SZENT ISTVÁN EGYETEM

ÜVEG KÜLSŐ TÉRELHATÁROLÓK AZ ÉPÜLETENERGETIKÁBAN

Doktori értekezés

Pintér Judit

Gödöllő
2009

A doktori iskola megnevezése : Műszaki Tudományi Doktori Iskola

Tudományága : Agrárműszaki tudományok

Vezetője : Dr. Farkas István
egyetemi tanár, DSc
SZIE, Gépészmérnöki Kar

Témavezető : Dr. Farkas István
egyetemi tanár, DSc
SZIE, Gépészmérnöki Kar
Környezetipari Rendszerek Intézet

…… az iskolavezető jóváhagyása

…… a témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

JELÖLÉSEK JEGYZÉKE……..7
ELŐSZÓ……14
1. BEVEZETÉS……..... 15
1.1. A téma jelentősége …… 15
1.2. A kitűzött célok……..21

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS……..... 25
2.1. Az emberek és növények hőkomfort követelmény-rendszere…….. 25
2.1.1. Az ember komfort-követelményei……25
2.1.1.1. A hőmérsékleti humán-komfort tényezők……. 26
2.1.1.2. Az emberi test reakciói…….. 26
2.1.1.3. Az emberi hőérzet különböző klimatikus területeken…... 30
2,1.2. Az ember termikus környezete ……30
2.1.2.1. Meghatározások……30
2.1.2.2. A termikus mutatók……... 31
2.1.2.3. A termikus környezet minőségi kategóriái a helyi termikus diszkomfort eseteinél…… 32
2.1.2.4. A minőségi kategóriák jellemző paraméterei……. 33
2.1.3. Az ember hőegyensulyának a meghatározása……... 35
2.1.3.1. A higrotermikus komfort……... 35
2.1.3.2. Az energia-transzferencia mechanizmusai…… 35
2.1.3.3. A hőegyensúlyi-, és komfort egyenletek……..... 36
2.1.3.4. A hőegyensúlyi egyenletekhez kapcsolódó klima-zónánkénti speciális tényezők……40
2.1.3.5. A PMV érzékenységének az elemzése…….. 41
2.1.3.6. Bioklimatikus térképek……..42
2.1.4. Az emberek hőkomfort követelmény-rendszerének értékelése……..43
2.2. Az ember épített környezetét leíró épületfizikai hőtechnikai kapcsolat-rendszer……44
2.2.1 A tér hőegyensúlya……45
2.2.1.1. A helyiség hőmérlegének egyenlete…….. 45
2.2.1.2. Télikertek (nap-terek) esetei…… 46
2.2.2. A térelhatároló komponensek vonatkozó paraméterei…….. 47
2.2.3. Két felület között kicserélt hőmennyiség…….. 48
2.2.4. A benapozás paraméterei és a kapcsolódó meteorológiai adatok……....50
2.2.4.1.Benapozás…… 50
2.2.4.2. Meteorológiai adatok……. 52
2.2.5. Üveg épületszerkezetek hatása a létesítmények energetikájára az új szabályozás értelmében ……53

2.2.5.1. A létesítmény, épület energetikai minősítésének jellemzője…….....55
2.2.5.2. Az összesített energetikai jellemző összetevői……... 56
2.2.5.3. A fajlagos hőveszteség összetevőinek ismertetése……. 56
2.2.5.4. Üvegszerkezet-jellemzők, amelyek az épületek energetikai viselkedését befolyásolják……...58
2.2.5.5. Az épületek esetleges nyári túlmelegedésének ellenőrzése ……..61
2.2.5.6. Benapozási, árnyékolási kérdések és az üvegszerkezetek szerepe..... 62
2.2.6. Az ember épített környezetét leíró épületfizikai hőtechnikai kapcsolat-rendszer értékelése……..63

3. ANYAG ÉS MÓDSZER……. 65
3.1. A különböző üveg-külső-térelhatároló épületszerkezetek……... 65
3.1.1. Alacsony emisszivitású üvegezések…….. 66
3.1.1.1. A bevonatok technológiája…….....68
3.1.1.1.1. A vékony rétegek……... 68
3.1.1.1.2. Vastag film-bevonatok……... 72
3.1.1.2. Gáz-töltésű üvegszerkezetek……. 72
3.1.1.3. Az optimális rés az üvegszerkezetben……... 74
3.1.1.4. Az üvegszerkezetek hőszigetelő-képességét befolyásoló tényezők……75
3.1.1.5. Az alacsony emisszivitású üvegezések továbbfejlesztése……..…… 78
3.1.1.5.1. A technológiai fejlesztések…… 78
3.1.1.5.2. A hőhíd-mentesítési fejlesztések……79
3.1.1.5.3. A légmentesített üvegezés……..81
3.1.2. Az elektrokromikus és termokromikus üvegek……84
3.1.2.1. Jelentőségük az épület komfortjában……84
3.1.2.2. A szelektivitás elmélete……. 84
3.1.2.3. Az intelligens ablakok energia-hatékonysága…….. 86
3.1.2.4. Az elektrokromikus felületek……... 87
3.1.2.4.1. Felépítése és működési elve……...87
3.1.2.4.2. Az elektrokromikus felület-képző anyagok…… 87
3.1.2.4.3. A hőmérséklet hatása a világosodás folyamatára…... 88
3.1.2.4.4. Az anti-reflexió eljárása……..89
3.1.2.4.5. Az elektrokromikus felületek tartóssága……89
3.1.2.5. Termokromikus felületek ……89
3.1.2.6. A legújabb fejlesztések ……90
3.1.2.7. Az építőiparban még nem használatos üvegfejlesztések..93
3.1.2.7.1. Fotokromikus üvegek……. 93
3.1.2.7.2. Gázkromikus üvegek…….. 94

3.1.3. A különböző új üveg külső térelhatároló épületszerkezetek értékelése ……..94
3.2. A hőérzeti komforthoz kapcsolódó vizsgálati módszerek……95
3.2.1. A CEN-szabvány előírásai a mérésekhez……..96
3.2.2. Helyszíni vizsgálatok értékelése……97
3.2.3. A laboratóriumi mérési módszerek……100
3.2.3.1. A belső terek hőkomfort viszonyainak laboratóriumi mérései …… …100
3.2.3.2. Az üvegszerkezetek laboratóriumi vizsgálatai…….……103
3.2.3.2.1. Hőtechnikai laboratóriumi vizsgálatok……....104
3.2.3.2.2. Speciális üvegszerkezetek spektrális paramétereinek a vizsgálata a Guardian Orosházi Gyárában (2008) ……...104
3.2.4. A szimulációs módszerek áttekintése……....110
3.2.4.1. Az Európai Közösségek Bizottsága (CEC) -MSG, Passzív Szoláris Modellezési Alcsoport által kidolgozott módszerek……..111
3.2.4.2..Manuális és automatikus módszerek…….....113
3.2.4.3. A légáramlás és a hőkomfort szimulációja a belső terekben…….117
3.2.4.4. A CEN-szabvány által megadott program a PMV és PPD számításához ……119
3.2.4.5. Az üvegezésekre kidolgozott szimulációs modellek: WINDOW 3.1, 4.1, 5.2 és 6. és a továbbfejlesztett verziói…….....119
3.2.5. A hőérzet komforthoz kapcsolódó vizsgálati módszerek értékelése……120

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK……..123

5. ÖSSZEFOGLALÁS……..129

6. SUMMARY…….…….131

7. MELLÉKLETEK…….133
M.1. Irodalomjegyzék……..133
M.2. A témakörhöz kapcsolódó saját irodalom……...135
M.3. Fontosabb kiegészítő ábrák, táblázatok, diagramok, modellek…..139

8. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS……....205

JELÖLÉSEK JEGYZÉKE

2.1.1. fejezethez:

R_s	a bőrszövet hőellenállása	[$m^{2o}C/W$]
M	a metabolikus érték	[W/m^2] [met]
W	az emberi test súlya	[kg]
H	az emberi test magassága	[m]
A	az emberi test felülete	[m^2]
R	a felület hőellenállása	[$m^{2o}C/W$]
h_c	konvekciós hőátadási együttható	[$W/ m^{2o}C$]
h_r	sugárzási hőátadási együttható	[$W/ m^{2o}C$]
v	a vizsgált személyhez viszonyított légsebesség	[m/s]
Θ_b	testmag-hőmérséklet	[^oC]
Θ_s	bőrhőmérséklet	[^oC]
$\overline{\Theta}_c$	a súlyozott átlagos felületi hőmérséklete a ruházatnak és a szabadon-maradó bőrfe-lületnek.	[^oC]
Θ	a léghőmérséklet	[^oC]
Θ_m	a sugárzási hőmérséklet középértéke	[^oC]
C	a hőátadással létrejött energia-transzfer	[W/m^2]
Θ_g	a gömbhőmérséklet	[^oC]

2.1.2. fejezethez :

I_{clo}	a ruházat szigetelése	[clo] [$m^{2o}C/W$]
φ	a relatív légnedvesség	[%]
t_a	a térben tartózkodó embert körülvevő levegő hőmérséklete	[^oC]
$\bar{t}_r$	a sugárzási hőmérséklet középértéke	[^oC]
t_o	operatív hőmérséklet	[^oC]
t_{pr}	síkbeli sugárzó hőmérséklet	[^oC]
Δt_{pr}	aszimmetrikus sugárzó hőmérséklet	[^oC]
Tu	turbulencia intenzitás	[%]
V_{ar}	relatív légsebesség	[m/s]
PMV	várható hőérzeti érték	[-]
PDD	a kedvezőtlen hőérzet várható százalékos valószínűsége	[%]
DR	huzat kockázat (huzat miatt elégedetlenek)	[%]
v	a helyi légsebesség középértéke	[m/s]

2.1.3. fejezethez :

H	az emberi test belső hőtermelése	[W]
F_{Du}	az emberi test felülete (Du Bois felület)	[m^2]
I_{cl}	a ruházat termikus ellenállása (clo-érték)	[clo] [m^2K/W]
t_l	a levegő hőmérséklete	[^oC]
t_{KS}	a közepes sugárzási hőmérséklet	[^oC]
p	a nyugvó levegőben a vízgőz parciális nyomása	[Pa]

v	a relatív légsebesség	[m/s]
t_{bf}	a közepes bőrhőmérséklet	[^oC]
E_{sw}	a test hőveszteségе párolgással és izzadással	[W]
E_d	a bőrön keresztül páradiffuzióval történő hőveszteség	[W]
E_{re}	a kilégzés rejtett hője okozta hőveszteség	[W]
L	a kilégzés u.n. száraz hőveszteségе	[W]
K	hőátadás a bőr felületéről a felöltözött emberi test külső felületére	[W]
R	a sugárzásos hőveszteség a ruházattal borított test külső felületéről	[W]
C	a konvekciós hőveszteség a ruházattal borított test külső felületéről	[W]
M	metabolikus hőenergia	[W]
η	a mechanikai munka hatásfoka	[-]
p_l	a nyugvó levegő gőznyomása	[Pa]
t_{cl}	az emberi test és ruházat felületének átlag-hőmérséklete	[^oC]
f_{cl}	a felöltözött és mezítelen testfelületek aránya	[-]
α_c	a konvektív hőátadási tényező	[W/m2K]
RQ	a kilélegzett CO_2 és a belélegzett O_2 aránya	[-]
V_{O2}	oxigén-fogyasztás	[l/min]
V_{CO2}	CO_2 kilélegzés	[l/min]
W	a külső mechanikai munka	[W]
G	az egyén súlya	[kp]
L	az egyén magassága	[m]
t_1	az 1-es indexű falfelület közepes hőmérséklete	[^oC]
F_1	az 1-es indexű falfelület	[m^2]
R_{cl}	a teljes hővezetési ellenállás a bőr külső felületéről a ruházattal borított test külső felületére	[m2K/W]
Y	a várható hőérzet	[-]
L*	a szervezetre ható hőterhelés	[W]

2.1.3.1.3. fejezethez :

Θ_{in}	a belső hőmérséklet	[^oC]
Θ_{mrt}	a sugárzási hőmérséklet középértéke	[^oC]
W	a nedvességtartalom	[g/m^3]
ECI	egyenlítői komfort mutató	[-]
TSI	tropikus nyár-mutató	[-]

2.2.1.1. fejezethez :

A_j	a j-edik, belülről burkoló felület vagy fűtőfelület területe	[m^2]
$\alpha_{i,j}$	a hőátadási tényező a j-edik belülről burkoló felület mentén	[W/m^2K]

$\phi_{j,h}$	a kölcsönös besugárzási tényező a j és a h sorszámú felületek között	[-]
$t_{b,j}$	a j-edik felület hőmérséklete	[^oC]
$t_{b,l}$	a belső levegő hőmérséklete	[^oC]
Q_l	a levegővel konvektív úton közölt hőáram	[W]
Q_j	a j-edik felületen lévő hőforrás	[W]
$C_{j,h}$	a kölcsönös sugárzási együttható	[-]
$b_{j,h}$	a hőmérsékleti tényező	[-]
κ_j	a j-edik határoló szerkezet hőátbocsátási tényezője a felület és a külső közeg között	[W/m^2K]
t_e	a külső hőmérséklet	[^oC]
$t_{b,h}$	a h-adik felület hőmérséklete	[^oC]
T_j, T_h	abszolút hőmérsékletei a j-edik ill. a h-adik felületnek	[^oC]
α_e	a külső hőátadási tényező	[W/m^2K]
δ	a rétegvastagság	[m]
λ	a hővezetési tényező	[W/mK]
k_j	a j-edik határoló szerkezet hőátbocsátási tényezője	[W/m^2K]
t_i	belső hőmérséklet	[^oC]
t_e	külső hőmérséklet	[^oC]
Q_f	fűtőteljesítmény (konvektív és sugárzó),	[W]
q_t	a helyiség transzmissziós hőkarakterisztikája	[W/K]
A_o	a helyiséget burkoló össz-felület	[m^2]
Λ	a helyiség konvektív hőátadása	[W/ ^oC]

2.2.1.2. fejezethez :

$t_ü$	az üvegház átlagos belső hőmérséklete (hónap vagy idény)	[^oC]
t_e	átlagos külső hőmérséklet (hónap vagy idény),	[^oC]
t_i	mögöttes helyiség hőmérséklete	[^oC]
$A_{ü,j}$	üvegfelületek (tájolásonként),	[m^2]
$B_{k,j}$	a felületek benapozott hányada,	[-]
$A_{tr,j}/A_{ü,j}$	transzparens felület/ névleges felület	[-]
$N_{ü,j}$	transzparens felület nap-tényezője,	[-]
Q	mögöttes helyiség és az üvegház közötti szerkezet hővesztesége	[W]

2.2.2. fejezethez:

$t_{b,j}$	j-edik felület belső felületi hőmérséklete	[^oC]
k	hőátbocsátási tényező	[W/m^2K]
F	a padló felülete,	[m^2]
k_e	egyenértékű hőátbocsátási tényező	[W/m^2K]
t_t	talaj hőmérséklete	[^oC]
λ_t	a talaj hővezetési tényezője	[W/mK]

h	a talajvíz-szint távolsága a padlószinttől,	[m]
t_f	a talajvíz hőmérséklete	[^oC]
K	a padló kerülete,	[m]
t_x	a fűtetlen tér hőmérséklete	[^oC]
$k_ü$	üveg transzmissziós hőátbocsátási tényezője	[W/m^2K]
S	nyereség-tényező	[-]
A_t	üvegezés felülete,	[m^2]
$A_ü$	nyílászáró teljes felülete	[m^2]
ΣI	adott tájolású felületre jutó átlagos napsugárzás-intenzitás összege nov.1.- márc.31.időszakban,	[W/m^2]
ΣI_t	adott geometriai viszonyokra elvégzett árnyék-számítás (vagy szerkesztés) alapján a felületre ténylegesen jutó átlagos napsugárzás-intenzitás összege nov.1.- márc.31. időszakban.	[W/m^2]

2.2.3. fejezethez :

Q_{1-2}	az F_1 és F_2 felületek között sugárzással kicserélt hő, az F_1 felületnek az F_2-re vonatkozólag;	[W]
Q_{2-1}	az F_2 és F_1 felületek között sugárzással kicserélt hő, az F_2 felületnek az F_1-re vonatkozólag;	[W]
C	a kölcsönös sugárzási együttható;	[-]
ϕ_{1-2}	az F_1 felületnek az F_2 felületre vonatkoztatott közepes besugárzási tényezője;	[-]
ϕ_{2-1}	az F_2 felületnek az F_1 felületre vonatkoztatott közepes besugárzási tényezője	[-]
φ_{1-2}	a besugárzási tényező	[-]
F_E	a dF_2 elem normálisára merőleges emberi testfelület	[m^2]
f_p	az ember felülete, α és β függvényében	[m^2]
F_{eff}	az egyén effektív besugárzott felülete	[m^2]
f_{eff}	viszonyszám, effektív besugárzott felületi tényező	[-]

2.2.4. fejezethez :

