



Épületenergetika: szabályozási környezet és abszolút alapok

2020. Április 20.

Dr. Bakonyi Dániel

okl. építésmérnök, tudományos munkatárs
BME Épületszerkeztani Tanszék

176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról

Tanúsítás készítése kötelező:

- új épületeknél
- meglévő épület v. önálló rendeltetési egység eladása vagy bérbeadása
- >250 m² hatósági rendeltetésű, állami tul. közhasznú épület

Számítás módja: **7/2006 TNM rendelet**

7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról

Számítási módszer és számítási alapadatok:

- egyszerűsített módszer
- részletes módszer
- egyéb ...

Követelményrendszer

176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról

1. § (2) A rendelet hatálya nem terjed ki:

- a) az önálló, más épülethez nem csatlakozó, **50 m²-nél kisebb** hasznos alapterületű épületre;
- b) az **évente 4 hónapnál rövidebb használatra** szánt lakhatás és pihenés céljára használt épületre;
- c) a **legfeljebb 2 évi használatra szánt felvonulási épületre**, fólia- vagy sátorszerkezetre;
- d) **hitéleti célra** használt épületre;
- ...

176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról

1. § (2) A rendelet hatálya nem terjed ki:

...

e) a **nem lakás céljára használt alacsony energiaigényű olyan mezőgazdasági épületre**, amelyben a levegő **hőmérséklete a fűtési rendszer üzemideje alatt nem haladja meg a 12 °C-ot** vagy négy hónapnál rövidebb ideig kerül fűtésre és két hónapnál rövidebb ideig kerül hűtésre;

f) **műhelyre vagy az ipari területen lévő épületre**, ha abban a **technológiából származó belső hőnyereség** a rendeltetésszerű használat időtartama alatt **nagyobb, mint 20 W/m²**, vagy a fűtési időnyben **több, mint húszszoros légcseré** szükséges, illetve alakul ki.

176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról

Technológia belső hőtermelése (példák):

Industry	[W/m ² floor]
Manufacturing of dairy products	30–60
Manufacturing of bakery products	80–200
Textile, wearing apparel industries	70–230
Manufacturing of furniture	45
Printing and publishing	40–120
Manufacture of glass and glass products (furnace department)	500–1000
Manufacture of concrete and concrete products	20–40
Manufacture of metal fabricated products, machinery, and equipment	40–100

7/2006 (V.24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról

1. § (2) A rendelet hatálya nem terjed ki azon **műemlék épületre, helyi védelem alatt álló épületre** és azok épületelemeire, ahol az energiahatékonyságra vonatkozó minimumkövetelmények betartása a műemléki vagy a helyi védettséget **megalapozó érték megváltoztatását eredményezné....**



7/2006 (V.24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról

4/A. § Az 1. vagy az 5. melléklet II. **fajlagos hőveszteség-tényezőre** vonatkozó követelmény-értékek részben és az 1. melléklet IV. Az épületek **nyári túlmelegedésének** kockázatára vonatkozó követelmények részben meghatározott előírásokat **nem kell alkalmazni az olyan mezőgazdasági, ipari és műhely épületre, amelyben nincs huzamos tartózkodás céljára szolgáló helyiség.**

...

6. § (9) * Az 5. melléklet I. részében rögzített követelményt nem kell alkalmazni **nem lakás céljára használt mezőgazdasági épületre, műhelyre vagy ipari területen lévő technológiai épületre, ha nincs benne fűtés** vagy annak fűtésienergia-szükségletét kizárólag geotermális forrásból vagy kapcsolt energiatermeléssel oldják meg.

Számítási módszerek (szabványok):

EN ISO 7345, *Thermal insulation – Physical quantities and definitions*

EN ISO 10456, *Building materials and products -- Hygrothermal properties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values*

EN ISO 12524, *Building materials and products. Hygrothermal properties. Tabulated design values (rég)*

EN ISO 6946, *Building components and building elements. Thermal resistance and thermal transmittance. Calculation methods*

EN ISO 14683, *Thermal bridges in building construction. Linear thermal transmittance. Simplified methods and default values*

EN ISO 10211, *Thermal bridges in building construction. Heat flows and surface temperatures. Detailed calculations*

EN ISO 13370, *Thermal performance of building. Heat transfer via the ground. Calculation methods.*

Számítási módszerek (szabványok):

...

EN 673, *Glass in building. Determination of thermal transmittance (U value). Calculation method*

ISO 10077-1, *Thermal performance of windows, doors and shutters. Calculation of thermal transmittance. General*

ISO 10077-2, *Thermal performance of windows, doors and shutters. Calculation of thermal transmittance. Numerical method for frames*

ISO 15099, *Thermal performance of windows, doors and shutters. Calculation of thermal transmittance. Numerical method for frames*

ISO 13789, *Thermal performance of buildings. Transmission and ventilation heat transfer coefficients. Calculation method*

7/2006 TNM – a szabályozás szintjei

I. szint: az egyes határoló- és nyílászáró szerkezetek
hőátbocsátási tényezője: U [W/m²K]

II. szint: fajlagos hőveszteség tényező: q [W/m³K]

III. szint: összesített energetikai jellemző: E [kWh/m²a]

7/2006 TNM I. szint: U érték

A követelményérték határolószervezetek esetén „rétegtervi hőátbocsátási tényező”, amin az adott épülethatároló szerkezet **átlagos** hőátbocsátási tényezője értendő: ha tehát a szerkezet, vagy annak egy része több anyagból összetett (pl. váz- vagy rögzítőelemekkel megszakított hőszigetelés, pontszerű hőhidak...), akkor ezek hatását is tartalmazza.

