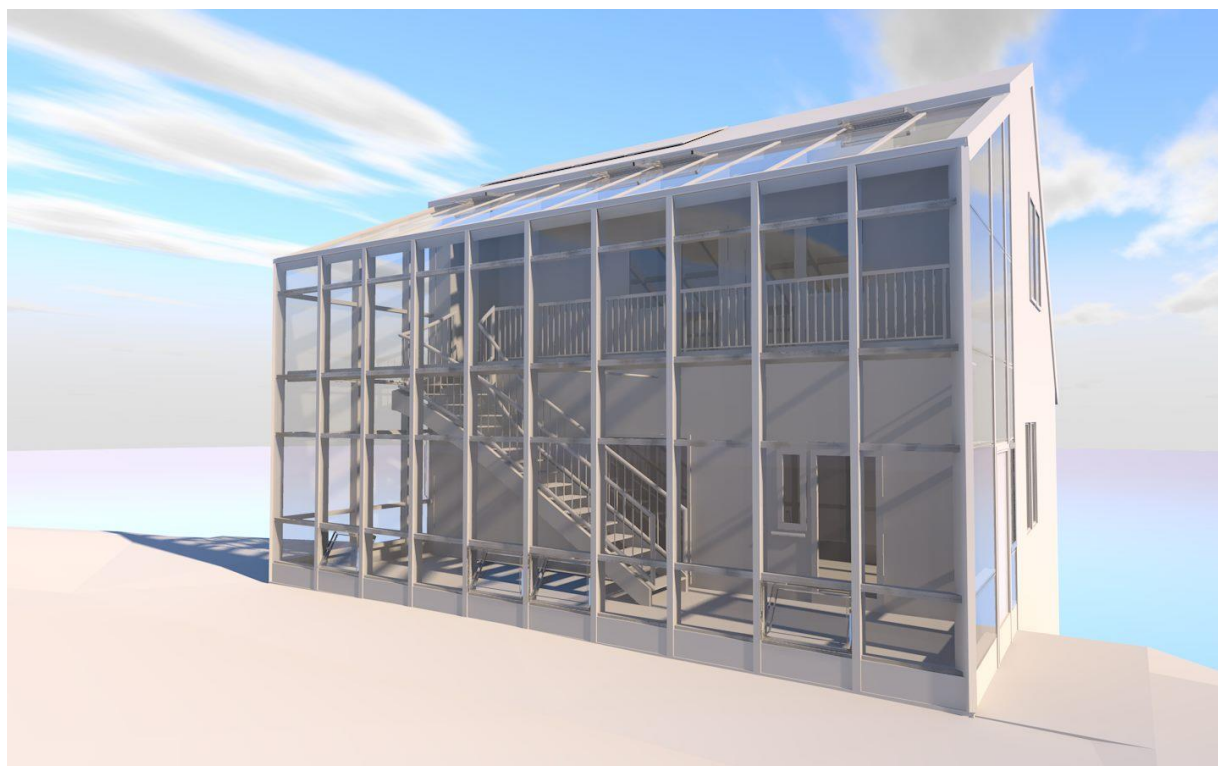




TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA
2014

NYARALÓ REHABILITÁCIÓJA SZELÍD TECHNIKÁKKAL

Szentendre – egy hazai nyaraló energiatudatos lakóépületté alakítása naptérrel, talajhőcserélővel



Szerzők:

Bognár Ádám építészhallgató (V. évfolyam), épületgépész (MSc. II. évfolyam),
Kosik Péter építészhallgató (V. évfolyam)

Konzulensek:

Dr. Lányi Erzsébet egyetemi docens, Épületszerkezzettani Tanszék
Klujber Róbert mestertanár, Építéskivitelezési és Szervezési Tanszék
Szikra Csaba tudományos munkatárs, Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék

TARTALOMJEGYZÉK

1	<u>ELŐZMÉNYEK</u>	4
1.1	AZ ENERGETIKAI REVOLÚCIÓ	4
1.2	MAGYARORSZÁG ENERGETIKAI STRATÉGIÁJA	4
1.3	MAGYARORSZÁGI ÉPÜLETENERGETIKAI RENDELETI SZABÁLYOZÁSA	6
2	<u>A KUTATÁSI TÉMA ISMERTETÉSE</u>	7
2.1	A KUTATÁSI TÉMA RÖVID KIFEJTÉSE	7
2.2	A KUTATÁS CÉLJA	8
2.3	A KUTATÁS MÓDSZERTANA	8
2.4	A TÉMA LEHATÁROLÁSA	9
3	<u>A SZÁMÍTÓGÉPES HŐTECHNIKAI SZIMULÁCIÓ MŰKÖDÉSI MECHANIZMUSA</u>	10
3.1	HŐTECHNIKAI MODELL ÁTTEKINTÉSE	10
3.1.1	KÜLSŐ HŐMÉRSÉKLET-FÜGGVÉNY	11
3.1.2	ÉPÜLETSZERKEZETEK RÉTEGRENDJEINEK MODELLEZÉSE	12
3.1.3	A SZOLÁRIS NYERESÉG MODELLJE	19
3.1.4	A NYÍLÁSZÁRÓK HŐÁTBOCSÁTÁSÁNAK MODELLJE	20
3.1.5	EXFILTRÁCIÓ MODELLEZÉSE	21
3.1.6	BELSŐ LÉGCSERE MODELLJE	21
3.1.7	TALAJ HŐMÉRSÉKLETÉNEK MODELLEZÉSE	22
3.1.8	A TALAJHŐCSERÉLŐ MODELLJE	22
3.1.9	AZ ÉPÜLETBEN LÉVŐ HŐTÁROLÓ KÉPESSÉGGEL RENDELKEZŐ TESTEK HŐCSERÉJÉNEK MODELLEZÉSE	23
3.1.10	A FŰTÉSI RENDSZER MODELLJE	24
3.1.11	BELSŐ HŐFEJLŐDÉS MODELLEZÉSE	27
3.1.12	BELSŐ LEVEGŐ	27
3.1.13	A VIZSGÁLT ÉPÜLET MODELLBEN SZEREPLŐ ALAPADATAI	28
4	<u>ESETTANULMÁNY</u>	33
4.1	ÉPÍTÉSZET	33
4.2	MEGLÉVŐ ÁLLAPOT FELMÉRÉSE (DIAGNOSZTIKA)	33
4.2.1	POZITÍVUMOK	33
4.2.2	PROBLÉMÁK	33
4.2.3	SZERKEZETEK ISMERTETÉSE	34
4.2.4	AZ ÉPÜLET JELENLEGI ÁLLAPOTÁNAK ENERGETIKAI JELLEMZŐI	35
4.3	TERVEZETT ÁTALAKÍTÁSOK	37
4.3.1	FŐFALAK ALATTI ALAPOZÁS, UTÓLAGOS PADLÓSZIGETELÉS	37
4.3.2	ALAPRAJZI ELRENDEZÉS, FALAK	37
4.3.3	FÖDÉMEK	37
4.3.4	A TERVEZETT HŐVÉDELMI MEGOLDÁSOK	37
4.3.5	VÍZ ELLENI VÉDELEM	38
4.3.6	TETŐSZERKEZET	38
4.3.7	LÉPCSŐK	38

4.3.8	GÉPÉSZETI RENDSZEREK	39
4.4	NAPTÉR	39
4.4.1	NAPTÉR ELMÉLETI HÁTTERE, ÁLTALÁNOS LEÍRÁSA	39
4.4.2	NAPTÉR SZERKEZETEI	40
4.4.3	NAPTÉR AKUSZTIKAI SZEREPE	44
4.4.4	NAPTÉRHEZ TARTÓZÓ JÁRULÉKOS ÁTALAKÍTÁSOK	44
4.5	ZÖLD MÉRLEG	46
4.5.1	ÖKO-TÁBLÁZAT	47
4.6	LÁTVÁNYTERVEK – (ILYEN VOLT, ILYEN LETT)	48
5	A KUTATÁS SZÁMÍTÁSI EREDMÉNYEK ISMERTETÉSE	49
5.1	KONKLÚZIÓK, ÖSSZEFOGLALÁS	49
5.1.1	TALAJHŐCSERÉLŐ, BELSŐ LÉGCSERE	49
5.1.2	ÖSSZEHASONLÍTÁS	50
5.1.3	MŰKÖDÉS BEMUTATÁSA SZIMULÁCIÓ ALAPJÁN (TÉLI ÉS ÁTMENETI ÁLLAPOT, NYÁRI TÚLMELEGEDÉS)	51
5.2	ÉPÜLETENERGETIKAI BEFEKTETÉS MEGTÉRÜLÉSÉNEK ELEMZÉSE	53
5.2.1	A KLUKOBO-SZÁM	53
5.2.2	ÖSSZEHASONLÍTÁS	54
5.3	NÉHÁNY PÉLDA A DÖNTÉSHOZATALI FOLYAMATRA	54
5.3.1	ÉLETMÓD VÁLTÁS, ELŐÍRT HŐMÉRSÉKLET CSÖKKENTÉSE	54
5.3.2	ODAFIGYELÉS, FŰTÉSCSÖKKENTÉS HATÁSA	55
5.3.3	HŐTÁROLÓ TÖMEG HATÁSA	55
5.4	ÁLTALUNK ELÉRT KONKRÉT TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÖSSZEGZÉSE	55
5.4.1	KONKRÉT JAVASLATOK ÉPÍTÉSZETI ÉS SZERKEZETI ÁTALAKÍTÁSOKRA AZ ENERGETIKAI SZEMPONTOK FIGYELEMBEVÉTELÉVEL	55
5.4.2	A PASSZÍV FŰTÉSI/HŰTÉSI RENDSZER MEGALKOTÁSA	55
5.4.3	A RENDSZER (VÁLTOZATOK) MŰKÖDÉSÉNEK BEMUTATÁSA/IGAZOLÁSA AZ ÁLTALUNK MEGALKOTOTT SZIMULÁCIÓS PROGRAMMAL/PROGRAMOKKAL. (BARRA-CONSTANTIN)	55
5.4.4	A MŰSZAKI ÉS ENERGETIKAI FELÚJÍTÁS VÁLTOZATOK BEKERÜLÉSI ÉS MŰKÖDÉSI KÖLTSÉGEINEK BECSLÉSE. (KLUKOBO-SZÁM)	55
6	EREDMÉNYEK GYAKORLATI ALKALMAZÁSA EGYÉB TERÜLETEKEN	56
7	TOVÁBBI KUTATÁSI IRÁNYOK KIJELELÉSE	56
8	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	57
9	IRODALOMJEGYZÉK	57
10	MELLÉKLETEK	58
10.1	MEGLÉVŐ ÁLLAPOT TERVEI	58
10.1.1	01 – ALAPRAJZOK	58
10.1.2	02 – HOMLOKZATOK	58
10.2	TERVEZETT ÁLLAPOT TERVEI	58
10.2.1	03 – PINCESZINT ALAPRAJZ	58
10.2.2	04 – FÖLDSZINTI ALAPRAJZ	58

10.2.3	05 – EMELETI ALAPRAJZ	58
10.2.4	06 – DÉLI, NYUGATI HOMLOKZAT	58
10.2.5	07 – ÉSZAKI, KELETI HOMLOKZAT	58
10.2.6	08 – METSZETEK	58
10.2.7	08 – CSOMÓPONT 1,2	58
10.2.8	09 – CSOMÓPONT 3,4	58
10.2.9	10 – CSOMÓPONT 5,6	58
10.2.10	11 – CSOMÓPONT 7	58
10.2.11	12 – CSOMÓPONT 8,9	58
10.2.12	13 – CSOMÓPONT 10	58

1 ELŐZMÉNYEK

1.1 AZ ENERGETIKAI REVOLÚCIÓ

A Földünk, környezetünk egyre növekvő pusztulása miatt egyre nagyobb mértékű az egyes társadalmi rétegek aggodalma amiatt, hogy az emberiség elpusztítja a számára kedvező földi körülményeket a korunk fenntarthatatlan életmódjával. Nem mindenki érti meg vagy érzi át ennek a problémának súlyosságát, azonban egyre többen (bár némi fenntartással) támogatják a fenntartható fejlődés ideológiáját, a környezetbarát technikákat, a „zöld mozgalmakat”, az újrahasznosítási folyamatokat és a megújuló energiák felhasználását. A csak az „ökologikus életmódon” egyik részeként értelmezhető energiatudatos életmód nem csak építészeti, hanem az egész társadalmat érintő kérdés. Ahhoz, hogy változások és szankciók nélkül ugyanolyan életstílust éljünk a fejlett országokban, mint a 20. század második felében, többszörösen annyi felhasználható energiára lenne szükségünk, amellyel Földünk csak rövidtávon tud ellátni bennünket. Az emberiségnek szembe kell néznie azzal a problémával, hogy ha nem változtatunk a hozzáállásunkon, ha nem teszünk valamit azonnal a környezet mértéktelen kizsákmányolása ellen, akkor azzal az unokáink életterét vesszük el.

A fosszilis tüzelőanyagok nem csak véges állományúak, de elégetésük nagyban elősegíti a környezetszennyező hatásokat. Többek között az erdőpusztulások, savas esők, történelmi épületeink disztéseinek korrózióját, az üvegházhatás és klímaváltozás folyamatát idézik elő, illetve „segíti”. Mivel ezek a hatások jelen és jövőbeli anyagi károkat is okoznak, valakinek meg is kell fizetni (amit általában az államoknak kell, az adófizetők pénzéből). Ennek eredményeképpen az egyre fokozódó társadalmi nyomás hatására a politikai és vezetői rétegek is kénytelenek egyre nagyobb mértékben támogatni legalább az energiatudatos szemléletmódokat, a megújuló energia felhasználását. Az energiatermelés és energiateljesítmény hatékonyságának növelésére, az energiateljesítményesség jegyében több nemzetközi világtalálkozót is összehívtak (Rio de Janeiro, Berlin, Harare, Kyoto), ahol az egyes résztvevő országok képviselői kötelezettségeket vállaltak (köztük Magyarország is), hogy a fosszilis tüzelőanyagok felhasználását csökkentsék és helyette más, kevésbé környezetkárosító, megújuló energiaforrásokat hasznosítsanak. A kiotói egyezmény aláírásakor a CO₂ kibocsátás mértékének korlátozását vállalták magukra a résztvevő országok. Ezt kiegészítve az Európai Unió „White Paper” c. dokumentumot adott ki, melyben a tagországok részvállalásával a megújuló energetikai fejlesztésére komoly célokat tűz ki az épületekre vonatkozóan:

- az épületek energiateljesítményének 50%-kal való csökkentése,
- 1 millió m² szoláris fotovillamos rendszer létesítése,
- a biomassza-potenciál erőteljes növelése, a szélenergia és egyéb megújuló energiaforrások felhasználásának fokozása.

/forrás: a fejezetben közel szó szerinti idézetek, Dr. Zöld András: Energiatudatos építészet, Műszaki Könyvkiadó, 1999/

1.2 MAGYARORSZÁG ENERGETIKAI STRATÉGIÁJA

„Magyarországnak elő kell segítenie az építőiparban az energiateljesítmény épületekre irányuló európai kezdeményezés megvalósulását, amely a zöldtechnológiák támogatására, valamint új és felújított épületekben az energiateljesítmény rendszerek és anyagok fejlesztésére irányul.”

/Idézet a Nemzeti Együttműködés Programjából/

A világ energiateljesítményének kb. 45%-a az épületek üzemeltetésére fordítódik, míg csupán a második és harmadik helyen álló ipar vagy közlekedés az energiateljesítmény egészéből csak 20%-ot képvisel. Számszerűsítve, Magyarországon ez az érték évenként mintegy 3-400 Petajoule, ami 8-10 milliárd kg kőolaj fűtőértékének felel meg. Ebből az következik, hogy elsősorban ebben a szektorban szükséges szigorításokat, valamint változtatásokat eszközölnünk, annak érdekében, hogy kevesebb legyen a világ összenergia felhasználása.

Magyarország vagyonát jelentős részben a meglévő épületek képviselik, ezért azok karbantartása, energiahatékonysághoz jelentőség hozzájáruló fejlesztése kiemelt fontossággal bír. Ennek érdekében a magyar kormány is kidolgozta saját energiastratégiáját, az épületekre vonatkozó energetikai célértékeket, melyről a Nemzeti Épületenergetikai Stratégia tervezete (2014. augusztus) is beszámol:

Épületenergetikai célértékek

“A NÉeS a Nemzeti Energiastratégia 2030-ban megfogalmazottak figyelembevételével az épületek energiafelhasználásánál **2020. évre 49 PJ/év, 2030-ra 111 PJ/év** megtakarítás elérését tűzi ki célul. A 2020-ig tervezett épületenergetikai energia megtakarítási célkitűzéseket az alábbi táblázat foglalja össze:

		Energia megtakarítási cél 2020-ig (PJ)
1	A lakóépület és középület állomány felújítása	40
3	A vállalkozások épületeinek felújítása	4
4	Egyéb energia megtakarítások épületeknél	5
5	ÖSSZESEN	49

A meglévő lakóépület és középület állomány felújításához kapcsolódó célértékek

“A NÉeS az elvégzett részletes felmérések és számítások alapján készült felújítási forgatókönyvek alapul vételével a lakóépületek és középületek felújításával elérendő energia megtakarítási célokat 2020-ig az alábbiak szerint határozza meg:”

	2020.évi épületenergetikai célérték (PJ)	Felújított lakások és középületek száma 2020-ig (db)	Becsült összes ráfordítás igény 2020-ig (Mrd Ft)
Családi ház	17,6	130.000	743
Iparosított technológiájú társasház (panel)	12,8	380.000	536
Hagyományos társasház	8,0	190.000	329
Lakóépületek Összesen	38,4	700.000	1608
Középület	1,6	2.400	152
Összesen	40,0		1760

/forrás: a fejezet szó szerinti hivatkozásokat tartalmaz a Nemzeti Épületenergetikai Stratégia Tervezetéből (2014. augusztus) /

1.3 MAGYARORSZÁGI ÉPÜLETENERGETIKAI RENDELETI SZABÁLYOZÁSA

Magyar Szabvány először a **MSZ-04-140/2:1979 - Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai** szabványban tesz említést az energetikai követelményekről. A '79-es rendelet az épületet határoló jellemző felületekre ad követelményértékeket, melyeket '85-ben és '91-ben további szabványmódosításokban szigorítottak, többek között kiegészítve az épület hőátbocsátását rontó hatásokra csökkentő korrekciós tényezővel. Újabb mérőföldkőnek említhetjük a **7/2006 TNM (20/2014 BM) rendeletet**, mely újabb energetikai követelményeket támaszt az épületekkel szemben. Bevezetik a "rétegtervi hőátbocsátási tényezőt", a rendelet erre az értékre ad meg követelményeket.

„A követelményérték határoló szerkezetek esetében „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 rögzítő elemekkel megszakított hőszigetelés, pontszerű hőhidak stb.), akkor ezek hatását is tartalmazza.”

A jelenleg frissen hatályba lépő **20/2014. (III.7.) BM rendelet**, korábbi TNM rendelet módosításaként az épületszerkezetekre támasztott hőátbocsátási tényezők [$U=W/m^2K$] követelményeit tovább szigorítja, az épület hőhidasságának mértékének vizsgálatával együtt.

épülethatároló szerkezet ¹	hőátbocsátási tényező ³ követelmény - $U [W/m^2K]$			
	2006-2014.12.31.	2015.01.01.-2017.12.31.		2018.01.01. után
	minden épület	általában	hazai vagy uniós támogatás ill. költségvetési forrás	minden épület
homlokzati fal	0,45	0,45	0,24	0,24
lapostető	0,25	0,25	0,17	0,17
fűtött tetőteret határoló szerkezetek	0,25	0,25	0,17	0,17
padlás és búvótér alatti földem	0,30	0,30	0,17	0,17
árkád és áthajtó feletti földem	0,25	0,25	0,17	0,17
alsó záróföldem fűtetlen terek felett	0,50	0,50	0,26	0,26
üvegezés	-	-	1,00	1,00
különleges üvegezés ³	-	-	1,20	1,20
fa vagy PVC keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró (>0,5m ²)	1,60	1,60	1,15	1,15
fém keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró	2,00	2,00	1,40	1,40
homlokzati üvegfal, függönyfal	2,50	2,50	1,40	1,40
üvegtető	-	-	1,45	1,45
tetőfelülvilágító, füstelvezető kupola	2,50	2,50	1,70	1,70
tetősík ablak	1,70	1,70	1,25	1,25
ipari és tűzgátló ajtó és kapu (fűtött tér határolására)	-	-	2,00	2,00
homlokzati vagy fűtött és fűtetlen terek közötti ajtó	1,80	1,80	1,45	1,45
homlokzati vagy fűtött és fűtetlen terek közötti kapu	3,00	3,00	1,80	1,80
fűtött és fűtetlen terek közötti fal	0,50	0,50	0,26	0,26
szomszédos fűtött épületek és épületrészek közötti fal	1,50	1,50	1,50	1,50
lábazati fal, talajjal érintkező fal a terepszinttől 1 m mélységig	0,45	0,45	0,30	0,30
talajon fekvő padló (új épületeknél)	0,50	0,50	0,30	0,30
hagyományos energiagyűjtő falak (pl. tömegfal, Trombe fal)	-	-	1,00	1,00

Dolgozatunkban a 20/2014. (III.7.) BM rendeletben előírt, 2018.01.01. utáni, és a NÉeS. 2014-es követelményeket szem előtt tartva vizsgáltuk a meglévő épületek és szerkezeteik energetikai célú felújítási lehetőségeit.

(forrás: Dr. Becker Gábor, Bakonyi Dániel előadása, AZ ÉPÜLETEK ENERGETIKAI JELLEMZŐINEK MEGHATÁROZÁSA, BME Épületszerkezettan tanszéki konferencia 2014. 10. 02.)

2 A KUTATÁSI TÉMA ISMERTETÉSE

Magyarországot járva sokfelé láttuk, hogy a szocializmus éveiben kialakult **nyaraló övezetek** lerobbant állapotba kerültek és felújításra lenne szükségük. Ezekben az időkben a nem állami beruházásoknál rendszerint összeálltak a családtagok és saját kezűleg építették meg nyaralóépületeiket. (ld. "házilagos építés" intézménye társasházak esetében is) Az évek során az épületek állaga folyamatosan romlott és felújításuk csak részlegesen, szintén ad- hoc jelleggel történt meg (ha megtörtént). Az állami nyaralóövezetek a rendszerváltást követően többnyire kikerültek állami tulajdonból, karbantartásuk elfelejtődött és állapotuk szintén leromlott.

Időközben, az épületek természetes állagromlásával párhuzamosan társadalmi változások is zajlanak. A rendszerváltást követően a társadalmi rétegek átrendeződtek, a közép- és alsóbb osztályok életszínvonala csökkent. Sokan (a saját tulajdonú) nyaralóövezetekbe költöztek, az olcsóbb a megélhetés reményében. Innen még viszonylag közel van a város, a munkalehetőség.

Ilyen területekre találhatunk példát Kismaroson, a Börzsönyliget nevű területen, Fóton az Öreghegy és a Kurjancs területeken. Ezeket a területeket belterületté is nyilvánították és folyamatosan építik ki a területet, azonban egységes városrendezési koncepció nélkül. Vannak továbbá olyan nyaralóövezetek, melyek nem váltak belterületté, de sokan lakják. Ilyen például a Fóton az M3 melletti övezet, Nagymaros melletti területek, valamint Vác mellett a Nyulas, Diósvölgy, Spinyér, Kútvölgy, Gombás területek valamint Szentendre Leányfaluhoz közeli területei. Ezek a területek annak idején azért lettek ilyen felkapottak, mert autóval, vasúttal megközelítve viszonylag közel esnek Budapesthez, így a tehetősebb budapesti lakosok hétvégente ki tudtak kapcsolódni. Ezek a nyaralók is sok esetben állaguk megromlása miatt felújításra szorulnának.

El kell gondolkoznunk, hogy mit és hogyan lenne érdemes felújítanunk. Láthatjuk, van olyan helyzet, melynél részleges felújítás lenne célravezető (gépészeti, állagvédelmi), van, ahol teljes felújítás szükséges és van, ahol a megelőző vizsgálatok során kiderül, hogy a költségek tekintetében nem éri meg megőrizni a korábbi épületet, annyira leromlott állapotban van.

Azokkal az esetekkel foglalkozunk a kutatás során, amikor még menthetők az épületek és gazdaságosan felújíthatók. A felújítás nem csak energetikailag szükséges, hanem állagvédelmi szempontból is. Azoknak az épületeknek a műszaki állapota, amelyeket nem tartunk rendszeresen karban (ld. nyaralóépületek), gyorsabban leromlik. Ilyen esetekben igenis mérlegelnünk kell, hogy megéri-e és ha igen, hogyan, milyen mértékben lenne érdemes felújítani.

2.1 A KUTATÁSI TÉMA RÖVID KIFEJTÉSE

Dolgozatunkban egy meglévő nyaralóépület, energiatakarékos lakóépületté alakításán, mint esettanulmányon keresztül dolgoztuk ki, a hasonló épületek lehetséges felújítási lehetőségeit. A felújítást több energiatakarékosági szinten is kidolgozzuk. A tervezési döntések meghozatala előtt hőtechnikai szimulációkat végzünk egy általunk fejlesztett programmal, így választva ki az optimális megoldást az adott problémára. Ugyanezt a programot használjuk arra is, hogy meghatározzuk az adott épület különböző mértékű felújítás változatainak energiafelhasználását. Az épület energiafelhasználás-csökkenés mértékéből és az megoldásváltozatok költségeinek becsléséből képet kaphatunk arról, hogy meddig érdemes elmenni a felújítás energiatakarékosági-szintjeiben. Ahol lehet, minden esetben igyekszünk szelíd technikákat választani, emellett olyan szemléleteket előtérbe helyezni, amely az ökológikus gondolkodásmódot tükrözik. Ilyen gondolatok például, hogy csak amit mindenképp muszáj, azt bontunk el, és amit lehet, újra felhasználunk. Továbbá az, hogy olyan anyagokat próbálunk beépíteni, melyeknek előállításához nem kell nagy energia ráfordítás, nem kell messziről odaszállítani, és melyek beépítése során és azt követően sem jutnak ki káros vegyi anyagok. A környezettudatosság mellett a másik prioritást a megfizethetőségben állapítottuk meg. Az egyes döntéshelyzetekben előfordul az, hogy az egészségre kevésbé káros anyagok drágábbak, de itt is megpróbáljuk az

optimálisat kiválasztani. Bízunk benne, hogy az ráfordított tervezési mérnökórákkal, a környezeti adottságok által biztosított lehetőségek kihasználásával a lehető legjobb épületet sikerül létrehoznunk

Összegezve, a döntési helyzetekben minden esetben több lehetőséget vázolunk fel, melyek közül az általunk legoptimálisabbnak választott megoldást műszakilag (tartószerkezetileg, épületszerkezetileg, energetikailag és épületgépészetileg) is részletesebben kidolgozzuk.

2.2 A KUTATÁS CÉLJA

Ahogy már korábban a kutatási téma ismertető fejezetnél is leírtuk, egyre fontosabb szerepet kapnak az energetikai rehabilitáció szempontjait képviselő épületfelújítások az Európai Unióban, köztük Magyarországon is. Magyarországon a városi lakosság egy része a magas rezsiköltségekkel járó terhek elől kénytelen kivándorolni olyan területekre, amelyek eddig csak nyaralóövezetek voltak és kisebb rezszi költségekkel járnak. Az ottani épületek állandó lakhatásra többnyire alkalmatlanok, így kénytelenek felújítani ezeket az épületeket a beköltöző lakók, hogy a megfelelő komfortkörülményeket megteremtsék maguknak. Ezek a megoldások "ad-hoc" jellegűek, összevisszaságot mutatnak, és nem igazán vannak építészeti kontrollálva. Tehát elhagyott, leromlott nyaraló övezetek, zárt kertek, tanyák, speciálisan magyar, hazai (lokális) problémák, hazai, reális megoldásokkal, elfogadható, megfizethető „kulturált” épített környezet kialakítási lehetőségeinek bemutatása volt az alapelgondolásunk.

A kutatás célja megoldást találni az ilyen funkcióváltással bíró, Magyarországon található leromlott állapotú 70-es, 80-as években épült nyaralók és vagy kisebb családi házak, rehabilitációjára. A kutatás esettanulmányi részének az a célja, hogy az építési folyamat tudatos és alázatos végig gondolásával nem csak felújítsuk az adott épületeket, de az energiatudatosság jegyében olyan megoldásokat találjunk és dolgozzunk ki, melyek segítségével az általunk kiválasztott megújuló energiák típusainak (ld. naptér, föld-levegő hőcserélő - továbbiakban FLHCS) használata szélesebb körben megvalósuljon.

További célkitűzésünk az is, hogy könnyebben megállapítható költségmegtérülést tudjunk közölni, mint a korábbiakban általánosságban elterjedt, hosszútávú megtérülési időn alapuló költségmegtérülés. Ehelyett az adott felújítással nyerhető teljesítmény mértékét akarjuk kifejezni a ráfordított költségek függvényében. Ehhez új mérőszám bevezetését javasoljuk: **Klukobo-szám**,

mértékegysége: $\left[\frac{\frac{kWh}{m^2 \cdot év}}{Ft} \right]$.

Végezetül, célnak tűztük ki azt is, hogy az ilyen típusú épület felújításokra valamilyen építészeti is elfogadható általános útmutatót adjunk az építetőknek, mely alapján ők a későbbiekben dönthetnek. /Azonban hangsúlyoznunk kell, hogy mielőtt ez a gyakorlatban tömegesen átültethető lenne, szükséges a programunk validálását elvégezni egy kísérleti épületen./

2.3 A KUTATÁS MÓDSZERTANA

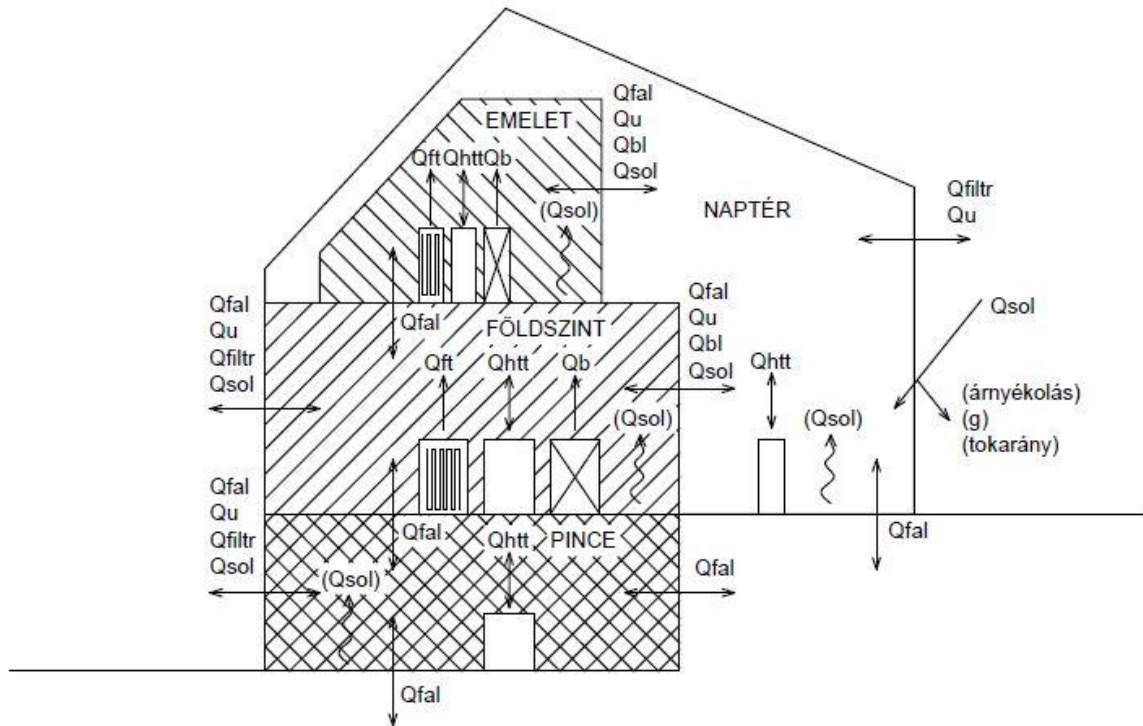
A kutatásunk módszerének első lépése a témánk kijelölése volt. Olyan helyzetre szeretnénk megoldást találni, mely aktuális, a politikai vezetőréteget is foglalkoztatja. Ezért választottunk egy épület-felújításhoz kapcsolódó témát, mely foglalkozik a megújuló energiák hasznosításával. Ezután tanulmányoztuk a megújuló energiák témájában korábban írt szakirodalmakat (ld. Felhasznált Irodalomjegyzék fejezet) és elbeszélgettünk olyan magyarországi építészekkel, akik terveztek ilyeneket és valamilyen tapasztalattal rendelkeznek. Észrevettük, hogy ebben a témában még nincs semmilyen mért adat közölve, így elhatároztuk, hogy egy nagyon tudatosan kifejlesztett, fizikán alapuló egyenletekkel kiszámított adatokkal dolgozó szimulációval megpróbáljuk reprodukálni a valóságot. Ezt követően C# nyelven írtunk egy hőtechnikai szimulációs programot, mely segítségével választ kaptunk az eddig nem megválasztott kérdésekre, miszerint milyen hőmérsékletű levegőt, mennyi energiát, milyen teljesítményt tudunk létrehozni a naptér, illetve föld-levegő hőcserélő (innenről kezdve FLHCS) beépítésével egy átlagos magyarországi nyaraló felújításának példáján keresztül.

