

## RTU studiju kurss "Labi siltinātu ēku norobežojošo konstrukciju termiskā veiktspēja"

31000 Būvniecības un mašīnzinību fakultāte

**Vispārējā informācija**

Kods	PP0001
Nosaukums	Labi siltinātu ēku norobežojošo konstrukciju termiskā veiktspēja
Studiju kursa statuss programmā	
Atbildīgais mācībspēks	Anatolijs Borodiņecs - Doktors, Profesors
Apjoms daļās un kredītpunktos	1 daļa, 1.0 kredītpunkti
Studiju kursa īstenošanas valodas	LV, EN
Anotācija	<p>“Labi siltinātu ēku norobežojošo konstrukciju termiskā veiktspēja” (izstrādāts projekta Skills4Deca, granta Nr. 101123311 ietvaros) ir daļa no studiju kursa BM0279: "Būvniecības siltumfizika" un no BM0352 "Būvniecības siltumfizika".</p> <p>Mācību vienība sniedz padziļinātu izpratni par siltuma un mitruma pārnesei procesiem mūsdienīgās, augsti siltinātās ēku norobežojošajās konstrukcijās, īpašu uzmanību pievēršot to termiskās veiktspējas pamatprincipiem tipiskos ekspluatācijas apstākļos. Studenti apgūst, kā analizēt un projektēt konstrukcijas, kas nodrošina optimālu termisko komfortu, energoefektivitāti un ilgmūžību. Mācību vienībā tiek aplūkoti siltuma pārnese mehānismi, robežnosacījumi, mitra gaisa īpašības un to ietekme uz konstrukciju darbību, kā arī termisko tiltu un konstrukciju neviendabības (piemēram, koka karkasa sienu) būtība un novērtēšanas pamati. Tiek apgūtas arī vienkāršotas modelēšanas pieejas.</p> <p>Papildus studenti iepazīstas ar higrtermiskās uzvedības novērtēšanas metodēm, tostarp starpslāņu kondensācijas risku (Glazera metode), mitruma transportu konstrukcijās un gaisa caurlaidības pamatprincipiem, kā arī to ietekmi uz ēku energoefektivitāti.</p> <p>Praktiskajās nodarbībās tiek attīstītas prasmes veikt aprēķinus, veidot vienkāršotus modeļus, interpretēt rezultātus un izmantot modelēšanas un simulācijas rīkus, kā arī iepazīt ēku diagnostikas metodes, piemēram, termogrāfija un gaisa necaurlaidības testēšana. Mācību vienība attīsta pamata digitālās prasmes un izpratni par energoefektīvu un ilgtspējīgu ēku risinājumu izvērtēšanu.</p> <p>Studiju procesā tiek izmantotas video lekcijas pieejamas Skills4Deca Moodle platformā.</p>
Mērķis un uzdevumi, izteikti kompetencēs un prasmēs	<p>Mācību vienības mērķis ir nodrošināt studentus ar zināšanām un praktiskām prasmēm, kas nepieciešamas mūsdienīgu ēku norobežojošo konstrukciju termiskās un higrtermiskās veiktspējas analīzei, modelēšanai un uzlabošanai.</p> <p>Mācību vienības uzdevumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sniegt pamatzināšanas par siltuma un mitruma pārnesei principiem ēku norobežojošajās konstrukcijās un to ietekmi uz ēku energoefektivitāti;</li> <li>- attīstīt prasmes pielietot starptautiskos un nacionālos standartus būvkonstrukciju termiskās un higrtermiskās uzvedības novērtēšanai;</li> <li>- veidot izpratni par termiski neviendabīgu konstrukciju (t.sk. koka karkasa sienu) analīzi, izmantojot vienkāršotas un skaitliskās metodes;</li> <li>- attīstīt spēju identificēt un novērtēt termiskos tiltus un to ietekmi uz enerģijas zudumiem un virsmas kondensāciju;</li> <li>- sniegt zināšanas par higrtermiskās veiktspējas novērtēšanu, tostarp starpslāņu kondensācijas risku un mitruma uzkrāšanos dažādos robežnosacījumos;</li> <li>- attīstīt pamata prasmes izmantot digitālos modelēšanas rīkus viendimensionālu un divdimensionālu procesu simulācijai un rezultātu interpretācijai;</li> <li>- veicināt spēju izstrādāt projektēšanas uzlabojumus un renovācijas risinājumus ēku norobežojošo konstrukciju termiskās veiktspējas uzlabošanai;</li> <li>- veidot izpratni par gaisa necaurlaidības nozīmi un attīstīt prasmes identificēt tipiskās gaisa noplūdes vietas;</li> <li>- attīstīt praktiskās iemaņas ēku norobežojošo konstrukciju pārbaudes metožu (piemēram, U-vērtības monitoringa, Blower Door testa un infrasarkanās termogrāfijas) veikšanā un rezultātu interpretācijā.</li> </ul>