A nyílászáró szerkezetek esetében a keretszerkezet, üvegezés, üvegezés távtartói stb. hatását is tartalmazó hőátbocsátási tényezőt kell figyelembe venni.

A csekély számszerű eltérésre tekintettel a talajjal érintkezőp szerkezetek esetében a külső oldali hőátadási tényező hatása elhanyagolható.

Részletesebben:

[Hőátbocsátás, hőhidak](#)

[Dr. Bakonyi Dániel](#)

<http://szerver/TIR/docs.php?n=62433>

1. táblázat: A hőátbocsátási tényező követelményértékei

	Épülethatároló szerkezet	A hőátbocsátási tényező követelményértéke $U \text{ W/m}^2\text{K}$
1	Homlokzati fal	0,24
2	Lapostető	0,17
3	Fűtött tetőteret határoló szerkezetek	0,17
4	Padlás és búvótér alatti földem	0,17
5	Árkád és áthajtó feletti földem	0,17
6	Alsó záróföldem fűtetlen terek felett	0,26
7	Üvegezés	1
8	Különleges üvegezés*	1,2
9	Fa vagy PVC keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró ($>0,5\text{m}^2$)	1,15
10	Fém keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró	1,4
11	Homlokzati üvegfal, függönyfal	1,4
12	Üvegtető	1,45
13	Tetőfelülvilágító, füstelvezető kupola	1,7
14	Tetősík ablak	1,25
15	Ipari és tűzgátló ajtó és kapu (fűtött tér határolására)	2
16	Homlokzati, vagy fűtött és fűtetlen terek közötti ajtó	1,45
17	Homlokzati, vagy fűtött és fűtetlen terek közötti kapu	1,8
18	Fűtött és fűtetlen terek közötti fal	0,26
19	Szomszédos fűtött épületek és épületrészek közötti fal	1,5
20	Lábazati fal, talajjal érintkező fal a terepszinttől 1 m mélységig (a terepszint alatti rész csak új épületeknél)	0,3
21	Talajon fekvő padló (új épületeknél)	0,3
22	Hagyományos energiagyűjtő falak (pl. tömegfal, Trombe fal)	1

*Magas akusztikai vagy biztonsági követelményű üvegezés esetén érvényes követelményértékek.

7/2006 TNM – a szabályozás szintjei

I. szint: az egyes határoló- és nyílászáró szerkezetek
hőátbocsátási tényezője: U [W/m²K]

II. szint: fajlagos hőveszteség tényező: q [W/m³K]

III. szint: összesített energetikai jellemző: E [kWh/m²a]



7/2006 TNM - II. szint: fajlagos hőveszteség tényező

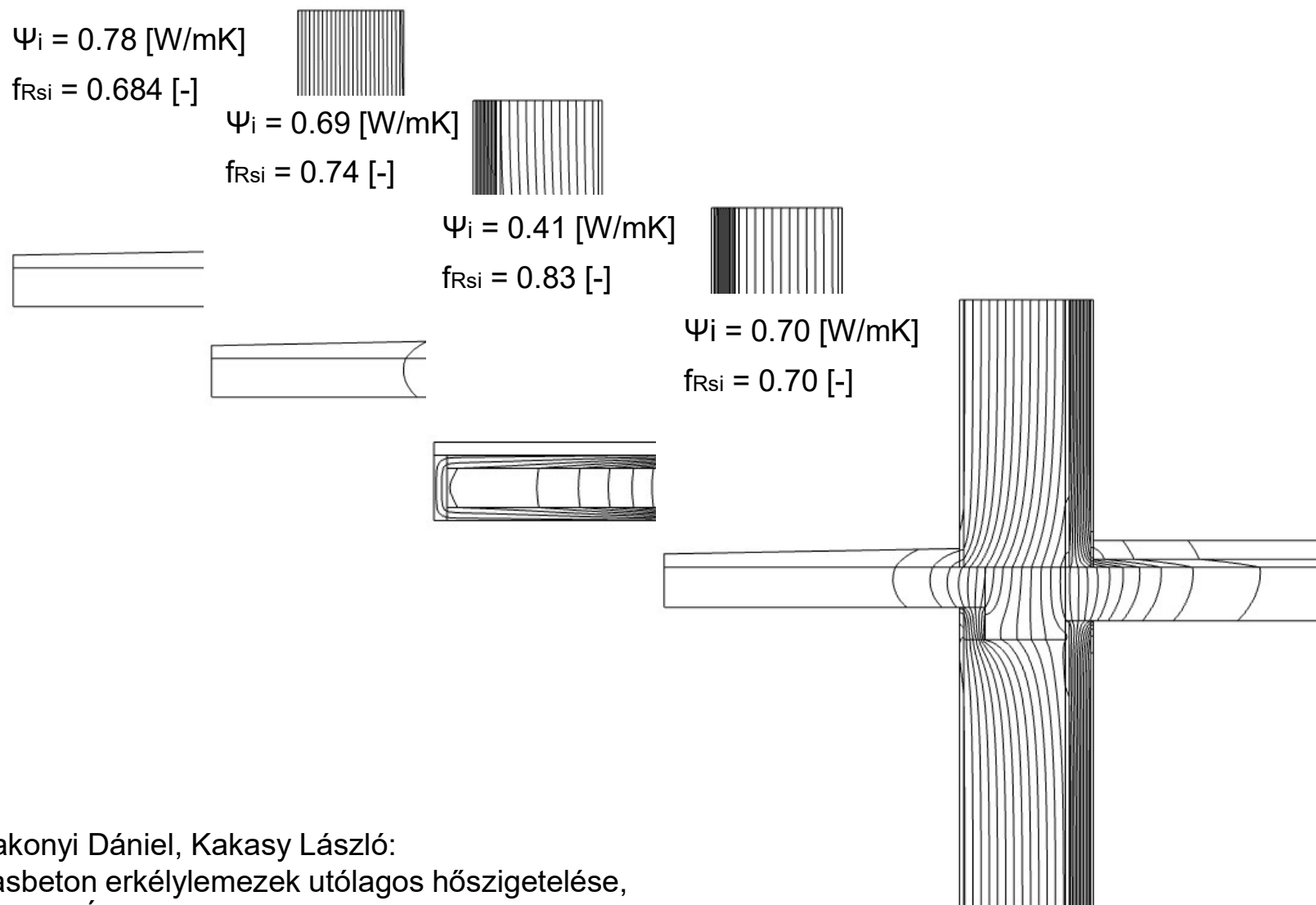
A fajlagos hőveszteségtényező a transzmissziós hőáramok és a fűtési idény átlagos feltételei mellett kialakuló (passzív) sugárzási hőnyereség hasznosított hányadának algebrai összege egységnyi belső – külső hőmérsékletkülönbségre és egységnyi fűtött térfogatra vetítve.:

