



TALLINNA TEHNICAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

**KOLMEKIHELISE SOOJUSTATUD
POORBETONPANEELI NIISKUSLIKU
TOIMIVUSE EELDUSED**

**PRESUMPTIONS OF HYGROTHERMAL PERFORMANCE OF
THREE LAYER AUTOCLAVED AERATED CONCRETE
EXTERNAL WALL**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane:	Kristo Koppel
Üliõpilaskood	165201EAEI
Juhendaja:	Simo Ilomets, lektor

KOKKUVÕTE

Uurimistöös hinnati kolmekihilise soojustatud poorbetoonpaneeli niiskustehnilist toimivust Eesti kliimatingimustel ning kaardistati selle kasutuselevõtul tekkida võivaid probleeme. Poorbetooni ehitusmaterjalina iseloomustavad head soojusisolatsiooni omadused, kerge töödeldavus, kerge kaal, mittepõlevus ja homogeenus. Materjali tootmisel tekkiv tehnoloogiline niiskus, suur veeimavus ja suur hügrooskoopsus võivad aga põhjustada probleeme nagu külmakahjustused, suurenenud soojuslähivusest tingitud suurem küttevajadus ja viimistlemiseks liigniiske pinna tõttu ehitusaja pikenemine.

Külmasildade analüüsimiseks koostati esmalt sõlmelahendused korterelamu ehitust silmas pidades lamekatuse, kaldkatuse, vahelae, vundamendi, siseseina ja akna liitekohtadele välisseinaga. Temperatuurivälja tarkvaraga Therm mudeldatud sõlmelahendustes jäid temperatuuriindeksid vahemikku 0,84...0,86 ning akna sõlme puhul 0,78...0,79. Külmasilla joonsoojuslähivused olid enamjaolt vahemikus 0,01...0,08 W/(m·K). Ühe näitena mittetoimivast lahendusest toodi vundamendi sõlm, mille korral betoonist lintvundamenti kasutades toimivus ei olnud tagatud ning lahenduseks pakuti vundamendis kergkruusploki kasutamist. Sõlmelahenduste toimivuse eelduseks on aga paneelide täpne monteerimine ja vuugikohtades veelekete vältimine. Lisaks teostati EVS-EN 13788 kohane välispiirde kondenseerumisrisi hindamine, mille järgi kõrgeim suhteline niiskus tarindis oli 91,5%. Ligikaudse arvutusega hinnati ka korterelamu välisseinale tehtavate deformatsioonivuukide suuruseks 10-15 mm. Samas sõltub see vuugi elastsusest ja nõuab täpsustamist. Oluline oleks tulevikus määrata poorbetooni temperatuuri- ja niiskuspaisumise koefitsendid mõõtmise teel.

Et simulatsioonide koostamiseks oleks võrdlusbaas ehtsa poorbetooniga, määrati katseliselt ühe Eestis laialt kasutatava ja eeldatavalt sarnase tihedusega poorbetooni kuivtihedus ja maksimaalne niiskussisaldus ning vaadeldi kolme katsekeha väljakuivamist kaalumise ja suhtelise niiskuse mõõtmise teel. Katsekeha tuli laoplatsilt 36% kaalulise algniiskusega, kuivas tasakaaluniiskuseni 6% ning erineva katsemetoodika põhjal määrates oli maksimaalne niiskussisaldus 61...89% . Määrati ka sorptsioonkõver. Katsetingimustele võimalikult sarnase simulatsiooni koostamisega leiti väljakuivamist ja sorptsioongraafikut võrreldes, et kõige sarnasem poorbetoon on Delphini tarkvara kataloogis nimega Cellular Concrete.

Niiskustehniliste analüüside tegemiseks koostati arvutusmudelid nelja erineva kaalulise algniiskuse (70%, 35%, 20% ja 5%) ning nelja erineva algusajaga. Kolmekihilisele paneelile määrati korrigeeritud parameetritega väliskrohv ja sisepahtel.

Kasutati kondensaadi ja hallituse testaastaid. Väliskooriku külmaahjustuste analüüsil selgus, et kõige rohkem külmumis-sulamistsükleid saab arvutuskiht väliskrohvi ja poorbetooni liitekohast 5...15 mm sügavusel. Jää küllastustasemed on kõrged üle kogu väliskooriku, kuid rohkem on koormatud väliskrohvi poolne osa. Maksimaalne jääküllastus oli 30% juures ja toimus kondensaadi testaasta korral 70% algniiskusega jaanuarist alustades. 35% algniiskuse korral oli maksimaalne jääküllastus 20%. Enim purustavat jääd tekib selgelt jaanuari algusega simulatsioonides. Maksimaalse algniiskuse korral läheb vähemalt 1,5 kuud aega, et vee sisaldus poorides alla kriitilise piiri jõuaks. Kriitilise arvutuskihi simulatsioonid näitavad, et hoolimata madalast algniiskusest tõusevad vee küllastussisaldused hiljem ikkagi üle kriitilise piiri ja samal ajal esineb ka külmumist ning jää teket. Krohvikihhi vajaliku veeimavuse täpsustamine ja mõju hindamine võiks olla üks edasine uurimisteema.