A szimuláció valóságos működésének kipróbálásához ki kellett válasszunk egy konkrét, meglévő, valós épületet, melynek tulajdonságait betápláltuk a szimulációs programba és ezekkel az adatokkal dolgoztunk. Az épület felújításának lépéseit építészeti, épületszerkezettani, tartószerkezettani tervezéssel követtük nyomon. A beépített anyagokra és az hozzátartozó munkaköltségekre közelítő költségbecslést végeztünk el, a felújítás különböző állapotaiban külön-külön meghatározva. Először meghatároztunk egy bázis költséget, amely csak azokat a felújítási költségeket tartalmazza, amelyek műszakilag indokoltak, hogy egy tetőtérrel bővített, lakható, igényesen felújított épületet kapjunk. A bázistól eltérő, csak az energetikai felújítást tartalmazó megoldásokat külön költségként kezeltük. Az egyes felújítási-állapotokhoz tartozó plusz költségeket az ahhoz tartozó hőtechnikai szimuláció által kimutatott energia megtakarítással összevetettük, és megállapítottuk, hány forintnyi energetikai beruházás hoz 1 [kWh] energia megtakarítást évente. Ez alapján képet kaphatunk az egyes energetikai beruházások hatékonyságáról.

2.4 A TÉMA LEHATÁROLÁSA

A lehatárolás ebben az esetben nehéz, hiszen az elterjedt kutatási módszerekkel ellentétben mi nem egy szűk témának a legmélyebben ható vizsgálatára tettük a hangsúlyt, hanem a holisztikus szemléletet igyekeztünk követni, ami gyakorlatilag a téma teljes körüljárását igényeli. Kiemelten kezeltük az energiagazdálkodást, a részletes számítások legnagyobb része erre irányult.

3 A SZÁMÍTÓGÉPES HŐTECHNIKAI SZIMULÁCIÓ MŰKÖDÉSI MECHANIZMUSA



Hőtechnikai modell működése

3.1 HŐTECHNIKAI MODELL ÁTTEKINTÉSE

Ez a fejezet nem az épület működésének általános leírása, hanem azt mutatja be, hogy az általunk fejlesztett számítógépes szimulációs program hogyan modellezi a valóságot, milyen egyszerűsítésekkel él, és milyen összefüggések alapján számol. Az itt tárgyalt elemek mind számszerűen megjelennek a szimuláció során.

A modellben foglalt elemek a következők:

- Külső hőmérséklet-függvény
- Épületszerkezetek rétegrendjei
- A szoláris nyereség
- A nyílászárók
- Exfiltráció
- Belső légcseré
- Talajhőmérséklet
- Talajhőcserélő
- Az épületben lévő hőtároló képességgel rendelkező testek hőcseréje
- Fűtési rendszer
- Belső hőfejlődés
- Belső levegő

- Fűtési rendszer szimulációban használt adatai

Az épületet 4 zónára osztjuk: földszint, emelet, naptér, pince. Ezeknek a terek külön rendszerként épülnek föl, saját légállapotuk van, egy téren belül a keveredés tökéletes. A terek a köztük lévő falakon, és kontrollált légcserén keresztül cserélnek hőt egymással. A külvilággal filtráción, transzmissziós hőáramon, szoláris nyereségen, és a szellőzés veszteségein keresztül cserélnek hőt. Emellett hőcsere zajlik az egyes terekben lévő hőtároló képességgel rendelkező tárgyak, és a tér között, valamint hőt közölnek a tér levegőjével a házban lévő berendezések, és emberek hulladékhőjükön keresztül. További hőbevitelt a fűtési rendszer biztosítja.

A szimuláció futtatása előtt kezdeti feltételeket adunk meg és beállítjuk, hogy milyen hosszú időtartamot szeretnénk szimulálni. Az indítás után egy nulladik iterációs (vagyis a kiértékelés eredményei között nem szereplő) szakasz következik. Ebben a szakaszban a megadott kezdeti környezeti feltételeket állandónak tekintjük, és megvárjuk, míg a rendszerben beáll az állandósult állapot. Ez azért szükséges, mert az összes paramétert nem tudjuk egyből pontosan megadni. Például a fal hőmérsékletét a nulladik időpillanatban úgy adjuk meg, hogy legyen minden pontjában egy adott hőmérsékletű (mondjuk 12 [°C]), majd ebben a nulladik iterációs szakaszban várunk, ameddig a jól ismert állandósult állapotbeli hőmérséklet eloszlás kialakul a fal keresztmetszetében. Ez a folyamat (a fal, bútorok felmelegítése) jelentős energiát igényel és hosszú ideig tart, torzítva ezzel a kiértékelés eredményeit (hiszen a szimuláció kezdetét megelőző napon valószínűleg hasonló időjárás, és külső-belső hőmérséklet volt, mint a vizsgálat indításakor). Miután a nulladik iterációs szakasz véget ért, elkezdődik a valós szimuláció. Ebben az esetben a nem állandó paramétereken (tömeg, egyes fizikai jellemzők stb.) kívül minden más változó egy adott időközönként a betáplált fizikai törvényszerűségek szerint, melyeket később bővebben ismertetünk, újraszámolásra kerülnek. A kapott eredményeket a program grafikonon, ábrázolja az idő, vagy a hely függvényében.

A következőkben a modellben foglalt paraméterek számítását mutatjuk be részletesebben.

3.1.1 Külső hőmérséklet-függvény

A külső hőmérséklet időfüggvényének matematikai megfogalmazása a modellünk szerint:

$$T_e(t) = T_{nk} + Am * \sin\left(\frac{t_i}{1 nap} * 2\pi - \frac{\pi}{2}\right) \quad (1)$$

Ahol,

$T_e(t)$ a külső hőmérséklet az idő függvényében

T_{nk} a napi átlagos hőmérséklet

Am az adott napon a minimális, és a maximális hőmérsékletek különbségének a fele

t_i a szimulációban vizsgált időintervallum hossza

A 2π -s eltolás azért kell, hogy éjszakára essen a hőmérsékletminimum.

Az átlaghőmérsékleteket, és a hőingást havonta változtatjuk az alábbiak szerint:

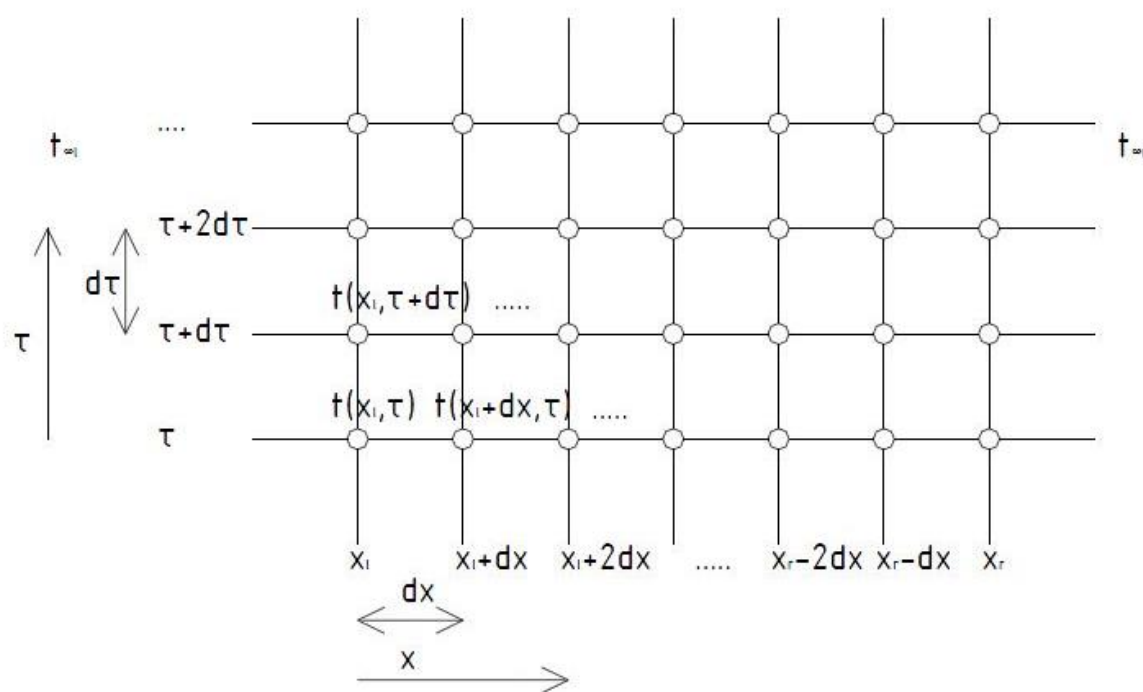
hónap	T_{nk}	$Am*2$
[-]	[°C]	[°C]
1	0.4	5.5
2	2.3	7
3	6.1	8.5
4	12	10
5	16.6	11.5

6	19.7	13
7	21.5	11.5
8	21.2	10
9	16.9	8.5
10	11.8	7
11	5.4	5.5
12	1.8	4

3.1.2 Épületszerkezetek rétegrendjeinek modellezése

A határoló falakat többrétegű szerkezetként vizsgáljuk.

A fal keresztmetszetében a hőmérséklet eloszlást explicit differencia módszer segítségével vizsgáljuk. Ez egy numerikus eljárás differenciálegyenletek megoldására.



Véges differencia felosztás

A hővezetés általános differenciálegyenletének közelítő megoldását úgy kaphatjuk meg, hogy a differenciálhányadosokat véges differenciákkal helyettesítjük. Hogy ezt megtehesük, a vizsgált tér-idő tartományt diszkrétizáljuk, vagyis a fenti ábrán látható módon véges szakaszokra osztjuk. Ezeknek a tér, és időbeli szakaszoknak a határvonalai hálót alkotnak, melyek csomópontjaihoz két értéket rendelünk: egy idő, és egy tér koordinátát. Ha ezekben a rácspontokban meg tudjuk határozni a hozzájuk tartozó hőmérsékletet, akkor valamilyen interpolációs módszerrel megkaphatjuk a hőmérséklet eloszlást a rácspontok között.

A véges differenciák képzésének három félé módszere van:

Az előre lépő (haladó) differencia:

$$\frac{df(x)}{dx} \approx \frac{f(x+dx) - f(x)}{(x+dx) - x} \quad (2)$$

A visszalépő (retrográd) differencia:

$$\frac{df(x)}{dx} \approx \frac{f(x) - f(x - dx)}{x - (x - dx)} \quad (3)$$

A centrális differencia:

$$\frac{df(x)}{dx} \approx \frac{f(x + dx) - f(x - dx)}{(x + dx) - (x - dx)} \quad (4)$$

A számításokhoz a mi esetünkben a centrális, és az előrelépő differenciaképzést fogjuk felhasználni.

Mivel a hővezetés általános differenciálegyenletében hely szerint másodrendű deriváltak is szerepelnek, így ezt is elő kell állítanunk:

$$\frac{df'(x)}{dx} \approx \frac{f'(x + dx) - f'(x - dx)}{(x + dx) - (x - dx)} = \frac{f(x + dx) - 2f(x) + f(x - dx)}{(dx)^2} \quad (5)$$

A hővezetés általános differenciálegyenlete:

$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{\lambda}{\rho * c} * \frac{d^2 t}{dx^2} \quad (6)$$

Ahol,

t	a hőmérséklet [°C]
τ	az idő [s]
λ	a hővezetési tényező [W/mK]
ρ	a sűrűség [kg/m ³]
c	a fajhő [J/kg*K]

Most ennek képezzük, az idő szerint előrelépő, hely szerint pedig centrális véges differenciáját (2) és (5) felhasználásával:

$$\frac{t(x, \tau + d\tau) - t(x, \tau)}{d\tau} = \frac{\lambda}{\rho * c} * \frac{t(x + dx, \tau) - 2t(x, \tau) + t(x - dx, \tau)}{dx^2} \quad (7)$$

Egy oldalra rendezzük az azonos időpillanathoz tartozó értékeket:

$$t(x, \tau + d\tau) = \frac{\lambda}{\rho * c} * \frac{d\tau}{dx^2} * (t(x + dx, \tau) + t(x - dx, \tau)) + \left(1 - 2 * \left(\frac{\lambda}{\rho * c} * \frac{d\tau}{dx^2}\right)\right) * t(x, \tau) \quad (8)$$

A $\frac{\lambda}{\rho * c} * \frac{d\tau}{dx^2}$ tényezőt nevezzük el P-nek. Ezzel az egyenlet a következő alakba írható:

$$t(x, \tau + d\tau) = P * (t(x + dx, \tau) + t(x - dx, \tau)) + (1 - 2P) * t(x, \tau) \quad (9)$$

Vegyük észre, hogy a jobboldalon szereplő második tag együttthatójában $P > 0,5$ -re negatív értéket vesz föl, ami destabilizálja a számításunkat, ahogy lépésről lépésre haladunk előre az időben. Mivel P függ az időlépés, és a hely szerinti felosztás nagyságának arányától, ezért a szimulációk során a későbbiekben oda kell figyelni arra, hogy nem választhatunk egy adott hely szerinti felosztáshoz tetszőleges időlépés-nagyságot. Csak akkor kapunk értékelhető eredményeket, ha az explicit differencia módszer numerikus stabilitásának feltétele teljesül, vagyis $P \leq 0,5$.

Az 9. egyenlet segítségével biztosított, hogy adott kezdeti feltételek felvétele után (vagyis a tér-idő háló első sorának csomópontjainak adunk valamilyen hőmérsékletet) lépésről lépésre meg tudjuk

határozni egy belső hőforrás nélküli, egy dimenziós hőáramú test belsejében a rácspontok hőmérsékleteit. A mi esetünkben azonban ez nem elegendő, mivel a falak külső, és belső oldalukon hőcserét folytatnak a környezetükkel. Ezért szükséges a megfelelő peremfeltételek meghatározása is.

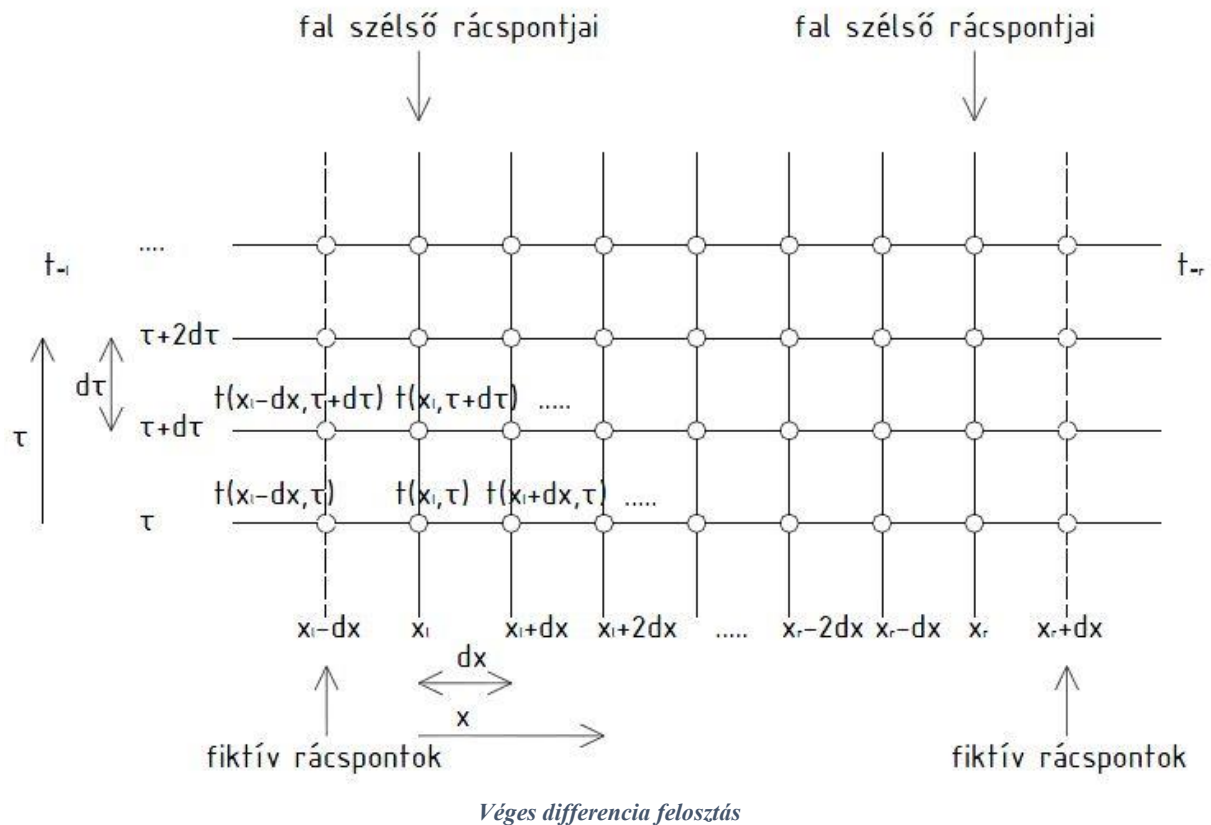
Ahhoz, hogy a fal, és a környezete közötti kapcsolatot e modell határain belül is ki tudjuk fejezni, felvesszünk a fal tér-idő hálójában a fal két oldalán kívül egy-egy fiktív pontot.

A fal jobb oldalán a hőátadást kifejező differenciálegyenlet a következő:

$$-\lambda \frac{d\tau}{dx} = \alpha * (t_w - t_{\infty}) \quad (10)$$

Ahol,

t_w	a fal jobboldali felületének hőmérséklete [°C]
t_{∞}	a környezet hőmérséklete [°C]
τ	az idő [s]
λ	a hővezetési tényező [W/mK]
α	a hőátadási tényező a fal külső felülete, és a levegő között [W/m²K]



Az egyenlet véges differencia alakja az ábra jelöléseit használva:

$$-\lambda \frac{t(x_r + dx, \tau) - t(x_r - dx, \tau)}{2dx} = \alpha * (t(x_r, \tau) - t_{\infty r}) \quad (11)$$

A fiktív pont hőmérsékletét kifejezve a fal jobboldalán:

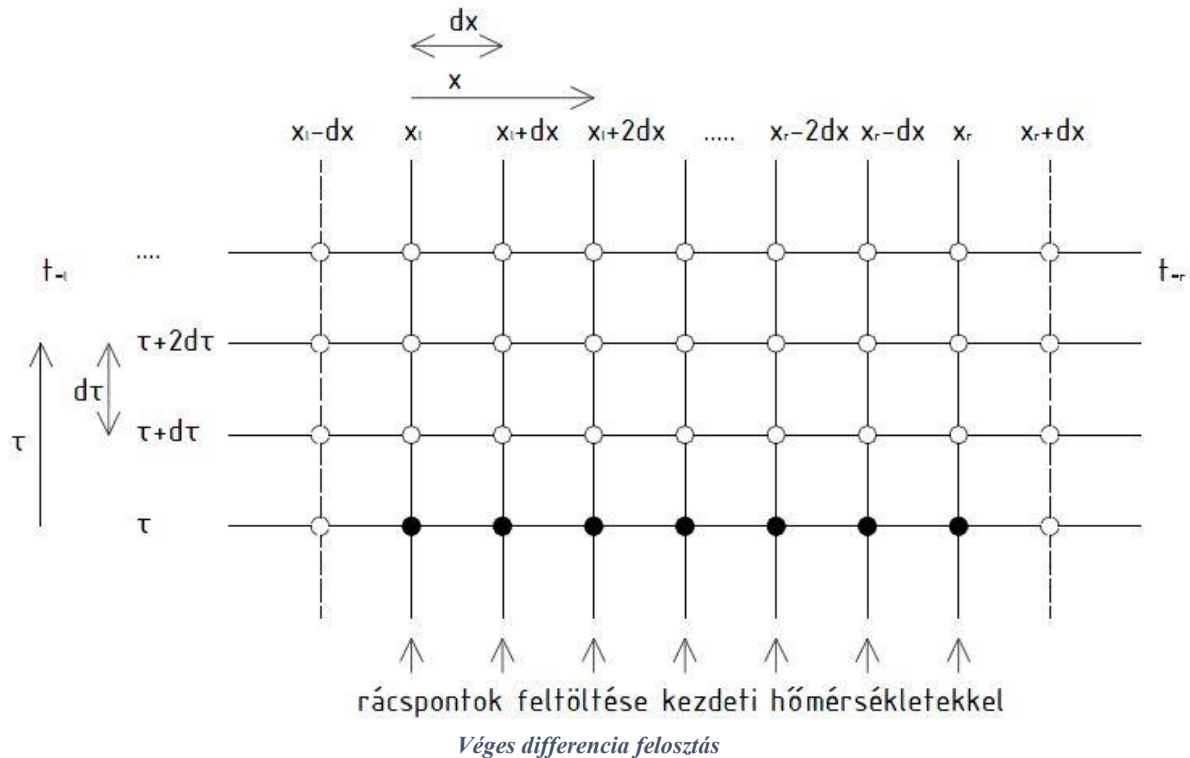
$$t(x_r + dx, \tau) = -\frac{2dx * \alpha}{\lambda} * (t(x_r, \tau) - t_{\infty r}) + t(x_r - dx, \tau) \quad (12)$$

Hasonló gondolatmenetet követve a fiktív pont hőmérséklete a fal baloldalán:

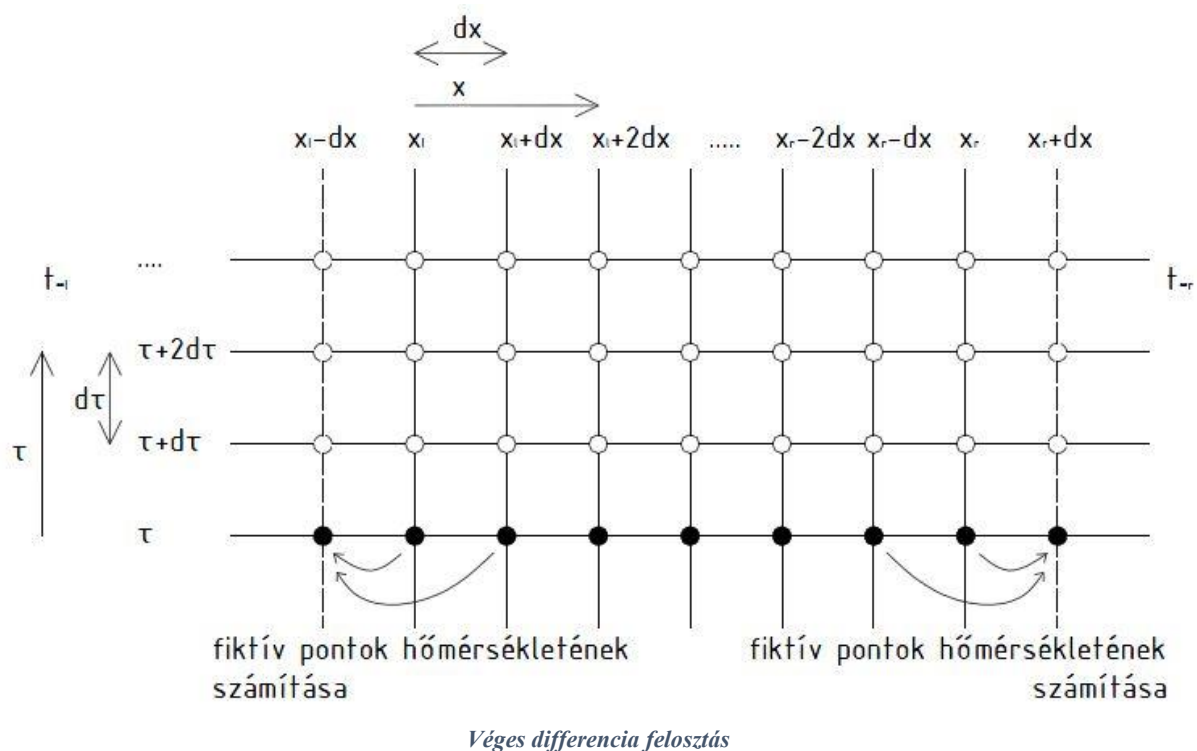
$$t(x_l - dx, \tau) = -\frac{2dx * \alpha}{\lambda} * (t(x_l, \tau) - t_{\infty l}) + t(x_l + dx, \tau) \quad (13)$$

Most, hogy minden szükséges egyenlet a rendelkezésünkre áll, lássuk, hogy hogyan is lehet lépésről lépésre elvégezni a szimulációt:

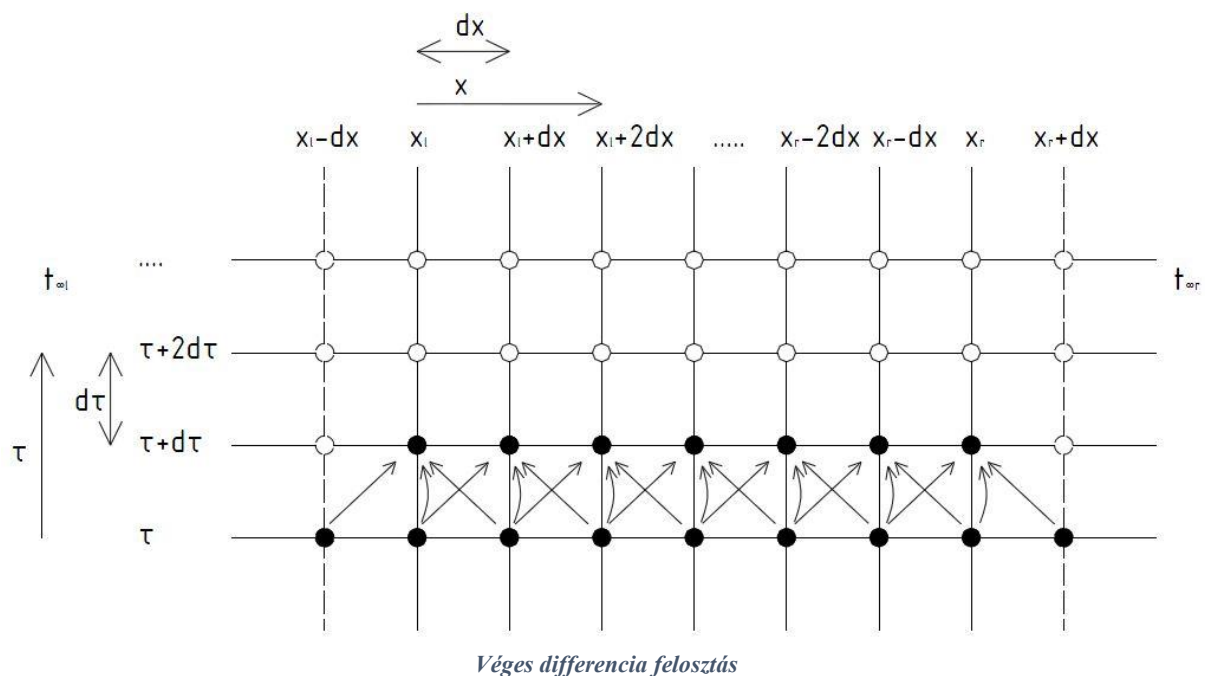
Először létrehozuk a fal tér-idő hálóját, vagyis felosztjuk egyenlő nagyságú szakaszokra, és az időben is felvesszük az egyenlő időközöket. Ügyelnünk kell ebben az esetben $P \leq 0,5$ kritériumra, ahogy azt a korábbiakban már megtárgyaltuk. Ezt követően feltöltjük a tér-idő háló első sorának a falhoz tartozó csomópontjait a kezdeti hőmérsékletértékekkel:



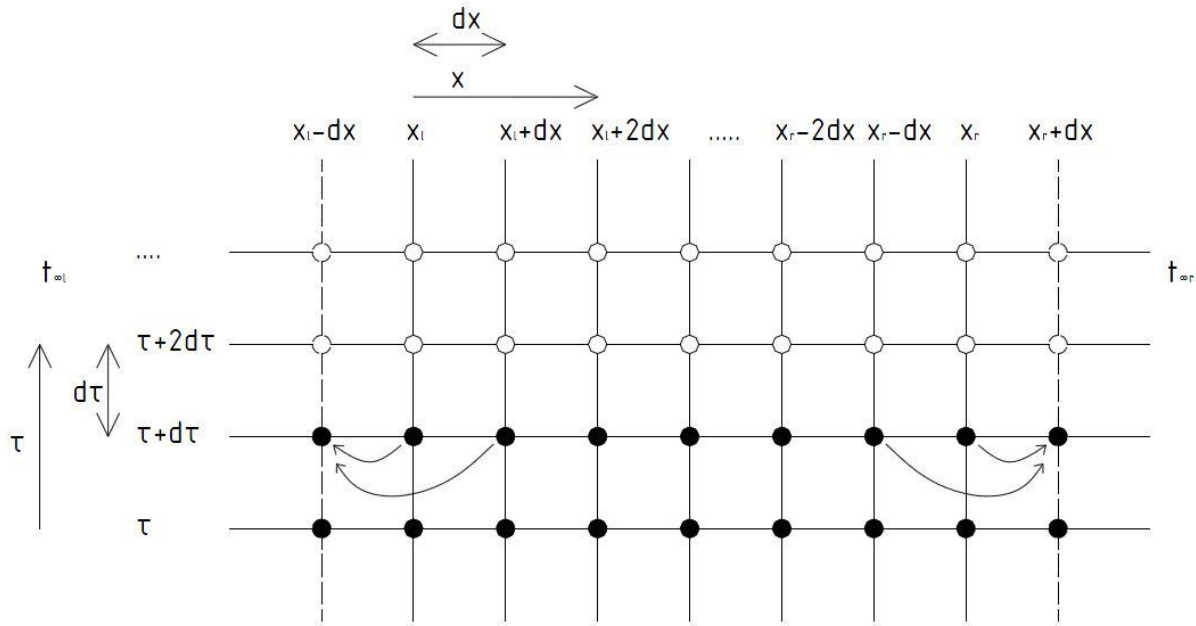
Majd a 12. és 13. számú összefüggések segítségével kiszámítjuk a fal melletti fiktív pontok hőmérsékleteit:



Ez után a 9. egyenlet segítségével kiszámítjuk a következő sor (vagyis a $d\tau$ -val későbbi időpillanat) falcsomópontjainak hőmérsékletét:



Aztán az iteráció újra kezdődik azzal, hogy kiszámítjuk a fal melletti fiktív pontok hőmérsékletét, a második sorban:



Véges differencia felosztás

Az iteráció minden lépésénél az épületen belüli, és a külső hőmérséklet is állandóan változik, így folyamatosan tranziens folyamatokat vizsgálunk. Az eljárást még azzal kell bonyolítanunk, hogy mivel a mi esetünkben a fal többrétegű (2, vagy 3) a fent leírt iterációból a program annyit futtat párhuzamosan, amennyi réteg van. A külső oldali hőátadás a fent leírtak szerint történik, a két réteg egymás közti hőcseréjénél viszont az egyes rétegeknél a 12. egyenletben t_∞ helyett, a szomszédos réteg vele érintkező legszélső csomópontjának hőmérsékletét kell írunk. Vagyis ha például baloldalon van a téglafal, és jobboldalon a hőszigetelés, akkor a téglafal jobboldali fiktív pontjának hőmérséklete:

$$t_t(x_r - dx, \tau) = -\frac{2dx * \alpha}{\lambda} * (t_t(x_r, \tau) - t_{szf}) + t_t(x_r - dx, \tau) \quad (14)$$

Ahol,

t_t	a téglafal hőmérséklete [°C]
t_{szf}	a hőszigetelés a téglafallal érintkező felületének hőmérséklete [°C]
τ	az idő [s]
λ	a hővezetési tényező [W/mK]
α	a hőátadási tényező a téglá, és a hőszigetelés között [W/m²K]

A hőszigetelés baloldali fiktív pontjának hőmérséklete pedig:

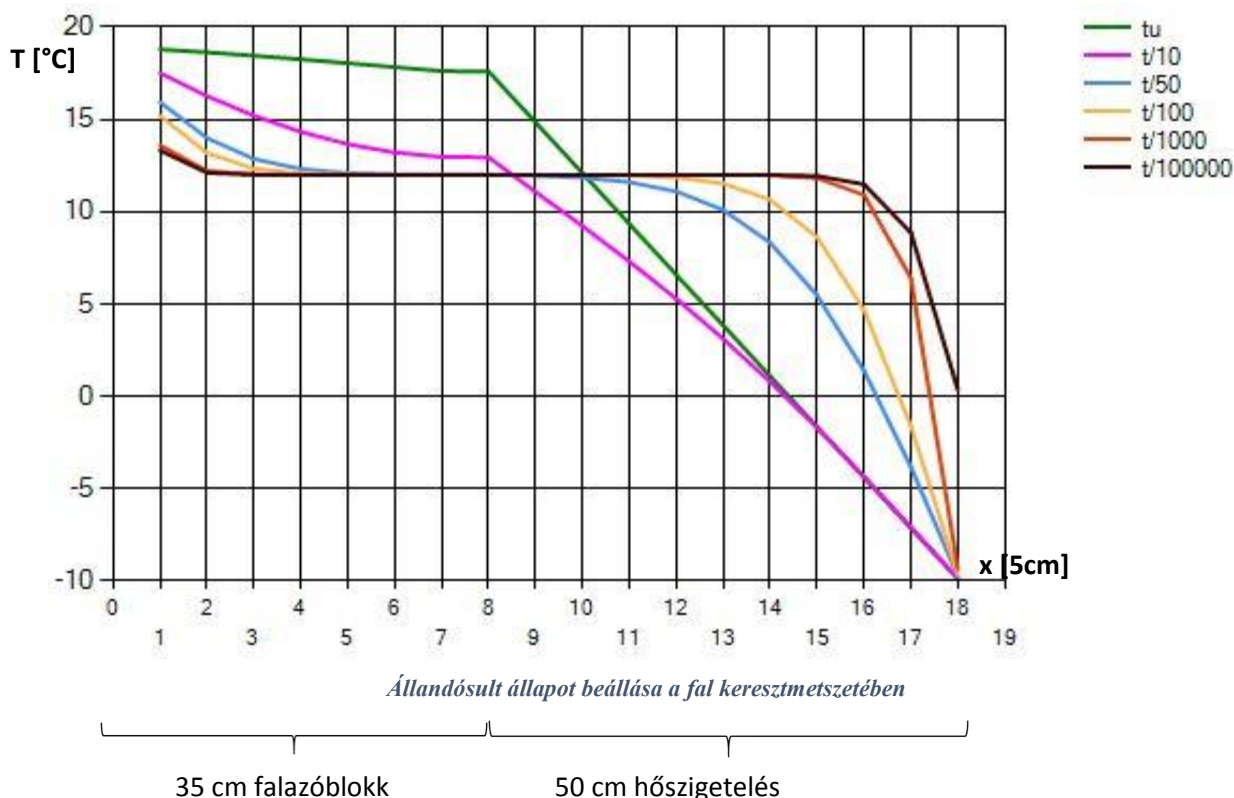
$$t_{sz}(x_l - dx, \tau) = -\frac{2dx * \alpha}{\lambda} * (t_{sz}(x_l, \tau) - t_{tf}) + t_{sz}(x_l - dx, \tau) \quad (15)$$

Ahol,

t_{sz}	a szigetelés hőmérséklete [°C]
t_{tf}	a téglafal hőszigeteléssel érintkező felületének hőmérséklete [°C]
τ	az idő [s]
λ	a hővezetési tényező [W/mK]
α	a hőátadási tényező a téglá, és a hőszigetelés között [W/m²K]

Arra vonatkozóan, hogy a hőátadási tényező mennyi lehet a hőszigetelés, és a téglafal között, nehéz megbízható adatokat találni a szakirodalomban. Arról vannak adatok, hogy a levegő és a fal között áramlási sebességtől függően 10-es nagyságrendű az α [W/m²K]-ben. Azt is tudjuk, hogy fémek között a hőátadási tényező 1000-es nagyságrendű, ezért a fal és a szigetelés közötti α -t 100 [W/m²K] értékűre becsültük.

Az alábbi példán látható, hogy hogyan áll be az állandósult állapot a nulladik iteráció során:



Ebben az esetben egy 35 [cm] vastag falazóblokkból épült falra 50 [cm] hőszigetelés került. A külső hőmérséklet konstans -10 [°C], a belső hőmérséklet 20 [°C]. A nulladik időpillanatban a fal minden pontjának hőmérséklete 12 [°C] volt. A fal felosztásának finomsága 5 [cm]. Az állandósult állapot beállta t_u ideig tart. Az ábrán a hőmérséklet eloszlását látjuk a t_u , $t_u/10$, $t_u/50$, $t_u/100$, $t_u/1000$ és $t_u/100000$ időpillanatokban. (t_u ez esetben 5 nap volt)

A grafikonon jól látszik, hogy a szigetelés külső felülete a szigetelőanyag kis tömege miatt gyorsan lehűl, míg a nagyobb hőkapacitású téglafal belső hőmérséklete jóval lassabban veszi fel a belső levegőhőmérsékletéhez közeli értéket. Azt is észrevehetjük, hogy sem a külső, sem a belső oldal nem éri el pontosan a vele érintkező levegő hőmérsékletét. Ez a hőátadási veszteség miatt van. A külső oldalon $\alpha_e = 24$ [W/m²K] értékű, míg a belső oldalon $\alpha_i = 8$ [W/m²K] –es hőátadási tényezővel számolunk. Ahol nagyobb az α értéke, ott nagyobb „lépcsőt” tapasztalunk a hőmérsékletekben. Az előbbieken alapján feltehetnénk a kérdést, hogy miért nincs lépcső akkor a szigetelés, és a fal között? Hiszen a fent leírt modell alapján ott is hőátadási veszteségnek kellene jelentkeznie. A válasz az, hogy ott is van lépcső, csak az $\alpha = 100$ [W/m²K] –es hőátadási tényező elég nagy ahhoz, hogy olyan kicsi legyen a törés a hőmérséklet diagramjában, hogy ilyen finomságú felosztás mellett az nem látszik.

Miután a fal belső felületi hőmérséklete ilyen módon ismert, így tudjuk számítani a fal, és a belső tér levegője közötti hőáramot [W]:

$$Q_{fal} = \alpha * A (t_f - t_b) * (1 + X) \quad (16)$$

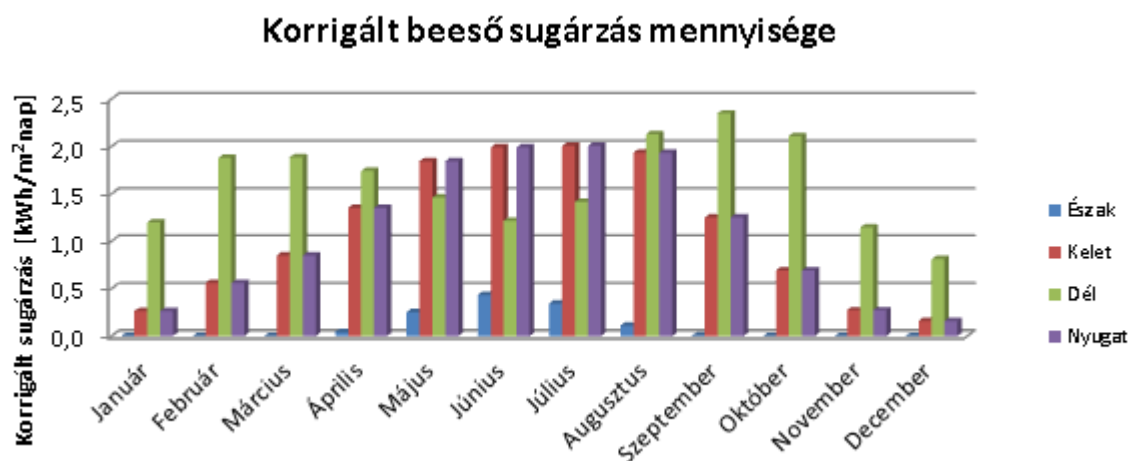
Ahol,

- A a fal felülete [m^2]
 α a hőátadási tényező a fal és a belső levegő között [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
 t_f a fal belső felületi hőmérséklete [$^{\circ}\text{C}$]
 t_b a belső levegő hőmérséklete [$^{\circ}\text{C}$]
X hőhidasságot figyelembe vevő tényező 7/2006 TNM rendelet alapján [$^{\circ}\text{C}$]

Ha a fal két belső tér között helyezkedik el, akkor értelemszerűen a fal két oldalán lévő tér a neki megfelelő oldal felületével végez hőcserét.

3.1.3 A szoláris nyereség modellje

A szoláris nyereség nagyságát Horváth Miklós 2012-es TDK dolgozatának (konzulens: Dr. Szánthó Zoltán, Talamon Attila) eredményeit felhasználva számítja a program:



Szoláris nyereség, hónapokra számított átlagértéke (forrás: Horváth Miklós)

A fenti adatokból számítható, hogy négyzetméterenként mennyi teljesítmény érkezik be az egyes égtájak felől:

K 06:00-12:00			D 08:00-16:00			Ny 12:00-18:00		
hó	kwh/m2/nap	q _{sol} W/m2	hó	kwh/m2/nap	q _{sol} W/m2	hó	kwh/m2/nap	q _{sol} W/m2
1	0.263	43.83333	1	1.198	149.75	1	0.263	43.83333
2	0.561	93.5	2	1.88	235	2	0.561	93.5
3	0.852	142	3	1.888	236	3	0.852	142
4	1.353	225.5	4	1.743	217.875	4	1.353	225.5
5	1.843	307.1667	5	1.462	182.75	5	1.843	307.1667
6	1.991	331.8333	6	1.214	151.75	6	1.991	331.8333
7	2.008	334.6667	7	1.417	177.125	7	2.008	334.6667
8	1.935	322.5	8	2.131	266.375	8	1.935	322.5
9	1.251	208.5	9	2.349	293.625	9	1.251	208.5
10	0.693	115.5	10	2.109	263.625	10	0.693	115.5
11	0.272	45.33333	11	1.145	143.125	11	0.272	45.33333
12	0.159	26.5	12	0.814	101.75	12	0.159	26.5

A táblázatban feltüntetett időintervallum azt jelenti, hogy úgy feltételezzük, hogy az adott égtáj felől ebben az időben érkezik szoláris nyereség. Az egy nap alatt beérkező energiát természetesen erre az intervallumra osztottuk el, így kaptuk a beérkező teljesítményt. Észak felől nem veszünk figyelembe szoláris nyereséget.

Ha adottak a nyílászárók méretei, tájolása, tokaránya, g-értéke, árnyékoltságának mértéke (az árnyékoló szabályozása a belső terek hőmérséklete alapján történik, ha ez eléri egy adott maximum hőmérsékletet (adott kapcsolási hiszterézissel), akkor az árnyékoló behúz) így meg tudjuk mondani, mekkora teljesítmény érkezik be a szoláris nyereségből:

$$\dot{q} = q_{sol} * g * (1 - \eta_{\text{árny}}) * (1 - at) * \varepsilon \quad (17)$$

Ahol,

$\dot{q}$	hatásos hőáram [W]
q_{sol}	az ablak külső síkjára érkező hőáram [W]
g	üveg összenergia átbocsátása [-]
$\eta_{\text{árny}}$	árnyékoló hatásfoka [-]
at	ablak-tok arány [-]
ε	hőelnyelő felület feketeségi foka [-]

Az viszont nem mindegy, hogy ezt a teljesítményt hogyan közöljük a belső térrel. Az nem modellezné jól a valóságot, ha ezt az energiát közvetlenül a belső tér levegőjével közölnénk. Ehelyett a fény áthatol a levegőn, és a belső tér egyes elemeit melegíti, majd ezek a belső felületek adják át a hőt a belső levegőnek. Modellünkben ezen hőelnyelő felületek általában az egyes belső terek padlószervezetei, és a ház falai, melyeket ér a nap.

Hogy ezt le tudjuk írni, az előző fejezetben leírt rétegrendek peremfeltételein kell változtatni úgy, hogy a melegedő felületeken másod és harmadfajú peremfeltételeket egyszerre alkalmazunk:

a (12) egyenlet jelöléseit használva a fiktív pont hőmérséklete a fal baloldalán, véges differencia alakban, a fal felületére érkező ismert hőáram esetén:

$$t(x_l - dx, \tau) = -\frac{2dx * \alpha}{\lambda} * (t(x_l, \tau) - t_{\infty l}) - \frac{2dx}{\lambda} * \dot{q} + t(x_l + dx, \tau) \quad (18)$$

q a felületre érkező hőáramsűrűség [W/m²]

Így a szoláris nyereség energiaátadása a (16) egyenletre vezethető vissza, a melegedő felületeken keresztül jut be a belső térbe.

3.1.4 A nyílászárók hőátbocsátásának modellje

A nyílászárók transzmissziós hőáramait a következő egyenlet írja le:

$$Q_u = U_w * A_{ny} * (t_i - t_e) \quad (19)$$

Ahol,

Q_u	a nyílászárókon keresztül hőátadással és hővezetéssel távozó hőáram [W]
U_w	a nyílászárók összesített hőátbocsátási tényezője [W/m ² K]
A_{ny}	a nyílászárók felülete [m ²]
t_i	a belső levegőhőmérséklet [°C]
t_e	a külső levegő hőmérséklet [°C]

3.1.5 Exfiltráció modellezése

A filtráció két szempontból is fontos szerepet játszik az épület hőtechnikai viselkedésének alakításában. Egyfelől ha a levegő a nyílászárók résein, vagy egyéb helyeken távozik, vagy jut be az épületbe, hőveszteséget okoz, másfelől a résekbe beszivárgó, vagy a kapilláris kondenzáció során az épületszerkezetekbe jutó víz növeli a szerkezetek hővezetési tényezőjét és állagvédelmi problémákat is felvet. Hagyományos, régi épületeknél a filtráció olyan nagy is lehet, (3 [1/h]) hogy ez önmagában fedezi a benn tartózkodók levegőszükségletét.

A számítógépes összehasonlító szimulációkban a filtráció az általa szállított energián keresztül került modellezésre. Így a filtrációval az épületből távozó energia:

$$Q_{filtr} = \dot{V}_{filtr} * \rho_{lev} * C_{lev} * (t_i - t_e) \quad (20)$$

Ahol,

Q_{filtr}	a filtrációval távozó teljesítmény [W]
$\dot{V}_{filtr}$	a filtráló levegő térfogatárama [m ³ /s]
ρ_{lev}	a levegő sűrűsége [kg/m ³]
C_{lev}	a levegő fajhője [J/kg*K]
t_i	a belső levegő hőmérséklete [°C]
t_e	a külső levegő hőmérséklete [°C]

Azt nem vesszük figyelembe, hogy a szél befolyásolja a nyomáskülönbséget a külső és belső tér között, így a filtráció is függ az erősségétől, és irányától.

3.1.6 Belső légcseréje modellje

A különböző légterek között nem csak a falakon keresztül, hanem a levegő útján is kialakulhat hőcsere. A légcserét kiegyenlített szellőzésként modellezzük. A belső légcseréje teljesítményét leíró összefüggés a következő:

$$Q_{blcs} = \dot{V}_{blcs} * \rho_{lev} * C_{lev} * (t_1 - t_2) \quad (21)$$

Ahol,

Q_{blcs}	a filtrációval távozó teljesítmény [W]
$\dot{V}_{blcs}$	a filtráló levegő térfogatárama [m ³ /s]
ρ_{lev}	a levegő sűrűsége [kg/m ³]
C_{lev}	a levegő fajhője [J/kg*K]
t_1	az első tér léghőmérséklete [°C]
t_2	a második tér léghőmérséklete [°C]

Mivel itt mind a két ér belső térnek számít a fenti teljesítmény a két tér közül melegebb térnél negatív, a hidegebbnél pozitív előjellel adódik hozzá a belső levegőt terhelő teljesítményekhez.

3.1.7 Talaj hőmérsékletének modellezése

Az épület kertjében lefektetett talajhőcserélő befűjt levegőhőmérsékletének számításához szükségünk van a talaj hőmérsékletére adott mélységben:

$$T_G = gm * (T_{AM} - AH * dT_A * \sin\left(\frac{2 * \pi}{8760} * (JH - VS + 24 * 25)\right)) \quad (22)$$

Ahol,

T_G	a talaj hőmérséklete adott d mélységben [°C]
gm	talaj anyagától függő korrekciós faktor (EN 15241 A1 táblázatából) [-]
AH	mélységi amplitúdó korrekciós faktor [-] $AH = 1 - 0,1993d + 0,01381d^2 - 0,000335d^3$ ahol d a talaj felszínétől számított mélység
dT_A	éves külső hőmérséklet amplitúdó [°C]
JH	az év kezdetétől eltelt órák száma [-]
VS	[-] $AVS = 24 * (0,1786 + 10,298d + 1,0156d^2 + 0,3385d^3 - 0,0195d^4)$ ahol d a talaj felszínétől számított mélység

3.1.8 A talajhőcserélő modellje

A talajhőcserélő a ház kertjében vízszintesen helyezkedik el, adott mélységben a föld alatt. A lefektetett több párhuzamos csőág egy osztóhoz, és egy gyűjtőhöz csatlakozik. A talajhőcserélőből kilépő levegő hőmérséklete függ a cső, és a levegő közötti hőátadási tényezőtől, a légsebességtől, a cső hővezetési tényezőjétől, falvastagságától, belső felületi érdességétől, a talaj hőtechnikai tulajdonságaitól, fektetési mélységtől.

$$T_{be} = T_G + (T_{in} + T_G) * e^{-2\pi r_i L \frac{U_t}{m_a * c_{pa}}} \quad (23)$$

Ahol,

T_{be}	a befűjt levegő hőmérséklete [°C]
T_G	a talaj hőmérséklete adott d mélységben [°C]
T_{in}	a külső térből beszívott levegő hőmérséklete [°C]
r_i	a cső belső sugara [m]
L	a cső hossz [m]
U_t	a cső hőátbocsátási tényezője (a cső külső felülete, és a talaj közötti hőátadási veszteséget elhanyagoljuk) [W/m²K] $U_t = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_c} + \frac{1}{2\pi\lambda_t} * \ln\frac{r_0}{r_i}}$
	α_c -hez szükség van a Nu-számra is, ennek a számítását a Gnielinski-összefüggéssel végezzük 2300-nál nagyobb Re- szám esetén. 2300 alatti Re-nél $Nu = 3,66$

A talajhőcserélőn keresztül történő szellőztetést kiegyenlített szellőztetésként értelmezve, az energiaáram:

$$Q_{kszell} = \dot{V}_{kszell} * \rho_{lev} * c_{lev} * (T_{be} - T_i) \quad (24)$$

Ahol,

Q_{blcs}	a filtrációval távozó teljesítmény [W]
$\dot{V}_{blcs}$	a filtráló levegő térfogatárama [m³/s]
ρ_{lev}	a levegő sűrűsége [kg/m³]

T_{be}	a befűjt levegő hőmérséklete [°C]
C_{lev}	a levegő fajhője [J/kg*K]
T_i	a belső tér hőmérséklete [°C]

3.1.9 Az épületben lévő hőtároló képességgel rendelkező testek hőcserájének modellezése

Az épületben található berendezési tárgyak, válaszfalak, és egyéb hőtároló képességgel rendelkező tárgyak növelik az épület válaszfalát, hatásuk nem hagyható figyelmen kívül.

Ezzel az épületben lévő hőtároló képességgel rendelkező szerkezetek, és a belső levegő közötti hőcsere a következők szerint alakul:

$$Q_{htk} = (T_i - T_{htk}) * \alpha_{htk} * A_{htk} \quad (25)$$

Ahol,

Q_{htk}	a hőáram a hőtároló képességgel rendelkező tárgyak, válaszfalak, és a belső tér levegője között [W]
T_i	a belső hőmérséklet [°C]
T_{htk}	a hőtárolóképességgel rendelkező tárgyak hőmérséklete [°C]
α_{htk}	a hőtárolóképességgel rendelkező tárgyak hőátadási tényezője [w/m²K]
A_{htk}	a hasznos teher összes felülete [m²]

A Q_{htk} kiszámításához szükségünk van a T_{htk} -ra, melyet a hasznos teher által tárolt hőenergiából számíthatunk. T_{htk} -t a következő differenciálegyenletből nyerhetjük:

$$\dot{T}_{htk} = \frac{1}{c_{htk} * m_{htk}} * Q_{htk} \quad (26)$$

Ahol,

T_{htk}	a hőtárolóképességgel rendelkező tárgyak hőmérséklete [°C]
c_{htk}	a hőtárolóképességgel rendelkező anyagok fajhője [J/kg*K]
m_{htk}	a hőtárolóképességgel rendelkező anyagok tömege [kg]
Q_{htk}	a hőáram a hőtároló képességgel rendelkező tárgyak, válaszfalak, és a belső tér levegője között [W]

A program a szimuláció hosszát egyenlő nagyságú időintervallumokra osztja, és minden időintervallum végén újraszámolja a hőmérsékleteket az előző hőmérsékletekből, és az adott időintervallum alatt beérkező energiából kiindulva. Így jutunk el T_{htk} -hoz az Euler-módszer segítségével:

$$T_{htk(n+1)} = T_{htk(n)} + h * \left(\frac{1}{c_{htk} * m_{htk}} * Q_{htk(n)} \right) \quad (27)$$

Ahol,

T_{htk}	a hőtároló képességgel rendelkező tárgyak hőmérséklete [°C]
h	a vizsgált időtartam időbeni felosztásának nagysága [s] (vagyis az n-edik, és az n+1-edik időpillanat között h [s] telik el)

c_{htk}	a hőtárolóképeséssel rendelkező anyagok fajhője [J/kg*K]
m_{htk}	a hőtároló képeséssel rendelkező anyagok tömege [kg]
Q_{htk}	a hőáram a hőtároló képeséssel rendelkező tárgyak, válaszfalak, és a belső tér levegője között [W]

3.1.10 A fűtési rendszer modellje

Az épületben lapradiátoros fűtést feltételezünk. A kazán két helyen mér hőmérsékletet. Egyfelől méri a belső levegő hőmérsékletét (T_i) (ha több különálló térből áll a rendszer, de csak egy hőtermelő van, akkor mindegyik tér hőmérsékletét külön mérjük, és az átlaguk alapján szabályozunk), ez a szobai termosztátnak felel meg, és méri a fűtővíz közepes hőmérsékletét (T_{fv}). A rendszerünkben nincs előremenő, és visszatérő víz, úgy tekintjük, hogy a kazán mindenhol egyenletesen melegíti a vizet. A szimulációk során belső levegő hőmérsékletmérésnél ± 1 [°C], a vízhőmérséklet mérésénél ± 5 [°C] körüli kapcsolási hiszterézist alkalmazunk. A belső levegő kapcsolási hiszterézis felével növelt értéke a felső kapcsolási határ, (továbbiakban T_{max}) a kapcsolási hiszterézis felével csökkentett értéke az alsó kapcsolási határ (továbbiakban T_{min}). Hasonlóan a fűtővíz felső, és alsó kapcsolási határa T_{fvmax} , és T_{fvmin} . A modell paraméterei között szerepel továbbá a kazán teljesítménye, a fűtővíz tömege, és fajhője, a hőleadók felülete, és hőátadási tényezője. A fűtés a következő feltételek szerint működik: Miután beállítottuk, hogy milyen hőmérsékletet szeretnénk tartani a belső térben, hogy milyen fűtővíz hőmérsékletet engedünk meg, és ezeket milyen hiszterézissel, elindítjuk a szimulációt. Amikor bekapcsol a kazán, elkezdi melegíteni az adott tömegű, és adott fajhőjű fűtővizet. Meghatározott térfogatú, felületű és hőátadási tényezőjű hőleadók vannak, aminek a leadott teljesítményét az egyes fűtőtest típusokra jellemző összefüggések helyett, a

$$Q_{ft} = A_{ft} * \alpha * (T_{fv} - T_i) \quad (28)$$

összefüggéssel számoljuk,

ahol,

Q_{ft} a fűtőtest leadott teljesítménye [kW]

A_{ft} a fűtőtest felülete [m²]

α a fűtőtest, és a belső levegő közötti hőátadási tényező [kW/m²K]

T_{fv} a fűtővíz (és a fűtőtest) közepes hőmérséklete [°C]

T_i a belső levegő hőmérséklete [°C]

A különböző fizikai jellemzők „mérése” és számítása a szimuláció során „h” másodperces mintavételezéssel történik.

Q_{ft} -hez szükségünk van T_{fv} -re, melyhez a fűtővíz hőenergiáján keresztül jutunk el:

$$E_{fv} = C_{fv} * m_{fv} * (T_{fv} - T_i) \quad (29)$$

ahol,

E_{fv} a vízben tárolt hőenergia [kJ] (a $T_{fv} = T$ állapotú vizet tekintjük 0 energiájúnak)

C_{fv} a fűtővíz hőkapacitása [kJ/kg*K]

m_{fv} a fűtővíz tömege [kg]

T_{fv} a fűtővíz (és a fűtőtest) közepes hőmérséklete [°C]

T_i a belső levegő hőmérséklete [°C]

A fűtővíz energiáját a kazán, működés közben növeli, a belső tér levegője pedig folyamatosan csökkenti:

$$E_{fv(n+1)} = E_{fv(n)} - h * \alpha * A_{ft} * (T_{fv} - T_i) + Q_{ft} * h \quad (30)$$

Ahol,

E_{fv} a vízben tárolt hőenergia [kJ]

h a vizsgált időtartomány felbontásának nagysága [10s]

α a fűtőtest, és a belső levegő közötti hőátadási tényező [kW/m²K]

A_{ft} a fűtőtest felülete [m²]

T_{fv} a fűtővíz (és a fűtőtest) közepes hőmérséklete [°C]

T_i a belső levegő hőmérséklete [°C]

Q_{ft} a fűtőtest leadott teljesítménye [kW]

A fűtővíz hőmérsékletét a tárolt hőenergiájából számítjuk:

$$T_{fv} = \frac{E_{fv}}{C_{fv} * m_{fv}} + T_i \quad (31)$$

Ahol,

T_{fv} a fűtővíz (és a fűtőtest) közepes hőmérséklete [°C]

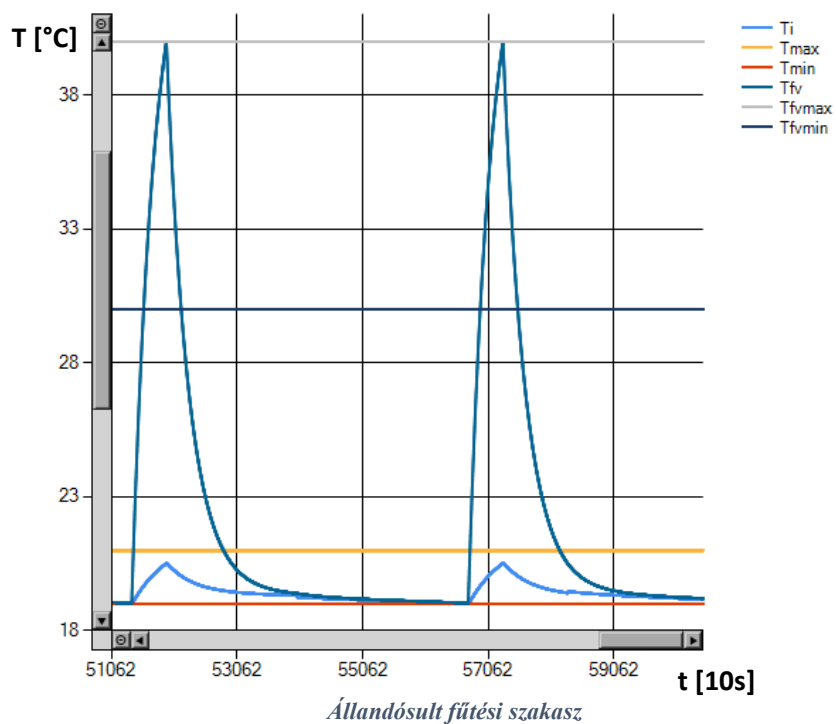
E_{fv} a vízben tárolt hőenergia [kJ]

C_{fv} a fűtővíz hőkapacitása [kJ/kg*K]

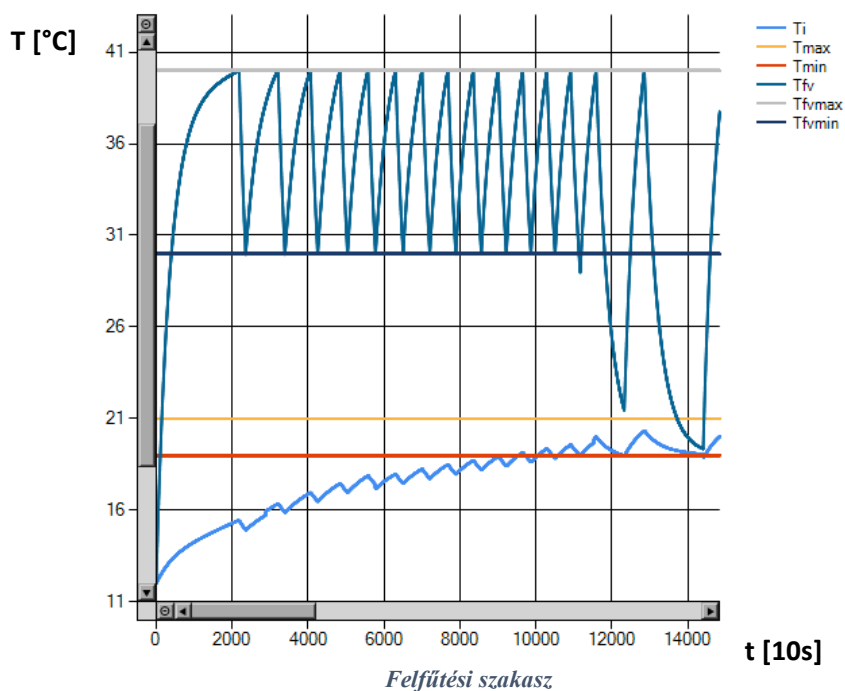
m_{fv} a fűtővíz tömege [kg]

T_i a belső levegő hőmérséklete [°C]

Példa: A belső levegő, és a fűtővíz hőmérsékletgörbéi, egy nap hosszú szakaszon (a szimuláció itt már régebb óta fut, tehát ez nem egy hideg lakás felfűtési szakasza, hanem a már egy viszonylag állandósult szakasz):



Az ábrán látható, hogy amikor T_i eléri $T_{\min}$ -t, akkor a kazán bekapcsol. A fűtővíz, és a belső levegő elkezd melegedni. Amikor a fűtővíz eléri a felső kapcsolási határt, $T_{fv\max}$ -ot, akkor a fűtővíz hőmérsékletérzékelője leállítja a kazánt. Ekkor a levegő, és a fűtővíz is elkezd hűlni. Amikor a fűtővíz hőmérséklete $T_{fv\min}$ alá csökken, azért nem kapcsol be újra a fűtés, mert $T_i > T_{\min}$. Ahhoz hogy bekapcsoljon, $T_{fv} < T_{fv\min}$, és $T_i < T_{\min}$ feltételeknek egyszerre kell teljesülnie:



Ebben az esetben a fűtés vezérlése másként működik. A felfűtési szakaszban a kazán újra bekapcsol, amint a fűtővíz hőmérséklete eléri az alsó kapcsolási határt, T_{fvmin} -t, mindaddig, amíg a T_i T_{min} alatt van.

