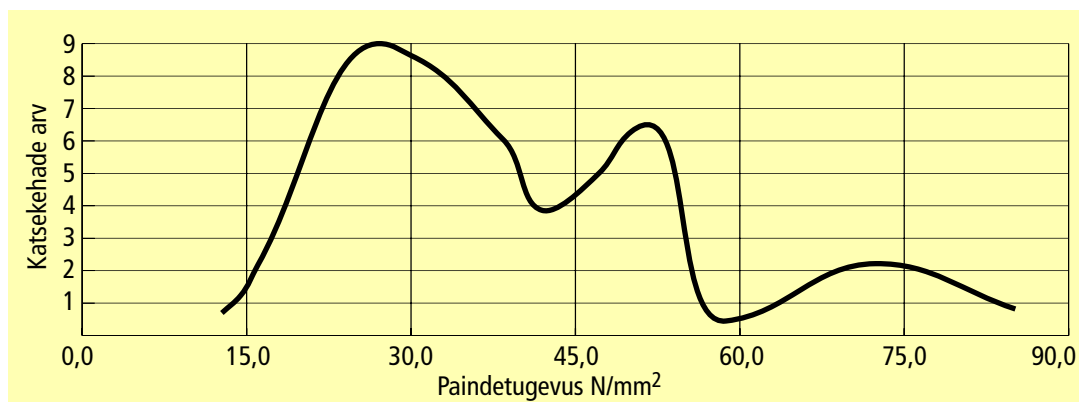
Kirjeldatud tugevuskatsetulemuste alusel saadi:

- a) normpaindetugevus
 - tugevusklassiga C16 proovi korral $f_{m,k} = 17,3 \text{ N/mm}^2$
 - tugevusklassiga C24 proovi korral $f_{m,k} = 25,1 \text{ N/mm}^2$

- b) paindeelastsusmooduli normväärtused

Tabel 2. Okaspuidust saematerjali tugevusklassid, normtugevuse, -jäikuse ja -tiheduse väärtused. EN 338:1995

Tugevusklass		C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
Tugevusomadused		N/mm²								
Paine	$f_{m,k}$	14	16	18	22	24	27	30	35	40
Tõmme	$f_{t,0,k}$	8	10	11	13	14	16	18	21	24
	$f_{t,90,k}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Surve	$f_{c,0,k}$	16	17	18	20	21	22	23	25	26
	$f_{c,90,k}$	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,6	5,7	6,0	6,3
Lõige	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8
Jäikusomadused		kN/mm²								
Elastusmoodul	$E_{0,mean}$	7	8	9	10	11	12	12	13	14
	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4
	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,40	0,43	0,47
Nihkemoodul	G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88
Tihedus		kg/m³								
Tihedus	ρ_k	290	310	320	340	350	370	380	400	420
Keskvärtus	ρ_{mean}	350	370	380	410	420	450	460	480	500



Joonis 2. Proovi C16 katsetulemuste normaaljaotus.

- tugevusklassiga C16 proovi korral $E_{0,mean} = 10800$ N/mm²
- tugevusklassiga C24 proovi korral $E_{0,mean} = 11900$ N/mm²

Paindeelastsusmooduli normväärtuseks pikikiudu $E_{0,05}$ võetakse okaspuidust katsekehal $E_{0,05} = 0,67E_{0,mean}$, seega vastavateks normväärtusteks kujuneb:

- tugevusklassiga C16 proovi korral $E_{0,05} = 7250$ N/mm²
- tugevusklassiga C24 proovi korral $E_{0,05} = 7970$ N/mm²

c) normtihedused

- tugevusklassiga C16 proovi korral $\rho_{mean} = 449$ kg/m³, $\rho_k = 368$ kg/m³
- tugevusklassiga C24 proovi korral $\rho_{mean} = 460$ kg/m³, $\rho_k = 400$ kg/m³

Katsetulemuste analüüs

Katsekehad purunesid peamiselt paindele puhta painde tsoonis, kuid esines ka nihke- ja segapurunemist. Tugevusele ja purunemispildile avaldasid mõju oksad ja seda eriti proovile tugevusklassiga C16.

Proovide katsetulemuste alusel saadud normväärtuste võrdlemisel EN338:1995 kohaste vastavate suurustega on tulemused järgmised:

- normpaindetugevus $f_{m,k}$ erineb standardist proovi C16 korral 6% ja C24 4,5%;
- normpaindeelastsusmoodul $E_{0,05}$ erineb standardist proovi C16 korral 34% ja C24 7,7%;
- keskmine normpaindeelastsusmoodul $E_{0,05}$ erineb standardist proovi C16 korral 35% ja C24 8%;

- normtiheduse ρ_k erinevus standardist proovi C16 korral 17% ja C24 12,5%;
- tiheduse keskväärtuse ρ_{mean} erinevus standardist proovi C16 korral 21% ja C24 10%.