Részletes számítási módszer:

$$q = \frac{1}{V} \cdot \left(\sum A_i \cdot U_i + \sum l_j \cdot \Psi_j + \sum \chi - \frac{Q_{SD} + Q_{SID}}{72} \right)$$

- ahol:
- q – a fajlagos hőveszteség tényező [W/m³K]
 - V – a belméretek alapján számított fűtött térfogat [m³]
 - A – a belméretek alapján számított lehűlő felület [m²]
 - U – a határoló szerkezetek hőátbocsátási tényezője [W/m²K]
 - l – a vonalmenti hőhidak hosszúsága [m]
 - Ψ – a vonalmenti hőátbocsátási tényezők [W/mK]
 - Q_{SD} – az üvegezett felületeken át bejutó direkt sugárzási nyereség [W]
 - Q_{SID} – az üvegházakból, energiagyűjtő falakból származó indirekt sugárzási nyereség [W]

7/2006 TNM - II. szint: hőhidak



Bakonyi Dániel, Kakasy László:
Vasbeton erkélylemezek utólagos hőszigetelése,
Magyar Építéstechnika, 2012, 50(12), pp. 34-37



7/2006 TNM - II. szint: hőhidak

Hővesztések a talaj irányában:

	A padlószint és a talajszint közötti magasságkülönbség z (m)	A padlószervezet hővezetési ellenállása a kerület mentén legalább 1,5 m szélességű sávban ¹⁾							
		$R = \frac{d}{\lambda} (m^2 K / W)$							
		Szigetetlen	0,20-0,35	0,40-0,55	0,60-0,75	0,80-1,00	1,05-1,50	1,55-2,00	2,05-3,00
		-6,00	0	0	0	0	0	0	0
		-6,00...-4,05	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15

A talajjal érintkező falszakasz magassága [m]	A falszerkezet hőátbocsátási tényezője									
	0,30...	0,40...	0,50...	0,65...	0,80...	1,00...	1,20...	1,50...	1,80...	
...	0,39	0,49	0,64	0,79	0,99	1,19	1,49	1,79	2,20	
... - 6,00	1,20	1,40	1,65	1,85	2,05	2,25	2,45	2,65	2,80	
- 6,00... - 5,05	1,10	1,30	1,50	1,70	1,90	2,05	2,25	2,45	2,65	
- 5,00... - 4,05	0,95	1,15	1,35	1,50	1,65	1,90	2,05	2,25	2,45	
- 4,05... - 3,05	0,85	1,00	1,15	1,30	1,45	1,65	1,85	2,00	2,20	
- 3,00... - 2,05	0,70	0,85	1,00	1,15	1,30	1,45	1,65	1,80	2,00	
- 2,00... - 1,55	0,55	0,70	0,85	1,00	1,15	1,30	1,45	1,65	1,80	
- 1,50... - 1,05	0,45	0,60	0,70	0,85	1,00	1,10	1,25	1,40	1,55	
- 1,00... - 0,75	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,90	1,00	1,15	1,30	
- 0,70... - 0,45										
- 0,40... - 0,25										
- 0,40...										