A	szoláris azimut az adott órában,	[^{o}]
h	szoláris magasság az adott órában,	[^{o}]
A_F	a homlokzat normálisának az azimutja,	[^{o}]
A_e	a nap effektív azimutja a homlokzat normálisával,	[^{o}]
α	az üvegezés és a homlokzat által bezárt szög [^{o}]	

2.2.5. fejezethez :

E_p	az összesített energetikai jellemző	[kWh / m^2a]
$E_{pmegengedett}$	az összesített energetikai jellemző megengedett legnagyobb értéke	[kWh /m^2a]
A	az épület lehűlő felülete = =(Hasznos fűtött összfelület * 2)	

	+ homlokzat felület	[m^2]
V	fűtött térfogat	[m^3].
bm	belmagasság	[m]
A_N	hasznos fűtött összterület	[m^2]
E_F	A fűtés fajlagos primer energiaigénye	[kWh / m^2a]
E_{HMV}	A melegvíz ellátás primer energia-igénye	[kWh / m^2a]
E_{LT}	Szellőzési rendszerek primer energia-igénye	[kWh / m^2a]
$E_{hü}$	Gépi hűtés primer energia-igénye	[kWh / m^2a]
E_{vil}	A beépített világítás primer energia-igénye	[kWh / m^2a]
q_f	a nettó fűtési energiaigény fajlagos értéke	[kWh / m^2a]
Q_F	a fűtés éves nettó hőenergia igénye	[kWh/a]
σ	szakaszos fűtési üzem hatását fejezi ki,	[-]
q_b	belső hőterhelés fajlagos értéke	[W/m^2]
H	72, az éves fűtési hőfokhíd ezredrésze	[hK/a]
Z_F	4,4, a fűtési idény hosszának az ezredrésze	[h/1000a]
q	a fajlagos hőveszteségtényező	[W/m^3K]
Q_{sd}	direkt sugárzási hőnyereség, vagy hőterhelés	[W]
Q_{sid}	indirekt sugárzási hőnyereség	[W]
q_b	a belső hőterhelés fajlagos értéke	[W/m^3]
A	a felület a belméretek alapján számolva	[m^2]
U	hőátbocsátási tényező	[W/m^2K]
l	csatlakozási élek hossza, vagy kerület	[m]
Ψ	vonalmenti hőátbocsátási tényező az élek, vagy a kerület hosszegységére vonatkozóan	[W/mK]
η_r	a szellőző rendszerbe épített hővisszanyerő hatásfoka	[-]
n	légcsereszám	[1/h]
$A_{ü}$	az üvegezés felülete	[m^2]
I	a napsugárzás intenzitása	[W/m^2]
g	az üvegezés összesített sugárzás-átbocsátó-képessége.	[-]
U_R	a szerkezet eredő hőátbocsátási tényezője	[W / m^2K]
Q_{sd}	a direkt sugárzási nyereség minimális értéke a fűtési idényre	[kWh/a]
ε	hasznosítási tényező az épület hőtároló tömege [kg / m^2] függvényében	[-]
Q_{TOT}	a hagyományos fűtési idényre vonatkozó sugárzási energiahozam	[kWh / m^2a]
U_R	a szerkezet eredő hőátbocsátási tényezője	[W / m^2K]
χ	a hőhidak hatását kifejező korrekciós tényező, a hőhidasság mértékének [fm/m^2] függvényében	[-]
α_i	a belső hőátadási tényező	[W / m^2K]
α_e	a külső hőátadási tényező	[W / m^2K]
d	a réteg vastagsági mérete	[m]

$A_ü$	az üvegezés felülete	[m^2]
A_k	a keret felülete	[m^2]
$U_ü$	az üvegezés hőátbocsátási tényezője	[W / m^2K]
U_k	a keret hőátbocsátási tényezője	[W / m^2K]
$U_{mé}$	az éjszakai, „csukott” állapotú társított szerkezettel ellátott üvegezett szerkezet átlagos hőátbocsátási tényezője	[W / m^2K]
U_{mn}	a nappali, „nyitott” állapotú társított szerkezettel ellátott üvegezett szerkezet átlagos hőátbocsátási tényezője.	[W / m^2K]
Δt_{bm}	a belső és külső hőmérséklet napi átlagos különbsége	[^oC]
$Q_{sdnyár}$	a nyári sugárzási hőterhelés az esetleges társított szerkezet hatásával	[W]
$n_{nyár}$	légcsereszám nyáron	[1/h]
$g_{nyár}$	az üvegezés és a „zárt” társított szerkezet együttesének összesített sugárzást-átbocsátó-képessége	[-]
I	a napsugárzás intenzitása	[W/m^2]

3.1. fejezethez :

e	emisszivitás	[%]

3.2.fejezethez :

M'	egységnyi termikus tömeg a változás periódusában	[Wh/m^3 ^oC]
dT_i	a belső hőmérsékletváltozás differenciálja,	[^oC]
T_e'	külső középhőmérséklet a változás periódusában	[^oC]
T_i	belső középhőmérséklet	[^oC]
G'	egységnyi hőcsere a transzmisszió és szellőzés által a változás periódusa alatt	[W/m^3]
D'	belső energia egységnyi hozama a változás periódusa alatt	[W/m^3]
I'	a sugárzás egységnyi hozama a változás periódusa alatt	[W/m^3]
dT	az idő differenciálja	[h]
ΔT_i	a belső hőmérséklet előrelátható változása a következetesen előforduló és napi ciklusok hatására	[^oC],
ΔT_e	a külső hőmérséklet középértékére vonatkozó előrelátható változás a következetesen előforduló és napi ciklusok hatására	[^oC],
t	a feltételezett időtartam a napi vagy következetesen előforduló változásnál	[h].

4.6. fejezethez :

nach	óránkénti légcsereszám	[1/h]

qv	szellőzési hőveszteség	[W]
vol	térfogat	[m^3]
q	az épület fajlagos hőveszteség értéke	[W/K]
sumQs	a szoláris nyereségek összege	[W]
Qsi	teljes nyereség	[W]
Htg	havi fűtési igény	[Wh]
HC	a fűtőberendezés szükséges kapacitása	[W]
Tmax	maximális hőmérséklet középértéke	[^oC]
Tmin	minimális hőmérséklet középértéke	[^oC]
Tsd	a napi középhőmérsékletek standard eltérése	[K]
RHam	relatív nedvesség-tartalom a reggeli órákra	[%]
RHpm	relatív nedvesség-tartalom a délutáni órákra	[%]
Rain	havi összes csapadék	[mm]
Irad	napi összes besugárzás-átlag a hóra vonatkoztatva vízszintes felületre	[Wh/m^2,nap]

ELŐSZÓ

1981-ben építészmérnöki diplomát szereztem a Budapesti Műszaki Egyetem Építészmérnöki Karán. Mint kutatómérnök dolgoztam az Épületszerkezeti Tanszéken. A kutatásom témája az üveg, mint épületszerkezet, az akkori Orosházi Üveggyárral együttműködésben, 1981-1990.-ig. A Gyár megbízásai alapján laboratóriumi méréseket végeztünk az üvegek fizikai tulajdonságainak meghatározására. A későbbiekben a Guardian Orosházi Üveggyárában a különleges üvegszerkezetekkel kapcsolatos ismereteimet kiegészíthettem a Guardian luxemburgi gyárában, valamint a madridi CIEMAT kutatóintézetnél tett tanulmányutam alkalmával.
A munkám során felismertem az üveg jelentőségét, úgy az épített környezet belső tere állapotjellemzőinek alakításában, mint az épületesztétikai szempontok vonatkozásában.

1. BEVEZETÉS

1.1 A téma jelentősége

A hagyományos energiaforrások fogyatkozó mennyisége, rendelkezésre-állásuk bizonytalansága – hazánk importfüggősége - , áruk folyamatos emelkedése , szükségessé teszi a takarékoskodást az energiával.
Az egyes energiahordozók közül különösen magas az importrészesedés a földgáz- (mintegy 80 százalék) és kôolaj-felhasználásban (csaknem 90 százalék). Emellett az ellátás biztonságában kockázati tényezô a beszerzési források diverzifikáció-jának hiánya, valamint keresleti oldalon a lakossági és kommunális célú földgáz-felhasználás kimagasló és nehezen kiváltható aránya, napjainkban a földgázimport 73,6 százaléka, a kôolajimport teljes egésze orosz forrásból származik.(GKM. Stratégia, 2007)

Az épületek energiafelhasználása (fűtésre, hűtésre, a HMV készítésre, világításra, szellőztetésre, berendezések üzemeltetésére) a teljes energiafelhasználás mintegy 40%-át teszi ki. Ha figyelembe vesszük az iparban lévő hasonló rendeltetésű épületeket is (pl. irodák), ez az arány eléri az 50%-ot is.
Ezen energiafogyasztások csökkentése hatékonyabbá teszik az épületek üzemeltetését. A fűtés és hűtés energiaigényét, - a gépészeti berendezések hatékony működtetésén túl -, építészeti,-**épületszerkezeti** eszközökkel befolyásolhatjuk.
A külső térelhatároló kialakításával a belső tér klimatizálására fordítandó energia mennyísége változik.
Napjainkban ennek az épületszerkezeti alrendszernek egyre nagyobb a jelentősége, hiszen ez választja el a belső teret attól a külső tértől amelyet az egyre szélsőségesebb időjárási viszonyok alakítanak.

Az új előrejelzések, amelyeket az Amerikai Meteorológiai Társaság „Journal of Climate” folyóiratában 2009. júniusában jelentettek meg, 2100-ra a felszíni melegedési valószínűségek középértékét 5,2 Celsius fokra teszik. A 90%-os valószínűségi tartomány 3,5 és 7,4 Celsius fok közé esik. Ez összevethető egy 2003-as vizsgálatban a növekedés előrejelzett, mindössze 2,4 Celsius fokos valószínűségi középértékével

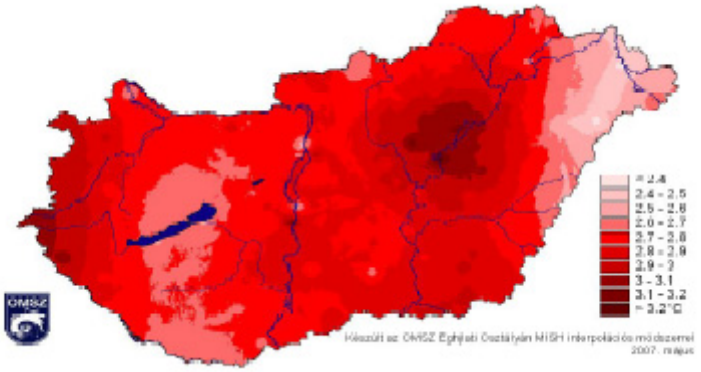
Mivel a járművek több évre tartósak, az épületek és erőművek pedig évtizedekre, ezért fontos, hogy amilyen hamar csak lehet, elkezdjünk alapvető változásokat bevezetni a nemzeti és nemzetközi energia-politika terén. „A kockázatcsökkentés legkisebb költséggel járó változata az, hogy most elkezdjük, és folyamatosan átalakítjuk a globális energiarendszert a jövő évtizedekben, alacsony, vagy nulla üvegházgáz kibocsátású technológiákra.” (ScienceDaily, 2009. május 20.)

A külső térelhatárolók épületszerkezeti funkciója többek között az, hogy a téli ill. nyári szélsőséges időjárási viszonyoktól védje a belső teret. Felépítése, mérete, tájolása, épületben elfoglalt helyzete hat a belső tér energetikai viszonyaira.
A tömör és átlátszó kialakítású térelhatárolók aránya is jelentős szempont ebben a tekintetben.
Napjainkban az építészet törekszik a nagyobb üvegfelületekre, esztétikai ill. vizuális kapcsolat szempontjából is.
A hagyományos üvegfelületek viszont energetikai szempontból az épületek gyenge pontjainak tekinthetők.
Az üveg külső térelhatárolók szerkezeti felépítésének célirányos-energiatudatos – változtatása előtérbe kerül.
Az értekezés ezen szerkezetek vizsgálatával foglalkozik, különös tekintettel arra, hogy a spektrális tulajdonságaik miként befolyásolják az épület belső terének energetikai és komfort viszonyait.
A munka jelentőségét alátámasztja az a tény is, hogy az üveg külső térelhatárolók energia-szempontú vizsgálata elkerülhetetlen és szükséges az építészeti, épületgépészeti, energetikai tervezés szempontjából.

Előtérbe kell kerüljön a passzív-ház technológiával és az alacsony energia-igényű házak tervezése és felújítása.
E tényre szükséges alapozni az iparág termék- és technológia-fejlesztési programját, tevékenységét.

A lakásállomány közel 40%-a már üvegházhatású gáz-kibocsátás nélkül fog működni. A nem-passzív technológiával készült házak kibocsátása is 75%-ban csökken.

Az 1. ábrán egyértelműen látszik,hogy az utóbbi három évtized során (1975-2004) a napi maximum-hőmérséklet drámai mértékben, 2-3 Celsius fokkal emelkedett. A vizsgálati eredményekből az éves csapadék-mennyiség csökkenő tendenciája is egyértelmű.

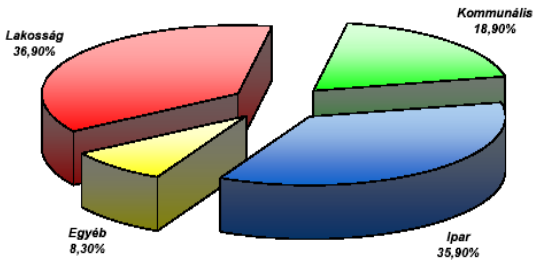


1. ábra A nyári maximumhőmérséklet változása 1975-2004 (Forrás: OMSZ) (NÉS 2008-2025. 2008)

A környezeti szennyezőanyagok fokozódó mennyiségének jelenléte a légkörben - azon túl, hogy a globális éghajlatváltozás előidézői – komoly gondokat okoznak a mérnöki műtárgyakban, épületszerkezetekben is, amelyek ezen anyagokkal akár gáz, folyékony, szilárd állapotúakkal érintkeznek. Ennek hatásait, és szerkezeti betonokra vonatkozó károsító folyamatait vizsgálta a BME Építőanyagok és Geológiai Tanszéke. (Balázs György et al, 2008)
Egyik jellemző érték ezekre a hatásokra a laboratóriumi vizsgálatok során tapasztaltak, miszerint a légszennyező anyagok okozta kémiai átalakulások hatása a CaO/SiO_2 arány változásában is megnyilvánul. A laboratóriumban tárolt próbatestek külső kérgében ez az arány 3,2-3,6 közötti, ugyanakkor SO_2 kezelés hatására 16,9 ; CO_2 hatására 14 körüli; míg NO_2 hatására csak maximum 6,6 volt.
Ebből is kitűnik, hogy a fűtésre használt fosszilis energiák mellőzése, és így a szennyezőanyagok csökkentése szerkezeti szempontból is nagy jelentőséggel bír.
(Csányi Erika, Balázs György, 2008)

MAGYARORSZÁG ENERGIAPOLITIKÁJA 2007-2020 között a Magyar Köztársaság Kormánya javaslata alapján (Országgyűlési határozati javaslat, 2007): a fenntartható fejlődés környezet- és természetvédelmi és gazdasági céljai prioritási sorrendben:
- az energiafelhasználás csökkentése (energiatakarékosság, az energiatermelés hatásfokának javítása, az energiafelhasználás hatékonyságának növelése),
- a megújuló energiaforrások arányának növelése,
- a biológiai sokszínűség megőrzésével összeegyeztethető energiapolitika
- környezet- és természetbarát technológiák fokozatos bevezetése

Az 2. ábra szemléletesen ábrázolja, hogy az egyes szektorok az összenergia-felhasználásból milyen arányban részesülnek. A nemzetgazdasági szintű energiafelhasználáson belül a legnagyobb súlyt a lakosság (36,9%), illetve az ipari szektor (35,9%) képviseli.
Ezért az építőiparon belül is kiemelten fontos az energetikai problémák megfelelő kezelése.



2. ábra Nemzetgazdasági szintű energiafelhasználás megoszlása a 2008-2020 időszakra vonatkozó energiapolitikai koncepció alapjául szolgáló felmérés (%)
(Országgyűlési határozati javaslat, 2007)

Az első energia válság után az 1980-as évek elején, amikor az energiaszolgáltatás korlátozott volt az első jelentős energiaár növekedés miatt, az épített környezet külső térelhatárolóinak a fejlesztése is fontos kutatási terület lett.
A stratégia két részre bontható :

1.) a hatékony energia átalakítási technológiára, hogy maximalizálják az energiaforrás-átalakítást megfelelő formára,
2.) **a környezetnek leadott energiaveszteségek csökkentése**

Mivel az ember az életvitele során egyre nagyobb igényt támaszt az energiára,- különösen az esetleg még szélsőségesebbé váló időjárásra is tekintettel,- nagy jelentőséggel bírnak azok a külső térelhatároló szerkezetek, amelyek lehetővé teszik a kisebb energiaigénnyel biztosítható belső terek kialakítását.
Ha visszapillantunk az emberiség történetére és figyelembevesszük, hogy milyen hatalmas a fejlődés a barlanglakásoktól, a középkor kis ablaknyílásokkal létrehozott épületeiig, vagy a vastagfalú kis ablakú- vidéken ma is megtalálható- „energiatakarékos" házakig, láthatjuk, hogy a megfelelő belső hőkomfortot biztosító szerkezetek létrehozására törekedtek mindvégig.