<p>Patstāvīgais darbs, tā organizācija un uzdevumi</p>	<p>Patstāvīgais darbs tiek organizēts, izmantojot video lekcijas, komentētas prezentācijas un soli pa solim izstrādātus mācību materiālus darbam ar programmatūras rīkiem (piemēram, THERM, Delphin, ProKlimaHaus Hygrothermal). Video lekcijas tiek papildinātas ar atbilstošiem lasāmmateriāliem.</p> <p>Lai novērtētu izpratni, veicinātu aktīvu mācīšanos un nostiprinātu zināšanas, pēc katras lekcijas studenti izpilda īsus testus. Lai turpinātu kursu, katrs tests jāizpilda ar visām pareizām atbildēm; nepieciešamības gadījumā tos drīkst atkārtot, izmantojot lekciju materiālus.</p> <p>Papildus tiek izmantoti pašrefleksijas uzdevumi tiešsaistes formā, lai izvērtētu studentu mācīšanās procesu (t.sk. individuālo sagatavošanos praktiskajām nodarbībām). Pašrefleksijas izvērtē pasniedzējs pēc noteiktiem kritērijiem; ja darbs neatbilst prasībām, tas tiek atdots pilnveidošanai (vienu labošanas iespēja).</p> <p>Mācību procesā būtiska ir aktīva dalība visās aktivitātēs – testos, praktiskajos uzdevumos un pašrefleksijās testos. Praktiskajā daļā studenti veic siltumtehnikās un higrotermiskās veiktspējas pamata aprēķinus un novērtēšanu.</p> <p>Uzdevumi:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apgūt video lekcijās un mācību materiālos sniegto teorētisko informāciju par siltuma un mitruma pārnesei būvkonstrukcijās.</li> <li>2. Izpildīt pēc katras lekcijas paredzētos testus, sasniedzot pilnīgi pareizu rezultātu.</li> <li>3. Patstāvīgi apgūt programmatūras rīku (THERM, Delphin, ProKlimaHaus Hygrothermal) izmantošanu, sekojot soli pa solim instrukcijām.</li> <li>4. Veikt U-vērtību un higrotermiskās veiktspējas aprēķinus stacionāros un dinamiskos apstākļos.</li> <li>5. Piedalīties tiešsaistes diskusijās un konsultācijās, risinot problēmjautājumus.</li> <li>6. Veikt pašrefleksiju testus, analizējot savu mācīšanās procesu un rezultātus.</li> <li>7. Veikt praktiskos aprēķinus un novērtējumus, attīstot prasmes higrotermiskās veiktspējas analīzē.</li> </ol>
<p>Literatūra</p>	<p>Obligātā / Obligatory:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hens, Hugo S. L. C.. Building physics : heat, air and moisture : fundamentals and engineering methods with examples and exercises /Hugo Hens. Berlin : Ernst &amp; Sohn, ©2017., xv, 310 lpp. : ilustrācijas, tabulas ; 24 cm.</li> <li>2. Hens, Hugo S. L. C.. Applied building physics : ambient conditions, building performance and material properties /Hugo Hens. Berlin : Ernst &amp; Sohn, ©2016., xvi, 342 lpp. : ilustrācijas ; 24 cm.</li> <li>3. Hens, Hugo S. L. C.. Building physics : heat, air and moisture : fundamentals and engineering methods with examples and exercises /Hugo Hens. Berlin : Ernst &amp; Sohn, c2012., xiii, 315 lpp. : il., tab. ; 24 cm.</li> <li>4. Hens, Hugo S. L. C.. Building physics - heat, air and moisture : fundamentals and engineering methods with examples and exercises /Hugo Hens. Berlin : Ernst &amp; Sohn, 2007., XIII, 270 lpp. : il. ; 24 cm.</li> <li>5. Borodiņecs, Anatolijs,. Metodiskie norādījumi norobežojošo konstrukciju mitruma režīma vienkāršotam aprēķinam : mācību metodikas līdzeklis/ Anatolijs Borodiņecs, Jurgis Zemītis ; Rīgas Tehniskā universitāte. Būvniecības fakultāte. Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts., 1 tiešsaistes resurss (18 lp.) : ilustrācijas, tabulas ; 1,27 MB</li> <li>6. EN ISO 6946:2020. Ēku daļas un būvkonstrukcijas - Siltumpretestība un siltumvadītspēja - Aprēķina metode.</li> <li>7. EN ISO 14683:2020. Termiskie tilti būvkonstrukcijās. Lineārās siltumapmaiņas koeficients. Vienkāršota aprēķināšanas metodika un standartvērtības.</li> <li>8. EN ISO 13788:2020 Ēku būvmateriālu un būvelementu higrosiltumtehnikās īpašības. Iekšējās virsmas temperatūra kritiskā virsmas mitruma un iekšējās kondensācijas novēršanai.</li> </ol> <p>Papildu / Additional:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zinātniskās publikācijas no SCOPUS, Science Direct u.c. datu bāzēm.</li> <li>2. Tenapors ; putupolistirols : metodiski norādījumi projektētājiem un būvētājiem /U. Iljins, J. Skujāns, S. Štrausa, A. Vulāns. Dobeles : SIA Tenax ; Jelgava : Latvijas Lauksaimniecības universitāte, 2002., 99 lpp. : il., tab. ; 30 cm.</li> <li>3. Enerģijas efektivitātes direktīva: <a href="https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en">https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en</a></li> <li>4. Eiropas Renovācijas vilnis – par zaļākām ēkām, jaunām darbvietām un labāku dzīvi. <a href="https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/?uri=CELEX:52020DC0662">https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/?uri=CELEX:52020DC0662</a></li> <li>5. Energy Performance of Buildings Directive: <a href="https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/energy-performance-buildings-directive_en">https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/energy-performance-buildings-directive_en</a></li> <li>6. Ēku atjaunošanas ilgtermiņa stratēģija: <a href="https://likumi.lv/ta/id/342294-eku-atjaunosanas-ilgtermiņa-stratēģija">https://likumi.lv/ta/id/342294-eku-atjaunosanas-ilgtermiņa-stratēģija</a></li> </ol>
<p>Nepieciešamās priekšzināšanas</p>	<p>Matemātikā, fizikā.</p>