Pontosabb számítás:

MSZ ISO 13370, Thermal performance of buildings – Heat Transfer Via the ground – Calculation methods



7/2006 TNM - II. szint: fajlagos hőveszteség tényező

A fajlagos hőveszteségtényező a transzmissziós hőáramok és a fűtési idény átlagos feltételei mellett kialakuló (passzív) sugárzási hőnyereség hasznosított hányadának algebrai összege egységnyi belső – külső hőmérsékletkülönbségre és egységnyi fűtött térfogatra vetítve.:

Egyszerűsített számítási módszer:

$$q = \frac{1}{V} \cdot \left(\sum A_i \cdot U_{Ri} + \sum I_j \cdot \Psi_j - \frac{Q_{SD} + Q_{SID}}{72} \right)$$

$$U_R = U \cdot (1 + \chi)$$

- ahol:
- U – a rétegtervi hőátbocsátási tényező [W/m²K]
 - U_R – a rétegtervi hőátbocsátási tényező korrigált értéke [W/m²K]
 - χ – a hőhidak hatását kifejező korrekciós tényező
 - I – a határoló szerkezetek hőátbocsátási tényezője [W/m²K]
 - Ψ – a vonalmenti hőhidak hosszúsága [m]
 - Ψ – a lábazat ill. pincefal vonalmenti hővesztesége [W/mK]

7/2006 TNM - II. szint: fajlagos hőveszteség tényező

Egyszerűsített számítási módszer:

Épülethatároló szerkezetek	A hőhidak hosszának fajlagos mennyisége (fm/m ²)		
	Épülethatároló szerkezet besorolása		
	gyengén hőhidas	közepesen hőhidas	erősen hőhidas
Külső falak	< 0,8	0,8–1,0	> 1,0
Lapostetők	< 0,2	0,2–0,3	> 0,3
Beépített tetőtereket határoló szerkezetek	< 0,4	0,4–0,5	> 0,5

Az egyes szerkezetekre adott típusú hőhidakat kell figyelembe venni:

- 1) Besorolás a pozitív falsarkok, a falazatokba beépített acél vagy vasbeton pillérek, a homlokzatsíkból kinyúló falak, a nyílászáró-kerületek, a csatlakozó födémek és belső falak, erkélyek, lodzsák, függőfolyosók hosszának fajlagos mennyisége alapján (a külső falak felületéhez viszonyítva).
- 2) Besorolás az attikafalak, a mellvéd-falak, a fal-, felülvilágító- és felépítmény-szegélyek hosszának fajlagos mennyisége alapján (a tető felületéhez viszonyítva, a tetőfödém kerülete a külső falaknál figyelembe véve).
- 3) Besorolás a tetőélek és élszaruk, a felépítményszegélyek, a nyílászáró-kerületek hosszának, valamint a térd- és oromfalak és a tető csatlakozási hosszának fajlagos mennyisége alapján (a födém kerülete a külső falaknál figyelembe véve).
- 4) A födém kerülete a külső falaknál figyelembe véve



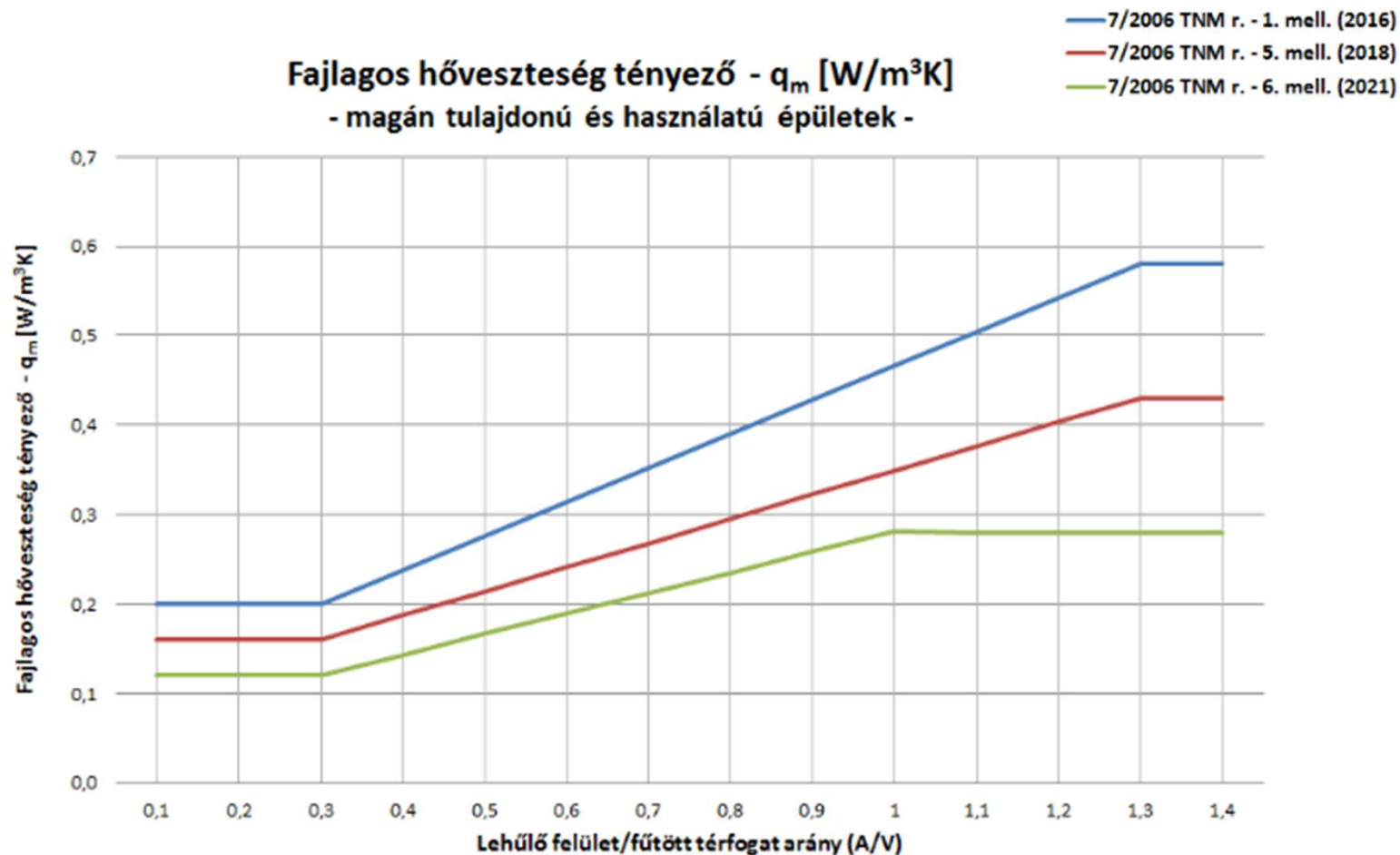
7/2006 TNM - II. szint: fajlagos hőveszteség tényező