Proovi C16 normväärtuste suuremad erinevused standardikohastest väärtustest on seotud ilmselt visuaalse sorteerimise ebatäpsusega.

Viimase väite põhjenduseks koostati nimetatud töö käigus katsetulemuste normaaljaotus paindetugevuste järgi. Joonisel 2 on proovil C16 eristatav vähemalt kahe tugevusklassi olemasolu. Siit ka põhjus katseandmete suures erinevuses, mis mõjutab eriti elastsusmoodulite ja tiheduste väärtusi.

Proovi C24 katseandmete normväärtused võrreldes standardi vastavate väärtustega on

küllalt lähedased. Erinevus 10% piires näitab praktiliselt väga head kokkulangevust leitud normväärtuste osas.

Joonisel 3 on esitatud proovi tugevusklassiga C24 katsetulemuste normaaljaotus katsekehade paindetugevuste järgi.

Tabelis 1 on esitatud koostatava Eesti standardi alusel kahte tugevusklassi (C16 ja C24) sorditud okaspuidust saematerjali proovide normtugevuste, -jäikuste ja -tiheduste väärtused ja nende võrdlus Euroopa standardiga EN338:1995.

Katsetulemuste analüüsil proovide kaupa ilmneb, et madalama tugevusklassi (C16) sortimisel satub puidu kogumisse suures osas kõrgema tugevusklassiga puitu. Kõrgemasse tugevusklassi (C24) sortimine on ühtlasem.

Kokkuvõtteks

Järeldusena tugevuskatsetest võib öelda, et puidu visuaalne tugevussortimine Eesti standardi eelnõu kohaselt tugevusklassidesse C16 ja C24 annab standardi EN 338:1995 nõuetele vastavad normtugevuse, -jäikuse ja -tiheduse väärtused.

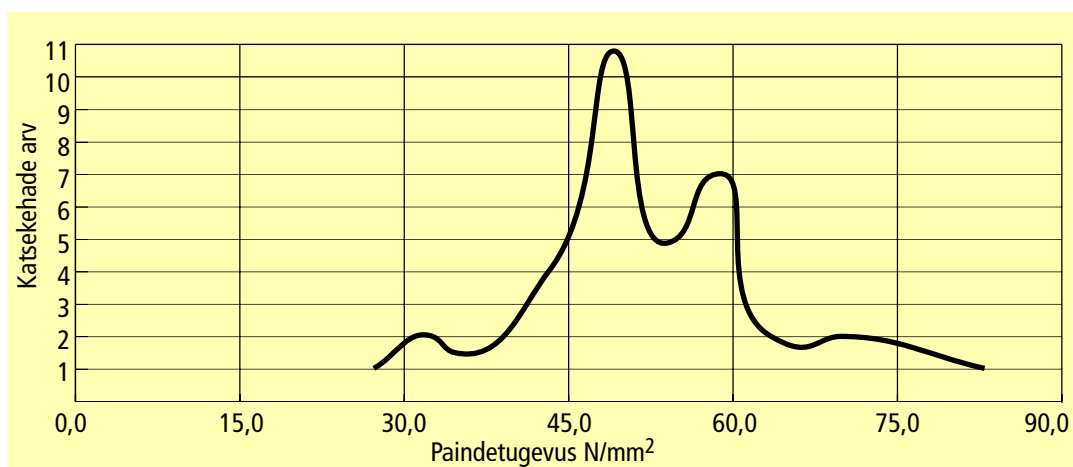
Tihtiipeale võime erinevates kirjandusallikates kohata ühe ja sama puidutugevus-

Tabel 3. Homogeense lamell-liimpuidu tugevusklassid, normtugevuse, -jäikuse ja -tiheduse väärtused. EVS-EN 1194:2000

Tugevusklass		GL 24h	GL 28h	GL 32h	GL 36h
Tugevusomadused		N/mm²			
Paine	$f_{m,g,k}$	24	28	32	36
Tõmme	$f_{t,0,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26
	$f_{t,90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6
Surve	$f_{c,0,g,k}$	24	26,5	29	31
	$f_{c,90,g,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
Nihe	$f_{v,g,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3
Jäikusomadused		kN/mm²			
Elastusmoodul	$E_{0,mean,g}$	11,6	12,6	13,7	14,7
	$E_{0,05,g}$	9,4	10,2	11,1	11,9
	$E_{90,mean}$	0,39	0,42	0,46	0,49
Nihkemoodul	$G_{mean,g}$	0,72	0,78	0,85	0,91
Tihedus		kg/m³			
Tihedus	ρ_k	380	410	430	450

Tabel 4. Kombineeritud lamell-liimpuidu tugevusklassid, normtugevuse, -jäikuse ja -tiheduse väärtused. EVS-EN 1194:2000