Nem tudhatjuk pontosan, hol és mikor készítettek először üveget. Feltételezhető, hogy először a bronzkorban, Kr.e. 3000 körül Mezopotámiában.
Az első egyiptomi üvegleletek Kr. e. 2500 körüli időből valók. Ezek a leletek még vulkáni üvegekből készültek

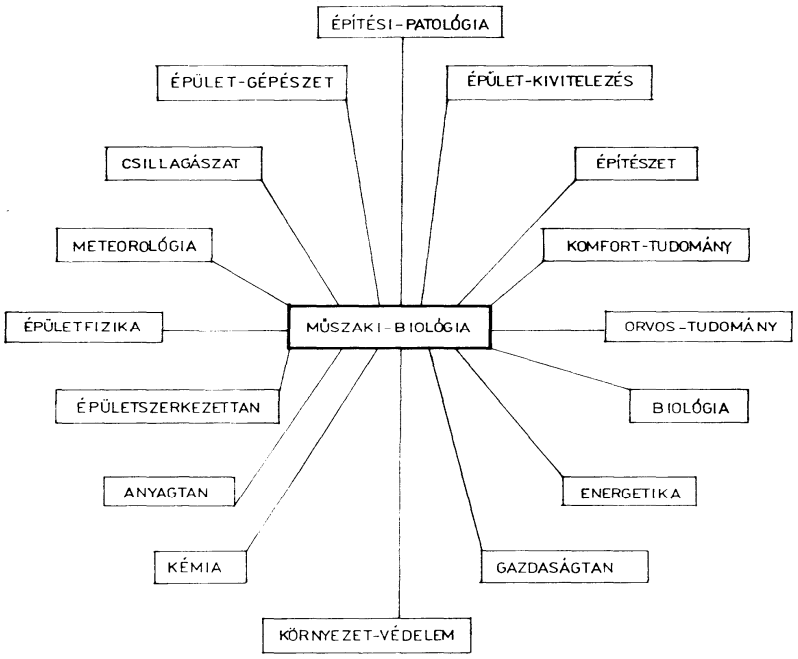
Az üveg, és ezzel együtt az ablak történetében -. a kézművességtől a gyártósorokig - az egyik kulcsszereplő Otto Schott (1851-1935) német tudós volt, aki tudományos módszerekkel tanulmányozta az üveg hő hatására változó kémiai és optikai tulajdonságait. Majd 1902. március 25-én Irving Wightman Colburn (1861-1917) szabadalmaztatta az ablaküveggyártást elősegítő gépét. (Gourmandnet, 2009)

A modern kor emberének megnőtt az igénye a jól megvilágított, napfényes, de energiatakarékos belső terek iránt, ezért a fejlődés és fejlesztés iránya a korszerű üvegszerkezetek – ökoépítészeti üvegszerkezetek - felé fordult. A fejlesztés nagyívű, és rövid idő alatt, a hőátbocsátási tényező a 2,8 W/m^2K-ről a 0,6 W/m^2K –re csökkent. Ez lehetővé teszi az energiatakarékos, ám a komfortigényeket is kielégítő nagyméretű üvegfelületek beépítését, amely az igényelt bevilágításon túl, összekapcsolja a belső teret, a természeti környezettel, így vizuális élményével a lélektani állapotra pozitívan hat.
Hasonlóan a természeti környezetet kapcsolja össze a belső lakótérrel a kapcsolt télikertek kialakítása, amely egyben a hőnyereség eszköze is a passzív napenergia felhasználása révén.

Mivel a lakosság energiafelhasználása a háztartásokban az alábbiak szerint oszlik meg:
- fűtés, hűtés, szellőzés

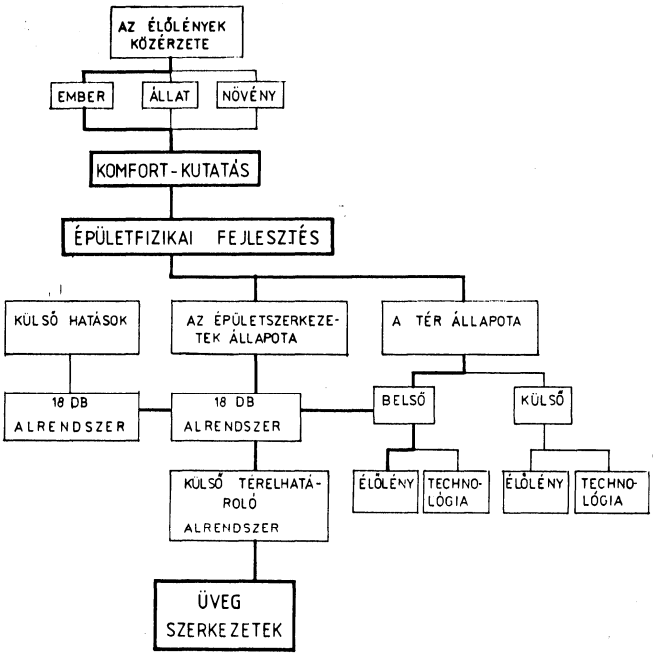
- világítás
- háztartási melegvízszükséglet
- háztartási gépek üzemeltetése ,

láthatjuk, hogy a minél kisebb energiaveszteséget okozó épülethatároló szerkezetek igen nagy fontossággal bírnak.
E tényre is szükséges alapozni az iparág termék- és technológia-fejlesztési programját, tevékenységét. A Guardian Orosházi Üveggyára felkészült erre a kihívásra, azzal, hogy üzembe-állította a bevonósorát, amellyel különböző fizikai tulajdonságú üvegtermékeket képes gyártani, az igényeknek megfelelően.
Fontos a jelenlegi és a várható igény megfelelő megitélése, mely különböző vizsgálat alapján határozható meg. Ezen vizsgálatoknak arra kell összpontosítaniuk, hogy a termék - jelen esetben az építőipari ill. üvegipari termék - az alkalmazása során miként hatott, hat, ill. milyen hatása lesz a használójára, elsősorban az emberre.
A kérdéskőr igen átfogó és több tudomány-, ill. szakágat érint, melyet összefoglaló néven "műszaki biológiának" nevezhetünk, és a kapcsolatrendszerét a 3.ábra szemlélteti.



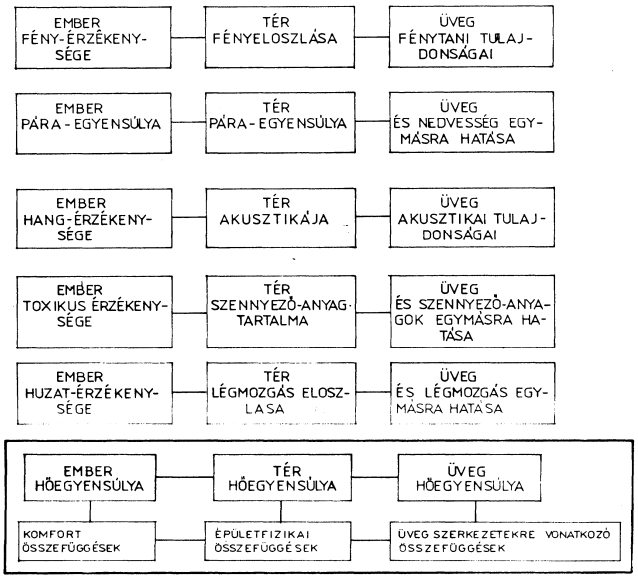
3.ábra A műszaki biológia kapcsolatos tudományágai és szakágai.

Jelen értekezés a fejezeteiben utal ezen tudomány-, ill. szakágakra és azok egyes eszközeit, ismereteit felhasználja a téma kidolgozásánál. Az értekezés tárgyát lehatároló diagram (4.ábra) a tárgyi témát helyezi el a hozzá legközelebb álló kapcsolat-rendszerbe.



4.ábra A téma tárgyának diagramja.

A téma még mindig igen széleskörű vizsgálatokat igényel az élő szervezet -tér-üveg különböző környezeti hatásai vonatkozásában (5.ábra), de végső soron a jelen értekezés ezeken belül a hőegyensúlyi problémákat tárgyalja.



5. ábra Az ember, tér, üveg különböző környezeti hatásai.

1.2. A kitűzött célok

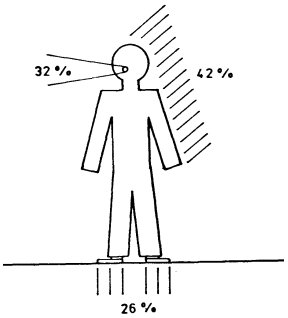
Az üveg külső térelhatárolók megfelelő alkalmazása jelentősen befolyásolja az épületek energetikai hatékonyságát.

Ezért célom az értekezéssel, hogy
- elemezzem a témában a nemzetközi és hazai kutatások terén elért eredményeket,
- a meglévő – az üveg építőanyagban, szerkezetben rejlő- lehetőségeinket feltárjam, valamint
- az üveg-energia kapcsolatrendszerben az összefüggéseket kiderítsem.

Az új tudományos eredmények kidolgozása érdekében a kitűzött célok :

1. Azon különleges **üvegszerkezetek irodalmi rendszerezése**, amelyek spektrális optikai tulajdonság-változásaival lehetővé teszik a belső tér hőegyensúlyának a javítását.
Kimutatni, hogy az üveg spektrális tulajdonságára vezethető vissza hőfizikai teljesítőképességének hatása a belső tér energetikai viszonyaira.

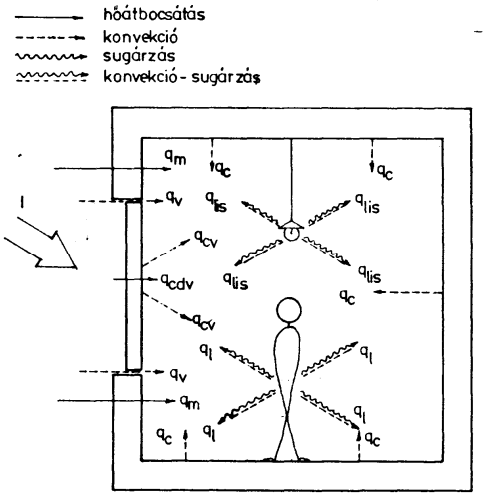
A célom megértéséhez szükségesnek tartom:
* ismertetni:
- az ember komfortigényének követelményrendszerét,- az emberi szervezet viselkedésének függvényében –anyagcseréjük folyamán – tevékenységük, környezeti hatások, egészségi állapotuk és koruk függvényében; (6. ábra)



6. ábra Az emberi szervezet hőháztartása (Neufert, 1971)

-a humánkomfort követelményei kielégítésének feltételeit;
-a vonatkozó belföldi és külföldi kutatások eredményeit;
-az ember épített környezetét érő hatásokat;
-a hatásokat befolyásoló tényezőket :
hőtechnikai és energetikai kapcsolatrendszert,
ökoépítészeti üvegszerkezetek energetikai szempontból lényeges jellemzőit,
a hazai és nemzetközi kutatások vizsgálati módszereit.

* bemutatni a belső tér hőfizikai állapotának kialakulásában szerepet játszó humán hőleadást, a metabolikus hő jelentőségét, tekintettel a nagy-létszámú belső térre. (7. ábra)



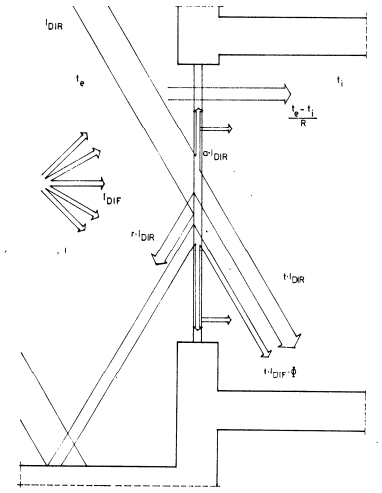
q_l	= emberek hőleadása
q_v	= szellőzési hőveszteség
q_{lis}	= világítási hőnyereség
q_{cdv}	= ablakon keresztüli hővezetéssel bejutó hőmennyiség
q_c	= a belső falak hőátadása
q_{cv}	= az ablak hőátadása
q_m	= külső falak hőátbocsátása

7. ábra A helyiségre vonatkozó energia-mérleg

- bemutatni az ember épített környezetét érő hatásokat, az **épületfizikai** jelenségeket és kapcsolatrendszereket:
  a hőkomfort egyenleteknek az épületfizikai- és energetikai-összefüggésekkel való összekapcsolását, - a belső hőterhelésbe az **élőlények hőtermelésének** beszámításával.

Bizonyítani, hogy a megfelelően választott, ill. tervezett üvegszerkezetek lényeges energia-megtakarítást eredményeznek, az igényelt hőkomfort biztosítása mellett.

Vonatkozóan célom bemutatni azokat az üvegszerkezeteket, amelyekkel módosítani lehet az igényeknek megfelelően, - a várható szélsőséges időjárási viszonyok esetén- a belső tér hőállapotát, ismertetni a különböző gyártási technológiákkal elérhető előnyös viselkedést. (8. ábra)



8. ábra Az üvegszerkezeten át bejutó hőterhelés (Gábor, Zöld, 1981)

Továbbiakban célom, hogy :

- A szabványok és a vonatkozó szakirodalmak alapján elemezzem az épített környezetet leíró hőtechnikai, energetikai kapcsolatrendszert.
- Az ökoépítészeti üvegszerkezetek energetikai szempontból lényeges jellemzőit feltárjam
- A hazai és nemzetközi kutatásoknál alkalmazott vonatkozó vizsgálati módszerek áttekintése során a végzett méréseket, eredményeket bemutassam
- Ismertetni a nemzetközi használatban lévő szimulációs modellek alkalmazását és annak módját a különböző kívánt belső tér hőfizikai problémakörére.

2. Elvégezni azokat a méréseket, amelyek eredményei az üvegszerkezetek kívánt spektrális viselkedését igazolják.

Ezen méréseim célja bemutatni, hogy milyen lehetőségek rejlenek egy bevonatos egy vagy kétrétegű üvegszerkezetek beépítése esetében az energia megtakarítás vonatkozásában.

3. A spektrális mérésekből kapott adatsorból képezni olyan összefüggéseket, amely jellemzők pontosabb képet nyújtanak az egy ill. többrétegű szerkezetek energetikai viselkedésére.

4. Egy komplex szimulációs modellel, - a mérések során vizsgált üvegszerkezetek számított jellemzőivel – hazai viszonyokra is igazolni a szerkezetek energetikai viselkedését.

5. Kidolgozni egy szimulációs modellt, amely a vizsgált térelhatároló szerkezetek tulajdonságainak figyelembevételével és az energetikai paraméterek meghatározásán túl a belső térben tartózkodók komfort- érzetére is jellemző értéket határoz meg.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az irodalom feldolgozásnál azt a gondolatmenetet követtem, hogy rámutasson az üvegszerkezetek kiemelt fontosságára, annak épületszerkezeti jelentőségére épületfizikai tulajdonságainak köszönhetően, energetikai, esztétikai szerepére az emberi komfortérzet maximális energiatakarékos kielégítése mellett.

A téma kidolgozásához és az értekezésben megfogalmazott célok eléréséhez a hazai és nemzetközi szakirodalomból azok az alapvető ismeretek szükségesek, amelyek
- kiindulópontjai lehetnek a komfort és energetikai számításoknak,
- alapadatokat nyújtanak a követelmények meghatározásához,.

Ennek megfelelően, - a vizsgálandó épületek rendeltetésének megfelelő - az emberi hőkomfort feltételek elemzésének elméleti megközelítéseit kell áttekinteni, valamint az aktuális energetikai szabványok és előírások számításait és követelmény-rendszerét.

2.1 Az ember hőkomfort követelmény-rendszere

2.1.1. Az ember komfort-követelményei

Az ember komfort-érzete jelzi, hogy érzékszerveivel ill. idegrendszerével, egészségi állapotával hogy reagál a környezetéből érkező hatásokra.
Az ember állapotát részben az adott pillanatban a környezettől független tényezők (életkor, nem, egészségi állapot, öltözet) ill. a környezeti hatásoktól függő tényezők (hőmérséklet, páratartalom, légsebesség, légnyomás, zaj, fény) határozzák meg. Fontos mindezen tényezők időbeni eloszlása (statikus ill.dinamikus hatása). Ezen hatások sohasem külön-külön, hanem részben együttesen lépnek fel különböző környezeti állapotot teremtve.(Az azonos hatások összeadódhatnak.)
Mindezen hatásokra az ember szervezetének a reakciója különböző, az egyén szervezetének paraméterei, állapota szerint.