Egyszerűsített számítási módszer:

Épülethatároló szerkezetek			A hőhidak hatását kifejező korrekciós tényező χ
Külső falak	külső oldali, vagy szerkezeten belüli megszakítatlan hőszigeteléssel	gyengén hőhidas 1)	0,15
		közepesen hőhidas 1)	0,20
		erősen hőhidas 1)	0,30
	egyéb külső falak	gyengén hőhidas 1)	0,25
		közepesen hőhidas 1)	0,30
		erősen hőhidas 1)	0,40
Lapostetők	gyengén hőhidas 2)	0,10	
	közepesen hőhidas 2)	0,15	
	erősen hőhidas 2)	0,20	
Beépített tetőteret határoló szerkezetek	gyengén hőhidas 3)	0,10	
	közepesen hőhidas 3)	0,15	
	erősen hőhidas 3)	0,20	
Padlásfödémek		4)	0,10
Árkádfödémek		4)	0,10
Pincefödémek	szerkezeten belüli hőszigeteléssel	4)	0,20
	alsó oldali hőszigeteléssel	4)	0,10
Fűtött és fűtetlen terek közötti falak, fűtött pincetereket határoló, külső oldalon hőszigetelt falak			0,05

7/2006 TNM - II. szint: fajlagos hőveszteség tényező

Követelmény:



7/2006 TNM – a szabályozás szintjei

I. szint: az egyes határoló- és nyílászáró szerkezetek hőátbocsátási tényezője: U [W/m²K]

II. szint: fajlagos hőveszteség tényező: q [W/m³K]

III. szint: összesített energetikai jellemző: E [kWh/m²a]

7/2006 TNM - III. szint: összesített energetikai mutató

Példa: fűtési rendszer primer energia igénye

$$E_F = (q_f + q_{f,h} + q_{f,v} + q_{f,t}) \cdot \sum (C_k \cdot \alpha_k \cdot e_f) + (E_{FSz} + E_{FT} + q_{k,v}) \cdot e_v$$

nettó fűtési hőigény [kWh/m2a]

további hőigények [kWh/m2a]

hatásfok [-]

elektromos segédenergia igény [kWh/m2a]

primer energia átalakítási tényező [-]

7/2006 TNM - III. szint: összesített energetikai mutató

Primer energia átalakítási tényező:

Energiahordozó	e
Elektromos áram	2.50
Csúcson kívüli elektromos áram	1.80
Fűtőművi távfűtés	1.80
Földgáz	1.00
Tüzelőolaj	1.00
Szén	1.00
Távfűtés kap. energiatermeléssel	0.5-0.83
Tüzifa, biomassa	0.60
Megújuló	0.00

7/2006 TNM - III. szint: összesített energetikai mutató

Az összesített energetikai jellemző az épületgépészeti és világítási rendszerek primer energiafogyasztása összegének egységnyi fűtött alapterületre vetített értéke.