3.1.11 Belső hőfejlődés modellezése

Az emberek, és a háztartási berendezések hőleadása egy alacsony energiaigényű ház esetében már nem elhanyagolható nagyságúak. Ezt úgy modellezzük, hogy amikor a lakók nincsenek otthon 0[W] szabadul fel az épületen belül (ilyenkor a világítást, és az elektronikai eszközöket nem használják, és odafigyelnek a készülékek standby üzemmódjára is, emellett saját hőleadásuk sincs, hiszen nem tartózkodnak az épületben), amikor pedig otthon vannak, a következő módon számítjuk a hőfelszabadulást:

A különböző teljesítményfelvételű berendezéseket más-más ideig használják. Például egy 1000[W] teljesítményfelvételű mosógépet átlagosan napi 1 órát. Ez $3600 \cdot 1000 = 3600000$ [J] energiát jelent naponta. A mosógép hőleadását úgy modellezzük, hogy ezt az energiát (feltételezzük, hogy a felvett energia mind hővé alakul) egyenletesen adja le az alatt az idő alatt, amíg az épületet használják, vagyis 18:00-tól 06:00-ig. Ez azt jelenti, hogy ezen az időtartamon a mosógép $3600000 / (12 \cdot 3600) = 83,33$ [W] hőteljesítményt ad le a környezetének. A többi berendezéssel is hasonlóan járunk el.

Az összegyűjtött berendezések hőleadása megtalálható táblázatos formában később, a modell kezdeti feltételeinek, és konkrét paramétereink leírásánál.

3.1.12 Belső levegő

Az előző fejezetekben sorra vettük, hogy milyen hatások befolyásolják a belső levegő hőmérsékletét. Így hogy ezek a tényezők már mind ismertek, felírhatjuk, a korábbiak felhasználásával, hogy milyen differenciálegyenlet írja le a belső levegő hőmérsékletét:

$$\dot{T}_i = \frac{1}{c_l \cdot m_l} * (Q_{ft} + Q_{fal} + Q_{htk} + Q_{filtr} + Q_{kszell} + Q_u + Q_{bl} + Q_b) \quad (32)$$

Ahol,

$\dot{T}_i$	a belső levegő hőmérsékletének idő szerinti deriváltja [°C]
c_l	a belső levegő fajhője [kJ/kg·K]
m_l	a belső tér levegőjének tömege [kg]
Q_{ft}	a fűtőfelületek által leadott hő [W] 28. egyenlet szerint
Q_{fal}	a határoló falak, és a belső levegő hőcseréje [W] 16. egyenlet szerint
Q_{htk}	a hasznos teher, és a belső levegő hőcseréje [W] 25. egyenlet szerint
Q_{filtr}	a filtráció hővesztesége [W] 20. egyenlet szerint
Q_{kszell}	a talajhőcserélőn keresztül történő szellőztetés hőárama [W] 24. egyenlet szerint
Q_u	a nyílászárók konvektív hővesztesége [W] 19. egyenlet szerint
Q_{bl}	a belső légcseré teljesítménye [W] 21. egyenlet szerint
Q_b	az épületben lévő emberek, és berendezések hőleadása [W]

A veszteségek előjele negatív, a nyereségeké pozitív, és vannak olyan mennyiségek is, amelyek pozitív, és negatív értéket is fölvehetnek.

A 29. differenciálegyenlethől a belső levegő hőmérsékletének az (n+1)-edik időpillanatbeli értékéhez az előző (n)-edik időpillanat paraméterei segítségével az Euler-módszerrel jutunk:

$$T_{i,(n+1)} = T_{i,(n)} + h * \left(\frac{1}{c_l * m_l} * (Q_{ft,(n)} + Q_{fal,(n)} + Q_{htk,(n)} + Q_{filtr,(n)} + Q_{kszell,(n)} + Q_{u,(n)} + Q_{bl,(n)} + Q_{b,(n)}) \right) \quad (33)$$

3.1.13 A vizsgált épület modellben szereplő alapadatai

A következőkben a szimuláció alapadatait (rétegredek, belső hőfejlődés, belső terek adatai, hőtároló tömegek összegzése, az üvegfelületek, és a fűtési rendszer) mutatjuk be, táblázatos formában. A külső hőmérséklet, és a szoláris nyereség táblázatai a róluk szóló fejezetben találhatók fentebb. Megjegyzés: a rétegredek több helyen egyszerűsítéseket tartalmaznak. Például nem vesszük figyelembe a hőtechnikailag elhanyagolható rétegeket (fóliák, festékek stb.) emellett, $P = \frac{\lambda}{\rho * c} * \frac{d\tau}{dx^2}$ paraméterrel (melyről az Épületszerkezetek rétegrendjeinek modellezése c. fejezetben már szó volt) is problémák adódtak: értéke meghaladta a 0,5-öt, és destabilizálta a számítást azoknál a rétegredeknél, ahol nagyon kis sűrűségű rétegek előfordulnak. Ilyenek a légrések. A légréseknél a levegő sűrűsége helyett 35 [kg/m³]-es sűrűséget adtunk meg, így sikerült a P értékét csökkenteni. dx növelése nem járható út, mert ha azt növelnénk, akkor a hely szerinti felbontás nagysága meghaladja a vékonyabb rétegek vastagságát, ami a hőmérséklet-eloszlás adatok torzulását okozná. A dt csökkentése pedig azért ütközik korlátokba, mert a kisebb időbeni felosztás túl nagy memóriakapacitást követel a szimulációt végző számítógéptől. Ezek az egyszerűsítések véleményünk szerint nem okoznak jelentős eltérést a számítások végeredményeiben.

3.1.13.1 Rétegredek szimulációban használt adatai

rétegrend	felület	anyag	vastagság	lambda	ro	c
	[m ²]		[m]	[W/mK]	[kg/m ³]	[J/kg*K]
FÖLDSZINT						
RR2_FNy	14.13	B-30	0.3	0.64	900	820
		Knauf nobasil FKD S	0.14	0.036	115	840
RR2Q_FD	18.09	B-30	0.3	0.64	900	820
RR2_FK	13.83	B-30	0.3	0.64	900	820
		Knauf nobasil FKD S	0.14	0.036	115	840
RR2_FE	20.34	B-30	0.3	0.64	900	820
		Knauf nobasil FKD S	0.14	0.036	115	840
RR3Q_FP	43.7394	burkolat+felbeton	0.075	1.28	2000	880
		úsztatóréteg? xps top 30 sf				
		austrotherm	0.025	0.035	35	1450
		E-gerendás födém	0.26	1	1300	880
RR3Q_FFD	9.6	burkolat+felbeton	0.075	1.28	2000	880
		úsztatóréteg? xps top 30 sf				
		austrotherm	0.025	0.035	35	1450
		E-gerendás födém	0.26	1	1300	880
RR2_FFE	6.3414	heraklith c	0.15	0.07	250	2100
		E-gerendás födém	0.26	1	1300	880
EMELET						
RR2_ENy	8.46	B-30	0.3	0.64	900	820
		Knauf nobasil FKD S	0.14	0.036	115	840
RR2_EK	8.46	B-30	0.3	0.64	900	820
		Knauf nobasil FKD S	0.14	0.036	115	840
RR3Q_ED	16.852	betonyp	0.03	0.26	1350	1880

		Knauf nobasil FKD S	0.2	0.036	115	840
		betonyp	0.015	0.26	1350	1880
RR3Q_EP	29.5	burkolat+felbeton	0.075	1.28	2000	880
		úsztatórétég? xps top 30 sf				
		austrotherm	0.025	0.035	35	1450
		E-gerendás födém	0.26	1	1300	880
RR3_EF1	15.485	Knauf nobasil FKD S	0.235	0.036	115	840
		légrés	0.05	0.025	35	1013
		betonyp	0.03	0.26	1350	1880
RR3_EF2	22.82	Knauf nobasil FKD S	0.235	0.036	115	840
		légrés	0.05	0.025	35	1013
		betonyp	0.03	0.26	1350	1880
RR3_EF3	7.335	Knauf nobasil FKD S	0.235	0.036	115	840
		légrés	0.05	0.025	35	1013
		betonyp	0.03	0.26	1350	1880
PINCE						
RR2_PNy	11.2	zsalukő	0.3	1.28	2000	880
		xps top 30 sf austrotherm	0.14	0.035	35	1450
RR3_PD	17.4	zsalukő	0.3	1.28	2000	880
		xps top 30 sf austrotherm	0.14	0.035	35	1450
		talaj	0.5	2.56	2000	1840
RR3_PK	11.2	zsalukő	0.3	1.28	2000	880
		xps top 30 sf austrotherm	0.14	0.035	35	1450
		talaj	0.5	2.56	2000	1840
RR2_PE	12.16	zsalukő	0.3	1.28	2000	880
		xps top 30 sf austrotherm	0.14	0.035	35	1450
RR3Q_PP	44.2	beton	0.18	1.28	2000	880
		kavics	0.15	1	1500	1000
		talaj	0.5	2.56	2000	1840
NAPTÉR						
RR2_NNy	3.705	B-30	0.3	0.64	900	820
		Knauf nobasil FKD S	0.14	0.036	115	840
RR2_NK	3.705	B-30	0.3	0.64	900	820
		Knauf nobasil FKD S	0.14	0.036	115	840
RR3Q_NP	27.3	beton	0.24	1.28	2000	880
		xps top 30 sf austrotherm	0.14	0.035	35	1450
		talaj	0.5	2.56	2000	1840
RR3Q_NTD	27.3	hódfarkú cserép	0.02	0.8	1730	880
		légrés	0.075	0.025	35	1013
		heraklith c	0.035	0.07	250	2100
RR3_NTE	49.14	hódfarkú cserép	0.02	0.8	1730	880
		légrés	0.075	0.025	35	1013
		heraklith c	0.035	0.07	250	2100

3.1.13.2 Hőtároló tömeg szimulációban használt adatai

megnevezés	anyag	a [m2]	m [kg]	c [J/kgK]
FÖLDSZINT				
válaszfal	kerámia válaszfaltégla	43.2	3801.6	880
asztal	fa	4	20	1700
kanapé	fa	5	30	1700
fotel	fa	3	15	1700
fotel	fa	3	15	1700
szekrény	fa	8	40	1700
szék (4)	fa	4	20	1700
szekrény	fa	8	40	1700
asztal	fa	3	10	1700
asztal	fa	4	30	1700
szekrény	fa	8	40	1700
könyv	papír	8	50	1336
ágy	fa	4	40	1700
szekrény	fa	8	40	1700
edény	kerámia	30	2	880
konyhabútor	fa	5	80	1700
szaniter	kerámia	5	100	880
EMELET				
válaszfal	gipszkatrton	43.7	1398.4	1000
ágy	fa	4	40	1700
asztal, szék	fa	5	25	1700
szekrény	fa	8	40	1700
könyv	papír	8	50	1336
ágy	fa	4	40	1700
asztal, szék	fa	5	25	1700
szekrény	fa	8	40	1700
könyv	papír	8	50	1336
szaniter	kerámia	5	100	880
NAPTÉR				
lépcső	fa	10	400	1700
PINCE				
kacat	fa	20	1000	1700
autó	acél	8	1500	450

3.1.13.3 Belső levegő szimulációban használt adatai

szint	V [m3]
emelet	76.44
földszint	132.86
naptér	191.1
pince	43.7

3.1.13.4 Üvegfelületek szimulációban használt adatai

	felület [m2]	G [-]	árnyékoló [-]	tokarány [-]	u [W/m2K]
FÖLDSZINT					
E	4.05	0.75	0	0.2	1.1
D	6.3	0.75	0	0.2	1.1
Ny	1.95	0.75	0	0.2	1.1
K	2.25	0.75	0	0.2	1.1
EMELET					
E	2.88	0.75	0	0.2	1.1
D	5.94	0.75	0	0.2	1.1
Ny	2.25	0.75	0	0.2	1.1
K	2.25	0.75	0	0.2	1.1
NAPTÉR					
E	0				
D	62.52	0.75	0-0.5	0.2	1.1
Ny	32	0.75	0-0.5	0.2	1.1
K	32	0.75	0-0.5	0.2	1.1
PINCE					
E	0.24	0.75	0	0.2	1.1
D	0				
Ny	0				
K	0				

3.1.13.5 Belső hőfejlődés szimulációban figyelembevett értékei

	teljesítmény [W]	napi üzemidő [h/24h]	12 órára vonatkoztatott "elkent" teljesítmény [W]
FÖLDSZINT			
világítás	80	6	40
ember	120	12	120
ember	120	12	120
mosogatógép	1000	1	83.33333333
mosógép	1000	1	83.33333333

tűzhely	1500	0.5	62.5
tv	100	4	33.33333333
számítógép	80	6	40
hűtő	szakaszos üzem	24	60

EMELET

világítás	40	6	20
ember	120	12	120
ember	120	12	120
számítógép	80	6	40

NAPTÉR

szellőztető	80	12	80
-------------	----	----	----

PINCE

nincs	0	0	0
-------	---	---	---

3.1.13.6 Fűtési rendszer szimulációban használt adatai

	fűtő felület	víztömeg
	[m2]	[kg]
FÖLDSZINT	8	120
EMELET	6	80
NAPTÉR	0	0
PINCE	0	0

4 ESETTANULMÁNY

4.1 ÉPÍTÉSZET

A „kutatás tárgya” a kezdetben hétvégi nyaraló funkciót ellátó épület lakóépületté való átalakítása. Igényként merült fel, hogy a tetőteret is be kellene építeni, ahová a gyerekszobák kerülnének. A földszinten vendégszoba kialakítására van igény. Az épület energetikai is felújítása szükséges, melynek fontos elemét képi, hogy megújuló energiákat is tudjanak hasznosítani. A déli oldalon álló veranda helyére egy közel 2 szint magas naptér kialakítása látszott célszerűnek. A szerkezete rétegelt-ragasztott (RR) faszerkezetből alakítandó ki, melynek hővédelmére fix vagy mozgatható árnyékoló szerkezetek szolgálnak. A déli oldalra figyelmes tervezéssel új lombos fák ültetése szükséges az üvegház nyári túlmelegedése elleni védelemként. A felújítást költséghatékony módszerrel kell elvégezni, tehát azokat az anyagokat, amiket újra fel tudunk használni, szükséges átvizsgálni és hiánypótlásokkal újra beépíteni.

4.2 MEGLÉVŐ ÁLLAPOT FELMÉRÉSE (DIAGNOSZTIKA)

Meglévő állapot tervei /ld. melléklet [8.1.](#) pontjában/

Az épület az 1980-as évek elején épült Szentendrén, északra erősen lejtő terepen. Az utca az alsó, völgy felőli oldalon van. A területet az ezredforduló környékén belterületté nyilvánították, így a helyi szabályozás már nagyobb méretű családi házak beépítését is lehetővé teszi, a beépíthetőség 25%. A helyi építési szabályzat szerint maximum földszint + beépített tetőteres lakások építhetőek, kötelezően magastetővel, 15°-50° közötti hajlásszöggel.

4.2.1 Pozitívumok

Az épület kellemes fekvésű, szabadon álló, meglehetősen jó helyi adottságokkal rendelkezik. Legfőbb értéke a délre tájolt terasz, mely a nappaliból közvetlenül megközelíthető. A tartószerkezeti elemek jó állapotúak, felújításuk nem szükséges, ugyanakkor a külső térelhatároló falak nem felelnek meg az energetikai követelményeknek, így külső oldali hőszigeteléssel kell kiegészíteni őket. A belső tér alaprajzi kialakítása elfogadható, de a jobb térkialakítás érdekében és a felmerülő igényeknek megfelelően, szükséges a válaszfalakat áthelyezni. A pince nedvességvédelme nem megfelelő, külön felújítási munkákkal jár. A teherhordó falak és a zárófödém teherbírási tartalékokkal rendelkeznek, ezért a tetőtér könnyűszerkezetes beépítésére alkalmasak kiegészítő tartó szerkezetek beépítése nélkül.

4.2.2 Problémák

A jelenlegi ház méreteiben nem felel meg egy családi ház elvárásainak. A belső tér nagyjából 46 m², az egyes helyiségek nagysága ugyan elegendő, de nem elégséges 2 felnőtt + 2 gyerek + 1 vendég számára. Ezért a tetőteret is szükséges beépíteni további 2 szobával. A konyha és a fürdő elhelyezkedése nem szerencsés mivel a délnyugati oldalon tervezettek és igen értékes helyet foglalnak el a bevilágítás és hőnyereség szempontjából. Ezek áthelyezését az észak-északkeleti oldalra javasoljuk. A garázs és a tároló csak kívülről közelíthető meg, így benne elsősorban kerti szerszámok, tartalék anyagok elhelyezésére van lehetőség. Ennek megfelelően a pince szintű helyiségek nem részei a hőtároló tömegnek. A déli oldalon lévő veranda faszerkezete valószínűleg az állagvédelem hiánya miatt elkorhadt, újrahasznosítása nem javasolt. Üvegszerkezetei semmilyen mai energetikai követelménynek nem felelnek meg, új szerkezetként nem építhetők be. Az épület külső nyílászárói 1+1 rétegű üvegezésűek, melyeket mindenképpen le kellene cserélni megfelelő hőszigetelésű nyílászárókra.

4.2.3 Szerkezetek ismertetése

4.2.3.1 Alapozás

A főfalak alatt 50cm vastag csömöszölt beton sávalapozás készült. A pince aljzatbetonja azonos felső síkban került kialakításra az alaptestekkel. A pinceszint belmagasság 206cm, amely így nem elégséges, hogy állandó tartózkodási helyként szolgáljon. A padlósínt lemélyítésénél az alaptesteket is visszább kell vésni, illetve az alsó síkját megmélyíteni, hogy a teherátadásból ne keletkezzenek károsodások. Az alapok megfelelő teherbírási tartalékkal rendelkeznek, a tetőtér beépítéshez is.

4.2.3.2 Alaprajzi elrendezés, falak

Az épület teherhordó falai a külső határoló falak, a földem a rövidebb támaszközre hord. A pincefal kisméretű tömör téglából (KMT) épült. A földszinti teherhordó és az emeleti oromfalak 30 cm vastagságú soklú kettős méretű öbottyáni téglából lettek falazva. Mivel teherbíráruk megfelelő a tetőtér beépítéséhez is, ezért változtatni nem kell. A belső és külső oldalon cement vakolattal lettek ellátva, ezek cseréjét mindenképp javasoljuk. A vakolat leverése azért is szükséges, mert a külső oldalon nincs hőszigetelés a házban, amely nélkül nem felelnek meg a mai energetikai követelményeknek (20/2014. (III.7.) BM rendelet). A pincefalak kapilláris nedvesedése közepesen súlyos, néhány helyen érzékelhető dohos szag, falnedvesedés.

4.2.3.3 Födémek

A födémek a kisebbik támaszközre hordanak. A földemet előregyártott vasbeton E-gerendák és EB 60/19 béltestek alkotják, együttdolgozásukat 4cm felbetonozás biztosítja. A pince fölötti földemen habarcsagyazatba fektetett fa vagy kerámia burkolat található. Az előregyártott vb gerendás földem állapota teljesen megfelelő.

4.2.3.4 Tetőszerkezet

A tetőszerkezetben néhány kisebb biológiai kár, korhadás, stb. ugyan megfigyelhető, de ezek nem okoznak problémát. A tetőszerkezet fedése hódfarkas tetőcserép, állaga közel 80%-ban ép, kiválogatás után újra beépíthető.

4.2.3.5 Veranda

Az épület déli oldalán álló veranda faszerkezetét kikezdte az idő, elbontás után anyagának újrahasznosítás nem javasolt. Üvegezése egyrétegű síküveg, melyet az energetikai felújítás után nem fogunk felhasználni. A veranda helyére szeretnének új közösségi teret építeni, valamint a bejárat helyét áthelyezni.

4.2.3.6 Hővédelem

Az épület külső térelhatároló szerkezetein nem található hőszigetelés, sarkoknál, koszorúknál hőhidasság figyelhető meg. A mai energetikai követelményeknek nem felel meg a szerkezet. */Energetikai számítást ld. Jelenlegi épület energetikai jellemzői fejezetben /* Az épület nyílászárói azonos korúak az épülettel, ezért azok felújítása vagy cseréje leromlott állapotuk miatt feltétlenül szükséges.

4.2.3.7 Víz elleni védelem

A pincefalak kapilláris nedvesedése közepesen súlyos, néhány helyen érzékelhető dohos szag, falnedvesedés, sókiválás látható.

4.2.3.8 Lépcsők

Az emeletre vezető lépcső 25-26 cm fellépés magasságú fa lépcső a nappaliból vezet fel az emeletre. Mivel funkcióváltás következtében a lépcsőt gyakrabban fogják használni, ezért szükséges lecserélnünk és kisebb fokmagasságú lépcsőt beépíteni. Az emeletet nem használták, az oda kiépített fürdőhelyiséget nem fejezték be, a felső emeleti szintet tárolóként funkcionált. A felújítást követően igény van a tetőtér beépítésére. A lépcső állaga jó, a faanyag megmunkálásával újra beépíthető.

4.2.3.9 Gépészet

A fűtés rendszere, csővezetékei, a kazán régi, elavult, cseréje szükséges.

4.2.4 Az épület jelenlegi állapotának energetikai jellemzői

Ahhoz, hogy a felújítást megtervezzük, fontos áttekinteni a jelenlegi állapotot.

Felület – térfogat arány:

Az meglévő ház a felület-térfogat arány tekintetében kompaktnak mondható, amin még a beépítetlen padlástér is segít.

Homlokzati falak felülete:	A_{homl} [m ²]	83,38
Padlók felülete:	$A_{\text{padló}}$ [m ²]	91,4
Tető felülete:	$A_{\text{tető}}$ [m ²]	0
Fűtött térfogat:	V [m ³]	125,675
Felület-térfogat arány:	$\sum A/V$	1,39

Rétegtervi hőátbocsátási tényezők:

Vonalmenti hőátbocsátási tényező a lábazat mentén:

Földszinti padló kerülete:	$l_{\text{láb}}$ [m]	30,32
Padló és talajszint közti magasság:	z [m]	0,10
Vonalmenti hőátbocsátási tényező:	ψ [W/mK]	2,35

Külső fal besorolása vonalmenti hőhidak mennyisége alapján:

Függőleges élek:	[m]	11,00
Külső fal – belső fal csatlakozás:	[m]	13,75
Külső fal – lehülő födém csatlakozás:	[m]	30,32
Nyílászárók kerülete:	[m]	33,00
Vonalmenti hőhíd összesen: ($\sum l$)	[m]	88,07
Vonalmenti hőhidak aránya a felülethez képest:	[m/m ²]	0,95
Besorolás	[fm/m ²]	közepesen hőhidas
Üvegezett felületek aránya (A_u/A)		0,17

Rétegtervi hőátbocsátási tényezők:

$$1/U = (1/\alpha_i + d/\lambda + 1/\alpha_e)$$

	rétegek		d - vastagság [m]	Hővezető képesség, λ , W/(m·K)	Hővezetési tényező, $d \cdot 1/\lambda$, m ² ·K/W	Hőátbocsátási ellenállás = 1/U	U érték [W/m²K]	Rendelet által előírt követelmény U érték
Hőátadási ellenállás, belső = 1/ α_i					0,120			
Hőátadási ellenállás, külső = 1/ α_e					0,080			
Külső fal	mészvakolat	0,03	0,70	0,043	0,904	1,11	0,45	
	soklukú téglá (1200kg/m³)	0,30	0,47	0,638				
	gipszvakolat	0,02	0,87	0,023				
Padlásfödém	hajópadló	0,02	0,19	0,105	0,416	2,40	0,25	
	kazánsalak feltöltés	0,03	0,29	0,103				
	E-gerendás föld. + 1cm vakolat	0,25	1,20	0,208				
Fűtetlen pince födém	parketta	0,02	0,21	0,095	0,335	2,99	0,50	
	aljzatszerkezet	0,05	1,55	0,032				
	E-gerendás föld. + 1cm vakolat	0,25	1,20	0,208				
	U érték [W/m²K]	A·U [W/K]	Rendelet által előírt követelmény U érték	Javasolt U érték a felújítás után				
Ablak	2,85		1,60	1,30				
Ajtó	2,60		1,80	1,30				

A meglévő szerkezetek a jelenlegi szabályozásnak nem felelnek meg, de ez nem is meglepő, mivel az épület nyaralónak épült. A nagy hőveszteség miatt az épületet külső hőszigeteléssel kell ellátni. Az ablakok cseréje az állapotuk alapján nem indokolt, de mivel az energetikai mutatói nem jók, érdemes őket lecserélni, vagy felújítani.

Fajlagos hőveszteség-tényező:

Követelmény: $A/V_{(megl\ddot{e}v\ddot{o})} = 1,39$ függvényében: **$q_m = 0,58$ [W/m²K]**

Meglévő állapot: $q = \frac{1}{V} + \left(\sum A \times U + \sum l \cdot \gamma - \frac{Q_{sd}}{72} \right)$ **$q_m = 4,17$ [W/m²K]**

A biztonság javára tett közelítéssel a Q_{sd} – a napsugárzásból nyert energia tényezőt 0-nak vesszük. A fajlagos hőveszteség tényező igen magas értéke a szerkezetek rossz hőtechnikai teljesítményével függ össze, valamint azzal, hogy a nagyon kicsi épület sok hőhíd-lehetőséget rejt magában. A felújítás után ezt az értéket legalább a követelmény szintjére le kell vinni, de cél a minél jobb érték elérése.

4.3 TERVEZETT ÁTALAKÍTÁSOK

Tervezett állapot tervei /ld. melléklet [8.2.](#) pontjában/

Az épület felújításának az a célja, hogy egy egész évben lakható épületet kapjunk, a mai energetikai követelményeknek megfelelő felújítással. Mivel a tartószerkezetek javításához, cseréjéhez átalakításához általában nagymértékű beavatkozásra van szükség, ezért a lehetőségekhez mérten célszerű megtartani a jó állapotú elemeket, igyekezni kell azokat újrafelhasználni, illetve a végelemükről gondoskodni.

4.3.1 Főfalak alatti alapozás, utólagos padlószigetelés

4.3.1.1 Alapozás mélyítése nélkül

A pinceszint belmagasság 206cm, amely elégséges a mozgáshoz, azonban nem lehet állandó tartózkodási helynek kialakítani. A funkció így nem változhat, továbbra is garázs, tároló, kazánház marad. Utólagos vízszintes vízszigetelés fektetés miatt visszább kell bontanunk a pince padlózatát, a határoló főfalak alatt azonban a sávalapozás felső síkja változatlan marad.

4.3.1.2 Alapozásmélyítéssel

Amennyiben a belmagasság nem elég a pincében, úgy a pince padlózatát elbonthatjuk, majd mélyebbre építjük vissza. Mivel azonban az aljzatbeton összefügg a főfalak alatt található sávalapozás felső síkjával, ezért azok felső síkjának lefele történő mozgásával az alaptesteket is mélyíteni kell. Ez azt eredményezi, hogy utólagos alapozásmélyítés és erősítés szükséges, melynek ára közelítőleg 0,3%-a az egész építkezésnek, mivel már amúgyis ásnunk kellett munkagödört a drén rendszer és pince hőszigetelésének lefektetése miatt.

4.3.2 Alaprajzi elrendezés, falak

A földszinti helységek elhelyezkedése energiatudatosság szempontjából nem kedvező, ezért a felújítás során a válaszfalak elbontásával és áthelyezésével új helyre kerülnek át a helységek. A konyhának az északi tájolás kedvezőbb, mert arra az oldalra könnyebben ki lehet szellőztetni. A fürdőt sem érdemes a benapozás szempontjából értékes dél-nyugati oldalon hagyni, így a konyhával együtt az északi oldalra helyezzük át. Az új helység elhelyezkedés azért is kedvezőbb, mert a vizes helységek mind az emeleten, mind a földszinten egyaránt egymás fölött helyezkednek, így gépészetileg is kedvezőbb a vezetékek elhelyezése. A konyha és fürdő helyén dolgozó, vendégszoba helységet alakítunk ki.

Az emeleten - a naptér beépítése nélküli állapotban - kettő, közel azonos alaprajzú gyerekszobát alakítunk ki. A naptérrel beépített állapotban azonban a lépcső kikerül az épületömegeken kívülre, így szabadabb alaprajzi formálást engedve a tetőtérben. Ebben az esetben 2 gyerekszobát, hozzá tartozó közös fürdőt és emeleti terasz-közlekedőt alakítunk ki.

4.3.3 Födémek

A pince padlózat kérdéskörét a tervezett épület alapozásának témakörében körbejártuk, ezért itt csak említést teszünk róla. A födémek állapota teljesen ép, azonban a felettük lévő kontakt padlózatot a funkcióváltás miatt megnövekedett akusztikai komfortigények miatt úsztatott padlórétegre cseréljük. Az emeletre vezető lépcső födémáttörését az új lépcső méretváltozásai miatt szükséges kibővíteni. Legbiztonságosabban úgy valósíthatjuk meg a nyílásbővítést, hogy az előregyártott vb. gerendákkal párhuzamosan kivesszük az előregyártott béléstesteket. Az EB béléstestek kivétele után a meglévő béléstestek keresztmetszetét zárjuk le, melyet később levakolhatunk.