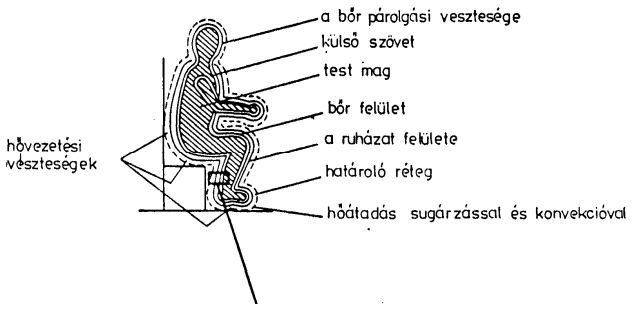
Tehát jellemzőik figyelembevételével az emberi test, mint biológiai rendszer a hatásokra különbözőképpen reagál. Ezen reakciókat különböző vizsgálatokkal lehet regisztrálni. A vizsgálatok kiterjednek a hőmérséklet, bőrhőmérséklet, vérnyomás, pulzusszám, verejtékezés, oxigénfogyasztás, mint fiziológiai jellemzők; valamint a különböző pszichés teljesítőképesség- vizsgálatokra. Ezek jórészt műszeres ill. teszt-jellegű vizsgálatok. A különböző laboratóriumok vizsgálatainak eredményeit diagramok és táblázatok foglalják össze, melyek az adatok számítógépes feldolgozásainak eredményei.
Az orvosi tudományok szerint megadhatóak azok a határértékek, intervallumok, amelyeknél e tényezők értékei elfogadhatóak, tehát egészségügyi és komfort szempontjából a követelményeket kielégítik.

2.1.1.1 A hőmérsékleti humán-komfort tényezők

Az emberi test annyi energiát ad le, amennyi a munka ill.tevékenység jellegének ill. intenzitása fokának megfelel. Ez az energia az élelmiszer oxidációjából származik. Egy része felhasználásra kerül a metabolikus szükségletek azonnali kielégítésére, más része a testben elraktározódik, míg egy további része hő formájában felszabadul a környezetbe annak érdekében, hogy a vér majdnem azonos hőmérsékleten maradhasson. A hőátadás a test és a környezet között sugárzással, konvekcióval, hővezetéssel és párolgással történik. Ezek a folyamatok a test felületi hőmérsékletétől, a bőr és a levegő közötti páranyomástól, a test körüli légsebességtől, testtartástól, ruházattól és az alany felületétől függnek.

2.1.1.2. Az emberi test reakciói

Humphreys (1970) az állandósult-állapotú hőcsere figyelembevételére az emberi test és környezete között leírt egy egyszerű módot, mely magába foglalja a különböző metabolikus értékek és a ruházat jelentőségének a hatását. A 9.ábra foglalja össze a hőcsere-folyamat rendszerét.



9.ábra Az emberi test hőcsere-folyamatainak rendszere.
(Croome,D.J.; Roberts, B.M., 1981)

A test maghőmérséklete kismértékkel emelkedik a metabolikus érték (anyagcsere) növekedésével, de ez nem függ a környezet hőmérsékletétől, pl. ha a komfort-feltételeket vesszük figyelembe.
Humphreys szerint a bőrszövet hőellenállása : 0,04 m^2 $^oC/W$ < Rs<0,09 m^2 $^oC/W$ embereknél nyugateurópai klímán.
A metabolikus érték: M, a tevékenység fokával növekszik. Newburgh (1949) adja meg a vonatkozó értékeket az 1. táblázatban.
A ruházat hőellenállását a "clo" mértékegység fejezi ki. 1 clo = 0,155 $m^2$$^oC/W$ ellenállással. A 2. táblázat a clo értékek számításba vehető tipikus tartományait mutatja.

1. táblázat A metabolikus értékek (Croome,D.J.; Roberts, B.M., 1981)

Tevékenység	**Metabolikus érték** (W/m2)*
alvás és emésztés	47
fekvés és emésztés	53
ülő helyzet	59
álló helyzet	71
járkálás (2,5 km/h)	107
sétálás (4,2 km/h)	154

* A test felülete: A, a test súlyának, W (kg), és a test magasságának, H (m) függvényében számítható.

Du Bois (1916) szerint : $\mathbf{A= W^{0,425}H^{0,725}0,2024\ (m^2)}$

A test effektív felülete a Du Bois értékének 0,8-szorosa hozzávetőlegesen.

2.táblázat A clo értékek a különböző ruházatok esetében (Croome.D.J.; Roberts, B.M., 1981)

A ruházat leírása	**clo érték**
Normál utcai ruházat	1,0 (=0,155 $m^2{}^oC/W$)
Normál utcai téli ruházat	1,5 - 2,0
Sarkvidéki ruházat	4,0

A felület hőellenállása, **R**, kifejezhető a konvekciós-hőátadási együtthatóval: h_c, és a sugárzási-hőátadási együtthatóval: h_r az alábbiak szerint:

Teljes hőátadás : $h_c + h_r$

Hőátadási ellenállás : $R = 1/(h_c + h_r)$

A h_c ill. h_r értékek értelmezése:

$h_c=13(v)^{0,5}$ W/ $m^2{}^oC$, ahol: v (m/sec) a vizsgált személyhez viszonyított átlagos légsebesség.

Nagy légsebességeknél $R \rightarrow 0$-hoz,

míg kis légsebességeknél (v~0,1 m/sec) az $R \rightarrow 0,1$-hez.

A h_r= 4,7 W/ $m^2{}^oC$, (melyhez 0,9-es emissziós tényező tartozik, a 17-27 ^oC közötti tartományban.)

Így három egyenlet írható fel:

a./ hőtranszfer a testmag és a bőr között:

$$M = (\Theta_b - \Theta_s)/R_s \quad W/m^2 \qquad (2.1)$$

R_s = a bőrfelület hőellenállása

b./ hőtranszfer a ruházaton keresztül, feltételezve a bőrről elpárolgó [(1-k)M] hányadot:

$$kM = (\Theta_s - \overline{\Theta}_c)/R_c \qquad (2.2)$$

ahol: $\overline{\Theta}_c$ = a súlyozott átlagos felületi hőmérséklete a ruházatnak és a szabadon-maradó bőrfelületnek.

Θ_b = testmag-hőmérséklet
Θ_s = bőrhőmérséklet
R_c = a ruházat hőellenállása

McNall és munkatársai a k értékére az alábbiakat adják meg:

$0,7 \leq k \leq 0,75$ pihenő személy esetén és
$k = 0,6$ aktív ember esetén a hőkomfort tartományában.

Párolgó hőtranszfer jön létre izzadással és "alig észrevehető" verejtékezéssel. Ez utóbbi jelöli azt, amikor a víz izzadás nélkül távozik a bőrről és egy ozmotikus folyamatot mutat.
Aktív izzadás nélkül egy átlag személy kb. 12 W/m2 hőt veszít a test felületéről, elpárologtatva a nedvesség felét a légzőszerveken keresztül, a másik felét az u.n. "alig észrevehető" verejtékezéssel. 28 C^o felett a párolgási hőveszteség,- melyet az izzadás okoz,- gyorsan növekszik a környezet hőmérsékletével.

c./ Hőtranszfer a testről (részben ruhával fedett, részben ruhátlan felületek esetén) a környezetbe:

$$kM = h_c(\overline{\Theta}_c-\Theta)+h_r(\overline{\Theta}_c-\Theta_m)+C \qquad (2.3)$$

ahol:
Θ = a léghőmérséklet,
Θ_m= a sugárzási hőmérséklet középértéke és
C = a hőátadással létrejött energia-transzfer (vagyis a láb és a padló, a test és a bútor között).

Elhagyva a hőátadást, C-t, a (2.3) egyenlet az alábbi formára rendezhető:

$$kM/(h_c+h_r) = \overline{\Theta}_c-[(h_c\Theta +h_r\Theta_m)/(h_c+h_r)]$$

A legutolsó tag ebben az egyenletben megegyezik a **gömbhőmérséklettel**, Θ_g, így:

$$kMR = \overline{\Theta}_c-\Theta_g \qquad (2.4)$$

Összegezve a (2.1), (2.2) és (2.4)-es egyenleteket, adódik:
$M(R_s+kR_c+kR) = (\Theta_b-\Theta_s)+(\Theta_s-\overline{\Theta}_c)+(\overline{\Theta}_c-\Theta_g)$ ahol: R= a felület hőellenállása $R= 1/(h_c+h_r)$
ebből:

$$\boldsymbol{\Theta_g = \Theta_b-M[R_s+k(R_c+R)]} \qquad (2.5)$$

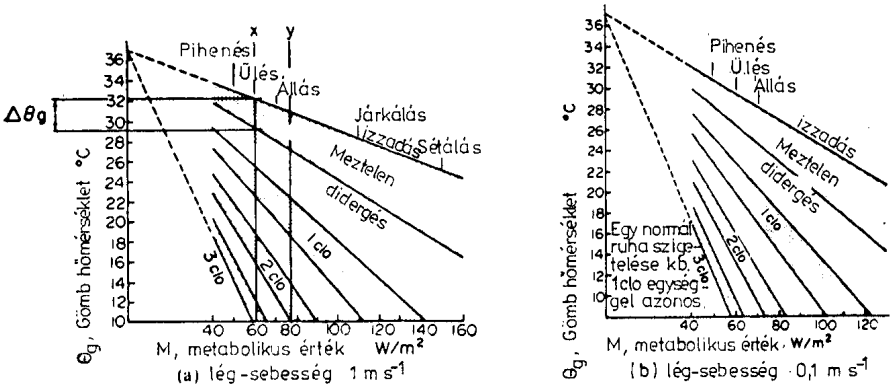
gömbhőmérséklet

Felhasználva:

$\Theta_b = 37^oC$; $k = 0,7$; $R_S = 0,04 \longrightarrow 0,09\ m^{2o}C/W$
$R = 0,113\ m^{2o}C/W$ a 0,1 m/sec légsebességre és
$R = 0,0565\ m^{2o}C/W$ az 1,0 m/sec légsebességre;
akkor:

$$\boldsymbol{\Theta_g = 37-M[(0,04 \longrightarrow 0,09)+0,7(R_c+R)]} \qquad (2.6)$$

A (2.6) egyenlet grafikus ábrázolása a 10.ábrán található.



10 .ábra Az egyenlet grafikus ábrázolása. (Croome, D.J.; Roberts, B.M., 1981)

A gömbhőmérséklet egy bizonyos tartománya egy adott helyzetre, alkalmazható a hőkomfort jelölésére. (A $\Delta\Theta_g$ jelöli a gömbhőmérséklet elfogadható tartományát)

(Vernon /1932/ készítette a gömbalakú, elsősorban eredő hőmérsékletek mérésére a 15,7 cm átmérőjű feketére festett üreges rézgömböt, amelynek belsejébe higanyos hőmérő nyúlik. Ezzel a gömbhőmérsékletet /„t_g"/ az alábbi hőtani feltételezés alapján állapítjuk meg:

$\alpha_s F(t_F-t_g) \sim \alpha_c F(t_g-t_l)$

ahol: F a környező felület

t_F a környező felület hőmérséklete

t_l a levegő hőmérséklete

t_g a gömbhőmérséklet

ha $\alpha_s \sim \alpha_c$

akkor: $t_g \sim (t_l + t_F) / 2 \sim t_{ks}$)

A hőérzet azonban több más tényezőtől is függ:

a./ fiziológiai reakciók, u.m. a bőrhőmérséklet, verejtékezési értékek jelentősége a komfort tartományban nem meghatározók az egyén és a környezete közötti egymásrahatás vonatkozásában. De ezek hasznosak azon feszültségek megitélésére, melyeket tűrhetetlen körülmények okoznak, és amelyek fiziológiai károsodáshoz is vezethetnek.

b./ Relatív nedvesség-tartalom, légmozgás és gömbhőmérséklet.

c./ A test különböző részei különbözőképpen reagálnak a környezet léghőmérsékletére.
(Pl.: a homlok felületi hőmérséklete keveset változik a környezet léghőmérséklettel, míg a láb igen érzékeny a környező léghőmérséklet-változásra.)
Ebből következik, hogy a tér hőmérséklet-eloszlása igen lényeges tényező a környezeti rendszerek tervezésekor.

Fanger vezette be a várható hőérzeti értéket, a **PMV**-mutatót. E mutató segít megitélni az alanyok hőérzetét a tevékenységi szint, clo-érték, levegő- és sugárzó-

hőmérséklet, relatív légsebesség és páranyomás függvényeként.

2.1.1.3. Az emberi hőérzet különböző klimatikus területeken

Bár a komfort koncepcióját hangsulyozó alapvető elképzelések univerzálisan érvényesek, azonban a választott tényleges tervezési értékek a hőmérsékletre, légmozgásra, relatív nedvesség-tartalomra és a környezeti tényezők osztályozása egészen különbözők lehetnek az országok klímájától függően.
A meleg-égövi országokban az elfogadható gömbhőmérséklet középértéke a 31-38 ^{o}C, míg az Egyesült Királyságban alacsonyabb tartomány, 18-23 ^{o}C a követelmény.

2.1.2. Az ember termikus környezete

Az Európai Szabvány, (CEN/TC 156/WG6, 1998) is, a belső tér tervezési kritériumaival foglalkozik és a környezet-minőség különböző szintjeit határozza meg.
A belső környezet-minőséget ki lehet fejezni azzal, hogy az mennyire elégíti ki a humán igényeket.

2.1.2.1. Meghatározások

- **Ruházat szigetelése (I_{clo}):** a ruházatnak az érzékelhető hőtranszferrel szembeni ellenállása. Ez jelenti a bőrtől a ruházat külső felületéig a szigetelési értékét, mely nem tartalmazza a felöltözött test körüli levegő-réteg-ellenállást. Mértékegysége: clo vagy $m^2{}^{o}C/W$ és 1 clo = 0,155 $m^2{}^{o}C/W$
- **Huzat:** a test nem kívánt helyi lehülése, melyet a légmozgás okoz.
- **Relatív légnedvesség**: a levegőben jelen lévő vízpára molekuláris frakciójának és a telített levegőben jelen lévő vízpára molekuláris frakciójának aránya, azonos hőmérsékleten és barometrikus nyomáson. Ez hozzávetőlegesen azonos a levegőben lévő vízpára parciális nyomásának (vagy sűrűségének) és a vízpára telítési nyomásának (vagy sűrűségének) az arányával, azonos hőmérsékleten.
- **Metabolikus érték** (M): a test energia-termelésének értéke. A metabolikus érték változik az aktivitással. Mértékegysége a "met" egység, vagy W/m^2, 1 met = 58,2 W/m^2 1 met a pihenő mozdulatlan személy felületegységnyi energia termelése. Egy átlagos személy felülete ~1,8 m^2.
- **Léghőmérséklet (t_a):** a térben tartózkodó embert körülvevő levegő hőmérséklete.
- **Operatív hőmérséklet (t_o):** A zárt térben a levegő száraz hőmérsékletének és a felületek közepes sugárzási hőmérsékletének a konvektív és sugárzási hőátadási tényezőkkel súlyozott átlaga,
- **Az operatív hőmérséklet optimuma:** az az operatív hőmérséklet, amely adott ruházat és aktivitás esetén a legtöbb személynek megfelel.
- **Függőleges levegő-hőmérséklet-különbség**: egy mozdulatlan ülő személy fejénél és bokájánál a levegő hőmérsékletének a különbsége. (a padló felett 1,1

m-re és 0,1 m-re)
- **Hőkomfort:** az a fogalom, mely kifejezi a termikus környezettel szembeni elégedettséget.
- **Termikus környezet:** a környezetnek az a jellemzője, amely hatással van az emberi test hőcseréjére.
- **Idő-állandó:** egy mérő-érzékelő azon időtartama, amelynél egy változás-lépcső után beáll a végleges érték 63 %-ára.
- **Turbulencia-intenzitás (Tu):** a légsebesség standard eltérésének és a légsebesség középértékének aránya.
- **Relatív légsebesség (V_{ar}):** a benttartózkodó emberhez viszonyított légsebesség, beleértve a test mozgását is.
- **Ventiláció**: levegő befúvás a térbe és elszívás a térből, a levegő-minőség javítása érdekében.
- **Tartózkodási zóna:** az emberi tartózkodásra tervezett térrész. Általában úgy értelmezett, hogy a padló és a padló felett 180 cm-re levő sík között, valamint úgy, hogy 60 cm-re a falaktól és a rögzített légkondicionáló berendezésektől.