### Studiju kursa saturs

Saturs	Pilna un nepilna laika klātienē studijas		Nepilna laika neklātienē studijas	
	Kontakt stundas	Patstāv. darbs	Kontakt stundas	Patstāv. darbs
Kursa ievads. Robežnosacījumi: iekšējais un ārējais klimats.	1	1	2	2
Termiskie tilti: ievads un aprēķinu iespējas.	1	3	1	2
Koka karkasa konstrukcijas.	1	2	1	3
Termisko tiltu modeļa izveide DWG formātā. Termisko tiltu modeļa izveide programmatūrā.	2	2	1	2
Mitrs gaiss.	1	1	1	2
Vienkāršotā starpslāņu kondensācijas novērtēšanas metode (Glazera metode). Dinamiskā saistītā siltuma un mitruma pārnese.	2	2	1	2
Gaisa caurlaidība. Renovācijas izaicinājumi.	1	2	1	1
Norobežojošo konstrukciju testēšana praksē: U-vērtības monitorings, Blower Door testi un infrasarkanā termogrāfija.	1	3	2	2
<b>Kopā:</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>16</b>

Sasniedzamie studiju rezultāti un to vērtēšana

Sasniedzamie studiju rezultāti	Rezultātu vērtēšanas metodes
Prot izskaidrot siltuma un mitruma pārnese principus ēku norobežojošajās konstrukcijās un to ietekmi uz kopējo ēkas energoefektivitāti un pielietot starptautiskos un nacionālos standartus ēku konstrukciju termiskās un higrotermiskās uzvedības novērtēšanai.	Vērtēšanas metode: Testi (tiešsaistes pārbaudes darbi). Kritēriji: jēdzienu un terminoloģijas izpratne par siltuma un mitruma pārnese procesiem, spēja skaidrot to ietekmi uz ēku energoefektivitāti, pareiza starptautisko un nacionālo standartu interpretācija un pielietošana.
Spēj analizēt konstrukcijas ar termiski neviendabīgiem slāņiem, tostarp koka karkasa sienas, izmantojot vienkāršotas un skaitliskas metodes.	Vērtēšanas metode: Praktiskie darbi (aprēķinu un modelēšanas uzdevumi). Kritēriji: aprēķinu precizitāte, spēja analizēt termiski neviendabīgas konstrukcijas (t.sk. koka karkasa sienas), prasme identificēt un novērtēt termiskos tiltus, kā arī pamatota rezultātu interpretācija.
Spēj identificēt un novērtēt tipiskos termiskos tiltus un to ietekmi uz enerģijas zudumiem un virsmas kondensāciju.	Vērtēšanas metode: Praktiskie darbi (aprēķinu un analīzes uzdevumi). Kritēriji: spēja identificēt tipiskos termiskos tiltus dažādās konstrukcijās, pareizi novērtēt to ietekmi uz siltuma zudumiem un virsmas temperatūru, veikt aprēķinus un/vai modelēšanu, kā arī pamatoti interpretēt iegūtos rezultātus.
Spēj novērtēt higrotermisko veiktspēju, tostarp starpslāņu kondensācijas risku un mitruma uzkrāšanos dažādos robežnosacījumos.	Vērtēšanas metode: Testi un praktiskie darbi (higrotermiskās analīzes uzdevumi). Kritēriji: izpratne par higrotermiskajiem procesiem un to ietekmi uz konstrukciju darbību; spēja novērtēt starpslāņu kondensācijas risku un mitruma uzkrāšanos dažādos robežnosacījumos; aprēķinu korektums; iegūto rezultātu analīze un pamatota interpretācija.