4.3.4 A tervezett hővédelmi megoldások

A felújítás során megpróbálunk minden esetben olyan hőszigetelő anyagokat betervezni, amelyek környezetbarátnak minősítettek. A jelenlegi helyzetben a környezetbarát hőszigetelések közül egyedül a habüveg hőszigetelés képes nedves földi környezetben is ellátni hőszigetelő funkcióját. Sajnos azonban oly mértékben drágább az extrudált polisztirol haboknál (XPS), hogy a ráfordított költsége közel 2,5-3 szorosa az XPS hőszigeteléseknek, így bármennyire is környezetbarátabb, a ráfordított költség különbség miatt nem sokan tehetik meg, hogy beépítsék.

4.3.4.1 Hőszigetelések anyaga a beépítés helyének függvényében

- a homlokzaton 14 cm Knauf Nobasil FKD-s közetgyapot táblás hőszigetelés
- koszorú síkjában 5cm Tektalan A2-C2 többretegű fagyapot hőszigetelés (háromrétegű kompozit építőlap, nagy szilárdságú közetgyapot hőszigetelő maggal, kétoldali cementkötésű Heraklit hőszigetelő fedőréteggel)
- szarufák között (naptér beépítése nélküli verzióban) 20cm Knauf Classic 035 kasírozatlan, teljes keresztmetszetében hidrofobizált üveggyapot hőszigetelés
- pince hőszigetelés Austrotherm XPS Top 30 SF hőszigetelés

4.3.5 Víz elleni védelem

A pince falainak vízesedésének megakadályozására utólagosan kiépített, külső oldali drén rendszert, valamint vízszintes és függőleges utólagos vízszigetelés kiépítését javasoljuk. Az esővizet drén felületszivargó és csővezetékekkel vezetjük el az épületünk körül egy földalatti (fagyásmentes mélységben lévő), műanyag ciszternába. A ciszternában tárolt vizet később locsolásra használjuk fel. A falban lévő nedvesség elvezetésének segítésére ún. légpórusos vakolat rendszert minimum 3cm vastagságban hordjunk fel a falak belső oldalára.

A tetőtér beépítésénél új funkciók kerülnek be, szigorúbb követelmények betartásával. A meglévő tetőszerkezet visszabontása után az új tetőszerkezetbe lég és párazáró szigetelést kell beépíteni. A tetőtér felújításánál célszerű a korábbi vízszigetelést kicserélni korszerű páraáteresztő szigetelésre. A hódfarkú tetőcserepek jó állapotban vannak, de javasoljuk a cserepek átnézését, hogy csak a ténylegesen jó cserepeket tegyünk vissza a felújítás során.

4.3.6 Tetőszerkezet

A tetőtér beépítés következtében először a szarufák között teret kell hőszigeteltünk. A tetőn új, tetősíkokban elhelyezett hőszigetelésű nyílászárók szükségesek az északi oldalon, melyek fontos szerepet fognak játszani mind a terek természetes bevilágításánál, mind pedig a tetőtérben elhelyezett terek átszellőztetésénél.

4.3.7 Lépcsők

Az emeletre vezető L- alakú lépcső fából készül, pofafákkal kísérve. A korlát szintén faanyagú. Az épület utólagos hő és vízszigetelésekor szükségessé vált a kinti meglévő beton lépcső eltávolítása. Az új lépcső akácfából készül, melynek nagy a környezethatásokkal szembeni ellenállása. A lépcső függőleges elemei nagyobb méretű (15/25/120) akácfa tömbök, melyek megtartják a vízszintes lépcsőfokok az alátámasztó közüzalékot. Kifordulás ellen a fában bemart üregeken keresztül horganyzott acél csapokkal horganyozzuk le a földbe. A vasak felső végénél korrózióvédelemként a kimart fadugókat visszaütjük. A lépcső vízszintes felülete akácfából készült deszkák, közüzalékba ágyazva. A lépcső közüzaléka alatt ferde tömörített sík földtükroön vezetjük el a fokok közt átszivargott csapadékokat.

4.3.8 Gépészeti rendszerek

Az állandó lakhatás feltételeit biztosító berendezések telepítésére van szükség. Megoldandó a téli fűtés, nyári hűtés, valamint a használati melegvíz előállítás is. Az egyes rendszerek kiválasztásánál előnyben kell részesíteni a megújuló energiákat hasznosító és lehetőleg minél nagyobb hatásfokkal bíró változatokat.

Az épület a fűtéshez szükséges energiát 4 forrásból fedezi:

1. Szoláris nyereséget kihasználó alaprajzi elrendezés: ez jórészt adottság
2. Kombi kondenzációs kazán: a fűtés, és HMV ellátására, szobatermosztáttal, 1 [K] arányossági sávval rendelkező termosztatikus szelepekkel, 55/45 –ös hőfoklépcsővel. Ellenőrizni kell, hogy a kondenzációs üzem valóban létrejön-e az esetünkben az adott hőfoklépcső mellett.
3. Indirekt rendszerű naptér: Ha a hőmérséklet a naptérben meghaladja a lakótér hőmérsékletét, akkor a két tér összenyitható, vagy légcseréi biztosítható ventilátorral *(később látni fogjuk, hogy a naptérből a hő inkább a tömegfalán keresztül jut be a térbe, a ventilátoros légcserével történő hőátvitel nem hatékony)*
4. Talajhőcserélő: ez a nyáron hűtésre jó, télen pedig a szellőztetés veszteségeit csökkenti. A talajhőcserélő csővezetékére használhatunk erre a célra gyártott javított hővezetésű csövet, de ezek drágák, és nem annyival jobb a hatásfoka, hogy megérje a befektetést. PP, vagy PVC lefolyócsőből gazdaságosabb. A cső keresztmetszetének növelése javítja a talajhőcserélő hatásfokát, de a nagyobb átmérőjű csövek annyival drágábbak, hogy nem éri meg 200-asnál nagyobb csövet fektetni. A csőhálózat javasolt hossza 50 és 100 méter közötti. A meginduló levegőáramlást csappantyúkkal szabályozni tudjuk. A csőben kialakuló kondenzvíz elvezetéséről gondoskodni kell. *(később látni fogjuk, hogy a talajhőcserélő azt itt megvalósult elrendezésben nem képes elegendő hő biztosítására)*

HMV-ről a kombi kondenzációs kazán gondoskodik, a tárolást indirekt fűtésű tároló végzi. A tárolásnak jelentős vesztesége van, de mégis javasolt, mivel az átfolyó rendszerű bojlernek rossz a hatásfoka, ezért azokat nem érdemes telepíteni. A HMV termelés opcionálisan kiegészíthető napkollektorral.

4.4 NAPTÉR

4.4.1 Naptér elméleti hátttere, általános leírása

A téli primer energiából származó téli energiaszükséglet csökkentésére javasolt kialakítani egy déli oldalon lévő közel 2 szint magas (földszint + tetőtér) üvegházat, mely a napból érkező fényt (teljes spektrumban) átengedi, de a belső térben felmelegedett testek hőmérsékleti sugárzását (infra tartományban > 780 [nm]) nem engedi ki. Az üvegházon keresztül jó geometriai kialakítással az épület helységeibe is képes bejutni a fény direkt módon, tehát a belső felületeket is jó hőtároló képességű szerkezetekre kell cserélni. Az üvegházban felgyülemelő energiát a naptérben kialakított nagytömegű padló szerkezettel lehet legjobban tárolni. Itt érdemes kialakítani a padló szerkezet alatt a földben egy nagy hőtároló képességű vb. alapelemet. Ezt mindenképpen körbe kell szigetelni (víz, hő) a föld által határolt oldalakon, hogy az eltárolt hő ne ebben az irányban áramoljon ki. A naptér kialakításánál fontos kialakítási szempont, hogy a téglalap alakú alaprajz épületkontúrral párhuzamos éle legyen hosszabb, míg a rá merőleges él – vagyis az üvegház mélysége – rövidebb. Így az épület homlokzatán minél nagyobb felületet „beburkolható” az üvegszerkezettel, így növeli az „anyaépület” hőszigetelő és ugyanakkor emiatt hőtároló képességét is. Nyáron a naptér hővédelmét kell megoldani, illetve a hő felesleget alsó és felső szellőző nyílásokon keresztül el kell vezetni, mert különben elviselhetetlen hőség alakul ki a naptérben. Amennyiben megfelelő tájolású és szerkezeti kialakítású a napterünk, abban az esetben évente 5-6000 órában lakótérként is tudjuk használni. Azonban csak akkor érdemes a naptér épülettel való hosszan tartó összenyitása, ha az eléri a kívánt belső ($18-20^{\circ}\text{C}$) hőmérséklet

mértékét. Fontos megjegyezni, hogy a naptér nem melegeházi tevékenységekre van tervezve, ezért nem szabad a napteret túlsúlyolni növényekkel és bútorokkal, mert akkor megváltozik a páraháztartás képessége és a jó hőelnyelő felületek nagysága.

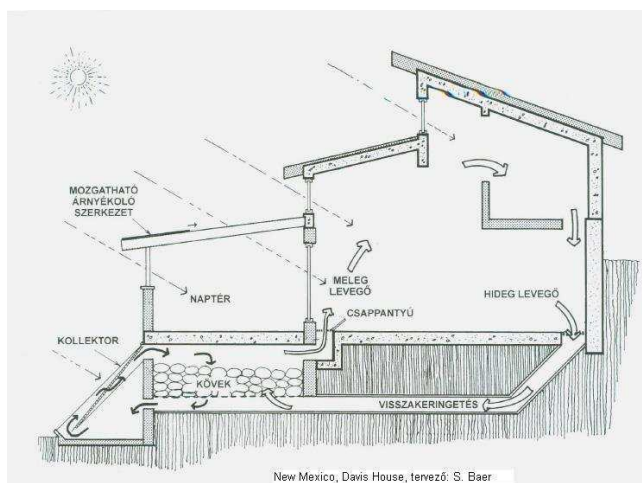
4.4.2 Naptér szerkezetei

4.4.2.1 Alapozás, hőtároló tömeg

A naptér alatti alapozást /együttal hőtároló tömeget/ el kell dilatálni a fő épülettől. A naptér oszlopainak vonalában, vagyis a naptér kontúrjában 25 cm alapozást készítünk, amely képes elviselni, szétosztani és továbbítani a naptér tartószerkezetein leérkező terheket. A naptér padlózata alatt aljzatbetont kell készítsünk. A naptér függőleges és ferde felületei az összegyűjtött energiát nem képesek tárolni, ezért kiegészítő hőtároló tömeg szükséges. Ez egyrészt biztosított úgy, hogy a napteret belülről határoló falakat nem hőszigeteljük, így azok képesek hőtároló tömeget biztosítani. Azonban a B30 falak nem elég nagy tömegűek, így nem képesek elég hőt tárolni. Emiatt más hőtároló tömeget beépítésével is kell foglalkoznunk.

4.4.2.1.1 Alapozás kőagy hőtároló tömeggel

Ennek első példája, hogy a naptér tartószerkezetei alatt (napter kontúrján) kialakított csömöszölt beton sávalapozás közé coulé-kavics kőagyat építünk be. Kívülről levegőt szívunk be és vezetjük keresztül a felmelegedett kavicsagyazaton, majd befűjük az épületbe az így keletkezett előmelegített levegőt. A kövek méretei ideálisan $\Phi 32\text{mm}$ átmérőűek, melyek között a levegő képes áramolni, de nem foglalnak el túl sok helyet. A szerkezet hátránya, hogy több odafigyelést igényel, rosszabb a betonnál a sűrűsége és ezért nagyobb vastagságban kell létrehozni, ami költségnövekedést okoz. Emellett a kőagy folyamatos átszellőzését is meg kell tervezni. A naptérben a kavicsagyazat fölött 8cm aljzatbetont szükséges elkészítenünk.



Kőagyazat elvi használatának módja

4.4.2.1.2 Alapozás beton hőtároló tömeggel

Második eset, amikor kőagyazat helyett az kontúr alatti alapozással együtt betonréteget alakítunk ki. A beton lehet újrahasznosított, de maximálisan tömörített beton réteg, de a legoptimálisabb, ha újonnan kialakított 25cm vastag vasbeton lemezalapot alakítunk ki a teherviselés szempontjából.

4.4.2.1.3 Naptér padlóburkolata

A naptér burkolatának kiválasztásánál fontos, hogy eltaláljuk az optimális színhőmérsékletűt, sötétségit. A sötét színekkel javítjuk a hőelnyelési tulajdonságokat, a világosabb színekkel erősítjük a reflektálást, ami által több fényt juttathatunk be az anyagépületbe. Ezért azt javasoljuk, hogy közép sötét színt válasszunk, amely mindkettőnek kedvez. A hőtárolás szempontjából az a legkedvezőbb, ha a padlóburkolatot kontakt módon rögzítjük az alaplemezre, így gyorsan át képes adni a mögötte lévő tömegnek az energiát.

4.4.2.2 Naptér tartószerkezetei

A naptér tartószerkezete 10/20 RR fa főtartókból és ugyanilyen keresztmetszetű oszlopokból áll 90 cm-es tengelytávolságban kialakítva. A naptér egyes főtartói egyben a tetőszerkezet szaruzatai is. Az újonnan épített szerkezet torokgerendás fedélszékként van kialakítva. A torokgerendák minden szaruállásban összefogják a szerkezetet, keresztmetszeti méretük a nyomás és kihajlás elleni hatások miatt hasonlóan a szarufákéhoz 10/20 cm. A naptér szerkezeteinek hőmozgásai többlet terhet jelentenek, így az általánosan használt fűrészelt áru szarufákat nem lehet beépíteni, mert azokban túl nagy vetemedés alakul ki a hőmérsékletváltozások hatására. Egy ilyen vetemedett szerkezetet nem ajánlatos üvegszerkezetekkel egybeépíteni, annál is inkább, hogy ezek látszó felületek, melyek igencsak rontják az esztétikai látványt. A főtartókra merőlegesen keresztbordák kialakítása szükségesek, ezek tartják meg az üvegezést és oldják meg a hosszirányú merevítést.

4.4.2.2.1 Naptér tartószerkezeteinek statikai működése

Az épület tetőszerkezete változó hajlásszögű fogópáros fedélszerkezetként van kialakítva, melyben a torokgerenda fogják össze állásonként a szarufákat szétcsúszás ellen. A torokgerendákban húzás mellett nyomás is keletkezhet, ezért közel méterenként érdemes hevederekkel keresztirányban merevíteni és nagyobb keresztmetszetet választani. A fedélszerkezet két támaszú szerkezetként van kialakítva. Mivel a szarufa párok egyik oldala nem a födémre, hanem a naptér oszlopaira támaszkodik, más eszközökkel kell a födémhez közel azonos nyomatékbitást kialakítani. Ezt úgy valósítjuk meg, hogy hosszirányban acél C szelvénnel [150/x/y] fogjuk össze az oszlopokat, majd az acél szelvényt 3 db Φ 30mm acél sodronykötéllel kötjük vissza az első emeleti födém koszorújához. A támaszok így a szarufákból/főtartókból érkező oldalirányú többletnyomatékot képesek felvenni. A főtartók függőleges terhet a minden állásközben elhelyezett oszlopok továbbítják az alapozásra. Innentől kezdve nem kell nyomatékra méretezni az oszlopok alsó pontjait és a befogott kapcsolatok helyett elegendőek csuklós kapcsolatokat kialakítani.

Az árnyékoló szerkezetünk a főtartókra terhelő segédszerkezetekre van felszerelve. A naptér üvegeinek takaríthatóságának érdekében bizonyos oszlopokon kívül-belül tűzihorganyzott L-acél konzolokat helyezünk el, aminek biztonságosan neki lehet támasztani a létrákat.

4.4.2.2.2 Naptér tartószerkezeti megoldásainak iparosíthatósága

Az első olyan újítás, amely segíti elterjedtebbé tenni a napterek épületfelújítások során alkalmazását, hogy a tetőszerkezeti szarufák és a naptéri főtartók összevonhatók és kialakíthatók egy elemből, mivel azok állásai azonos közökkel megvalósíthatók. Azonban nem szabad elfelejteni, hogy immár a megnövekedett hőmozgásból származó követelményeknek is meg kell megfelelniük a tetőszerkezet szarufáinak, ezért nem alakíthatók ki fűrészelt áruból.

A második újítás az, hogy az oszlopokra adódó oldalirányú erőkből származó nyomaték elvezetését is megoldottuk az oszlopokat összefogó acél szelvénnel, melyet az emeleti födémhez visszakötünk acél sodronyokkal.

4.4.2.3 Naptér határoló szerkezetei

A naptér hőnyerő szerkezetként funkcionál, ezért nem vonatkoznak rá azok a követelmények, mint az anyaépületre. Mivel közlekedő funkciót is betölt a naptér a földszint és emelet között, az a cél, hogy egy állandó, közel 12°C-t is tudjunk biztosítani még a leghidegebb időszakokban is (bővebb kifejtése a lépcsők fejezetben). Ennek megfelelő szerkezetet és szerkezeti kialakítást kell választani. Az állandó 12°C biztosítása azt is jelenti, hogy egy puffert teret biztosítunk az anyaépület köré a déli oldalon és a tetőtérben. Egy jó hasonlattal élve ez azt jelenti, hogy az egész épületet eltoljuk Rómába (ahol közel 10°C-kal van melegebb) és egy ottani környezetbe helyezzük a belső magot.

4.4.2.3.1 A naptér hővédelme

A naptér állandó használatának nagyon fontos részét képezi a hővédelmének megtervezése.

Elsősorban a hőtároló tömegünknek biztosítanunk kell azt a környezetet, amely lehetővé teszi, hogy hőtárolónk abban az irányban engedje ki a tárolt energiát, amerre mi szeretnénk. Ennek érdekében a hőtároló vasbeton lemezünk azon részeit, melyek nem a naptér belső fele néznek, hőszigeteléssel kell ellátnunk, így biztosítva, hogy megfelelő irányban hagyja el a hőáram a hőtároló tömegünket. Erre a lépésre főleg azokban az időszakokban van szükség, amikor fűteni szeretnénk a tárolt energiával.

A hővédelem másik, ugyanennyire fontos eleme a nyári túlmelegedés elleni védelme. A tudatos növényzet telepítésével bizonyos mértékben tudjuk védeni a napterünket, azonban ez nem elegendő. Szükséges továbbá kialakítanunk árnyékoló szerkezetet mind a felső, mint az oldalsó üveggel határolt oldalakra.

Végezetül pedig meg kell oldanunk a naptér túlmelegedett levegőjének kiszellőztetését. A melegebb levegő alacsonyabb sűrűségének köszönhetően a hideg levegő fölé helyezkedik el mindig. Ezért a legcélszerűbb a meleg levegőt magas pontokon elvezetni. A mi esetünkben ezt a felső határoló szerkezetben elhelyezett ablaknyílásokkal oldottuk meg. Árnyékolókat minden oldalra szükséges elhelyezni, azonban a típusfajták keverhetők.

4.4.2.3.2 Az árnyékolók fajtáinak vizsgálata elhelyezkedésük alapján:

4.4.2.3.2.1 Külső árnyékolók

A külső árnyékolók a leghatásosabbak hővédelem szempontjából, mert a naptól érkező sugárzás már a határoló szerkezeteig sem jutnak el, nemhogy a belső térbe. Így kisebb hőmozgást szenvednek a határoló szerkezeteink, ami miatt hosszabb a várható élettartalmuk és a belső levegőnk sem melegszik fel. Azonban, ha külső árnyékoló konstrukciót választunk, tudnunk kell, hogy ezek a szerkezetek több időjárási hatásnak kell ellenálljanak, ami megnöveli a költségeket.

Milyen lehetőségek közül választhatunk?

- lamellás
 - fix, melyek lamellái úgy vannak kialakítva, hogy amikor magasan van a nap pályája, ne tudjunk a lamellák közötti réseken besütni, azonban amikor lapos a nap pályája - és nagyobb szükség is van a beérkező sugarakra - akkor megtalálják az utat a sugarak a belső tér felé
 - mozgatható, melynek lamellái úgy forgatható, ahogy a felhasználó akarja. ez azért előnyös, mert követni tudjuk a nap pályáját az év során. Ennek a konstrukciónak az a hátránya, hogy drágább a fixhez képest a mozgó alkatrészek miatt
 - ezek alkalmazását akár tetőre, akár függőleges falakra javasoljuk
- teljes szerkezetükben mozgatható szerkezetek (rolók, relaxák, ponyvák)
 - ezek a szerkezetek általában olcsóbbak
 - ezek alkalmazását inkább a függőleges határoló falakra javasoljuk, mert maguk a szerkezetek általában már saját súlyukból származó terheket sem képesek elviselni, ha nem függőlegesek, nem beszélve az egyéb terhekről, mint a hőteher télen
- anyaguk leggyakrabban tűzihorganyzott acél, alumínium, ezek a drágább konstrukciók, de időtállóbbak, és lehetnek fa szerkezetek, melyek olcsóbbak, de érzékenyebbek az időjárás viszontagságaira

Ezek alapján milyen konstrukciót javasolunk külső árnyékoló szerkezetre?

- mozgatható lamellás tetőn lévő árnyékolók és mozgatható lamellák függőleges oldalon (drágább, de hatásosabb)
- fix lamellás tetőn lévő árnyékolók és mozgatható lamellák függőleges oldalon
- lamellás árnyékolók a tetőn és mozgatható roló, relaxa, ponyva a függőleges oldalon

4.4.2.3.2 Belső árnyékolók

A külső árnyékolókkal ellentétben itt már éri hőhatás a határoló szerkezetek, azoknak kell viselniük a hőhatásból származó terheket is. A belső levegő fel tud melegedni a határoló felületek és az árnyékoló szerkezetünk között, így azt ki kell szellőztetnünk egy magas ponton. A belső árnyékolóknál nem javasoljuk a lamellás szerkezeteket alkalmazni a külsővel ellentétben (mert olyan szerkezeti tulajdonsággal rendelkeznek, melyek külső térben is használhatók, így ezeket külső térben alkalmazzuk).

Akkor milyen lehetőségek közül választhatunk?

- ponyvák
 - belső oldalra, főtartók aljához rögzítjük a vezető síneket
 - működtetésük általában kézi tekerőkaros, de a drágább konstrukcióknál lehet gépi vezérlésű
 - tetőfelület alá ez javasolt, mert belógásuk könnyen szabályozható feszítésük változatossága miatt, a levegőmozgásokból adódó alakváltozást le tudják követni, kevésbé érzékenyek azokra
 - anyaguk nagyon változatos, lehet textil, PVC és egyéb víztiszta műanyagok
- rolók
 - függőleges oldalakra javasoljuk
- relaxák
 - függőleges oldalakra javasoljuk

4.4.2.3.3 Naptér üvegezése

A hővédelem részét képezi a napteret legnagyobb felületen borító üvegezés is. Az üvegezés vastagsága, fényátbocsátó képessége /g/, hőátbocsátó képessége /U/ nagyban befolyásolja, hogy milyen körülmények keletkeznek a naptér belső terében. A szerkezeti követelményekre fontos tudnunk, hogy a tetőre átfordulva ez csak edzett üvegből készülhet. Hőszigetelési ellenállására nincs követelmény, mert csak energiagyűjtő szerkezet alkalmazzuk, azonban hőtechnikai szimulációk által kihozott optimum mégis megad nekünk egy értéket, amit érdemes betartanunk.

Napteret határoló lehetséges üvegezés típusok:

- 2 rétegű, víztiszta üvegezés
- 2 rétegű, 4-16-4 vastagságú, Low-E bevonat nélküli hőszigetelt üveg
- 2 rétegű, 4-16-4 vastagságú, Low-E bevonattal ellátott hőszigetelt üveg

4.4.2.3.3.1 Az üvegfelületek tisztíthatósága

A tisztíthatóságra mindenképpen kell gondolnunk. Nem csak esztétika szempontjából fontos, hogy az üvegfelületeink tiszták legyenek, hanem az energia hasznosítás folyamatának szempontjából is. Minél koszosabb az üvegfelület, annál kisebb arányban jutnak keresztül rajtuk a sugarak és annál kisebb mértékben tudjuk azokat hasznosítani. A tető részen kívülről a természetre hagyjuk a tisztítást, azonban belül és a függőleges falakon kívül-belül magunknak meg kell oldani. Ezért nem javasoljuk a fix lamellás szerkezetek kialakítását a függőleges határoló szerkezetekre. A mi napterünk felsőbb pontjai magasabban vannak, mint amit létra nélkül el tudnánk érni. Azért, hogy a nem várt létrák elhelyezéséből származó szerkezeti károsodásokat minimálisra csökkentsük, az oszlopokon

elhelyezünk olyan acél konzolokat, amelyekhez hozzá lehet állítani biztonságosan a létrát. Olyan magas létrát és azokhoz tartozó megtámasztási magassági pontokat kell választanunk, ahonnan már könnyedén elérhetők a legmagasabban lévő üvegfelületek is.

4.4.3 Naptér akusztikai szerepe

Az indirekt napterünk további előnye, hogy amellet, hogy képesek vagyunk növelni a passzív szoláris energia felvételt, hogy jó puffer hatással rendelkezik, melynek következménye, hogy jó akusztikai és porfelfogó képességgel is rendelkezik.

4.4.4 Naptérhez tartozó járulékos átalakítások

Amennyiben napterrel bővítjük az épületünket, bizonyos átalakításokat a megszokottól eltérően kell véghez vinni, most ezeket mutatjuk be.

4.4.4.1 Falak

- A naptérhez csatlakozó földszinti B30as falazatot tilos a naptér felől hőszigetelni, mert akkor elveszti a hőtároló kapacitását a falazat.
- Az emeleten “belső fűtött magot” hozunk létre, melyet a naptér levegője vesz körbe

4.4.4.2 Tetőszerkezet

- A naptér felőli oldalon lévő szarufákat a naptér főtartóival összeépítjük, újszerű torokgerendás fedélszéket alakítunk ki. /Bővebb taglalása a naptér tartószerkezet című fejezetben/
- annak érdekében, hogy a tetőszerkezetbe ne lássunk be, a fogópárok alsó síkjára egy keret szerkezetű lamellás mennyezet függesztünk fel, melyet a nem látszó felületére rovarhálót feszítünk fel. A lamellák között réseknek és a rovarháló lyukacsosságának olyan méretűnek kell lennie, hogy a levegőáramlást ne gátolja

4.4.4.3 Hővédelem (hőszigetelések elhelyezési helyei)

- Levegőcsatornát határoló részeken
 - A belső mag határoló földem részein 20cm Knauf Classic 035 üveggyapot és 3,5 cm Heraklith-C fagyapot borítás
 - A “belső fűtött mag”-on kívüli rész a levegőkeringtetés csatornájának részét képi, ezért nem építhetünk be oda közvetlenül üvegszálal hőszigeteléseket, mert üvegszál összetevő, ha a levegőbe kerülnek, akkor az egészségre káros tüneteket okozhatnak. Minden olyan helyen, ahol érintkezhet a légcsatornával, ott a legfelső rétegnek táblás Knauf Heraklith-C típusú fagyapot hőszigetelésnek kell lennie.
 - Oromfal belső részén 5 cm Knauf Nobasil FKD-s táblás kőzetgyapot hőszigetelés és rá 3,5cm Heraklith-C fagyapot borítás
 - Szarufák körbe hőszigetelésénél hőhídvédelem céljából 2,5cm Knauf Heraklith-C cementkötésű fagyapot (B2 tűzvédelmi osztály) hőszigetelés
 - A nem teraszként használt emeleti földemet felső részét 10cm Knauf Classic 035 üveggyapot és 3,5 cm Heraklith-C fagyapot borítás
 - Szarufák között Knauf Heraklith-C cementkötésű fagyapot (B2 tűzvédelmi osztály
 - Mivel a tető tere a naptér terével összefügg, a kettő rétegrendjét úgy kell kialakítani, hogy azonos hőátbocsátási tényezőjű szerkezeteket kapjunk. Ezért a bevált 20cm vastagságú szarufák közötti hőszigetelés átkerül a belső mag határoló felületére és a szarufák között csak 3,5 cm táblás Knauf Heraklith-C típusú fagyapot hőszigetelés szükséges, mely megfelel a naptér ablaküvegeihez tartozó hőátbocsátási tényezőjével.
- Koszorú tetején nagy testsűrűségű, lépésálló, Knauf Nobasil DDP-RT (SPE) kőzetgyapot hőszigetelés
- A homlokzaton 14 cm Knauf Nobasil FKD-s kőzetgyapot táblás hőszigetelés

- Koszorú síkjában 5cm Tektalan A2-C2 többrétegű fagyapot hőszigetelés (háromrétegű kompozit építőlap, nagy szilárdságú közetgyapot hőszigetelő maggal, kétoldali cementkötésű Heraklith fagyapot fedőréteggel)
- Pince hőszigetelés Austrotherm XPS Top 30 SF hőszigetelés

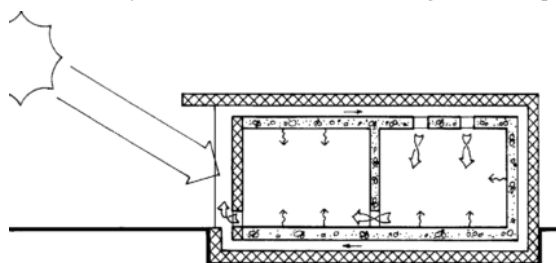
4.4.4.4 Emeleti fűtött mag energetikai koncepciójának ismertetése

4.4.4.4.1 Barra-Constantin elvhez hasonló passzív megoldás alkalmazása

Barra-Constantin rendszer

„Ebben a rendszerben az energiagyűjtésre zárt áramkörben lévő falkollektor szolgál. A levegő nem közvetlenül, hanem a szerkezetekben kialakított légjáratokon át jut a helyiségbe. A szerkezetek részben hőtárolásra szolgálnak, részben pedig úgy működnek, mint a beágyazott padló vagy mennyezetfűtések. A szellőztetett légjáratok vízszintes mérete korlátozott, mert a felhajtóerőből származó nyomáskülönbség is az. Ventilátor alkalmazásával ez a korlátozás feloldható.”

(forrás: Dr. Zöld András: *Energiatudatos építészet*, Műszaki Könyvkiadó, 1999)



Barra-Constantin elv ábrája

Általunk kidolgozott rendszer

A naptér, az FLCSH után itt is egy újabb passzív megújuló energiahasznosító rendszer elemét találjuk. A levegőáramlással összekapcsolható Barra-Constantin (innenről “B-C”) elvet követve, a beszorított felmelegített levegőt áramoltatva az épület külső és belső burka között, hoztuk létre a külső héjon belüli levegőcsatornát és a “belső fűtött magot”. Annyiban tér el ez a szerkezet a “B-C” elvi sémájától, hogy a levegő áramoltatásával nem közvetlenül fűtjük az emeleti belső magot, hanem a kinti hőmérsékletnél melegebb levegővel veszi körül, így csökkentve a hőveszteségeit. Az emeleti födémbe elhelyezett csappantyúk megnyitásával a naptérben előmelegített friss levegőt közvetlenül tudjuk bejuttatni a földszint naptértől távolabb eső helységeibe is, ahonnan aztán ismét visszajuttatjuk további csappantyúkon keresztül a naptérbe az elhasznált levegőt.