$$E_P = E_F + E_{H_{MV}} + E_{LT} + E_{H_{ű}} + E_{Vil}$$

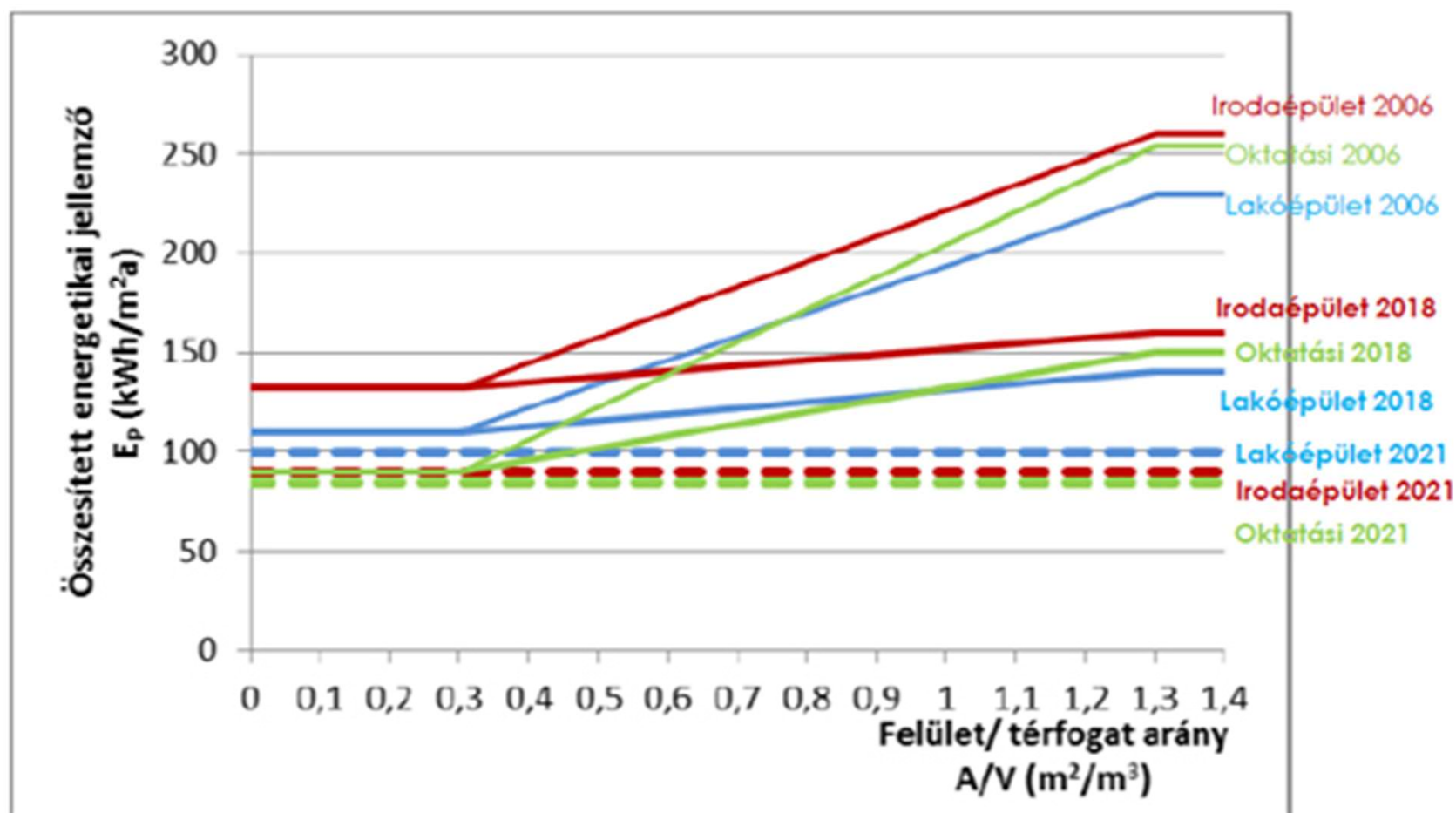
ahol: E_P – összesített energetikai mutató [kWh/m²a]
 E_F – fűtés primer energia igénye [kWh/m²a]
 $E_{H_{MV}}$ – használati melegvíz előállítás primer energia igénye [kWh/m²a]
 E_{LT} – gépi szellőzés primer energia igénye [kWh/m²a]
 $E_{H_{ű}}$ – gépi hűtés primer energia igénye [kWh/m²a]

Nem lakó funkciójú épületeknél továbbá:

E_{Vil} – mesterséges világítás primer energia igénye [kWh/m²a]

7/2006 TNM - III. szint: összesített energetikai mutató

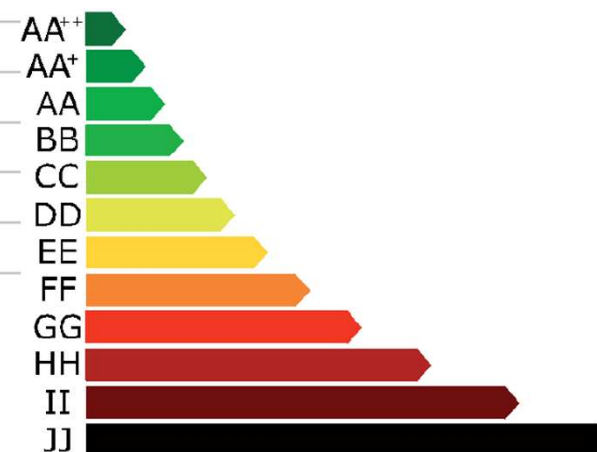
Követelmény:



176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról

Osztályba sorolás Ep alapján:

	A	B	C
1.	Besorolás	Az 1. pont szerinti százalékos viszony	Minőségi osztályának szöveges jellemzése
2.	AA++	<40	Minimális energiaigényű
3.	AA+	40-60	Kiemelkedően nagy energiahatékonyságú
4.	AA	61-80	Közel nulla energiaigényre vonatkozó követelménynél jobb
5.	BB	81-100	Közel nulla energiaigényre vonatkozó követelményeknek megfelelő
6.	CC	101-130	Korszerű
7.	DD	131-160	Korszerűt megközelítő
8.	EE	161-200	Átlagosnál jobb
9.	FF	201-250	Átlagos
10.	GG	251-310	Átlagost megközelítő
11.	HH	311-400	Gyenge
12.	II	401-500	Rossz
13.	JJ	>500	Kiemelkedően rossz