2.1.2.2. A termikus mutatók

A termikus környezet tervezési kritériuma a ISO 7730 szabványon alapul, mely szerint az emberi reagálás a termikus környezetre a **PMV** és **PPD** mutatókkal (Fanger) fejezhető ki, melyek a benttartózkodók azon %-át becsüli, akik a testükkel túl hideget, vagy túl meleget éreznek.
Az emberi reagálást azon benttartózkodók %-ával is ki lehet fejezni, akik a becslések szerint elégedetlenek lesznek a helyi termikus diszkomfort különböző típusai miatt. Ezt a diszkomfortot okozhatja: huzat, egy nem normális (szokatlan) nagy függőleges hőmérséklet-különbség, túl meleg vagy túl hideg padló, vagy egy túl nagy sugárzási aszimmetria.

A **PMV** (Predicted mean vote = várható hőérzeti érték) az a mutató, amely becslést ad egy csoport termikus érzékelése szavazatainak középértékéről, az alábbi 7-pontos skála szerint:

+ 3 forró
+ 2 meleg
+ 1 kellemesen meleg
0 semleges
- 1 kellemesen hűvös
- 2 hűvös
- 3 hideg

A PMV hat paramétertől függ:
- a benttartózkodó ember fizikai aktivitásától (metabolikus érték),
- a ruházatának hőellenállásától,

valamint a környezeti paraméterek közül:
- a léghőmérséklettől,
- a sugárzó hőmérséklet középértékétől,
- a légsebességtől és
- a parciális páranyomástól.

A **PMV** az **emberi test hőegyensúlyán** alapszik.
Az ember hőegyensúlyban van, ha a test belső hőtermelése azonos a környezetbe leadott hőveszteségével. Ez az egyensúly a szokásos módokon hozható létre pl. megfelelő ruházattal és tevékenységgel. Ezen túlmenően az ember hőszabályozó rendszere, szokványos környezet esetén automatikusan módosítani igyekszik a bőr hőmérsékletét,valamint az izzadással is a hőegyensúlyt beállítani.
A PMV mutatót, a hőszabályozó rendszer fiziológiai válaszát, azon hőérzeti szavazatok statisztikai módszerével határozták meg, melyeket több mint 1300 alanytól gyűjtöttek, akik laboratóriumi vizsgálatokon vettek részt.
A metabolikus értékekre és a ruházat termikus ellenállásának tipikus alkalmazási értékeire táblázatok adnak adatokat. (M.3. F- 1. és 2.)

A **PPD** mutató (a kedvezőtlen hőérzet várható százalékos valószinűsége) becslést ad egy megfigyelt csoport azon százalékára, akik a hőkörnyezettel elégedetlenek (túl melegük van vagy túlságosan fáznak).
A nemzetközi kutatások eddigi javaslatai szerint, a PPD megengedett értékei: az USA-ban 20-10 %, a Skandináv országokban 10 % és Magyarországon 20 %.

2.1.2.3. A termikus környezet minőségi kategóriái a helyi termikus diszkomfort eseteinél

A PMV és PPD mutatók kifejezhetnek meleg és hideg diszkomfortot az egész test vonatkozásában. De a termikus elégedetlenséget okozhatja nem kívánt lehülés vagy felmelegedés a test valamely részén (helyi diszkomfort).
A legszokásosabb oka a helyi diszkomfortnak az aszimmetrikus sugárzás, de helyi termikus diszkomfortot okozhat egy szokatlan nagy függőleges hőmérséklet-különbség a fej és a boka között, a túl meleg vagy túl hideg padló, ill. a huzat. Lásd: 3. táblázat

3. táblázat Diszkomfort-tényezők különböző elégedetlenségi kategoriák esetében (CEN/TC 156/WG6, 1998)

Kate-go-ria	A test egészének hőállapota		Helyi diszkomfort			
	Az elégedetlenek százalékos értéke **PPD**	Várható hőérzeti érték, **PMV**	Elégedetlenek százalékos értéke huzat esetén,**DR %**	Vertikális hőmérséklet különbség %	Meleg, vagy hideg padló esetében,%	Sugárzási asszimetria következtében %
A	<6	-0,2 < PMV < +0,2	< 15	< 3	< 10	< 5
B	<10	- 0,5 < PMV < +0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	<15	- 0,7 < PMV < +0,7	< 25	< 10	< 15	< 10

A legtöbb ember a könnyű tevékenységnél érzékeny a helyi diszkomfortra. A tevékenyebb emberek kevésbé hőérzékenyek és ennek megfelelően a helyi diszkomfort kockázata is alacsonyabb.

A tér kívánt termikus minősége három minőségi kategória közül választható ki: A, B és C közül, a 3. táblázat szerint. Az A kategória a legmagasabb minőség. Minden egyes kategória előírja az egész testre vonatkozó elégedetlenségi-% maximumát (megengedhető mértékét) a PPD értéket, mind a négy helyi diszkomfort esetére.
Néhány követelményt igen nehéz teljesíteni a gyakorlatban, de másokat igen könnyen lehet. A különböző %-ok jelölik az egyensúlyt az elégedetlenség és a gyakorlatban létező technológiákkal teljesíthető elégedettség között.
A táblázat három kategóriája olyan terekre érvényes, ahol a személyek azonos termikus környezetnek vannak kitéve.

2.1.2.4. A minőségi kategóriák jellemző paraméterei

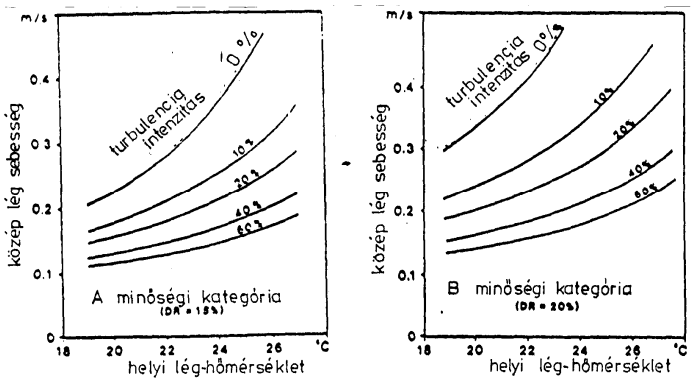
- Operatív hőmérséklet-tartomány:
Egy adott térre létezik egy optimális operatív hőmérséklet, mely a PMV = 0 esetének felel meg, és amely függ a személy aktivitásától és ruházatától.
Pl. irodák vagy hasonló terek esetében, ahol a benttartózkodók könnyű tevékenységet végeznek, a metabolikus érték 1,2 met körül van, és a ruházat szigetelésének a tipikus hőellenállása: kb. 1 clo télen és kb. 0,5 clo nyáron. A hőmérséklet-tartományokat ezen esetekre a 4. táblázat tartalmazza a három minőségi kategória esetére.

4.táblázat Operatív hőmérsékleti tartományok. (CEN/TC 156/WG6, 1998)

Minőségi kategória	Operatív hőmérsékleti tartomány télen (1 clo)
A	21,5±1°C
B	21,5±2°C
C	21,5±3°C

Minőségi kategória	Operatív hőmérsékleti tartomány nyáron (0,5 clo)
A	24,5±1°C
B	24,5±1,5°C
C	24,5±2°C

- Légsebesség:
A megengedhető légsebesség középértéket A és B minőségi kategóriára a 11.ábra adja meg.



11.ábra A megengedhető légsebesség középértékei A és B minőségi kategóriában. (CEN/TC 156/WG6, 1998)

A légsebesség középértéke függvénye a helyi léghőmérsékletnek és a turbulencia-intenzitásnak. A turbulencia-intenzitás 30 % és 60 % között változhat a hagyományosan szellőztetett terek esetén.
Azon tereknél, ahol gyenge vagy egyáltalán nincs szellőzés, a turbulencia-intenzitás ennél az értéknél alacsonyabb.

- Függőleges léghőmérséklet-különbség:
A megengedhető függőleges léghőmérséklet-különbségek értékei a 5.táblázatban adottak a három minőségi kategória esetére.

5.táblázat A megengedhető függőleges hőmérséklet-különbségek. (CEN/TC 156/WG6, 1998)

Minőségi kategória	Függőleges lég hőmérséklet különbség
A	< 2°C
B	< 3°C
C	< 4°C

- Padló-hőmérséklet:
A megengedhető padlóhőmérséklet-tartomány a 6.táblázatban adott a három minőségi kategória esetére.

6.táblázat A megengedhető padló-felületi-hőmérsékletek tartományai. (CEN/TC 156/WG6, 1998)

Minőségi kategória	A padló felületi hőmérsékletének tartománya
A	19 - 29°C
B	19 - 29°C
C	17 - 31°C

- Aszimmetrikus sugárzás:
A megengedhető sugárzó-hőmérséklet-aszimmetria értékeit a három minőségi kategória esetére a 7.táblázat adja meg.

7. táblázat A megengedhető sugárzó hőmérséklet aszimmetriák. (CEN/TC 156/WG6, 1998)

Minőségi kategória	Sugárzó hőmérséklet asszimmetria			
	meleg mennyezet	hideg fal	hideg mennyezet	meleg fal
A	< 5°C	< 10°C	< 14°C	< 23°C
B	< 5°C	< 10°C	< 14°C	< 23°C
C	< 7°C	< 13°C	< 18°C	< 35°C

2.1.3. Az ember hőegyensúlyának a meghatározása

Ez a fejezet írja le azokat az energetikai hőcsere-folyamatokat, amelyek az emberi test és a környezete között lejátszódnak. A második részben találhatóak azon együtthatók sorozata, amelyeket a szakirodalom kidolgozott a termikus komfort jellemzésére. Ezek között szerepel mint a legalkalmasabb, a Fanger által megadott PMV érték, valamint Givoni bioklimatikus diagramja.
Végül tárgyalja a fejezet, melyek azok az alapvető változók, amelyek a termikus komfortot befolyásolják és bemutat egy vizsgálatot a PMV érzékenységére több tényező hatására.

2.1.3.1. A higrotermikus komfort

A higrotermikus komfortot definiálhatjuk, mint olyan állapotot, melyben az emberi test nem érzékel semmit a környezetéből, azaz **nem érez sem hideget, sem meleget**. De az emberi test nem stabil ezekkel a hatásokkal szemben, hanem hőszabályozók mechanizmusának sorozatán keresztül működik, amely az emberi testet állandó hőmérsékleten képes tartani (36-37 ^{o}C).
A hideg érzet jelentkezik, ha az emberi test több energiát bocsát ki, mint amennyit termel; és meleg, ha több energiát termel, mint amennyit kibocsát. Ennek megfelelően a higrotermikus komfortot a test és a környezete közötti hőegyensúly létrehozásával lehet megvalósítani. Ezért a következő lépés: elemezni, hogy melyek az energia-transzferencia folyamatai ezen két elem között.

2.1.3.2. Az energia-transzferencia mechanizmusai

A test és környezete közötti energia-transzferencia folyamatának vizsgálata az energia-mérleg egyenletek meghatározásához vezet. Mint ahogy mindenfajta mérleg, ez is a bejövő áramok és a kimenők különbségéből adódik, azaz a nyereségek és a veszteségek különbségéből. A mechanizmusok között két típust lehet megkülönböztetni: a minden anyagra jellemzőeket (sugárzás, vezetés és

átadás) és azokat, amelyek az élő szervezetekre jellemzőek (verejtékezés és légzés).
A következőkben tárgyalom az emberi test metabolizmusának tulajdonítható energia-termelést.

2.1.3.3. A hőegyensúlyi-, és komfort egyenletek

Mindezen jelenségek leírására a **Fanger** által kidolgozott összefüggések alkalmazhatók.
Az összefüggés kiindulási alapja az, hogy az emberi test hőegyensúlya az alábbi tényezők függvénye:

$\mathbf{H/F_{Du}}$ = a test-felületegység belső hőtermelése,
$\mathbf{I_{cl}}$ = a ruházat termikus ellenállása,
$\mathbf{t_l}$ = a levegő-hőmérséklet,
$\mathbf{t_{KS}}$ = a közepes sugárzási hőmérséklet,
$\mathbf{p}$ = a nyugvó levegőben a vízgőz parciális nyomása,
$\mathbf{v}$ = a relatív légsebesség,
$\mathbf{t_s}$ = a közepes bőrhőmérséklet,
$\mathbf{E_{sw}/F_{Du}}$ = a test-felületegység hővesztesége párolgással és izzadással.
Ennek az általános formának megfelelően a **hőegyensúlyi alapegyenlet** összefüggése a következő:

$$\mathbf{H-E_d-E_{sw}-E_{re}-L = K = R+C \quad (kcal/h\ vagy\ W)} \qquad \mathbf{(2.7)}$$

ahol:
$\mathbf{H}$ = az emberi test belső hőtermelése,
$\mathbf{E_d}$ = a bőrön keresztül páradiffuzióval történő hőveszteség,
$\mathbf{E_{sw}}$ = a bőr felszinéről az izzadás következtében elpárolgó hőveszteség,
$\mathbf{E_{re}}$ = a kilégzés rejtett hője okozta hőveszteség,
$\mathbf{L}$ = a kilégzés u.n. száraz hővesztesége,
$\mathbf{K}$ = hőátadás a bőr felületéről a felöltözött emberi test külső felületére (hővezetés a ruházaton keresztül),
$\mathbf{R}$ = a sugárzásos hőveszteség a ruházattal borított test külső felületéről,
$\mathbf{C}$ = a konvekciós hőveszteség a ruházattal borított test külső felületéről.
ahol:

$\mathbf{H}$	$= M(1-\eta)$	[W]	(2.8)
$\mathbf{E_d}$	$= 0{,}41F_{Du}(1{,}92t_s-25{,}3-p_l)$	[W]	(2.9)
$\mathbf{E_{sw}}$	$= 0{,}49F_{Du}[H/F_{Du}-50]$	[W]	(2.10)
$\mathbf{E_{re}}$	$= 0{,}0027M(44-p_l)$	[W]	(2.11)
$\mathbf{L}$	$= 0{,}0014M(34-t_l)$	[W]	(2.12)
$\mathbf{K}$	$= 1{,}163F_{Du}[(t_s-t_{cl})/(0{,}18.I_{cl})]$	[W]	(2.13)
$\mathbf{R}$	$= 4{,}0.10^{-8}F_{Du}f_{cl}[(t_{cl}+273)^4-(t_{ks}+273)^4]$	[W]	(2.14)
$\mathbf{C}$	$= 1{,}163F_{Du}f_{cl}\alpha_c(t_{cl}-t_l)$	[W]	(2.15)

Ezeket behelyettesítve, - kivéve az E_{sw} értékét - és mindkét oldalt osztva F_{Du}-val,

akkor a **hőegyensúlyi egyenlet** az alábbi alakú lesz:

$(M/F_{Du})(1-\eta)-0,41(1,92t_s-25,3-133,3p_l)-0,49[(M/F_{Du})(1-\eta)-50]-0,0027(M/F_{Du})(44--133,3p_l)-0,0014(M/F_{Du})(34-t_l)=1,163[(t_s-t_{cl})/(0,18.I_{cl})]=$

$= 4,0.10^{-8}f_{cl}[(t_{cl}+273)^4 (t_{ks}+273)^4]+1,163f_{cl}\alpha_c(t_{cl}-t_l)$ [W] (2.16)

ahol:

M = metabolikus hőenergia [W],

F_{Du} = az emberi test felülete (Du Bois felület) [m2],

η = a mechanikai munka hatásfoka,

t_s = a közepes bőrhőmérséklet 27 oÇ< t_s < 37 oC [oC],

p_l = a nyugvó levegő gőznyomása [Pa],

t_l = a levegő hőmérséklete [oC],

t_{cl} = az emberi test és ruházat felületének átlag-hőmérséklete [oC],

I_{cl} = clo-érték [clo] [m2K/W],

f_{cl} = a felöltözött és mezítelen testfelületek aránya

(Lásd: M.3. F- 2 táblázatát az I_{cl} és f_{cl} értékekre)

t_{ks} = a környező felületek közepes sugárzási hőmérséklete [oC],

α_c = a konvektív hőátadási tényező [W/m2K],

ahol:

M = $RQ.5,8(V_{O2}.60)/F_{Du}$ (2.17)

F_{Du} = $0,203.[9,81G]^{0,425}.L^{0,725}$ [m2] (2.18)

η = W/M (2.19)

I_{cl} = $R_{cl}/0,18$; $I_{cl} = 1/\lambda_{cl}$ [clo] (2.20)

t_{ks} = $(t_1F_1+t_2F_2+...+t_nF_n)/(F_1+F_2+...+F_n)$ [oC] (2.21)

α_c = $2,4(t_{cl}-t_l)^{0,25}$ [W/m2K] (2.22)

nyugvó levegő esetén, különben levegő-áramlástól függ.

α_c = $12,1\sqrt{v}$ [W/m2K] (2.23)

kényszeráramlás, de v < 2,6 m/sec esetére. ahol:

RQ = a kilélegzett CO_2 és a belélegzett O_2 aránya, V_{CO2}/V_{O2} értéke:

pihenésnél : 0,83

nehéz fizikai munka esetén : 1,0

V_{O2} = oxigén-fogyasztás [l/min]

0 oC hőmérsékleten és 10,132.10^4 Pa levegő-paramétereknél.