Tugevusklass		GL 24c	GL 28c	GL 32c	GL 36c
Tugevusomadused		N/mm²			
Paine	$f_{m,g,k}$	24	28	32	36
Tõmme	$f_{t,0,g,k}$	14	16,5	19,5	22,5
	$f_{t,90,g,k}$	0,35	0,4	0,45	0,5
Surve	$f_{c,0,g,k}$	21	24	26,5	29
	$f_{c,90,g,k}$	2,4	2,7	3,0	3,3
Lõige	$f_{v,g,k}$	2,2	2,7	3,2	3,8
Jäikusomadused		kN/mm²			
Elastusmoodul	$E_{0,mean,g}$	11,6	12,6	13,7	14,7
	$E_{0,05,g}$	9,4	10,2	11,1	11,9
	$E_{90,mean}$	0,32	0,39	0,42	0,46
Nihkemoodul	$G_{mean,g}$	0,59	0,72	0,78	0,85
Tihedus		kg/m³			
Tihedus	ρ_k	350	380	410	430



Joonis 3. Proovi C24 katsetulemuste normaaljaotus.

klassi kohta erinevaid normtugevusi. Arusaamatuste vältimiseks on käesolevas kirjutises tabelis 2 esitatud praegu kehtiva standardi EN 338:1995 kohased okaspuidust saemater-

jali tugevusklassid, normtugevuse, -jäikuse ja -tiheduse väärtused.

Tabelites 3 ja 4 on esitatud vastavad näitajad liimpuidule (EVS-EN 1194:2000 järgi).

Võrreldes EPN-ENV 5.1 lisas E tooduga on siin olulisi muudatusi. Liimpuidu tugevusklassid esitatakse vastavalt valmistamise tehnoloogiast homogeense (klassi tähisele lisa-

tud täht "h") ja kombineeritud (klassi tähisele lisatud täht "c") liimpuiduna. Homogeenne liimpuit koosneb ühesuguse tugevusega lamellidest, kombineeritud liimpuidu välimised lamellid (1/6 ristloike kõrgusest) on tugevama ning sisemised nõrgemast tugevusklassist. Teine muudatus on see, et liimpuidu tugevusklass algab tugevusklassiga GL24 h või c. Kolmas ja väga oluline muudatus: liimpuidu tugevust survele ristikiudu on vähendatud ca kaks korda (vrd tabel 2.2.1 EPN 5.1)

ELMAR JUST,
TEHNIKAKANDIDAAT, TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOOI VANEMTEADUR

PIIRDE SOOJUSTAMINE VAJAB LÄBIMÕTLEMIST

Asjatundmatu soojustamine rikub eluruumide sisekliimat ning põhjustab hoone konstruktsioonides tõsiseid niiskuskahjustusi. Nende probleemide vältimiseks peaks soojustusmaterjali valikul konsulteerima ehitusfüüsikat hästi tundva spetsialistiga.

Üks tõde kehtib kindlasti – toodete hindade võib arvestada siis, kui nende ehitusfüüsikalised omadused on ühesugused või praktiliselt samad.

Erinevate soojustusmaterjalide hulgas valikut tehes tuleb esmalt tähelepanu pöörata soojaerijuhtivusele. Mineraalvillad on head soojustusmaterjalid, kuid on väga tähtis osata nende hulgast leida sobivaim. Niiskuskahjustuste vältimiseks pole vähetähtsad ka villade niiskustumavuse ja selle väljakuivamise kiiruse arvnäitajad, veelgi olulisem aga õigesti paigutatud aurutõkked.

Kivimaja soojustamine

Võib ette tulla olukordi, et soojustamine väljastpoolt on võimatu. Soojustamine seestpoolt on aga kõrge riskistme-

ga: tõenäosus, et talvel tekib hoone seina külma sisepinna ja soojustuse vahele veeauru kondensaat, on suur. Märgudes kaotab soojustusmaterjal, näiteks mineraalvill, soojapidavad omadused ning ruumis hakkavad vohama tervisele kahjulikud mikroobid ja bakterid.

Äärmisel vajadusel võib sellist sisepinda täiendavalt soojustada vahtpolüuretaaniga. Soojustusmaterjali paigaldamisel tuleb arvestada, et niiske soe siseõhk ei jõuaks välispiirde (müüritise) külma sisepinnani. Kuid ka eriti hoolikalt paigaldatud soojustuse puhul võib hoone eksploatatsiooni käigus konstruktsioonide ebaühtlase vajumise või näiteks läbimõtlema elektrinstallatsiooni tagajärjel esialgne olukord muutuda ja ruumi siseõhk jõuda madalatempera-



Puithoonet võib soojustada nii seest- kui väljastpoolt.