4.4.4.4.2 Szerkezeti kialakítása

- A mag záró födémét a 10/20 cm-es fogópárok felhasználásával alakítjuk ki. A szükséges 23,5 cm hőszigetelést úgy alakítjuk ki, hogy a fogópárok közötti részt ásványgyapot hőszigeteléssel töltjük ki, tetejére (pedig a hőhíd csökkentése miatt is) 3,5cm táblás Heraklith-C típusú fagyapot hőszigetelést teszünk (korábban említett szempontok miatt).
- Hasonló szerkezeti megoldásokat alkalmazunk azon a részen, ahol ferde belső mag födeme. A szarufák között a külső 3,5cm táblás Heraklith-C típusú fagyapot hőszigetelés rétegét követi egy 8cm-es légrés, majd újra egy 3,5cm táblás Heraklith-C típusú fagyapot hőszigetelés réteg, ami elzárja a légcatornától a 20cm üveggyapot hőszigetelést. A szarufa alatt keresztirányú 10/20as bordákra van szükség

- A függőleges falszerkezeteknél kisebb vastagság is elegendő, ezért annak szerkezetét úgy alakítjuk ki, hogy 10cm-es pallóvázra 5cm-es keresztirányú bordázatot szerelünk, és ezek között töltjük ki hőszigeteléssel
- A belső mag felületét páraháztartása miatt lég és párazáró fóliával kell ellátni belülről, amely belső oldalán egy 5cm-es installációs réteget alakítunk ki a gépészeti, elektromos vezetékek szabadon vezetése érdekében
- A mag belső oldalán 2 rétegben, a terasz felőli falazat külső oldalán 1rétegben helyezünk el cementkötésű farostlemezt. A cementkötésű farostlemezeknek nagyobb a hőtároló képessége a gipszkartonoknál és az összetételéből adódóan is kevesebb káros anyagot tartalmaz.

4.4.4.5 Lépcső, korlátok

Az épület naptérrel való bővítésével nem csak egy hatékony energiagyűjtő szerkezetet kaptunk, hanem egy kiegészítő életteret is. A körülmények stabilizálásával (ahogy korábban írtuk, hogy a hőmérsékletet nem csökken 12°C alá) meglephettük az a lépést, hogy ha az emeletre külön fürdő egységet teszünk, akkor a közlekedőt kirakhatjuk a naptérbe.

Milyen előnyei vannak ennek a lépésnek?

Az földszinti és az emeleti szintek hasznos terekkel bővültek, az emeleti helyiségek szabadabban kialakíthatóvá váltak, a közlekedő helyiségek kikerültek a fűtött térből a “kellemesen fűtött térbe”. Az emeleten így értelmét nyeri egy közlekedő, egy felső terasz. Ez a tér több szempontból kedvező. Amellett, hogy használati térként az emeleten lakó gyerekek használni tudják, hőtároló kapacitása is van. A nap megsüti a burkolatát, amely felmelegszik, majd a teraszra nyílásfelületek előtti levegőt felmelegíti. Ezáltal nagyon kedvező a naptéren keresztül szellőztetni, mivel a fűtött tér és a naptér terének hőmérsékletének különbségei miatt kevesebb hőveszteség keletkezik a szellőztetés során. Az emeletre vezető lépcső húzott karú fa lépcső, pofafákkal kísérve. A korlát faanyagú, mely tovább folytatódik az emeleti galéria lehatárolásán is. A galéria korlátjainak rögzítése a koszorúba visszakötve valósul meg.

4.5 ZÖLD MÉRLEG

Az épület környezetkímélő és egészséges voltához sok tényező járul hozzá. Ezek együtt befolyásolják, hogy a ház kellemes lakókörnyezetet biztosítson, a lakók egészségének megőrzésében segítsen, illetve hogy a tágabb környezetünket minél kevésbé károsítsa. Ezek közül a két legfontosabb tényező az energiahatékonyság, a beépített energia mennyisége és a lokális nem mérgező anyag és erőforrás használat, pl. helyi munkaerő.

Az épület energiafelhasználása két fő részből épül fel, egyrészt a megépítéshez, anyagok legyártásához szükséges energiákból, másrészt a működést biztosító energiákból. Az építéshez szükséges energia főleg az anyaghasználatban és az alkalmazott építési / felújítási technikákban befolyásolható, olyanokat kell választani, melyek szürkeenergia-tartalma kicsi. Célszerű az új épületrészeknél fát, homokot, kavicsot használni, illetve újrahasznosított/használt acél, beton elemeket, fóliákat, cserepet stb. Az épület régi részeinél ez esetében ezt úgy kell értelmezni, hogy a lehető legtöbbet meg kell tartani a jelenlegi állapot anyagaiból/szerkezeteiből. A falak tartószerkezetileg megfelelőek, tehát érdemes megtartani őket. A meglévő épületrész anyagai közül az egész tetőn ajánlatos a bontott cserepet újra rakni, amennyiben nincs elegendő számú megfelelő minőségű darab, abban az esetben ki kell egészíteni, lehetőleg a környéken található darabokkal. Az anyagok szállításánál figyelembe kell venni, hogy a kívánt beépített anyag milyen messziről érkezik, mennyi szállítási közlekedésből származó károsítása van a környezetre. A fedélszék is jó állapotú, így előnyben részesítendő az azt megtartó új tetőforma, kis változásokkal.

A használat energiafogyasztását főleg a fűtés illetve a háztartási gépek valamint a közlekedés határozzák meg. A háztartási gépeknél olyat kell választanunk, amelyek alacsony energiaigényűek, s erről tanúsítvánnyal rendelkeznek (lehetőleg „A” és „A+” kategória).

4.5.1 Öko-táblázat

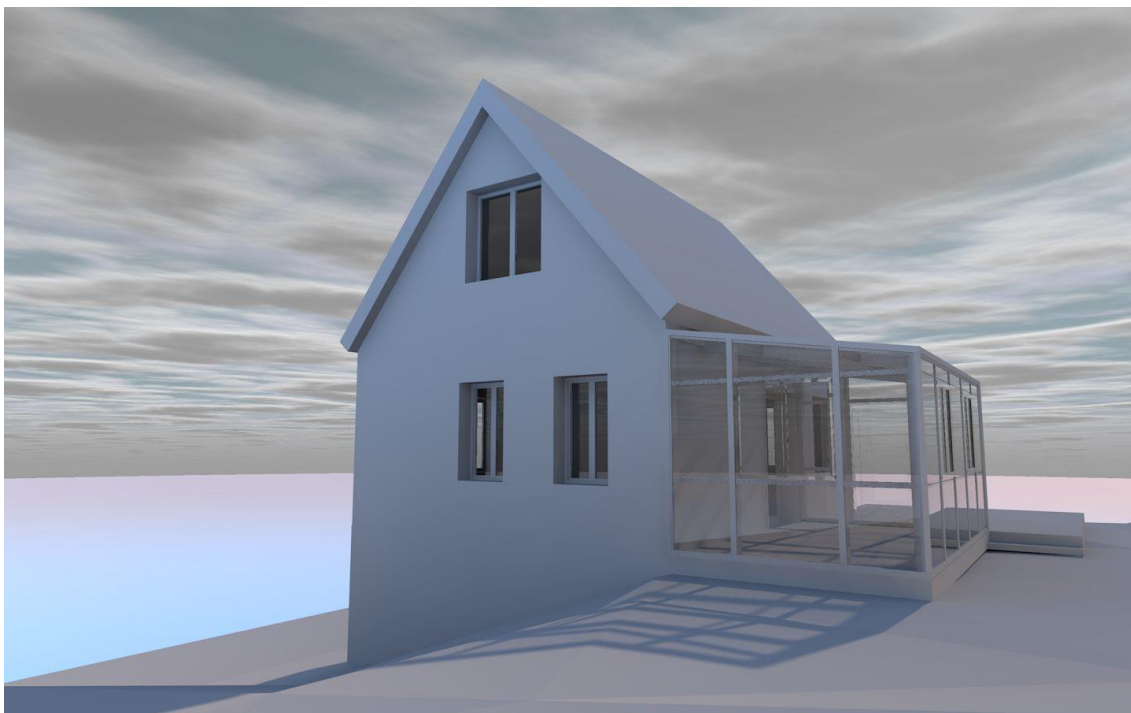
ÉPÜLET-(RE)KONSTRUKCIÓ ÖKOLÓGIAI ÉRTÉKELÉSI SZEMPONTJAI

Értékelési fokozatok: 0=nem értékelhető; 1= elfogadható; 2=közepes; 3= jó.

Értékelési tényezők	Követelmények	Teljesítmény értékelése
1.1. Káros források a közelben (káros anyag emisszió, - immisszió, radon, elektromágneses sugárzás, árvíz, földrengés, stb.)	Levegőszennyezés (határérték alatt) Sugárzás (határérték alatt, kizárás) Földrengésre méretezés megléte	3
1.2. Infrastrukturális ellátás (—víz; —szennyvíz; elektromos energia)	Helyi megújuló – autonóm –közösségi Nagyrendszerrel kooperáció lehetőség	3
2.1. Alaprajzi ki/átalakítás (funkció, átalakíthatóság, energia- és klímatudatos tervezés)	Klíma-zónás tervezés, tájolás Energiagyűjtő-tároló terek, transzparens felületek Flexibilitás	3
2.2. Fedett-nyitott terekkel kiegészítés (ökológiai szolgáltatások, komfort és kényelemérzet)	Külső-belső klíma rásegítés Természeti környezetben tartózkodás	2
3.1. Teherhordó szerkezetek (teljes életciklust figyelembe véve)	Kiváltások egyszerű/eredetihez közelálló Megerősítések hasonló elven Anyagok, mint épszerk. + bontott anyagok újra használata	2
3.2. Építőanyagok - épületszerkezetek (teljes életciklust figyelembe véve)	Kis szürke energiatartalom, új anyagoknál Helyi hozzáférhetőség ill. bontott anyagok használata Káros anyagok eltávolítása, kibontott anyagok újrahasznosítása, visszaforgatása	2
3.3. Épületszerkezetek energiagazdálkodása (passzív hasznosítás)	Energiavesztesség korlátozása (hőszigetelés) Nyereség maximalizálása (napterek, transzparens felületek) Hőhidak kiküszöbölése „illeszkedő” megoldásokkal	3
3.4. Épületszerkezetek, mint komfort-befolyásoló tényezők (páragazdálkodás, természetes hűtés, szellőzés, világítás lehetősége)	Célszerű nyílászárók, kürtők, légudvarok helyreállítása, felületek színe, anyaga, minősége, transzparencia kiterjesztése Reflektáló és növényzettel burkolt felületek Csapadékvíz gyűjtő felületek	3
4.1. „Építési energia” mennyisége (kWh)	Korlátozott géphasználat, kis fogyasztás Emberi izomerő, szerszámok Eredetihez közelálló technikák	2
4.2. Szállítási szükséglet (km)	Közel-helyi illetve kibontott anyag hozzáférés	2
4.3. Helyi munkaerő foglalkoztatása High—tech-slow-low-soft—tech)	Szelíd technikák, szakmunka High-tech csak a szabályozásban	3
4.4. Szervezési konstrukció	Fővállalkozói rendszer Műszaki-ökológiai ellenőrzés	0
5.1. Környezeti, megújuló energiák hasznosítása I. (fűtés, hűtés, szellőzés, melegvíz, áramellátás)	Egyedi passzív (tavasz, ősz), hibrid (tél, nyár) Meglévő rendszer hatékonyság-növelés, Meglévő egyedi+nagyrendszerrel kooperáció	3
5.2. Vízellátás, csapadékvíz hasznosítás (gyűjtés –tisztítás –tárolás –elosztás - felhasználás)	Csapadékvíz öntözésre, takarításra Integrált rendszerek (mosás, WC öblítés)	3

5.3. Szennyvíz elhelyezés (szürke – és fekete szennyvíz kezelése)	Szürkevíz újrafelhasználás Egyedi megoldások Meglévő rendszerre csatlakozás	3
	Σ érték	37

4.6 LÁTVÁNYTERVEK – (ILYEN VOLT, ILYEN LETT)



meglévő állapot



tervezett átalakítás utáni látvány

5 A KUTATÁS SZÁMÍTÁSI EREDMÉNYEK ISMERTETÉSE

5.1 KONKLÚZIÓK, ÖSSZEFOGLALÁS

Az épület energetikai optimalizációjához a ház energetikai felújításának három fokozatát terveztük meg. Az első verzióban az épület hőátbocsátási tényezőit a megfelelő kiegészítő szigetelésekkel, nyílászárócserevel a jelenlegi követelményértékek szintjére javítottuk fel, további beavatkozás nélkül. A második esetben az épülethez napteret csatlakoztattunk. A harmadikban az épület egy talajhőcserélő szellőztetőrendszerrel is kiegészül. A három verzió mindegyikét modelleztük, és lefuttattuk a szimulációkat. Az szimulációk során a program „mérte” a fűtési és az elektromos energiafogyasztást. A HMV hőszükségletének számítása kézzel történt a 7/2006 TNM rendelet alapján:

Melegvízellátás primerenergia igénye:

$$E_{HMV} = q_{HMV} * (1 + q_{HMV,v} + q_{HMV,t}) * \sum(C_k * \alpha_k * e_{HMV}) + (E_C + E_K) * e_v$$

Ahol:

$q_{HMV} = 30$	$\left[\frac{kWh}{m^2a}\right]$	HMV fajlagos éves nettó hőigénye
$q_{HMV,v} = 0,1$	$[-]$	HMV elosztóhálózat fajlagos vesztesége/ q_{HMV} (cirkuláció nincs)
$q_{HMV,t} = 0,1$	$[-]$	HMV tároló fajlagos vesztesége/ q_{HMV} (indirekt töltésű tároló)
$C_k = 1,01$	$[-]$	kondenzációs kombi kazán teljesítménytényezője
$\alpha_k = 1$	$[-]$	lefedési arány
$e_{HMV} = 1$	$[-]$	primer energia átalakítási tényező (földgáz)
$E_C = 0$	$\left[\frac{kWh}{m^2a}\right]$	cirkuláció segédenergiaigénye (nincs cirkuláció)
$E_K = 0$	$\left[\frac{kWh}{m^2a}\right]$	fajlagos segédenergiaigény
$e_v = 2,5$	$[-]$	primer energia átalakítási tényező (elektromos áram)

$$E_{HMV} = 50,234 \left[\frac{kWh}{m^2a}\right]$$

5.1.1 Talajhőcserélő, belső légcseré

A harmadik felújítási szintről a szimulációk eredményeinek értékelése során kiderült, hogy nem váltja be a hozzá fűtött reményeket. A harmadik esetben azzal akartuk csökkenteni az épület energiafelhasználását, hogy a három különálló tér között egy belső ventilátoros keringtető rendszerrel légcserét valósítunk meg, oly módon, hogy ahol energiafelesleg van, vagyis a levegő melegebb, mint az előírt, onnan kiegyenlített szellőzés útján levegőt juttatunk egy hidegebb térbe. Például, ha a naptér túlmelegszik, de a belső terekben szükség lenne többlet hőre, akkor a naptér meleg levegőjének bejuttatásával lehetne kiváltani a belső tér fűtési igényének egy részét. Az előzőekhez hasonlóan a naptér levegőjét a talajhőcserélőből nyert levegővel akartuk nyáron hűteni, télen temperálni. Ez az elméletben felépített gondolatmenet azonban a gyakorlatban nem működött. Ennek okai a következők lehetnek:

Bonyolult szabályzás:

Az épület fűtési rendszerét, árnyékolók mozgatását, és a légcseré szabályzását három különböző rendszer végzi a programban. Ez a három önmagában egyszerű szabályzó egymást zavarta az üzem során. Például ha a túlmelegedett naptér levegőjével akarok fűteni egy helységet, melynek saját fűtési rendszere is van, akkor ahhoz, hogy ezt hatékonyan valósíthassuk meg, nem előnyös, ha a naptér árnyékolója a túlmelegedés miatt behúzza, megszüntetve ezzel azt a hőmérsékletkülönbséget, mely a naptér, és az ő levegőjével fűtendő tér között van. Emellett a belső tér fűtési rendszerének is tudnia kell róla, hogy most éppen a naptér levegőjével akarunk fűteni, így neki nem kellene

beavatkozni. Ahhoz, hogy az összes variációs lehetőséget lefedjük, bonyolultabb, és jobban átgondolt szabályzót kellene írni, mely egyben kezeli a három rendszert.

Túl nagy szükséges térfogatáram:

Ahhoz, hogy érzékelhető mennyiségű hőt vigyünk be a térbe, a kis hőmérsékletkülönbség miatt nagyon nagy térfogatáramra van szükség. A levegő rossz energiahordozó, kis sűrűsége miatt az általa szállított energia is kicsi, túl nagy térfogatáramot kell szállítani belőle. A szimulációk során 10000 [m³/h] térfogatáramtól volt érzékelhető hűtő-fűtő hatása a rendszernek. Ez a nagyságrend már az ipari alkalmazás határát súrolja, ilyen teljesítményű ventilátor beépítése a nagy zaj, áramfogyasztás, és bekerülési költség miatt nem életszerű családi ház léptékű épület esetén.

A fenti okok miatt döntöttünk úgy, hogy a talajhőcserélő, és a ventilátoros belső levegő keringtetéses rendszer alkalmazását elvetjük. A talajhőcserélő fent leírt alkalmazási módja helytelen. A talajhőcserélő levegőjével épületet gazdaságosan közvetlenül hűteni-fűteni a szimulációinkkal való kísérletezés alapján nem lehet. A talajhőcserélő levegőjét levegő előhűtésre és előmelegítésre lehet csak jól alkalmazni, ehhez azonban teljes értékű légtechnikai rendszer kell, hővisszanyerővel mely ebben az épületben nem került betervezésre.

5.1.2 Összehasonlítás

Ezzel a három verzióból kettő maradt. Ezeknek az összehasonlítását táblázatos formában végezzük, feltüntetve a fajlagos éves fűtési energiafelhasználást, fajlagos éves elektromos áram felhasználást, és a fajlagos éves HMV energiafogyasztását.

	hőszigeteléssel feljavított épület	hőszigeteléssel feljavított épület + naptér
E_f [kWh/m ² a]	90,65	34,98
E_e [kWh/m ² a]	22,22	26,80
E_{HMV} [kWh/m ² a]	50,23	50,23

A két épület között a fűtési energiafelhasználásban nagy eltérés tapasztalható, a naptérrel kiegészített ház javára. a naptér két módon is hozzájárul a fűtési energiafelhasználás csökkentéséhez.

A veszteségek csökkentése:

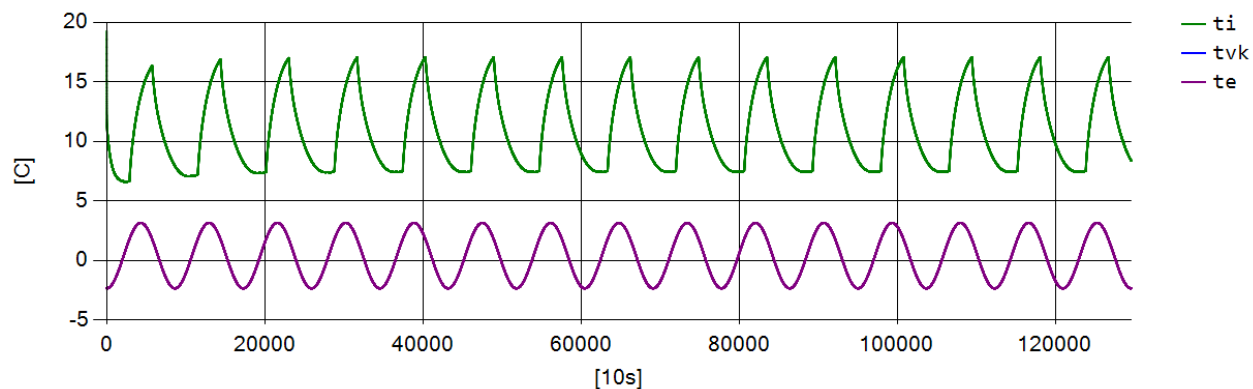
A naptér burokként körbeveszi az anyaépületet. Az feltételezzük, hogy a naptér légterén belül a keveredés tökéletes, így az állandó tartózkodásra szolgáló épületrészek lehűlő felületeinek közel a felét magába foglaló naptér felé hűl csak az épület, így az energiaáramlást létrehozó hőmérsékletkülönbség kisebb, mint a külső tér felé.

Energianyereség:

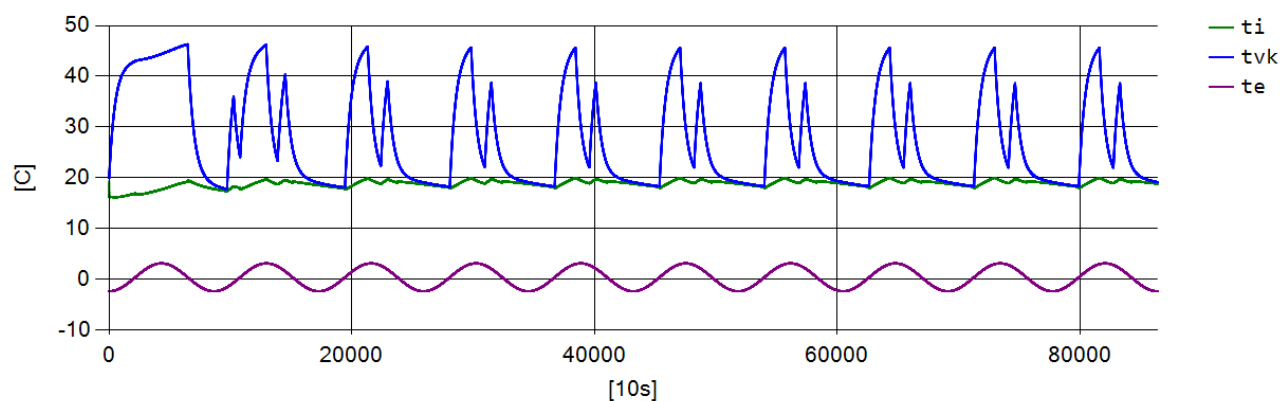
Az épület naptér felől eső déli falát (rétegrendi megjelölés: RR2Q_FD) nem szigeteltük. Ez a fal tömegfalként működik, szoláris nyereség terheli, így kulcsszerepe van a naptér, és a belső tér temperálásában. Ha ezt a falat leszigetelnénk belülről, a naptér túlmelegedne, a belső térbe pedig nem tudna bejutni a hő.

5.1.3 Működés bemutatása szimuláció alapján (téli és átmeneti állapot, nyári túlmelegedés)

A naptér szoláris nyeresége a déli fekvésének köszönhetően olyan nagy, hogy télen sem csökken 7 fok alá:



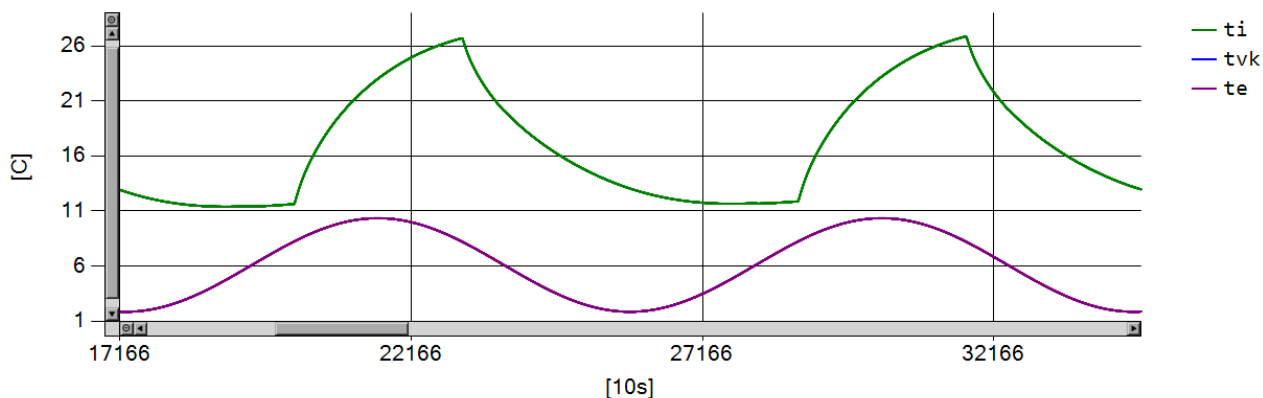
naptér(ti) és külső hőmérséklet (te) alakulása jan. 1 – jan. 15-ig



földszint (ti) és külső hőmérséklet (te) alakulása jan. 1 – jan. 10-ig (tvk a fűtővíz közepes hőmérséklete)

naptér (ti) és külső hőmérséklet (te) alakulása jan. 1 – jan. 15-ig

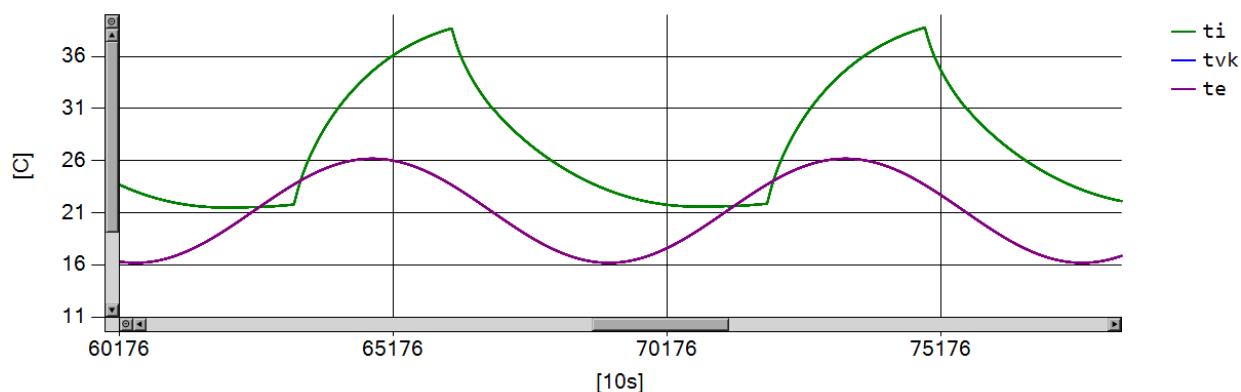
Átmeneti időszakban napközben a naptér hőmérséklete meghaladja a 20 fokot, és éjszaka sem csökken 10 fok alá.



naptér(ti) és külső hőmérséklet (te) alakulása márc. 1 – márc. 2-ig

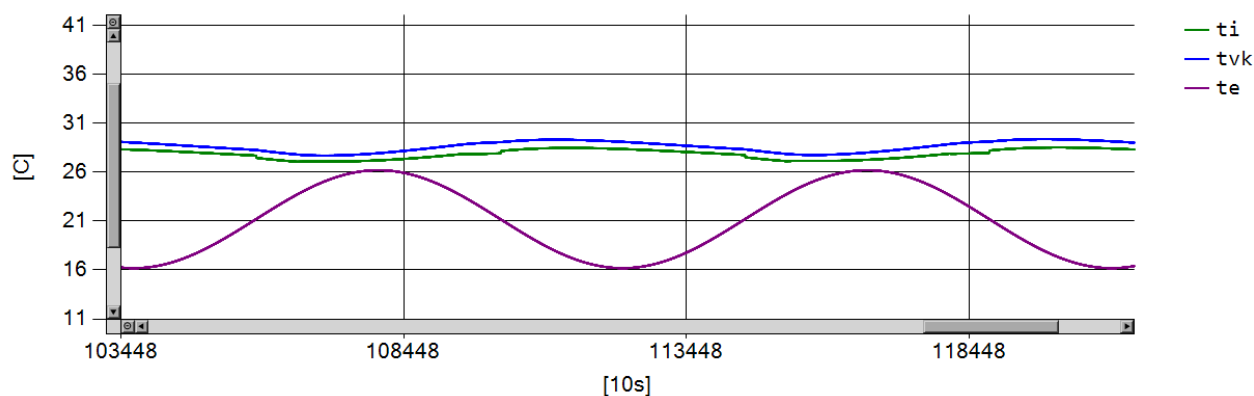
Nyáron a túlmelegedés elkerülése érdekében árnyékolást alkalmazunk a naptér belső felületein. A belső árnyékolók hatásfoka 50% -os.