5,8 = egy liter oxigén energia-értéke [Wh/l]

0 oC és 10,132.10^4 Pa levegő-paraméterek esetén, ha RQ=1

W = külső mechanikai munka (M.3. F- 3.) [W]

G = az egyén súlya [N]

L = az egyén magassága [m]

t_1 = az 1-es indexű falfelület közepes hőmérséklete [oC]

F_1 = az 1-es indexű falfelület [m2]

v = légsebesség [m/sec]

R_{cl} = a teljes hővezetési ellenállás a bőr külső felületéről a ruházattal borított test külső felületére. [m2K/W]

Mivel Fanger szerinti méréssorozat eredménye

$\mathbf{t_{bf}}$ = 35,7-0,032.(H/F_{Du}) [^oC] (2.24)
$\mathbf{E_{sw}}$ = 0,49.F_{Du}[(H/F_{Du})-50] [W] (2.25)
ahol:
t_{bf} = bőrhőmérséklet [^oC]
t_s = közepes bőrhőmérséklet [^oC]

Ezeket behelyettesítve a hőegyensúlyi egyenletbe, kapjuk majd a **komfort-egyenletet**.
Továbbá behelyettesítve:
H = (M/F_{Du})(1-η) kifejezést, és
1,92.t_s-25,3 = 43-0,061.H kifejezést, és
t_s = 35,7-0,032.H = 35,7-0,032(M/F_{Du})(1-η) kifejezést. (2.26)

Felírható az egyenlet harmadik oldala nélkül
$\mathbf{H-E_d-E_{sw}-E_{re}-L = K}$ (2.27):
Vagyis:

(M/F_{Du})(1-η)-0,41[(43-0,061(M/F_{Du})(1-η) -133,3 p_l] - 0,49. [(M/F_{Du})(1-η)-50] - 0,0027[(M/F_{Du}) (44-133,3 p_l)]-0,0014(M/F_{Du})(34-t_l)=
=1,163[(t_s-t_{cl})/(0,18.I_{cl})] (2.28)

és rendezhető t_{cl}-re
t_{cl} = 35,7-0,032(M/F_{Du})(1-η)-[(0,18.I_{cl})/1,163] {(M/F_{Du})(1-η)-0,41[(43 - - 0,061(M/F_{Du})(1-η) -133,3 p_l] - 0,49. [(M/F_{Du})(1-η)-50] - 0,0027[(M/F_{Du}) (44 - - 133,3 p_l)] -0,0014(M/F_{Du})(34-t_l)} (2.29)

Valamint felírható az egyenlet második oldala nélkül
H-E_d-E_{sw}-E_{re}-L = R+C (2.30)
vagyis:
(M/F_{Du})(1-η)-0,41[(43-0,061(M/F_{Du})(1-η) -133,3 p_l] - 0,49. [(M/F_{Du})(1-η)-50] - 0,0027[(M/F_{Du}) (44-133,3 p_l)] -0,0014(M/F_{Du})(34-t_l) = 4,0.10^{-8}f_{cl}[(t_{cl}+273)^4-(t_{ks}+273)^4] + 1,163$f_{cl}$$\alpha_c$($t_{cl}$-$t_l$) (2.31)
Ezt nevezi a szakirodalom **komfort-egyenlet**nek.
Ebbe helyettesíthető be t_{cl} és α_c az előzőek szerint

A **hőegyensúlyi-egyenletet**, rendezve t_l, t_{ks}, p_l, t_s és t_{cl}-re:

a./ a levegő hőmérséklete [^oC]

t_l = 34 – 714,3(1 -η)- (F_{Du}/M)292,9(1,92t_s-25,3-133,3p_l)-
-350(F_{Du}/M) [(M/ F_{Du}) (1 -η)-50]- 1,93(44-133,3 p_l)- 830,7(F_{Du}/M)(t_s-
-t_{cl})/(0,18I_{cl}) (2.32)

b./ a környező felületek közepes sugárzási hőmérséklete [^oC]

$$t_{ks} = \{(t_{cl}+273)^4-1,61/10^8[(t_s-t_{cl})/(0,18.I_{cl}.f_{cl})]-0,29*10^8\ \alpha_c(t_{cl}-t_l)\}^{0,25}-273 \quad (2.33)$$

c./ a nyugvó levegő gőznyomása [Pa],

$$p_l = 0,021[(t_s-t_{cl})/(0,18.I_{cl})]-0,018.(M/F_{Du})(1-\eta)+0,014.t_s-0,19+ +0,0089[(M/F_{Du})(1-\eta)-50]+0,0022(M/F_{Du})+0,000025\ (M/F_{Du})(34-t_l) \quad (2.34)$$

d./ a közepes bőrhőmérséklet 27 ^oC< t_s < 37 ^oC [^oC],

$$t_s = 0,155.I_{cl}\{4,0.10^{-8}.f_{cl}\ [(t_{cl}+273)^4-(t_{ks}+273)^4]+1,163f_{cl}\alpha_c(t_{cl}-t_l)\}+t_{cl} \quad (2.35)$$

e./ az emberi test és ruházat felületének átlag-hőmérséklete [^oC],

$$t_{cl} = t_s-(0,18.I_{cl}/1,163)\{(M/F_{Du})(1-\eta)-0,41.(1,92.t_s-25,3-133,3p_l)- -0,49.[\ (M/F_{Du})(1-\eta)-50]-\ 0,027(M/F_{Du})(44-133,3p_l)- -0,0014(M/F_{Du})(34-t_l)\} \quad (2,36)$$

Ezen, fent kifejezett tényezők azok, amelyek kapcsolódnak a belső tér - később tárgyalandó -**épületfizikai** összefüggéseihez.
A zárt tér adott pontjára a különböző paraméterek ismeretében meghatározhatóak a Fanger-féle PMV és PPD értékek.

Tehát:
Komfort feltételek állnak fenn, ha:

$$\mathbf{H-E_d-E_{sw}-E_{re}-L-R-C = 0} \quad (2.37)$$

Diszkomfort esetén:

$$\mathbf{H-E_d-E_{sw}-E_{re}-L-R-C <> 0} \quad (2.38)$$

A várható hőérzet:

$$\mathbf{Y = f[(H/F_{Du}); L^*]} \quad (2.39)$$

ahol:
Y = a várható hőérzet
L* = a szervezetre ható hőterhelés [W]
H/F_{Du} = 1 m^2-re vonatkozó hőtermelés [W/m^2]

Fanger diagramja szerint a PMV az alábbiak szerint fejezhető ki :

$$\mathbf{PMV= 0,352.e^{-0,042}(M/F_{Du})+ 0,032\{(M/F_{Du})(1-\eta)-0,41[(43-0,061(M/F_{Du})(1-\eta) - 133,3\ p_l] - 0,49.\ [(M/F_{Du})(1-\eta)-50] - 0,0027[(M/F_{Du})\ (44-133,3\ p_l)] - 0,0014(M/F_{Du})(34-t_l) - 4,0.10^{-8}f_{cl}[(t_{cl}+273)^4-(t_{ks}+273)^4] - 1,163f_{cl}\alpha_c(t_{cl}-t_l)\ \}} \quad (2.40)$$

2.1.3.4. A hőegyensúlyi egyenletekhez kapcsolódó, klíma-zónánkénti speciális tényezők

Az épületek termikus komfortjával kapcsolatos legtöbb meglévő vizsgálat az északi országokból származik, amelyeknek a klímái speciálisan hidegek az év legnagyobb részében. Ezek a munkák elsősorban a fűtési témákra vonatkoznak. Ezért ezek a vizsgálatok az ezen szélességi körökön élő emberek által adott referenciák alapján készültek, vagyis a szokások, az építési szokásaik és jellemzőik alapján.
Ha összehasonlítjuk ezen országok szokásait, jellemző építési módjaikat, azt az eredményt kapjuk, hogy véleménykülönbségek sorozata áll fenn, ami miatt a következtetések nem átvihetők közvetlenül a mediterrán országokra.
Mindezeknek megfelelően fenntartással kell kezelni azokat az egyenleteket, amelyek a termikus komfort vonatkozásában használatosak.

Az IEA (Nemzetközi Energiaügynökség) a **komfort effektív hőmérsékleteként** az alábbi összefüggést javasolja: (CIEMAT 1992) (Marco, 1992)

$$\mathbf{\Theta_e = 0,51\Theta_{in}+0,45\Theta_{mrt}+130W+0,45^oC,} \quad (2.41)$$

ahol:
Θ_{in} = a belső hőmérséklet,
Θ_{mrt} = a sugárzási hőmérséklet középértéke,
W = a nedvességtartalom.
Eltekintve attól az elemzéstől, amelyet minden egyes kifejezés együtthatói vonatkozásában el kellene végezni, - amit ennek az egyenletnek a kimerítő vizsgálata megkívánna - első pillantásra az alábbi két tény állapítható meg:
- a nedvességtartalom külön figyelembevétele (W),és hogy
- a szélsebesség nem jelenik meg fontos tényezőként.

Ez annak a ténynek tulajdonítható, hogy egy hideg országban elképzelhetetlen, hogy egy épület belsejében létezzenek légáramlatok, mivel ezeket az épületeket maximális szigeteléssel és minimális levegő-bejutással tervezik.
Ezzel szemben a mediterrán országokban elképzelhetetlen egy épületet úgy tervezni, hogy ne legyen légáramlást létrehozó teljesítőképessége, amely megakadályozza a nyáron létrejövő túlmelegedést. Ezért a komfort-állapot elemzéséhez itt, adaptálni kell egy egyenletet, amely magábafoglalja a szélsebességet is.

A definiciókat és összefüggéseket Sodha és munkatársai munkája adja meg és a továbbiakban ezek közül a speciális - mérsékelt éghajlattól eltérő - klímákra

vonatkozóak kerülnek összefoglalásra :

- **Egyenlítői komfort-mutató** (ECI) (Webb): (Marco, 1992)

Ez a mutató az alábbi egyenlettel fejezhető ki:

$$\mathbf{ECI = 0{,}574\Theta_a + 0{,}2033P_a - 1{,}81v^{0{,}5} + 42} \qquad (2.42)$$

ahol:

Θ_a = a környezeti hőmérséklet

P_a = a vízpára parciális nyomása,

v = a szélsebesség,

Ez alkalmazható extrém nedvességi és hőmérsékleti feltételekre (egyenlítői klíma).

- **Trópikus nyár-mutató** (TSI) (Sharma): (Marco, 1992)

$$\mathbf{TSI = 0{,}308\Theta_{wb} + 0{,}745\Theta_g - 2{,}06v^{0{,}5} + 0{,}841} \qquad (2.43)$$

ahol:

Θ_{wb} = párás hőmérséklet

Θ_g = gömbhőmérséklet

Ezt a mutatót figyelembe lehet venni azon országokra vonatkozóan is, amelyek klimatikus viszonyai a trópusétól eltérőek.

2.1.3.5. A PMV érzékenységének az elemzése

Bemutatásra kerülnek azok a vizsgálatok, melyek meghatározzák, hogy az egyes változók mennyire befolyásolják a Fanger-féle PMV értéket. A változók a hatásukkal bizonyos feltételeket határoznak meg arra vonatkozóan, hogy a belső tereket miként lehet a komfort-feltételeknek megfelelővé tenni.

Ezért rögzítettek az alábbiak szerint, **öt változó** értékei, amelyek hatást gyakorolnak a termikus komfortra a környezeti hőmérséklet függvényében :

- sugárzási hőmérséklet középértéke
- ruházat
- tevékenység
- relatív nedvesség-tartalom
- légsebesség

Az egyik legérzékenyebb változó a **sugárzási hőmérséklet középértéke**, mivel az alacsony vagy magas léghőmérsékleteken is elérhető a komfort-állapot, megfelelőképpen manipulálva ezt a változót.
Másik jelentős paraméter a **ruházat,** amely mint ismert, levéve vagy felvéve jelentheti a komfort-állapot megfelelő kialakítását.
Hasonló megjegyzés tehető a **tevékenységgel** kapcsolatban is.
A **külső relatív nedvesség-tartalom** ezzel szemben egy olyan paraméter, amely kismértékben hat a komfort-állapotra. Ez egy klimatikus paraméter, amelyet az egyének nem szabályozhatnak.

Ezért a bioklimatikus tervezés célja, hogy megfelelővé tegye a belső környezeti feltételeket az épületben (hőmérséklet és nedvesség-tartalom), elérve a komfort-állapotot, számításba véve, hogy milyen tevékenységet végeznek benne. Ezért elképzelhetetlen tervezni egy tornatermet, 58 W/m^2-es tevékenységi paraméterrel, vagy egy könyvtárat 175 W/m^2-es értékkel. E célra dolgozták ki a bioklimatikus térképeket

2.1.3.6. Bioklimatikus térképek

Az előzőeknek megfelelően minden egyes épület egy egyedi eset, amely a komfort állapotának különböző vizsgálatát igényli. Ezért két típusú térképet vizsgálunk:
- amelyek a Fanger egyenletekből kaphatóak, és
- amelyek Givoni és munkatársai által adottak.

a./ Fanger PMV-je alapján:

A Fanger által javasolt komfort-egyenlet alapján egy grafikon-sorozat készült, amelyek szerint a PMV számítható egy adott környezeti feltételre. (M.3. F- 4. és 5.)

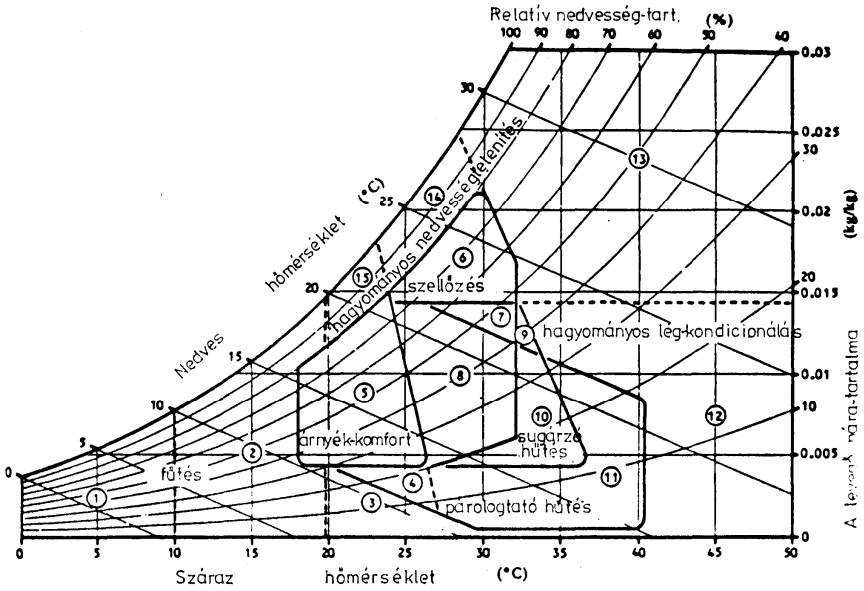
A bemutatott grafikonok az alábbi filozófia szerint lettek kialakítva:

A **Fanger által megadott** összefüggés egy olyan skála meghatározásán alapszik, melynek értékei a már említettek szerint -3 és +3 között változnak: (+3 forró, +2 meleg, +1 kellemesen meleg, 0 semleges, -1 kellemesen hűvös, -2 hűvös, -3 hideg)

A grafikonok elkészítésekor az alábbi értékeket vette figyelembe:
- a sugárzási hőmérséklet középértéke (TMR) = 20 ^oC
- relatív nedvesség-tartalom (HR) = 50 %
- szélsebesség (VV) = 0,15 m/sec
- tevékenység (ACT) = 58 W/m^2
- mechanikai hatásfok (EF) = 0,0
- ruházati tényező (FCL) = 1,0
- ruházati mutató (ICL) = 0,1
- környezeti hőmérséklet (TA) = 20 ^oC

b./ **Givoni féle** bioklimatikus térkép:

A 12.ábra a bioklimatikus térképet mutatja, amely a meteorológiai feltételektől függ, és amelyhez a ruházat szerinti korrekciót minden esetben hozzá kell illeszteni.



12.ábra Givoni bioklimatikus térképe. (Marco, 1992)

A térkép számozott zónákat tartalmaz. A grafikonokra a változók mérései során megkapott pontokat elhelyezve,- attól függően, hogy az melyik zónában helyezkedik el -, az alábbi eljárások alkalmazandók:

Zónák	**Eljárások**
1, 2	A konduktív áramok korlátozása, az infiltráció kiküszöbölése, biztosítva a szoláris nyereséget és minimalizálva a külső térrel való légcserét.
3, 15	A szoláris nyereségek korlátozása.
6, 8	A természetes szellőztetés növelése.
8, 10, 11	Párologtató hűtés biztosítása.
7, 10	A sugárzásos hűtés biztosítása.
12, 13	Konduktív áramok korlátozása.

Közvetlenül ez a térkép adja a követnivaló stratégiát a higrotermikus komfort eléréséhez.