7/2006 TNM – alternatív számítási módszerek

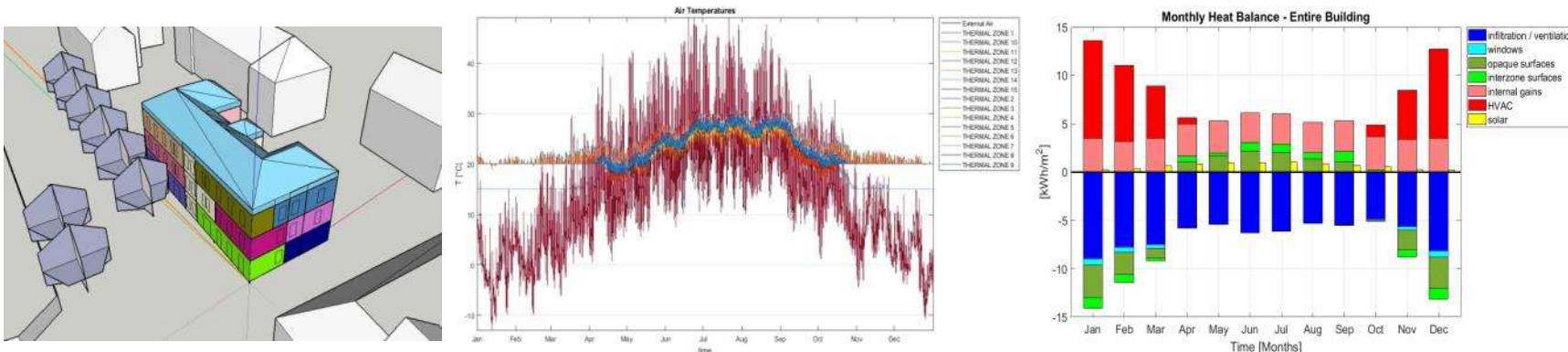
3. § (2) Az épület energetikai jellemzőjét a tervező döntése szerint
a) a 2. mellékletben meghatározott, részletes vagy egyszerűsített módszer egyikével, *a 3. melléklet szerinti adatok figyelembevételével*, vagy
b) az a) pontban meghatározott módszerrel egyenértékű, nemzeti gyakorlatban elfogadott számítógépes szimulációs módszerrel kell meghatározni.

Havi mérlegegyenletek módszere:

PHPP, DIN 18599, MSZ EN ISO 13790, ...

Dinamikus épületenergetikai szimuláció:

EnergyPlus, DOE2, eQuest, IDA ICE, IES(VE), Trnsys, ...



Szükséges előtanulmányok

- Épületfizika Tantárgy
<http://152.66.45.150/wordpress/oktatas/epuletfizika/>

További segédletek, tananyagok

- Pécsi Tudományegyetem, Épületenergetika segédlet
http://152.66.45.150/wordpress/pdf/komplex/2009_Epuletenergetika_segedlet.pdf
- Épszerk Tanszék / Oktatási segédletek / Épületenergetika
<http://www.epszerk.bme.hu/?id=OKTSEGED>
- Hőátbocsátás, hőhidak – előadás (Dr. Bakonyi Dániel)
<http://szerver/TIR/docs.php?n=62433>

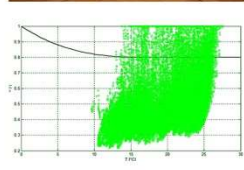
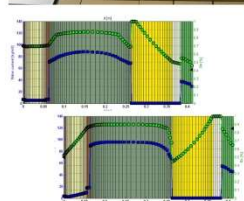
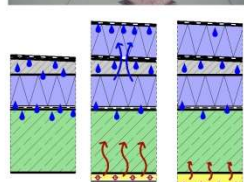
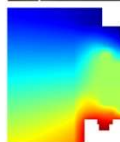
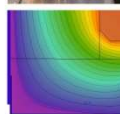
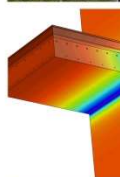
Jogszabályok

- 7/2006 (V.24.) TNM rendelet aktuális állapota
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A0600007.TNM>
- 176/2008 (VI. 30.) Korm. rendelet aktuális állapota
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0800176.kor>

Javasolt választható tárgyak az Építészmérnöki Karon

- Épületenergetika (Épgép. tanszék)
- Épületszimuláció (Épgép. tanszék)

Az épületfizikai méretezés eszközei – szabvál. tárgyak!



Épületszerkezetek

Épületszerkezetek transzportfolyamatai II.

HAM: csatolt hő- nedvesség- és légáramlás modellezése az épületszerkezetekben

Szabadon választható tantárgy a BME Épületszerkezet-tan Tanszéken

tárgyfelelős: Dr. Dobszay Gergely PhD

Előadó: Bakonyi Dániel
dbakonyi@epszerk.bme.hu

A romános szerkezetek felépítése és a korszerű építészeti különleges igényei mellett nem mindig elegendő, hogy pusztán ökológiai szabályokra és megérzéseinkre alapozzuk terveinket az épületszerkezetek hő- és páratechnikai működésével kapcsolatban. Az őszi félévben az Épületszerkezet-tan Tanszék új szabadon választható tárgyát indított, mely bevezetést kínál az épületszerkezet tervezését segítő numerikus szimulációs módszerek és programok használatába.

Érdekel az építésk?

Jobban szeretnéd érteni, hogy hogyan is működnek a szerkezeink?

Nem riadsz vissza teljesen egy kis fizikától és matematikától?

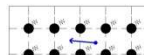
Tédeklázni szeretnél?

Jelentkezz!