Spēj izmantot digitālās modelēšanas rīkus vien- un divdimensionālu plūsmu simulācijai un rezultātu interpretācijai.	Vērtēšanas metode: Testi un praktiskie darbi (simulācijas uzdevumi). Kritēriji: teorētisko jēdzienu izpratne par modelēšanas principiem; spēja izvēlēties atbilstošus ievades parametrus un robežnosacījumus; izpratne par simulācijas rezultātu nozīmi un ierobežojumiem; spēja izmantot modelēšanas programmatūru (e.g., THERM, Delphin), korekta modeļa izveide, datu apstrāde un rezultātu interpretācija.
Novērtēt gaisa necaurlaidības ietekmi un identificēt tipiskos gaisa noplūdes ceļus.	Vērtēšanas metode: Praktiskie darbi. Kritēriji: spēja analizēt gaisa necaurlaidību un identificēt tipiskās gaisa noplūdes vietas; prasme novērtēt to ietekmi uz ēkas energoefektivitāti; mērījumu un/vai aprēķinu precizitāte; datu apstrāde un rezultātu interpretācija; secinājumu pamatotība un saistīšana ar teorētiskajiem principiem; darba strukturētība un noformējuma kvalitāte.
Veikt un interpretēt praktiskās ēku norobežojošo konstrukciju testēšanas metodes, tostarp U-vērtības mērījumus, blower door testus un infrasarkanu termogrāfiju, lai novērtētu faktiskos veiktspējas rādītājus.	Vērtēšanas metode: Praktiskie darbi. Kritēriji: spēja patstāvīgi un korekti veikt mērījumus; testēšanas metožu (piem., U-vērtības noteikšana, blower door tests, termogrāfija) pareiza pielietošana; mērījumu precizitāte un datu ticamība; iegūto datu apstrāde un interpretācija; spēja salīdzināt mērījumu rezultātus ar teorētiskajiem aprēķiniem; secinājumu pamatotība un loģiskums; darba izpildes kvalitāte un atbilstība metodiskajiem norādījumiem.
Piedāvāt projektēšanas uzlabojumus un renovācijas stratēģijas, lai uzlabotu ēku norobežojošo konstrukciju termisko veiktspēju.	Vērtēšanas metode: Praktiskie darbi. Kritēriji: spēja analizēt esošo situāciju un identificēt būtiskās problēmas; piedāvāto risinājumu tehniskā pamatotība un efektivitāte; argumentācijas kvalitāte un loģiskums; atbilstība nozares labajai praksei un piemērojamajiem standartiem; izmantoto datu un aprēķinu korektums; spēja interpretēt rezultātus un izdarīt pamatotus secinājumus; darba strukturētība un noformējuma kvalitāte.

#### **Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji**

Kritērijs	% no kopējā vērtējuma
Testi	40
Praktiskie darbi	60
Kopā:	100

#### **Studiju kursa plānojums**

Daļa	KP	Stundas			Pārbaudījumi		
		Lekcijas	Prakt d.	Laborat	Ieskaite	Eksām.	Darbs
1.	1.0	8.0	2.0	0.0	*		