2.1.4. Az emberek hőkomfort követelmény-rendszerének értékelése

Megállapítom, hogy az ember hőérzetének fent említett átfogó vizsgálatai, a hazai és nemzetközi kutatások, ill. a nemzetközi szabványosítások a kidolgozott paramétereket a térben benttartózkodó ember által felállított követelmény-rendszerként tárgyalják.
Ennek a követelmény-rendszernek a megfelelő valós összeállítása minden esetben szükséges és fontos, hogy igen körültekintő elemzés tárgya legyen, mert az

elsősorban függ az ember állapotától, a klíma-zónáktól, az épületek rendeltetésétől, az e fejezetben leírtak szerint.

Tehát Magyarországon - tartósan a mérsékelt égövi klímán - élő emberek részére összeállított követelmény-rendszer, a tervezés kiinduló-pontja. Az igényelt komfort-állapot követelmény-értékeit, ill. a CEN valamint az MSz CR 1752 szabvány előírásait kell szem előtt tartani,; figyelembevéve mindig az eseteknek megfelelő, egyedi emberi szervezetre jellemző adottságokat és körülményeket.

A tervezés során a szerepe az, hogy ezt az emberi szervezet által felállított funkcionális igényt kell az épület szerkezeteivel - ezen belül az üvegezett külső térelhatároló épületszerkezetekkel is - lehatárolt belső tér állapotának megfelelően kielégíteni.
Ehhez ad az értekezés végén megadott módszer segítséget. /A modell a PMV meghatározására vonatkozik, hazai viszonyoknak megfelelően /
A továbbiakban azon épületfizikai összefüggéseket tárgyalja az értekezés, amelyek lehetővé teszik az épület és a benttartózkodó ember hőtechnikai kapcsolat-rendszerének a kezelését, az élő szervezet megfelelő hőérzet-követelményeinek kielégítése érdekében.

2.2. Az ember épített környezetét leíró épületfizikai hőtechnikai kapcsolat-rendszer

A belső tér hőtechnikai viselkedését leíró összefüggések tartalmazzák a hőérzettel kapcsolatos:
- belső tér-hőmérsékletet és
- a sugárzásos hőcserében résztvevő, a térben tartózkodó ember hőmérsékletét.

Ezek az értékek vethetők össze az előző fejezetben - a komfort-egyenletek által - meghatározott értékekkel, mint követelmény-értékekkel. Ezen összevetés alapján tervezhetők ill. módosíthatók a tervezés tárgyát képező ill. változtatható paraméterek. (Mivel adott helyen, adott esetben pl. a klimatikus paraméterek adottak és ezek nem változtathatóak.)

A fentiek érdekében a fejezet tárgyalja:
- a **tér hőegyensúlyát**, melyből a tér belső hőmérséklete (t_{bl}, ill. télikertek esetén: $t_ü$) kifejezhető, ha a többi paraméter ismert (beleértve az egyes felületek hőmérsékletét, t_{bj}-t is);

- **a teret határoló szerkezet-komponensek hőmérlegét**, melyből ezen komponensek belső felületi hőmérsékletei kifejezhetők (t_{bj}), beleértve az üvegezett külső térelhatároló-komponens belső felületi hőmérsékletét is

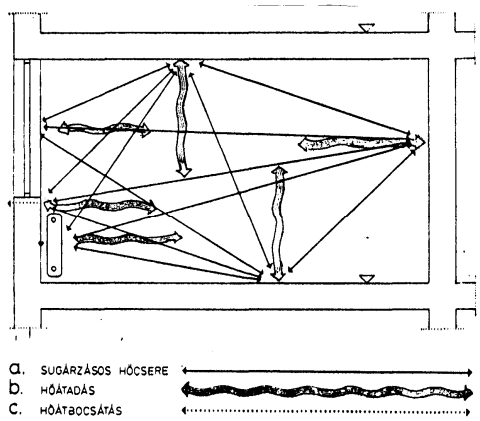
- a két felület : **ember és felület között kicserélt hőmennyiségek** és ezen belül a besugárzási tényezők összefüggéseit, amelyekből az ember felületi hőmérséklete kifejezhető (T_2 mint t_{cl}); és

- **a benapozás és meteorológiai hatásokat**, melyek kiindulási paraméterek, a külső térelhatároló komponensek hőmérlege, a tér hőegyensúlya és végül az ember hőérzet-méretezésekhez.

- **az épületek energetikai vizsgálatának** egyszerűsített módszerét a 2006-ban hatálybalépett rendeletnek megfelelően, mely az üvegszerkezetek hatását is tükrözi, valamint hőérzetre vonatkozó ellenőrzéseket is tartalmaz.

2.2.1. A tér hőegyensúlya

2.2.1.1. A helyiség hőmérlegének egyenlete



13.ábra A helyiség hőmérlegének sémája. (Gábor, Zöld, 1981)

$$A_j\,[\,\Sigma C_{j,h} b_{j,h}\,(t_{b,j}-t_{b,h})\,\phi_{j,h} + \alpha_{i,j}\,(\,t_{b,j} - t_{b,l}\,) + \kappa_j\,(\,t_{b,j} - t_e\,)\,] + Q_j = 0 \qquad (2.44)$$

< sugárzásos >< hőátadásos><hőátbocs. > hőf.

vagyis:

$$\Sigma A_j.\alpha_{i,j}.(t_{b,l}-t_{b,j})+Q_l = 0 \qquad (2.45)$$

ahol:

A_j = a j-edik, belülről burkoló felület vagy fűtőfelület területe,
$\alpha_{i,j}$ = a hőátadási tényező a j-edik belülről burkoló felület mentén,
$\phi_{j,h}$ = a kölcsönös besugárzási tényező a j és a h sorszámú felületek között,
$t_{b,j}$ = a j-edik felület hőmérséklete,
$t_{b,l}$ = a belső levegő hőmérséklete,
Q_l = a levegővel konvektív úton közölt hőáram,
Q_j = a j-edik felületen lévő hőforrás (pl. sugárzó fűtő-felület teljesítménye),
$C_{j,h}$ = a kölcsönös sugárzási együttható,
$b_{j,h}$ = a hőmérsékleti tényező,
κ_j = a j-edik határoló szerkezet hőátbocsátási tényezője a felület és a külső közeg

között,
t_e = a külső hőmérséklet,
$t_{b,h}$ = a h-adik felület hőmérséklete,
ahol:

$$b_{j,h} = [(T_j/100)^4-(T_h/100)^4]/(T_j-T_h) = 1/[(1/\alpha_e)+(\Sigma\delta_i/\lambda_i)] \quad (2.46)$$

ahol:
T_j, T_h = abszolút hőmérsékletei a j-edik ill. a h-adik felületnek,
α_e = a külső hőátadási tényező,
δ = a rétegvastagság,
λ = a hővezetési tényező,

kis helyiségek esetén a lehetséges közelítés:

$$\Sigma A_j k_j(t_i-t_e)+Q_f = 0 \quad (2.47)$$

ahol:
k_j = a j-edik határoló szerkezet hőátbocsátási tényezője,
t_i = belső hőmérséklet,
t_e = külső hőmérséklet,
Q_f = fűtőteljesítmény (konvektív és sugárzó),
a helyiség transzmissziós hőkarakterisztikája:

$$q_t = \Sigma_{külső} A_j k_j \quad (2.48)$$

ahol:
$\Sigma_{külső} A_j$ = összegzés a külső felületekre, és
$K = (\Sigma_{külső} A_j k_j)/A_o$ -> tájékoztat a helyiség külső hatásoknak kitett helyzetéről (2.49)
ahol:
A_o = a helyíséget burkoló össz-felület.
A helyiség konvektív hőátadása:

$$\Lambda = \Sigma A_j \alpha_{i,j} \quad (2.50)$$

2.2.1.2. Télikertek (napterek) esetei

Az télikertek mérleg-egyenletei alapján az MSz 04-140-2-1991 szabvány útmutatást ad:
- az energia-áramok,
- a belső hőmérséklet

meghatározásához egy-egy hónap vagy idény átlagos időjárási adatai szerint.

a./ Ha a télikert mögötti térbe direkt sugárzás nem jut be (télikertben nyelődik el az összes), akkor a **mérleg-egyenlet**:

$$\Sigma_b Ak(t_i-t_ü)+\Sigma l_j B_{k,j} A_{ü,j})(A_{tr,j}/A_{ü,j})N_{ü,j} = (\Sigma_k Ak+\Sigma l_j k_{l,j})(t_ü-t_e) \quad (2.51)$$

ebből:

$$t_ü = [t_i \Sigma_b Ak + t_e(\Sigma_k Ak + \Sigma l_j k_{l,j}) + \Sigma l_j B_{k,j} A_{ü,j} - (A_{tr,j}/A_{ü,j}) N_{ü,j}] \; / \; (\Sigma_k Ak + \Sigma_b Ak + \Sigma l_j k_{l,j}) \quad (2.52)$$

ahol:

$t_ü$ = a télikert átlagos belső hőmérséklete (hónap vagy idény),
t_e = átlagos külső hőmérséklet (hónap vagy idény),
t_i = mögöttes helyiség hőmérséklete,
$\Sigma_b Ak$ = télikert és mögöttes tér közötti szerkezet belső oldali felület és hőátbocsátási tényező szorzat-összege (ablakok, - transzmissziós hőátbocsátási tényező, mobil hőszigetelés nappali-éjszakai érték-átlaga),
$\Sigma_k Ak$ = télikert és környezet közötti szerkezet-felület és hőátbocsátási tényező szorzat-összege,
$\Sigma l_j k_{l,j}$ = télikert és környezet közötti szerkezet hőhídjai: hosszai és vonalmenti hőátbocsátási tényezők szorzatösszege,
$A_{ü,j}$ = üvegfelületek (tájolásonként),
$B_{k,j}$ = a felületek benapozott hányada,
$A_{tr,j}/A_{ü,j}$ = transzparens felület/ névleges felület,
$N_{ü,j}$ = transzparens felület nap-tényezője,

Mögöttes helyiség és a télikert közötti szerkezet **hőveszteségé**:

$$Q = \Sigma_b Ak(t_i - t_ü) \quad (2.53)$$

ahol:

$t_ü$ = télikert t-je, ~lakótér t-je $\pm$ 6 ^oC
de a bejutó levegő nincs figyelembevéve.

b./ Ha a direkt sugárzás egy része a mögöttes térbe is bejut, akkor a számláló csökkentendő az alábbi értékkel: (és ez a hőnyereség a belső térre)

$$B_b A_{ü,b} - (A_{tr,b}/A_{ü,b}) N_ü N_b l_j \quad (2.54)$$

ahol:

b = a belső oldali üvegre utal, és a benapozott hányad árnyékszerkesztéssel határozható meg.

2.2.2. A térelhatároló komponensek vonatkozó paraméterei

Mivel a vizsgálandó tér különböző elhelyezkedésű lehet egy épületen belül, ezért a hőtechnikai kezelése is különböző, annak térelhatároló paramétereinek vonatkozásában:

a./ külső térrel érintkező tömör komponensek:
- tömör külső fal,
- tömör tető,
- árkád feletti födém (padló),

b./ talajjal érintkező komponensek:
- talajon fekvő padló,
- talajjal érintkező fal,
- talajjal érintkező födém,

c./ belső térrel érintkező komponensek:
- válaszfal,
- belső födém (padló),

d./ külső térrel érintkező transzparens komponensek:
- üvegezett külső fal,
- üvegezett tető,
- üvegezett árkád feletti födém (padló)

Az a, b, c, d komponens-csoportok vizsgálatát lásd a mellékletben (M.3. F- 6.)

2.2.3. Két felület között kicserélt hőmennyiség (Bánhidi L.,1976)

A két felület - ill. ember és felület - között kicserélt hőmennyiség a belső tér különböző pontján tartózkodó élőlény hőérzetének vizsgálata szempontjából szükséges, hiszen ezen összefüggésekből fejezhető ki az adott pontban tartózkodó embert érő hőhatás, a T_2 (mint t_{cl}) alakjában.
Tehát:
a./ két felület között kicserélt hőmennyiség:

$$\mathbf{Q_{1-2} = C[(T_1/100)^4-(T_2/100)^4]F_1\phi_{1-2}} \quad (2.55)$$

$$\mathbf{Q_{2-1} = C[(T_1/100)^4-(T_2/100)^4]F_2\phi_{2-1}} \quad (2.56)$$

ahol:

$\mathbf{Q_{1-2}}$ = az F_1 és F_2 felületek között sugárzással kicserélt hő, az F_1 felületnek az F_2-re vonatkozólag;

$\mathbf{Q_{2-1}}$ = az F_2 és F_1 felületek között sugárzással kicserélt hő, az F_2 felületnek az F_1-re vonatkozólag;

C = a kölcsönös sugárzási együttható;

ϕ_{1-2} = az F_1 felületnek az F_2 felületre vonatkoztatott közepes besugárzási tényezője;

ϕ_{2-1} = az F_2 felületnek az F_1 felületre vonatkoztatott közepes besugárzási tényezője

és:

$$\mathbf{F_1\phi_{1-2} = F_2\phi_{2-1}} \quad (2.57)$$

ahol:

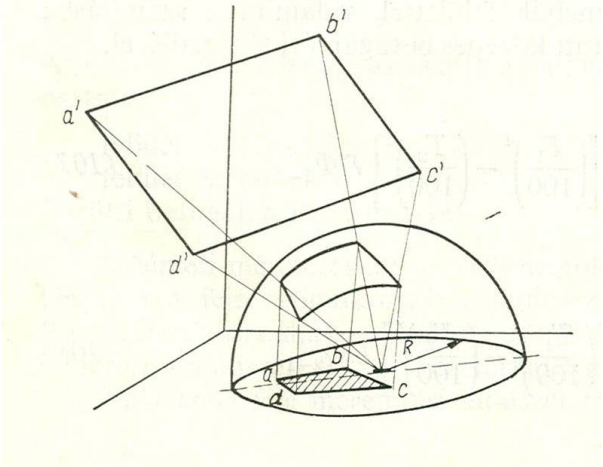
$$\phi_{1-2} = (\int \varphi_{1-2}dF_1)/F_1 \quad (2.58)$$

$$\phi_{2-1} = (\int \varphi_{2-1}dF_2)/F_2 \quad (2.59)$$

ahol:

φ_{1-2} = $F_{abcd}/r^2\pi$= a besugárzási tényező, (2.60)
azaz a dF_1 felületelemről kisugárzott összes sugárzásnak az F_2 felületet érő

hányada. / ez egyben az a',b',c',d' és dF csúcsban végződő gúla, valamint R sugarú félgömb áthatásának első képe. /Értelmezése a 14. ábrán érzékelhető.:



14. ábra: Felület és felületelem közötti besugárzási tényező értelmezése.
(Bánhidi L.,1976)

Meghatározása:- számítással,
- grafikonokkal, táblázatokkal,
- szerkesztéssel.

b./ ember és felület közötti ϕ érték (besugárzási tényező):

$$\phi_{E-F}=(1/2\pi^2)\int_{x/y=0}^{a/c}\int_{z/y=0}^{b/c}\int_{\alpha=0}^{2\pi} F_E/[1+(x^2/y)+(z^2/y)]^{3/2}\, d(x/y)d(z/y)d\alpha \qquad (2.61)$$

ez akkor érvényes, ha az ember koordinátái ismertek egy helyiségben és elhelyezkedésének szögtényezője ismeretlen, de feltételezve, hogy: $0 < \alpha < 2\pi$

ahol:

$\mathbf{F_E}$ = a dF_2 elem normálisára merőleges emberi testfelület,

$\mathbf{F_E}$ = f_pF_{eff} , amiből rendezés után: $\mathbf{f_p = F_E/F_{eff}}$ (2.62)

ahol:

$\mathbf{f_p}$ = az ember felülete, /tervezett felületi tényező α ésβ függvényében a megfelelő Fanger diagramok alapján: 15, 16 ábra

$\mathbf{F_{eff}}$ = az ember effektív besugárzott felülete,

ahol:

$\mathbf{F_{eff} = f_{eff}F_{Du}}$ (2.63)

ahol:

$\mathbf{f_{eff}}$ = viszonyszám, effektív besugárzott felületi tényező

$\mathbf{F_{Du}}$ = Du Bois felület (emberi test felülete),

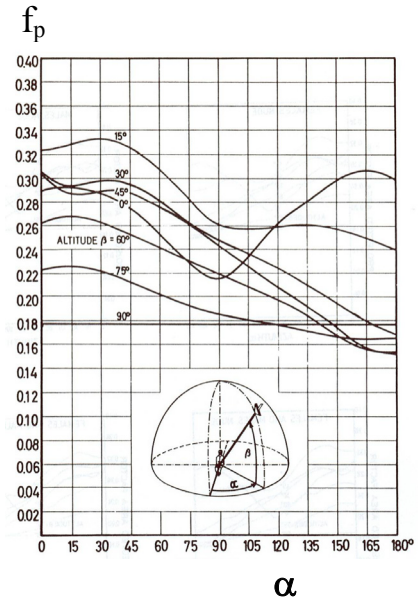
ahol:

$\mathbf{F_{Du} = 0{,}203G^{0{,}425}L^{0{,}725}}$ (2.64)

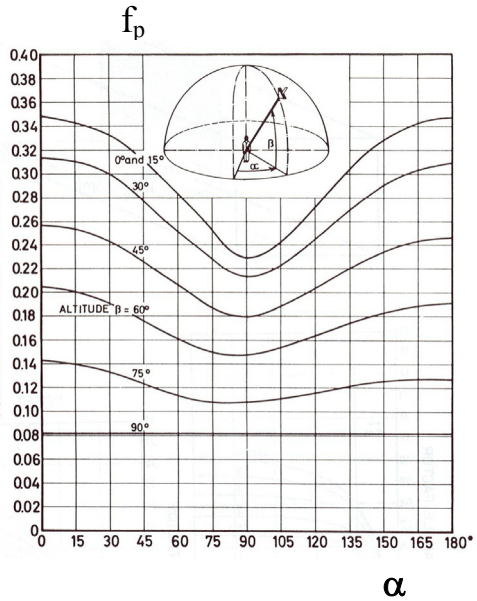
ahol:

G = egyén súlya,

L = egyén magassága.