Neptun kód: BMEEPES0651
Időpont: félév elején egyeztetés alapján

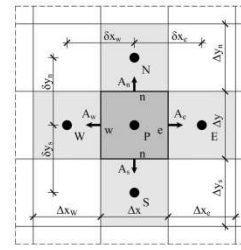
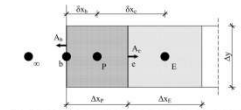
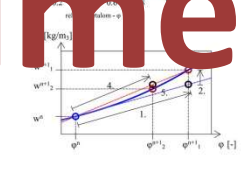
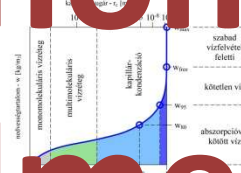
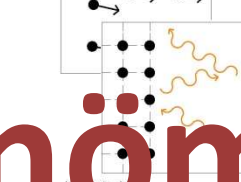
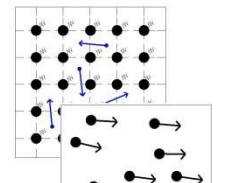
A tantárgy teljesítéséhez a Transzportfolyamatok I. teljesítése ajánlott, de nem kötelező! Az újonnan becsatlakozó hallgatóknak jegyzet és szükség szerint konzultáció segít a felzárkózáshoz.

ÉPÜLETSZERKEZETTANI TANSZÉK
Department of Building Constructions
www.epszerk.bme.hu



A tárgy tematikája:

1. Bevezetés
Vázlatos, modell és szimuláció. Extenzív és intenzív mennyiségek, nem egyenlő súlyú
komplexitásokban funkcionálisan, mértékegységekben, időben, térben, stb.



A tárgy tematikája:

1. Bevezetés

Ismerkedés: transzportfolyamatok matematikai modellezése, alapfogalmak. Ismétlés: a nedves levegő tulajdonságai, gőztörvények, stb. A szerkezetek higrtermikus szimulációjának céljai, klimatikus adatok.

2. HAM modellezés elméleti alapjai 1

A hő- és nedvességhozzájárulás mechanizmusai. Páradiffúzió: Fick törvénye, az építőanyagok páradiffúziós tulajdonságai. Stacioner páradiffúziós számítások (Glaser módszer) és kvázistacioner számítások. A módszerek alapfelvetései, elhanyagolt folyamatok, érvényességi kör.

3. HAM modellezés elméleti alapjai 2

Építőanyagok nedvességfelvétele, fizikai folyamatok, nedvességtartalom függvény, nedvességkapacitás. A nedvességfelvétellel kapcsolatos anyagjellemzők meghatározása, a nedvességkapacitás fontossága.

4. HAM modellezés elméleti alapjai 3

A páradiffúzió modellezésének részletei, kapilláris nedvességvezetés: elmélet és a modellezés lehetőségei. Páradiffúziós és nedvességvezetési anyagjellemzők mérése. Nedvességforrások, csapadék.

5. HAM modellezés elméleti alapjai 4

A nedvességvezetés egyenletének levezetése Künzel alapján. A nedvességvezetés és hővezetés összehasonlítása, a hő- és nedvességvezetés csatolt egyenletrendszere. A HAM egyenletek numerikus megoldásának speciális problémái.

6. HAM modellezés gyakorlat 1

számítások a Glaser módszerrel. Részletes HAM számítások a Fraunhofer programmal.

7. HAM modellezés gyakorlat 2

Épületszerkezetek vizuális szimulációja több példán keresztül. A vizsgálat lépései: konvergencia, hálózatosítás, verifikáció, kiértékelés és értelmezés.

8. Laboratóriumi / esettanulmányok.

9. A HAM modellezés további kérdései 1

Kitekintés a konvektív hő- és nedvességáramok modellezésére. Empirikus, félempirikus modellek a szerkezet légzáró és vízzáró hibáinak figyelembe vételére. Entalpiadiagram, hőszivattyús, fűtési-vezetési ciklusok és fogások.

10. HAM modellezés további kérdései 2

Perforált és hígtermikus modellezése, Siedbauer és Viltanen féle penészedés modellezése, hőszivattyús, fűtési-vezetési ciklusok és fogások.

11. HAM modellezés további kérdései 3

Helyi és épület szintű modellezés. Félempirikus és részletes modellek.

12. HAM modellezés gyakorlat 3

További gyakorlati példák. Nedvességforrások, penészedés szimulációja. Az input bizonytalanságok kezelése - szenzitivitás vizsgálat, Monte Carlo módszer.

13. Esettanulmányok

Épületszerkezetek higrtermikus modelleivel használatának bemutatása, fontosságuk szemléltetése a tervezési gyakorlatból vett példákban keresztül.

14. Konzultáció

Az ajánlott előkövetelmények:

1. Építész Matematika II.
2. Épületfizika
3. Bevezetés az épületszerkezet-tanba
4. Épületszerkezetek transzportfolyamatai I.

Követelmények:

Számítógép

A modellezés gyakorlatokhoz a hallgatóknak saját számítógéppel kell biztosítani. Windows operációs rendszerrel (LINUX vagy MAC gépeken virtuális Windows), és a szükséges mérési programokat előre telepíteni kell.

Féléves feladatok

Az előadás feltétele egy kisebb és egy nagyobb méretű, numerikus modellezéssel segíthet, önálló tervezési feladatot elkészítésére.

Vizsga

A félév során elkészített modellezési és tervezési feladatokat egy szóbeli vizsga keretében kell bemutatni és megvédeni.

A teljesítéshez órarendi és órarnedven kívüli konzultáció, valamint digitális jegyzet fog rendelkezésre állni.