Ha nem árnyékolnánk a napteret, akkor túlmelegedne:

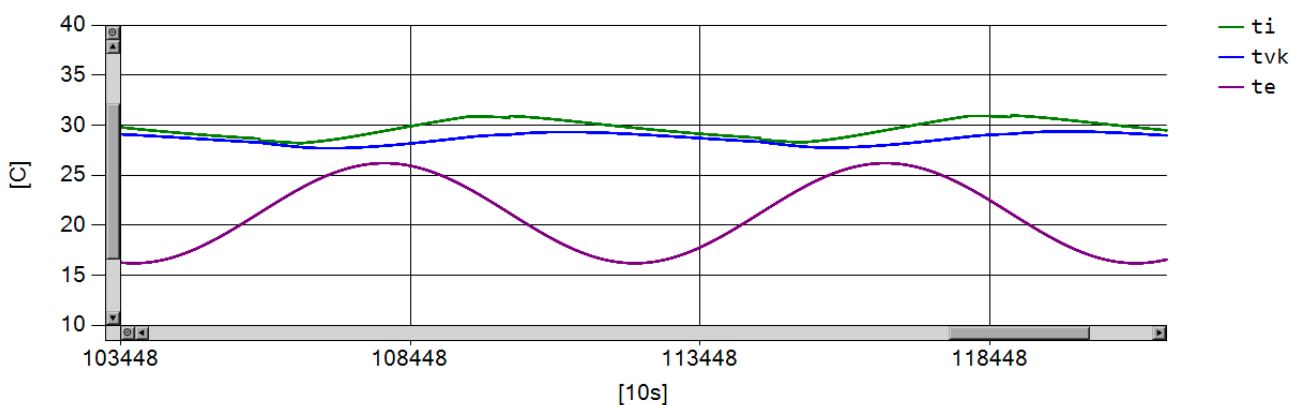


naptér (ti) és külső hőmérséklet (te) alakulása aug. 1 – aug. 2-ig, árnyékolás nélkül

Árnyékolás nélküli esetben nem csak a naptér, hanem a vele a tömegfal révén kapcsolatban lévő belső terek is túlmelegednek:

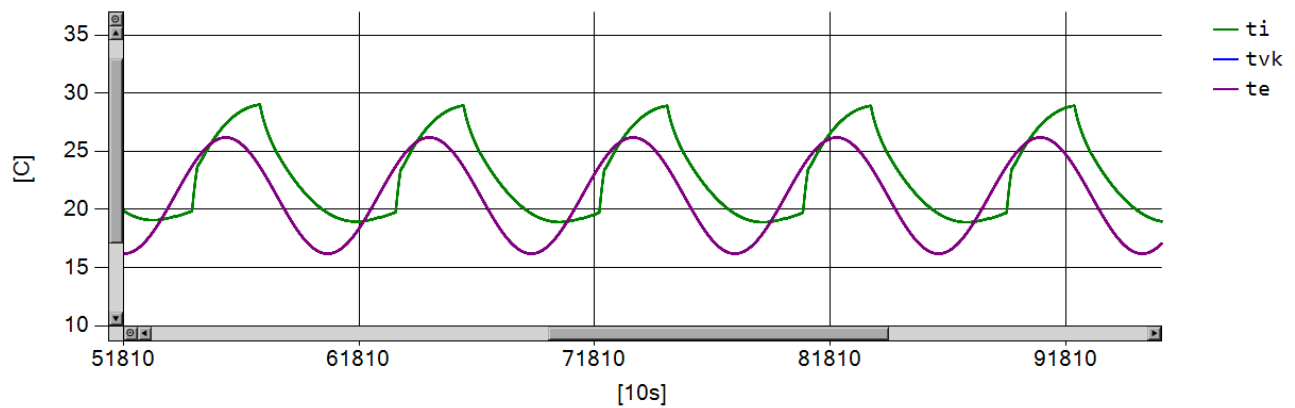


földszint (ti) és külső hőmérséklet (te) alakulása aug. 1 – aug. 2-ig, a naptér árnyékolása nélkül (megjegyzés: tvk a fűtési rendszerben lévő víz hőmérséklete. Nyáron természetesen nem fűtünk, de attól még a víz itt van a rendszerben, és hőcserét folytat a belső térrel, követi annak a hőmérsékletét)



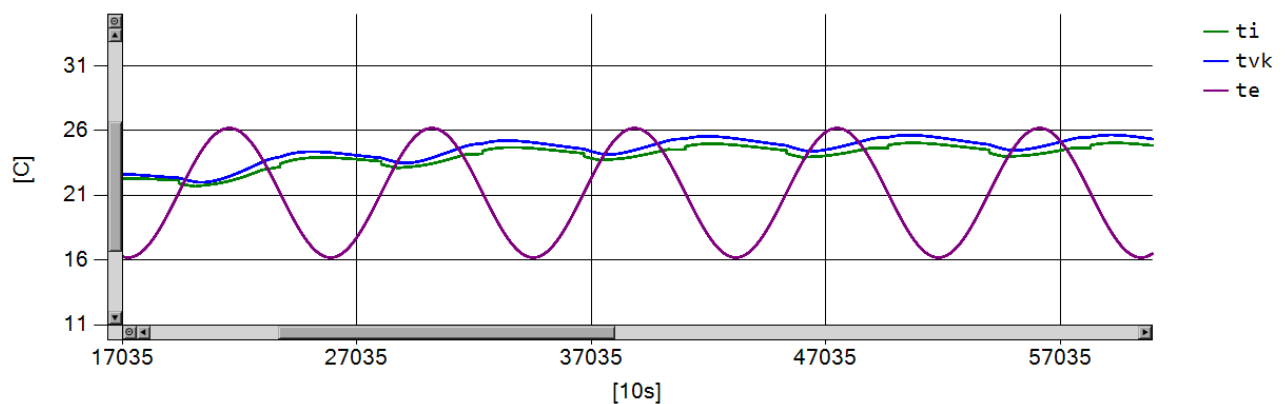
emelet (ti) és külső hőmérséklet (te) alakulása aug. 1 – aug. 2-ig, a naptér árnyékolása nélkül

Mivel a túlmelegedés ellen elsősorban a belső tereket akarjuk védeni, az árnyékoló szabályozása a belső terek hőmérsékletét figyeli (emelet, és földszint). Ha valamelyikük meghaladja a 25 fokot, akkor az árnyékoló behúzza, így hatásfokának megfelelően 50%-al csökkenti a naptérbe érkező szoláris nyereséget:



naptér (ti) és külső hőmérséklet (te) alakulása aug. 1 – aug. 5-ig, (amikor szükséges) naptéri árnyékolással

A földszint és az emelet is kevesebb hőt kap a tömegfalon keresztül, ha a vezérelt árnyékolás működik, hőmérséklete a szabályzásnak megfelelően nem haladja meg a 25 fokot:



földszint (ti) és külső hőmérséklet (te) alakulása aug. 1 – aug. 5-ig, (amikor szükséges) naptéri árnyékolással

5.2 ÉPÜLETENERGETIKAI BEFEKTETÉS MEGTÉRÜLÉSÉNEK ELEMZÉSE

5.2.1 A Klukobo-szám

Az épület felújításának költségeit két részre osztjuk: az egyik rész (jelöljük M-el) az a mindenképpen elvégzendő felújítás, ami állagvédelmi, vagy jogszabályi előírások miatt elkerülhetetlen. A másik (jelöljük E) az, amit önszántunkból azzal a céllal költünk el, hogy az épület energiafelhasználását csökkentjük.

Vegyünk egy olyan épületet, amelyre csak M-et költünk. Ennek az épületnek a szimulációs program segítségével kiszámítjuk az éves négyzetméterenkénti energiafelhasználását. Majd költünk rá ennek az épületnek az energetikai korszerűsítésére E-t. Majd számítsuk ki ennek a korszerűsített épületnek is a fogyasztását. Ha a két fogyasztásadat különbségét elosztjuk E-vel, akkor megkapjuk, hogy 1 Ft energetikai megtakarításra fordított befektetés hány [kWh/m²] megtakarítást eredményez évente. Nevezzük ezt az arányt Klukobo-számnak.

$$\text{Vagyis a Klukobo-szám: } K = \frac{\text{évente megtakarított energia négyzetméterenként}}{\text{az energiamegtakarításra fordított befektetés}}$$

E szám alapján össze tudjuk hasonlítani az egyes épületváltozatokat.

5.2.2 Összehasonlítás

Három változatot fogunk megvizsgálni:

Egy minimálisan felújított épületet (A), melyre csak a legszükségesebb összeget költöttük. Ez megegyezik az 5.1.2 fejezetben megnevezett „hőszigeteléssel feljavított épület” épülettel. A második (B) megegyezik az 5.1.2 fejezetben megnevezett „hőszigeteléssel feljavított épület + naptér” épülettel, annyi változtatással, hogy a naptér szélessége 3 helyett 1,5 [m]. A harmadik, (C) megegyezik az 5.1.2 fejezetben megnevezett „hőszigeteléssel feljavított épület” épülettel.

A fogyasztási és költségadatok táblázatos formában:

épület	felújításra fordított összeg [MFt]	energetikai korszerűsítésre fordított összeg [MFt]	fogyasztás [kWh/m2a]	megtakarított energia [kWh/m2a]	Klukobo-szám [(kWh/m2a)/Ft]
A	9.2	0	90.65		0
B	14.05	4.85	40.99	49.66	10.23917526
C	18.87	9.67	34.98	55.67	5.756980352

Ebben az összehasonlításban a B eset tűnik a leghatékonyabbnak, neki a legnagyobb a Klukobo-száma, vagyis egy forint energetikai korszerűsítésre fordított befektetésből ez az eset takarította meg a legtöbb energiát. Ráadásul a különbség jelentős, ami abból adódik, hogy a fele akkora méretű naptér költsége majdnem feleződik, de a hosszúkás dél felé néző forma miatt a déli üvegfelületek alig csökkentek, így a szoláris nyereség is csak kis mértékben mérséklődött.

5.3 NÉHÁNY PÉLDA A DÖNTÉSHOZATALI FOLYAMATRA

Ebben a fejezetben azt mutatjuk meg, hogy egyes elemek megváltoztatása a rendszerben milyen hatással van az épület éves fajlagos fűtési energiafogyasztására. Ehhez 5.1.2 fejezetben megnevezett „hőszigeteléssel feljavított épület + naptér” épületen kísérletezünk.

5.3.1 Életmód váltás, előírt hőmérséklet csökkentése

Gyakori eset, hogy az épületeket túlfűtik. Mi a szimulációkban 20 fokos belső hőmérsékletet írtunk elő, ezt hasonlítjuk össze egy olyan esettel, amely mindenben megegyezik ezzel, csak az előírt hőmérséklet 20 helyett 22 fok.

előírt belső hőmérséklet [°C]	fajlagos éves fűtési energiafogyasztás [kWh/m2a]	eltérés [%]
20	34.98	
22	50.54	+44.5[%]

2 fokkal növelt előírt belső hőmérséklet 44,5%-al növeli a fogyasztást ebben az esetben. Látszik, hogy az életmódváltás, és az igények csökkentése az egyik legjobb módja az energiafogyasztás csökkentésnek.

5.3.2 Odafigyelés, fűtés csökkentés hatása

Itt azt vizsgáljuk, hogy mennyivel fogyaszt többet az épület, ha napközben, amikor nincsenek otthon a felhasználók, nem veszik lejjebb a fűtést.

fűtés csökkentés [°C]	fajlagos éves fűtési energiafogyasztás [kWh/m ² a]	eltérés [%]
2[°C]	34.98	
nincs	38.03	+8.7[%]

5.3.3 Hőtároló tömeg hatása

Itt azt vizsgáljuk, hogy az épületben lévő hőtároló tömeg nagyságának ésszerű keretek között történő megváltoztatása milyen hatással van az épület éves fajlagos fűtési energiafogyasztására.

hőtároló tömeg [°C]	fajlagos éves fűtési energiafogyasztás [kWh/m ² a]	eltérés [%]
hőtároló tömeg 30 %-al csökkentve	34.79	-0.6[%]
eredeti hőtároló tömeg	34.98	
hőtároló tömeg 30 %-al növelve	35.22	+0.7[%]

5.4 ÁLTALUNK ELÉRT KONKRÉT TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÖSSZEGZÉSE

5.4.1 Konkrét javaslatok építészeti és szerkezeti átalakításokra az energetikai szempontok figyelembevételével

5.4.2 A passzív fűtési/hűtési rendszer megalkotása

5.4.3 A rendszer (változatok) működésének bemutatása/igazolása az általunk megalkotott szimulációs programmal/programokkal. (Barra-Constantin)

5.4.4 A műszaki és energetikai felújítás változatok bekerülési és működési költségeinek becslése. (Klukobo-szám)

6 EREDMÉNYEK GYAKORLATI ALKALMAZÁSA EGYÉB TERÜLETEKEN

Időszakos házak (nyaralók, tábori épületek, stb.)

Ha azt a kérdést tesszük fel, hogy ha fel akarom újítani a nyaralómat, de nem költöznék be, akkor is megéri-e napteret beterveztetni?

A válasz az, hogy valószínűleg igen. Több aspektusból vizsgálva arra jutottunk, hogy az ideiglenesen használt épületeknél is megérheti napteret építeni. Az okai a következők:

Az ideiglenesen használt nyaralók problémája, hogy ha kimegy az ember a telekre, akkor mindig azzal kell kezdeni, hogy fel kell fűteni. Általában a kazánokat nem is egyszerű kezelni egy hétköznapi ember számára. Bármikor tönkre mehetnek és akkor hidegebb időben, mikor estére igencsak lehül a levegő, már nem senkinek nem lesz kedve kimenni a telekre fagyoskodni.

Ebben az esetben a naptér akkor is temperálja az épületet, amikor azt nem használják, ráadásul ingyen. Emellett nagyobb közösségi életteret kapunk, mely fedett, szél és csapadék ellen is véd, és így bizonyos komfort körülményeknek eleget tevő teret tudok létrehozni.

Az ideiglenes épületek használatának sajátossága, hogy sokat vannak nyitva az épületek ajtai, mert ki-be járkalunk rendszeresen, az a hőtárolás szempontjából ez kedvezőtlen. Ha viszont van egy napterünk, amely puffer zónaként viselkedik, akkor a hőveszteség lecsökken.

7 TOVÁBBI KUTATÁSI IRÁNYOK KIJELÖLÉSE

A kutatásunk itt ér véget, az idő ennyit engedett számunkra. A munka során azonban új kutatási irányokat is találtunk, melyen tovább lenne érdemes haladni a jövőben.

- Nagyon érdekes téma lenne az, hogy az újonnan épített épületeknél is hasonló módszereket alkalmaznánk-e a naptér és az anyaépület összekapcsolásához vagy jobb megoldásokat találnánk, melyeknek az iparosíthatósága könnyebb lenne, akár szélesebb körben elterjedhetne?
 - Kérdés, hogy egy adott telepítés során lehetséges lenne-e egy típusú házak kialakítására, iparosítására? Ha olcsón meg lehetne építeni őket, mint szociális lakások, akkor a házak építhetők lehetnének a szegényeknek is?
- Meglévő épületállomány közül típusépületekre rá lehetne-e húzni egy „naptér-sémát”? Ilyen házak lehetnének a szocializmusban épület *sátortetős* házai.
- További irány lehetne, hogy hogyan lehetne a nyaralójukba kikényszerülő lakosság számára az energiatudatos felújításokat még olcsóbban, (házilagos kivitelezéssel, szelíd technikákkal) még kedvezőbb megoldásokkal létrehozni. Vagy ez csak utópia?
- Klukobo-szám más megújuló energiát alkalmazó épületfelújítások összehasonlítása. Akár különböző épületünk esetében, akár egy azonos bázisépület különböző megújuló energiákkal való bővítése/felújítása.
- Munka közben rájöttünk, hogy egy általános útmutató létrehozásához még nem elég érett a kutatás, további feldolgozás szükséges.

8 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

- **Dr. Lányi Erzsébet** egyetemi docensnek (Épületszerkezettan Tanszék), aki az elejétől kezdve irányította a kutatásunkat, a környezettudatos szemléletmód előtérbe helyezésével
- **Klujber Róbert** mestertanárnak (Építéskivitelezési és Szervezési Tanszék), aki általános és egyedi újításokkal fejlesztette a dolgozatunk gazdasági szemléletmódját
- **Szikra Csaba** tudományos munkatársnak (Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék), aki jövőbe mutató megújuló energiák terén adott útmutatást
- **Dr. Vad János** tanszékvezető, egyetemi docensnek (Áramlástan tanszék) az áramlástan problémák terén nyújtott irányítást
- **Nagy Bajnok Tamás**, és **Laczkovics János** okleveles építészmérnököknek, akik a tervezés tartószerkezet konstruálás során tett észrevételeikkel segítettek döntést hozni
- **Bognár Gergely** okleveles mechatronikai mérnöknek a programozási tanácsokért
- **Horváth Sándor** egyetemi adjunktusnak és **Iványi András** okleveles építésznek, (Épületszerkezettan Tanszék), akik az épületszerkezettani kérdésekben konzultáltak velünk
- **Geokert Kft.** munkatársainak, akik a naptér kivitelezési tanácsaival láttak el bennünket
- **Tóth Attilán**, a Knauf insulation Kft. munkatársának, az épület hőszigetelő anyagainak kiválasztásában nyújtott segítségért
- **Varga Márton**, a Rehau munkatársának, csővezetékek műszaki paramétereikért, és az árakért
- Végül, de nem utolsó sorban a családtagjainknak, Révész Hajnalkának, akik lelkiileg támogattak bennünket. Köszönjük támogatásukat!

9 IRODALOMJEGYZÉK

- Zöld András, ENERGIATUDATOS ÉPÍTÉSZET, Műszaki kiadó, Budapest, 1999
- Ingo Gabriel, Heinz Ladener, KIS ENERGIÁJÚ HÁZAK - Felújítás az energiatakarékosság jegyében, Cser Kiadó, Budapest 2009
- NEMZETI ÉPÜLETENERGETIKAI STRATÉGIA TERVEZET, Budapest, 2014. augusztus
http://www.kormany.hu/download/2/a8/10000/N%C3%89S_tervezet.pdf
- Dr. Becker Gábor, Bakonyi Dániel előadása, AZ ÉPÜLETEK ENERGETIKAI JELLEMZŐINEK MEGHATÁROZÁSA, BME Épületszerkezettan tanszéki konferencia 2014. 10. 02.
- Bognár Ádám, PASSÍVHÁZAK HŐTECHNIKAI VISELKEDÉSÉNEK SZÁMÍTÓGÉPES SZIMULÁCIÓJA - BSc Szakdolgozat, BME Épületgépészeti és Gépészeti Eljárás tanszék, 2012 (3. fejezet, szó szerinti idézetekkel)
- Ralph T. Muehleisen, SIMPLE DESIGN TOOLS FOR EARTH-AIR HEAT EXCHANGERS Argonne National Laboratory (3.1.7. fejezet)
- M. Cucumo, S. Cucumo, L. Montoro, A. Vulcano, A ONE-DIMENSIONAL TRANSIENT ANALYTICAL MODEL FOR EARTH-TO-AIR HEAT EXCHANGERS
- Horváth Miklós, ÉPÜLETEK SZOLÁRIS NYERESÉGÉNEK VIZSGÁLATA – TDK dolgozat, BME Épületgépészeti és Gépészeti Eljárás tanszék, 2012
- 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet - az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról,
http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0600007.TNM 2014.10.27

10 MELLÉKLETEK

10.1 MEGLÉVŐ ÁLLAPOT TERVEI

10.1.1 01 – Alaprajzok

10.1.2 02 – Homlokzatok

10.2 TERVEZETT ÁLLAPOT TERVEI

10.2.1 03 – Pinceszint alaprajz

10.2.2 04 – Földszinti alaprajz

10.2.3 05 – Emeleti alaprajz

10.2.4 06 – Déli, nyugati homlokzat

10.2.5 07 – Északi, keleti homlokzat

10.2.6 08 – Metszetek

10.2.7 08 – Csomópont 1,2

10.2.8 09 – Csomópont 3,4

10.2.9 10 – Csomópont 5,6

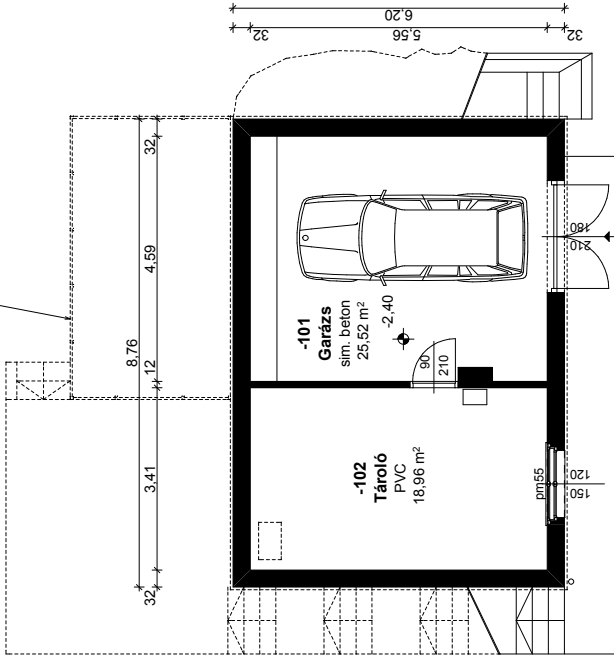
10.2.10 11 – Csomópont 7

10.2.11 12 – Csomópont 8,9

10.2.12 13 – Csomópont 10

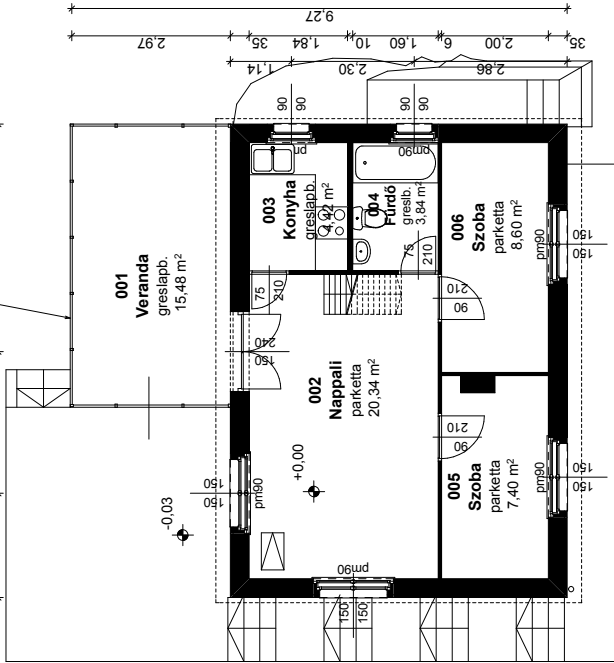
Pinceszint alaprajza

elbontandó üvegezett
veranda kontúrja



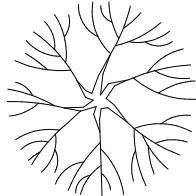
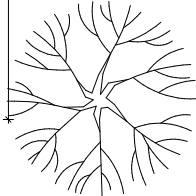
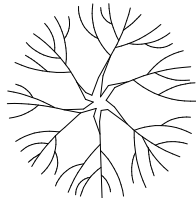
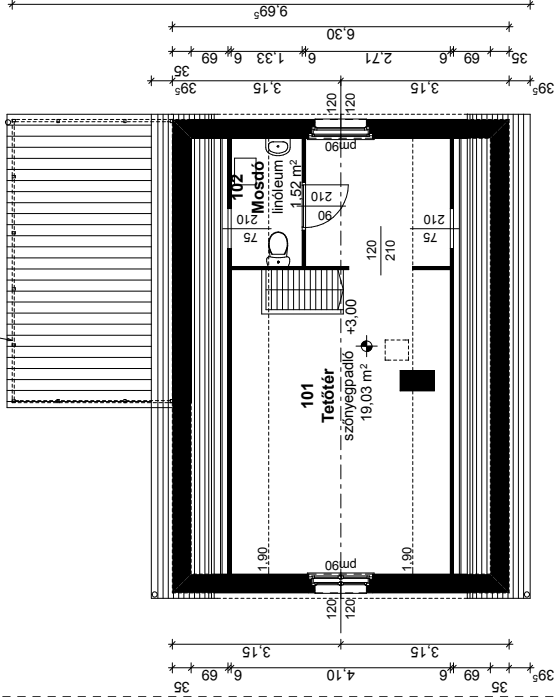
Földszint alaprajza

elbontandó üvegezett
veranda



Tetőtér alaprajza

elbontandó üvegezett
veranda hullámpala teteje



Megjegyzések:

A pince hasznos alapterülete: 44,48 m².



Megjegyzések:

A földszint hasznos alapterülete: 44,60 m².
(Terasz nélkül.)

Konzulens:

Hallgató:

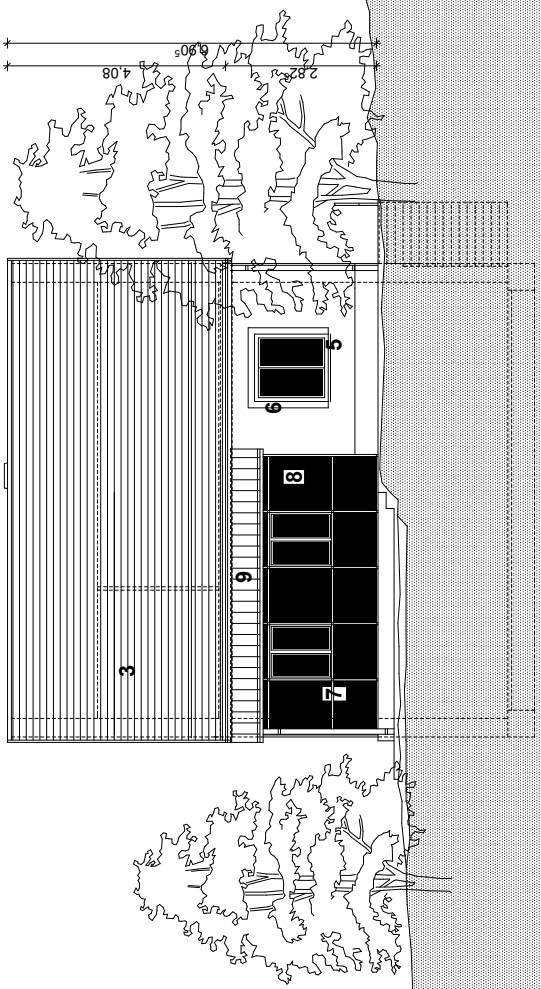
BME Építészeti Kar
Építészeti Tanszék

FÉLÉVES TERVFELADAT Épsz7-2010/11
Szentendre - nyaraló átalakítása, felújítása és tetőtérbeépítése

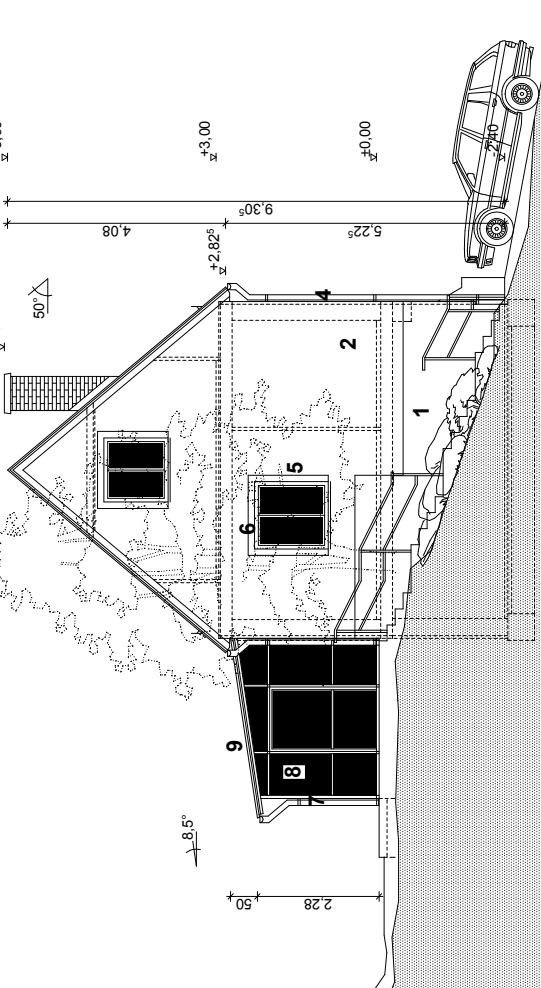
Alaprajzok

9b

DNY



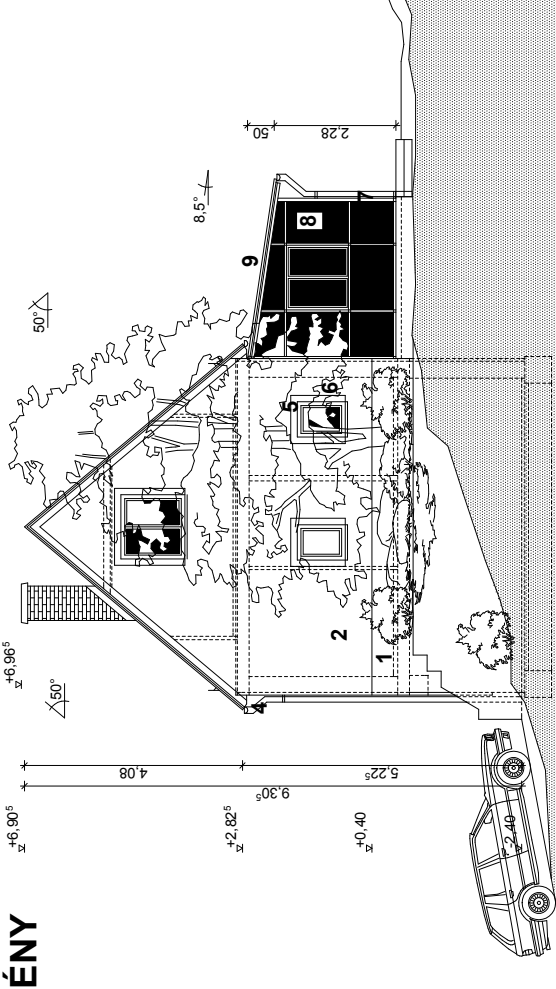
DK



Bontandó veranda

Meglévő, megmaradó épületrész

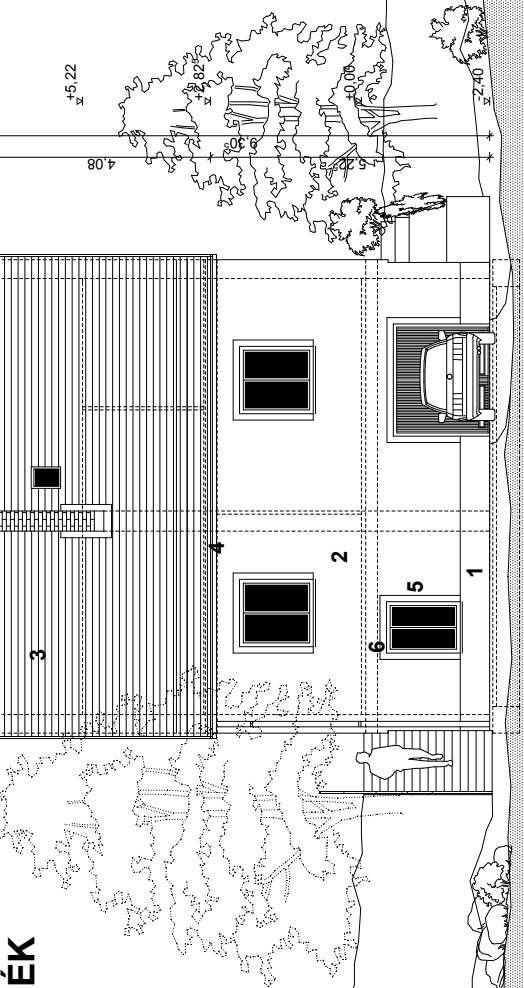
ÉNY



Bontandó veranda

Meglévő, megmaradó épületrész

ÉK



FÉLÉVES TERVFELADAT Épsz7-2010/11
Szentendre - nyaraló átalakítása, felújítása és tetőtérbeépítése

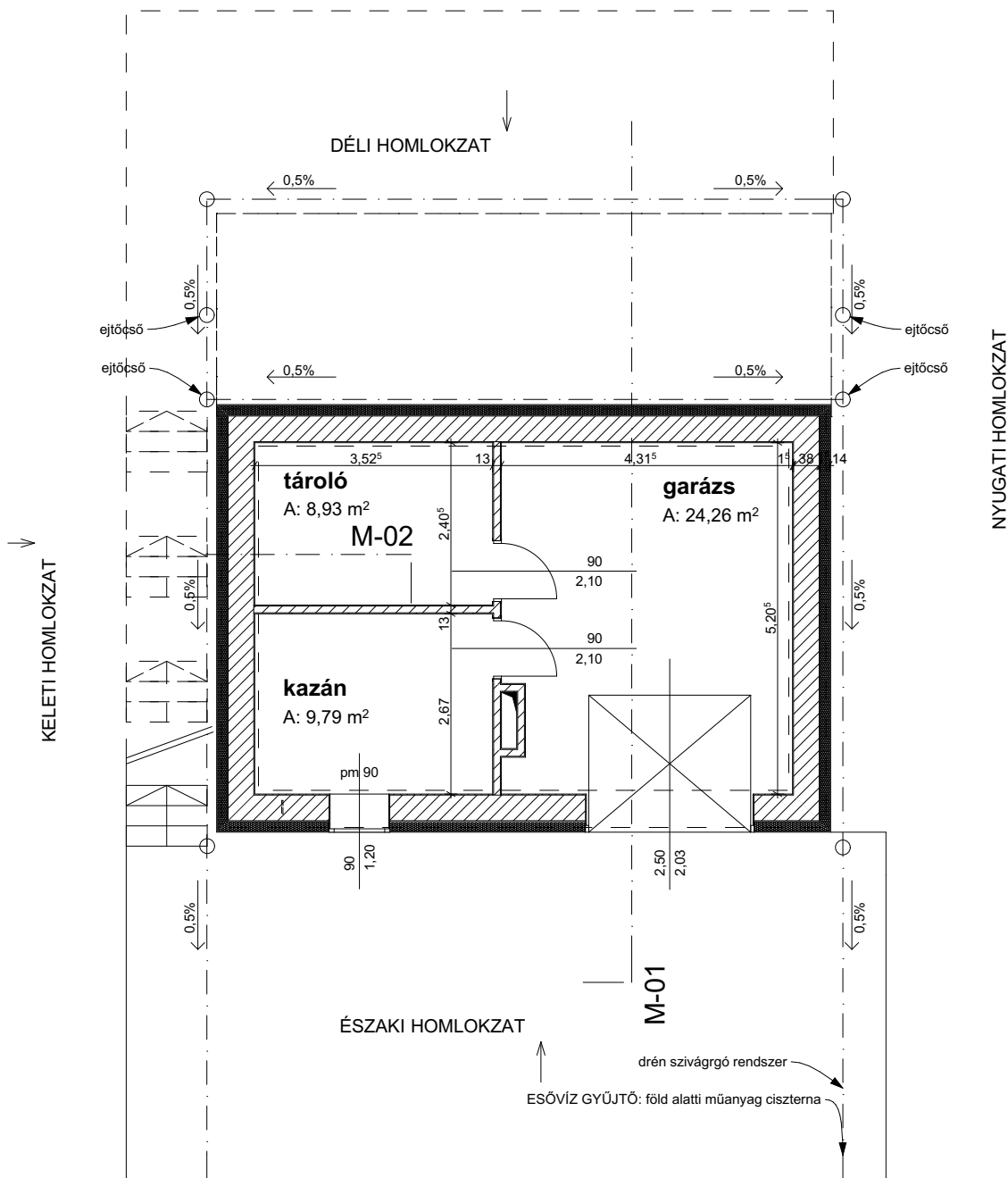
Felületek:

- 1 lábazati vakolatsímtás
- 2 vakolatsímtás
- 3 cserépfedés
- 4 horg. ereszcsonatoma
- 5 mázolt nyílászáró
- 6 festett vakolatkeret
- 7 mázolt acélszerkezet
- 8 üveglal
- 9 hullámpala

Homlokzatok

Tankör:	Hallgató:	Konzulens:
BME Építészeti Kar		
Építészeti Kar		

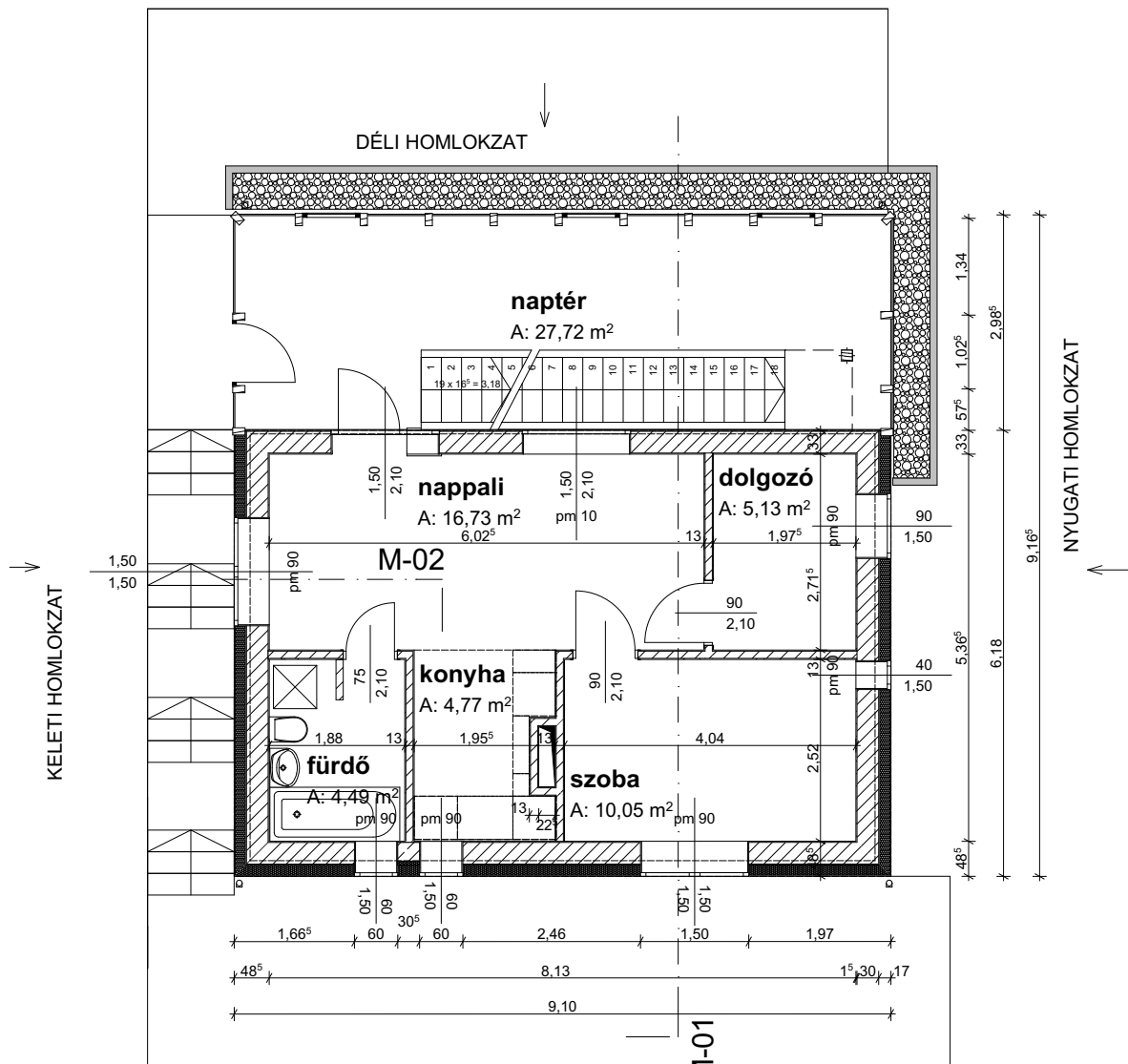
9a



-1.

PINCESZINTI ALAPRAJZ

1:100



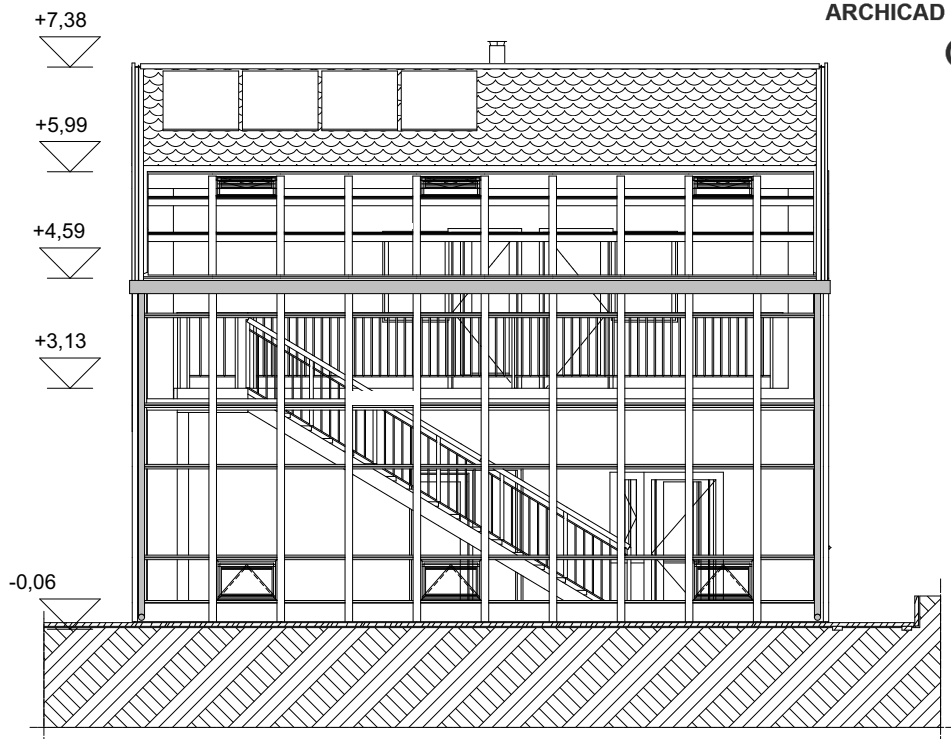
0.

FÖLDSZINTI ALAPRAJZ

1:100

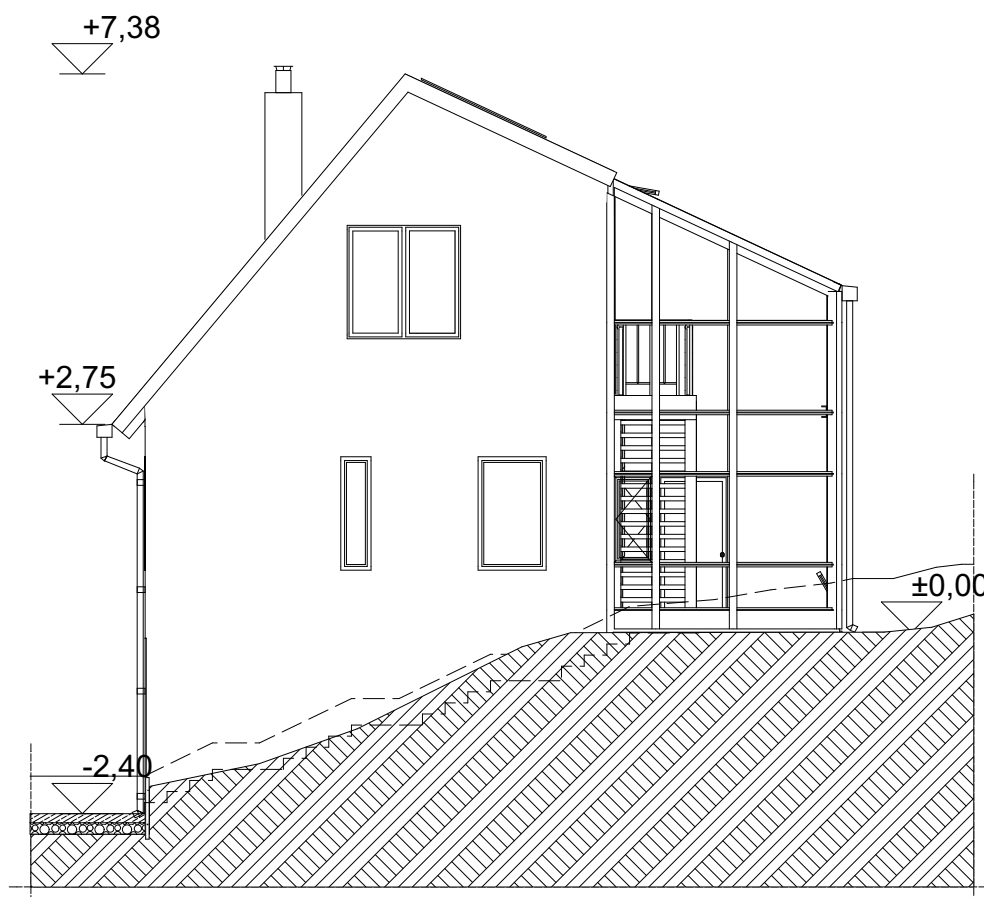


1:100



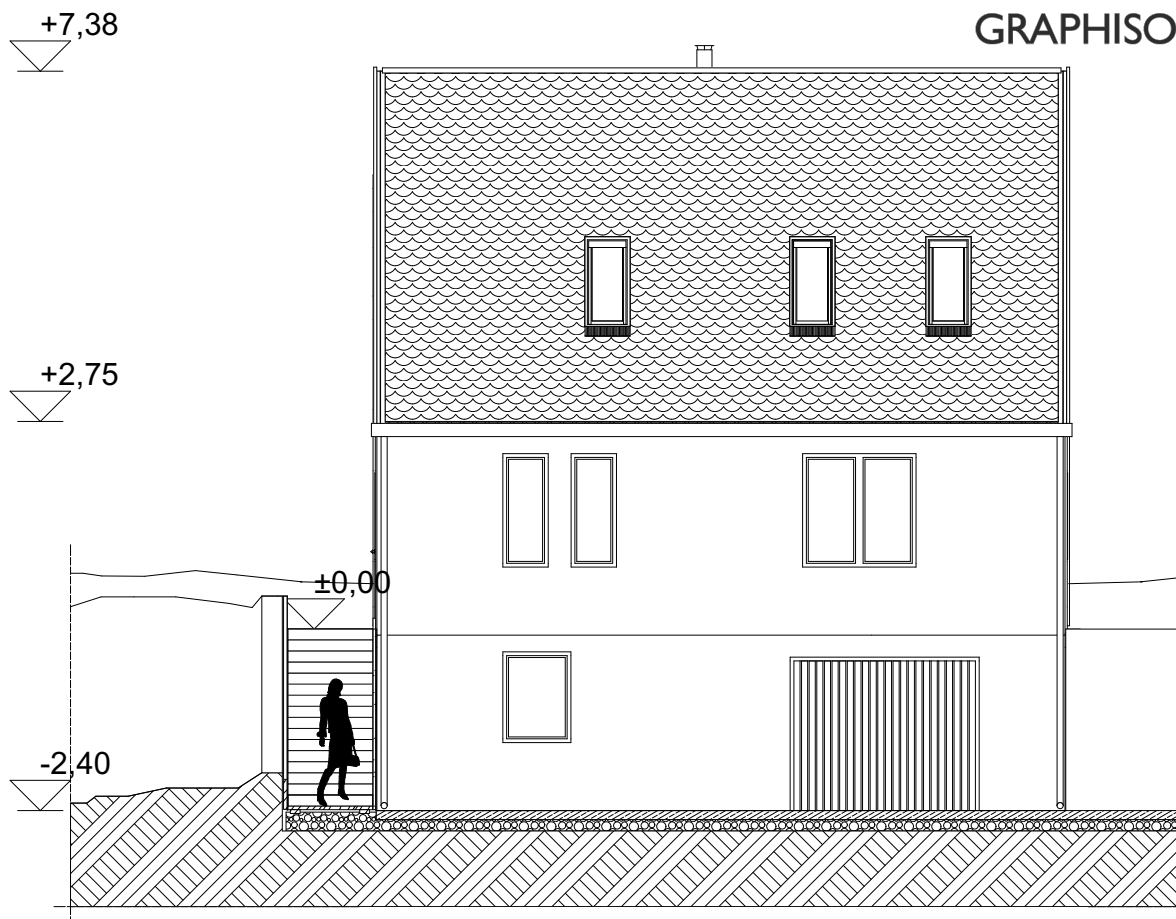
DÉLI HOMLOKZAT

1:100



NYUGATI HOMLOKZAT

1:100



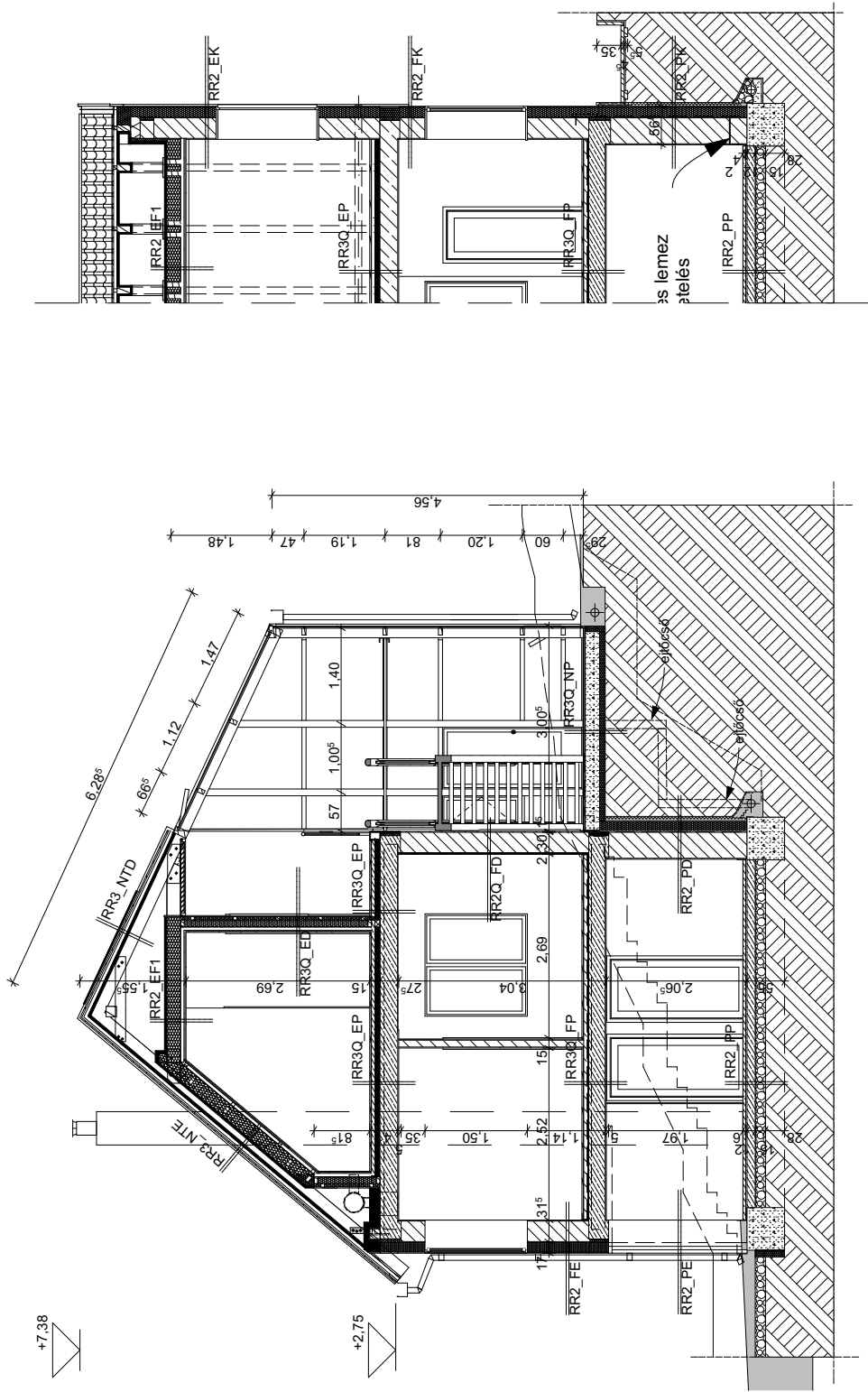
ÉSZAKI HOMLOKZAT

1:100



KELETI HOMLOKZAT

1:100



KERESZTMETSZET

1:100

HOSSZMETSZET RÉSZLET 1:100

M=1:10**CSP1**

10/20 RR torokgerenda, 5/10/10 betétfával megtámasztva

lég és párazáró szigetelés

5/5 ellenléc

Knauf 3,5cm

Heraklith-C

táblás fagyapot

hőszigetelés

10/20 RR szarufa

5/10/10 betétfa

10/20 RR torokgerenda

acél csomólemez 4db M14
átmenő csavarral

RR 7/20/630 szarufa

rovarháló

házilag

készített fa

keretes

lamellás

állmenyezet

CSP2

újrahasznosított kettős hődfarkú cserépfedés

RR3Q_NTD

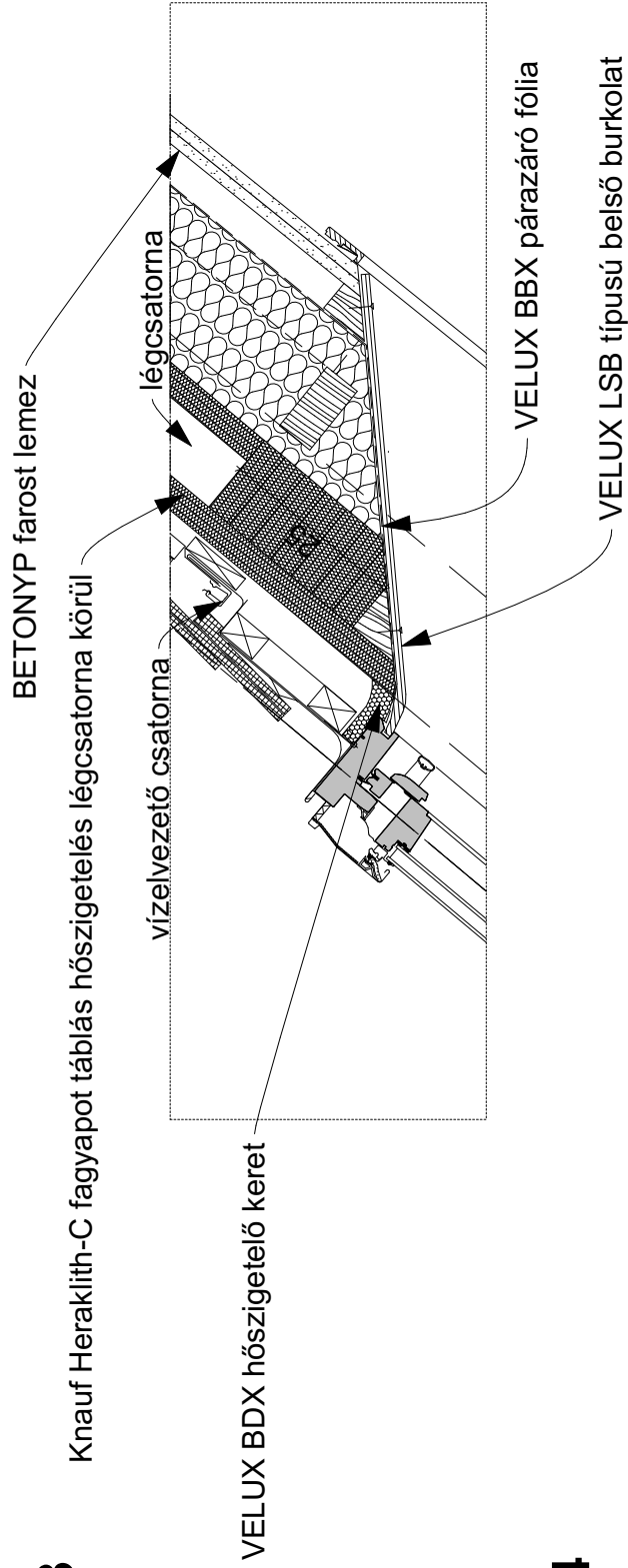
rovarháló

cseppentőlemez

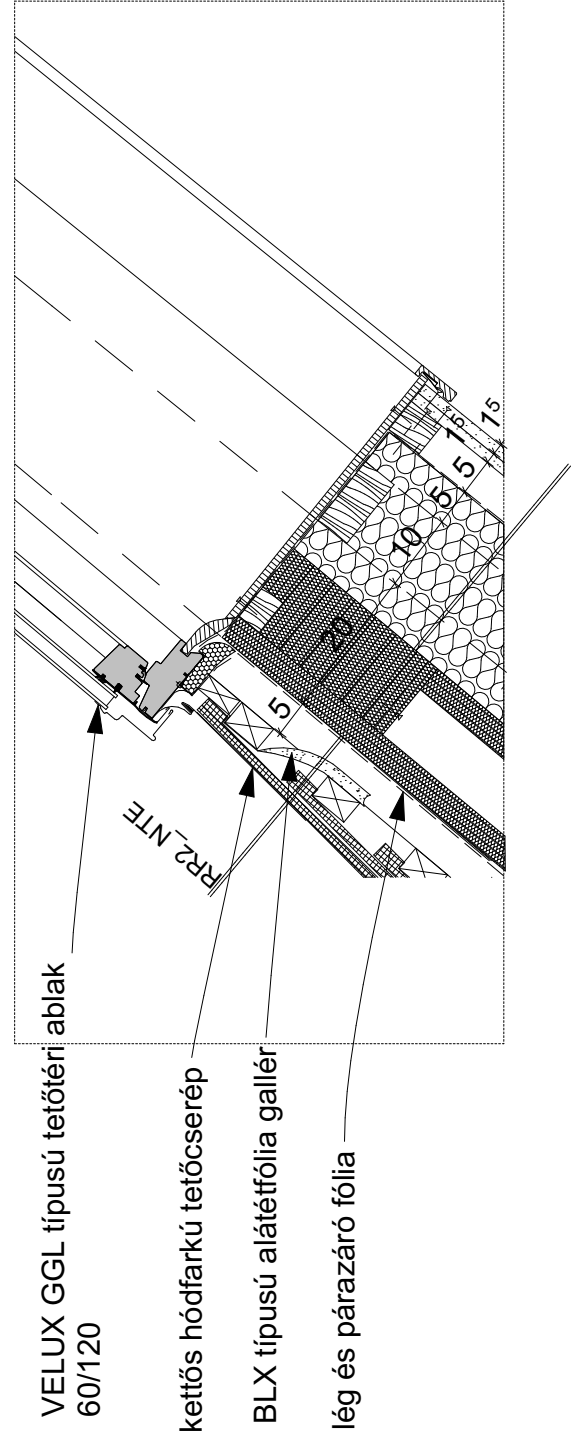
SCHÜCKO AOC 50TI SI
függönyfal ablakrögzítő
elemfix biztonsági üveg
(67x90cm)Technic Light kézi mozgatású
alumínium árnyékoló berendezésSOLTIS 92 textil ponyva
belső árnyékoló

M=1:10

CSP3



CSP4



M=1:10

CS5

újrahasznosított kettős
hófarkú cserépfedés

10/20 RR
torokgerenda

lég és párazáró
vízszigetelés

Knauf 3,5cm
Heraklith-C
táblás fagyapot
hőszigetelés

Knauf 3,5cm
Heraklith-C
táblás fagyapot
hőszigetelés

5/5 ellenléc, közötté légrés

levegőcsatorna

10/20 RR szarufa

RR2_EF1

betonyp farostlemez

lépésálló hőszigetelés

lég és
párazáró réteg

installációs réteg

Knauf 20cm Classic035
üveggyapot hőszigetelésszarufa
között és 5/10 és 5/5 lécvázak
között

CS6

Knauf 15cm Classic035
üveggyapot

hőszigetelés 5/10 és
5/5 keresztlécvázak
között

lég és párazáró réteg

installációs réteg

15 15 10 5 15

tölgyfa
lábazati elem

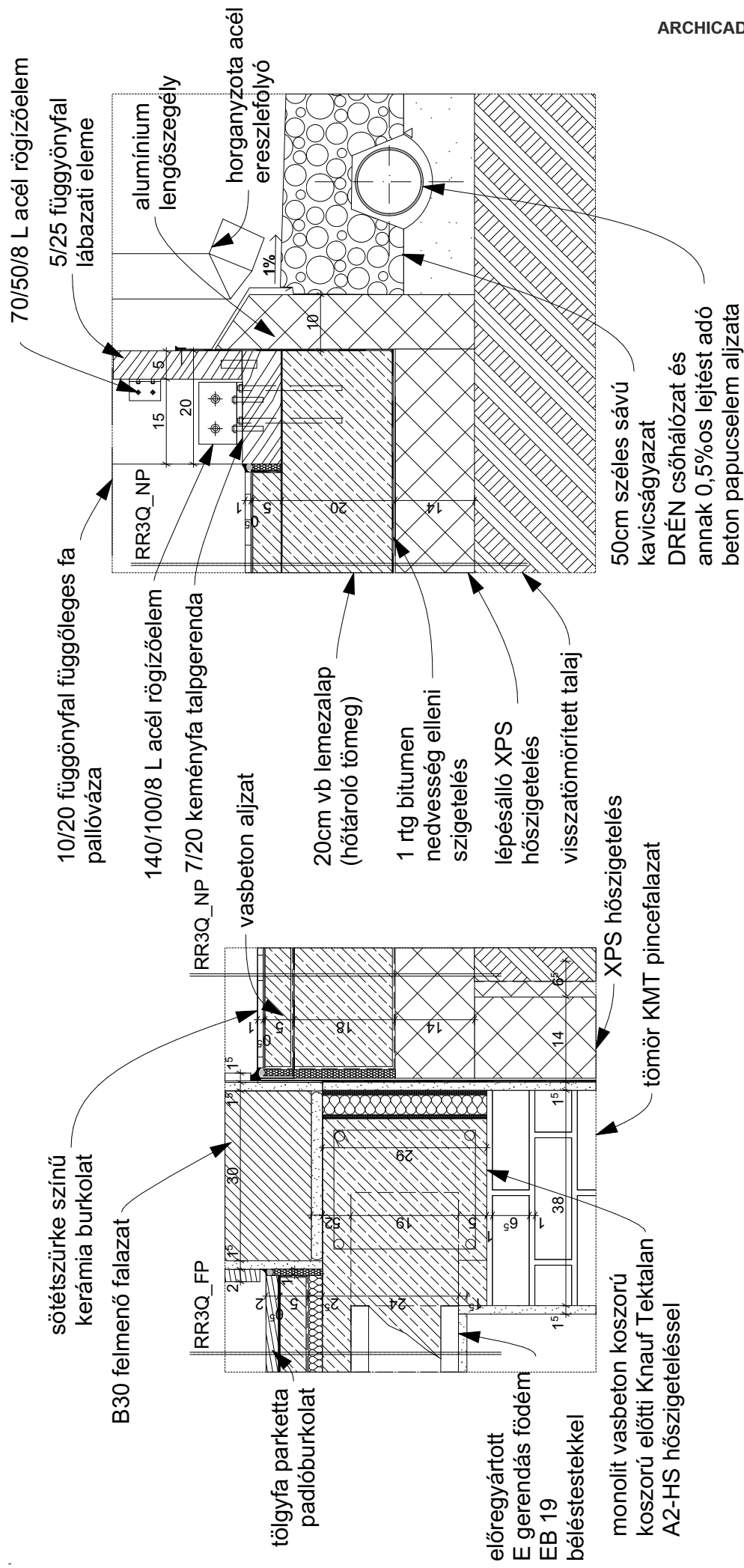
RR3Q_EP

úszató réteg
RR3Q_EP

egy. vb E-gerendás földem, felbeton
erősítéssel

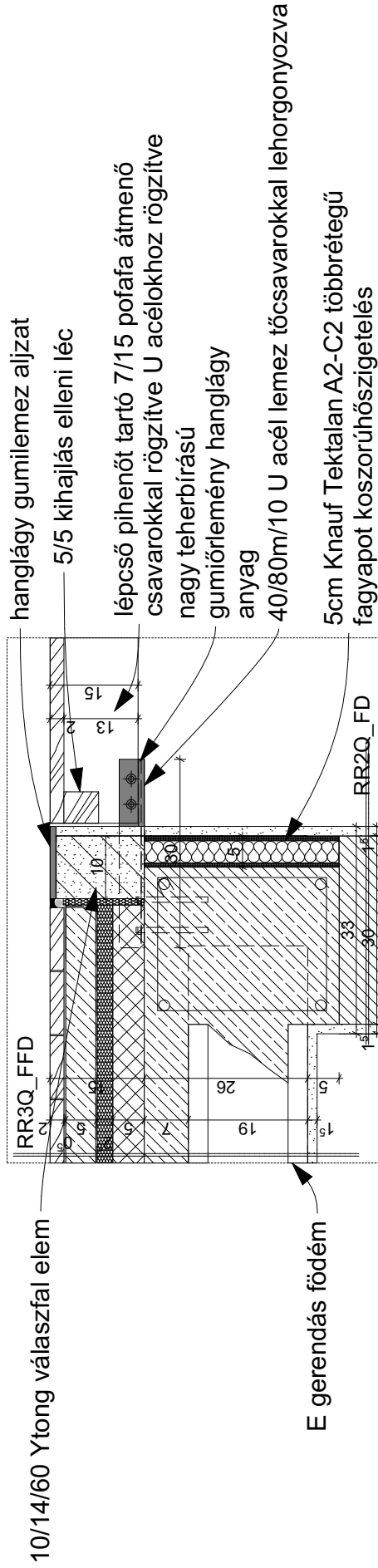
CSP7

CSP8



M=1:10

CS9



CS10