Esimesel aastal võib suuremast soojusläbivusest tingitud küttevajadus olla umbes 2,7 korda ning teisel aastal 1,6 korda suurem kui viiendal aastal. Sisekooriku pind on hüdroisolatsiooni paigaldamiseks sobilik 70% algniiskusega juba 2 kuu möödudes ja 35% algniiskuse korral nädala möödudes juhul, kui hoone on köetud. Hüdroisolatsiooni paigaldamise kriteerium on pinnaniiskus alla 90%. Peale hüdroisolatsiooni paigaldamist tõuseb aga juba järgmisel päeval hüdroisolatsiooni taga suhtelise niiskuse tase sõltumata algniiskusest ca 97% juurde. Kas ja millist kahju see põhjustab, vajaks täiendavat analüüsi. Märja ruumi seina mudelite koostamisel kasutati sisepinna veeauru difusioonitakistusena hüdroisolatsiooni ja keraamiliste plaatide kihil väärtust $S_d=2,8m$.

SUMMARY

In the present thesis, the hygrothermal performance of a three-layer insulated autoclaved aerated concrete panel in Estonian climatic conditions was evaluated. Aerated concrete construction material is characterized by good thermal insulation properties, easy workability, light weight, non-combustibility and homogeneity. However, the technological moisture, high water absorption and high hygroscopicity of the material during production can cause problems such as frost damage, increased heating requirements due to increased thermal transmittance and extended construction times due to excessively moist surfaces.

In order to analyze the thermal bridges, technical drawings were first prepared considering the construction of the apartment building. Solutions were modeled with the Therm software of the temperature field, the temperature factors were in the range of 0.84...0.86 and in the case of the window solution 0.78...0.79. Linear thermal transmittance of the thermal bridge were mostly in the range of 0.01...0.08 W/(m·K). One example of a non-functional solution was a foundation assembly in which performance was not guaranteed when using a concrete strip foundation. The solution was to use a lightweight gravel block in the foundation. However, the precondition for the performance of the assembly solutions is the precise assembly of the panels and the prevention of water leaks at the joints. The width of the deformation joints on the outer wall of the apartment building was estimated to be 10-15 mm by an approximate calculation. In addition, an assessment of the risk of condensation of the external boundary was carried out in accordance with EVS-EN 13788, according to which the highest relative humidity was 91%.

In order to have a reference base with real autoclaved aerated concrete for simulations, the dry density and maximum moisture content of one autoclaved aerated concrete widely used in Estonia and presumably similar density were determined experimentally. The drying of three test specimens was observed by weighing and relative humidity monitoring. The test piece came from the storage site with an initial humidity of 36%, dry to equilibrium humidity of 6%, and the maximum moisture content was 61... 89%. A sorption curve was also constructed. Comparing the drying and sorption graphs, it was found that the most similar autoclaved aerated concrete is Cellular Concrete in the Delphin catalog.

Calculation models with four different initial humidities (70%, 35%, 20% and 5%) and four different start times were developed for moisture analyzes. The three-layer panel was fitted with corrected external plaster and inner plaster. Condensate and mold test years were used. The analysis of the frost damage of the external shell revealed that

the most freeze-thaw cycles are obtained at the depth of 5... 15 mm from the joint of the external plaster and aerated concrete. The saturation levels of the ice are high all over the external shell, but the part near the external plaster is more loaded. The maximum ice saturation was at 30% and occurred in the condensate test year with an initial humidity of 70% starting in January. At 35% initial humidity, the maximum ice saturation was 20%. The most crushing ice is clearly formed in simulations started in January. At maximum initial humidity, it takes at least 1.5 months for the water content in the pores to reach below the critical limit. Simulations of the critical calculation layer show that despite the low initial humidity, the water saturation levels later rise above the critical limit and at the same time freezing and ice formation occur. Clarification of the required water absorption of the plaster layer and impact assessment could be one of the further research topics.

In the first year, the heating demand due to higher heat transfer may be about 2.7 times, and in the second year 1.6 times higher than in the fifth year. The surface of the inner shell is suitable for installing waterproofing with 70% initial humidity after 2 months and 35% with initial humidity if the building is heated. The criterion for installing waterproofing is a surface moisture content of less than 90%. However, after the installation of the waterproofing, the level of relative humidity behind the waterproofing rises to about 97% the next day, regardless of the initial humidity. Whether and what damage it causes would need further analysis. In the construction of the wet room wall models, the value $S_d = 2.8$ m was used as the water vapor diffusion resistance of the inner surface in the layer of waterproofing and ceramic tiles.