15. ábra: Ülő mezítelen és felöltözött emberre tervezett felületi tényező (Bánhidi L.,1976)



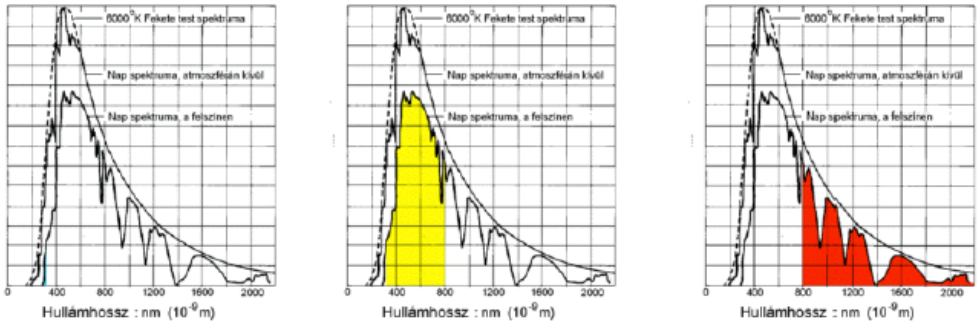
16. ábra: Álló mezítelen és felöltözött emberre tervezet felületi tényező (Bánhidi L., 1976)

ϕ_{E-F}-re az értéket Fanger 13 diagramja szerint is meghatározható. (Bánhidi, 1976)

2.2.4. A benapozás paraméterei és a kapcsolódó meteorológiai adatok

2.2.4.1. Benapozás

A konkrét vizsgálatokhoz és számításokhoz definiálni kell a napsugárzás összetevőit, valamint meg kell határozni az adott környezetben az effektív, vizsgálat tárgyát képező objektumra - felületre - érkező napsugárzásból származó hatást.



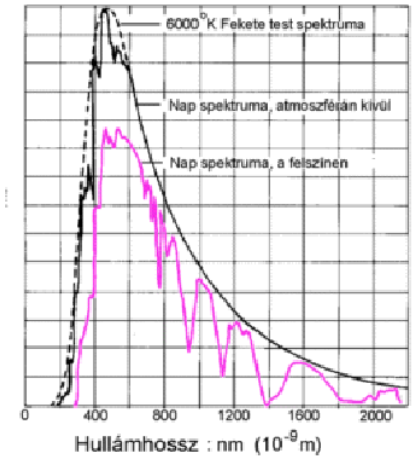
Ultraibolya sugárzás

Látható fény:380-780 nm
Az ibolyától a vörösig
(természetes világítás és fűtőhatás)

Infravörös sugárzás
(fűtőhatás)

17 ábra: A napsugárzás spektrális eloszlása 1.(Szikra, 2008)

A napból érkező direkt sugárzás a légkőrbe érve a légköri molekulák hatására átalakul. A sugárzás egy részét a gáz és a szilárd részecskék molekulái elnyelik, más részét visszaverik és szétszórják. Az eredetileg párhuzamos, irányosult sugárzás tehát a légkörön áthaladva végül direkt és diffúz (szórt) sugárzásként csökkentett intenzitással érkezik le a talaj-felszínre.



18.ábra A napsugárzás spektrális eloszlása 2. (Szikra, 2008)

A görbén látható „beharapások” oka, hogy a levegőben lévő vízgőz , a felhőzet, a szilárd szennyezőnyagok a sugárzás egy részét (bizonyos hullámhossz-tartományokban többet, másokban kevesebbet) elnyelik, továbbá maguk is bocsátanak ki sugárzást
Ennek megfelelően a görbe alakja is kisebb-nagyobb mértékben változik a levegő pillanatnyi nedvességtartalmának és szennyezettségének függvényében.

Ezek légköri mennyisége, eloszlása szabályozza a **direkt és diffúz** sugárzás egymáshoz mért arányát és intenzitását, ill. e két összetevő eredőjét, a **globál-sugárzást**.

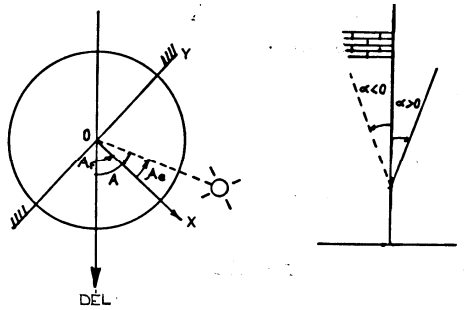
A besugárzott napenergia mennyiségét gyakran csökkentheti a sugárzás útjába kerülő tárgy. A valóságban kialakuló állapot modellezéséhez az árnyékolás okozta veszteségeket át kell vezetni a számításokon. Ez csak akkor lehetséges, ha előre jelezhető az a nap és napszak, amikor a sugárzást felfogó felület árnyékba kerül. Ezután a beárnyékolt időszakhoz tartozó táblázati értékekkel csökkentendő a napenergia-hozam. E feladat elvégzéséhez nyújt segítséget a napdiagram.
Íly módon a teljes benapozást meghatározó napállások rögzíthetőek.
Szükséges lehet a napsugarak "i" beesési szögének ismerete az adott üvegfelületre (mely üvegfelület lehet függőleges vagy ettől eltérő), egy bizonyos időpontban (óra) és évszakban.
Erre az alábbi összefüggés alkalmazható:

$$\mathbf{i = arc.cos(cos\alpha.cosh.cosA_e \pm sinh.sin\alpha),} \qquad (2.65)$$

ahol:
A = szoláris azimut az adott órában,
h = szoláris magasság az adott órában,
$\mathbf{A_F}$ = a homlokzat normálisának az azimutja,
$\mathbf{A_e}$ = (A-A_F) , a nap effektív azimutja a homlokzat normálisával,
α = az üvegezés és a homlokzat által bezárt szög (ez negatív vagy pozitív is lehet az üvegezésnek a homlokzat síkjához viszonyított helyzete szerint. (19.ábra)

Amennyiben az üvegezés párhuzamos a homlokzattal, akkor:
$\alpha = 0$, és az előbbi összefüggés leegyszerűsödik: $\mathbf{i = arc.cos(cosh.cosA_e)}$

Az A és h értékei a szoláris azimut és a magasság az adott időpontban táblázatos formában megtalálhatóak minden hónap első napjára, az M.3. F-7. táblázatában, a 45o északi szélességekre vonatkozóan



19.ábra A napsugárzás beesési szögének értelmezése az üvegfelületre
(Manual de Soleamiento, 1980)

2.2.4.2. Meteorológiai adatok

Kiemelten kell elemezni a napsugárzási adatsort. Erre vonatkozó folyamatos vizsgálatok, ill. adatgyűjtések világszerte folynak. Ilyen adatbázist ad közre többek között az ASHRAE Handbook-Fundamentals, melynek táblázatainak egyike az M.3. F- 8. pontja alatt található.
Ezen táblázatok összefoglalják a szoláris intenzitás és a szoláris hőnyereség-tényezőt a 24o-56o északi szélességi körök tartományában, 8°-os lépcsőkben.
A témával foglalkozik továbbá az MSz - 8882/1-69 "Környezetek és Tényezői - Technikai klíma-felosztás" c. magyar szabvány is.(MSz 8882/1-69, 1969)

Továbbá alapvetően a kiindulási méretezési paraméterek és a tervezési koncepció kialakításakor szükséges elemezni a hely makroklíma-területére vonatkozó klimatológiai adatokat.
Ezeket foglalja össze az M.3. F- 9.táblázata és térképe, az F-10., melyek jelölik a világ technikai makroklíma-területeit.
Magyarországon a vízszintes felületre érkező napsugárzási energia folyamatos mérése 1936-ban kezdődött. Az országon belüli területi eloszlás megállapítására

1958 és 1972 közötti időszakban, 13 helyen müködtettek sugárzás-írót.
A négy főégtáj irányára néző függőleges felületre jutó napsugárzási energiát nyolc éven át mérték Budapesten. Ezen adatok feldolgozására a napenergia-hasznosítás sajátos céljait szolgáló módszereket használták, ill. fejlesztették ki, de bevonták a feldolgozásba a szükséges hőmérsékleti és szélsebességi adatokat , valamint a napfény-tartamot is.
A vizsgálatok táblázatos és grafikus formában megadják:
- a besugárzást vízszintes felületen különböző helységeknél havi bontásban,
- a besugárzást a függőleges felületeken a négy főégtáj irányába néző felületekre, havi bontásban,
- a szélsőséges sugárzási értéket adó időjárási helyzeteket

Kapcsolódó táblázatok: M.3. F-11., 11/1, 11/2, 12, 13 és 14 alatt találhatók.

2.2.5. Üveg épületszerkezetek hatása a létesítmények energetikájára az új szabályozás értelmében

Az alábbiakban az értekezés tárgyalja azokat az összefüggéseket, anyag-, ill. környezeti paramétereket, amelyek az épületek energetikai vizsgálatához szükségesek az új előírás egyszerűsített módszerének megfelelően, kiemelve az üvegszerkezetek hatásait.
Az új szabályozás alkalmazkodva a nemzetközi jelölésekhez, több tényező jelét megváltoztatja, így pl.: a hőátbocsátási tényező jele: **U** , a magyar szabvány szerinti **k** helyett.

A 2006-ban hatálybalépett rendeletnek megfelelően az épületek energetikai teljesítőképessége szempontjából ellenőrzendő :(7/2006 TNM, 2006)

1. Az egyes külső térelhatároló szerkezetek **hőátbocsátási tényezője** a követelmény értékkel összehasonlítva.
2. A **fajlagos hőveszteségtényező** a megengedett értékkel összehasonlítva.
3. Az **összesített energetikai jellemző** a megengedett értékkel összehasonlítva.
4. A **nyári túlmelegedés** kockázata. (A belső és külső hőmérséklet napi átlagértékeinek különbsége összehasonlítandó egy- az épület súlya függvényében - megadott értékkel.)

Mind a négy fenti ellenőrzési feladatban az üvegfelületek jellemzői a végeredményt befolyásolják az alábbiaknak megfelelően ha az egyszerűsített ellenőrzési módszert követjük :

1. Az üvegszerkezetek esetén a hőátbocsátási tényezőre megadott követelményt a szerkezet minden komponensének hatását figyelembevevő hőátbocsátási tényezővel kell összehasonlítani. (keret, üveg, távtartó, stb.)

2. **A fajlagos hőveszteségtényező számítása :**

$$\mathbf{q = 1/V(\Sigma\, AU_R + \Sigma l\psi - Q_{sd}/72)} \qquad (2.66)$$

ahol az üvegszerkezetek hatása jelentkezik a zárójelben tett tagok mindegyikében.

$\mathbf{\Sigma\, AU_R}$ a felületek hőveszteségei,
$\mathbf{\Sigma\, l\psi}$ a hőhidak hőveszteségei
$\mathbf{Q_{sd} = \varepsilon \Sigma A_{ü} g Q_{TOT}}$ a direkt sugárzási nyereség a fűtési idényre. (2.67)
ahol :
ε a hasznosítási tényező értéke az épület fajlagos hőtároló tömege függvényében,
$\mathbf{g}$ az üvegezés összesített sugárzásátbocsátó képessége,
$\mathbf{Q_{TOT}}$ a sugárzási energiahozam értéke a fűtési idényre (előírt tervezési adatok szerint)

3. **Az összesített energetikai mutató** :

$$\mathbf{E_P = \Sigma E_j = E_F + E_{HMV} + E_{LT} + E_{Hü} + E_{vil}} \qquad (2.68)$$

$E_P/E_{Pmegengedett} * 100$ alapján besorolhatóak az épületek az energetikai kategóriákba.
ahol :

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

⇤ gépészeti rendszerek tényezői ⇥ (2.69)

ahol :
$\mathbf{q_f} = Q_F/A$ a fűtés éves nettó hőenergia igényének fajlagos értéke.
ahol:
$\mathbf{Q_F} = 72\, V\, (q + 0{,}35\, n)\, \sigma - 4{,}4\, A_N q_b$ a fűtés éves nettó hőenergia igénye. (2.70)
ahol :
$\mathbf{q}$ a fajlagos hőveszteségtényező. (amely a 2. pont szerint tartalmazza az üvegszerkezetekre jellemző adatokat is.)

4. **A nyári túlmelegedés vizsgálata :**

A belső és külső hőmérséklet napi átlagos különbsége :

$$\mathbf{\Delta t_{b\,nyár} = (Q_{sd\,nyár} + A_N q_b) / (\Sigma AU + \Sigma l\psi + 0{,}35 n_{nyár} V)} \qquad (2.71)$$

ahol :

$Q_{sd\ nyár} = \Sigma(A_Ü\ I_{nyár}\ g_{nyár})$ a nyári sugárzási hőterhelés

ahol:

$I_{nyár}$ a napsugárzás intenzitása a nyári idényre a tájolás függvényében.

$g_{nyár}$ az üvegezés és a „zárt" társított szerkezet együttesének összesített sugárzásátbocsátó képessége.

q_b a belső hőterhelés fajlagos értéke

$n_{nyár}$ a légcsereszám nyáron

2.2.5.1. A létesítmény, épület energetikai minősítésének jellemzője

A számítások szerint a létesítmények energetikai szempontból 9 kategóriába sorolhatók.

8. táblázat Az épület minősítése az energetikai jellemző alapján : [%] (Zöld, 2006)

A	<60	Energiatakarékos
B	61-90	Követelménynél jobb
C	91-100	Követelménynek megfelelő
D	101-120	Követelményt megközelítő
E	121-150	Átlagosnál jobb
F	151-190	Átlagos
G	191-251	Átlagost megközelítő
H	251-340	Gyenge
I	341<	Rossz

Ez az érték meghatározható egy hányados alapján (7/2006 TNM, 2006):

$$(E_p / E_{pmegengedett}) * 100 \quad [\%]$$

ahol :

E_p **az összesített energetikai jellemző** [kWh / m^2a]

$E_{pmegengedett}$ az összesített energetikai jellemző megengedett legnagyobb értéke [kWh / m^2a]

* Az **$E_{pmegengedett}$** értékei az épületfunkciók és geometriai méretek függvényében (M.3. F-15.)

Az összesített energetikai jellemző **előnye** : az energiafogyasztás végül is nem az egyes határoló-szerkezetektől, nem csak az épülettől, hanem az épületgépészeti és világítási rendszerektől is és mindezek összehangoltságától is függ. A primer energia révén közös nevezőre hozza a fogyasztás különböző összetevőit, fogyasztói szokásoktól és magatartástól függően, ill. az adott ország vagy régió energetikai rendszerétől függően.

Ebből a szempontból kiemelkedő szerepet kapnak a megújuló energia-források, akár közvetlen, akár közvetett felhasználásról van szó. Pl. : szoláris melegvízellátó rendszer az épületben, vagy megújuló forrásból származó villamos áram.

2.2.5.2. Az összesített energetikai jellemző összetevői

* Az $\mathbf{E_p}$ értékének számítása :

$$\mathbf{E_P = \Sigma E_j = E_F + E_{HMV} + E_{LT} + E_{hü} + E_{vill}} \qquad (2.72)$$

ahol :

$\mathbf{E_F}$ A fűtés fajlagos primer energiaigénye [kWh / m^{2}a]

$$\mathbf{E_F = (q_f + q_{fh} + q_{fv} + q_{ft})*\Sigma(C_k * \alpha_k * e_f) + (E_{FSZ} + E_{FT} + q_{kv}) * e_v}$$

ahol:

q_{fh}, q_{fv}, q_{ft}, C_k, α_k, e_f, E_{FSZ}, E_{FT}, q_{kv}, e_v : **az alkalmazott gépészeti rendszerektől függő tényezők.**

q_f a nettó fűtési energiaigény fajlagos értéke.

Az E_{HMV}, E_{LT}, $E_{hü}$, E_{vil} tagok értelmezése : M.3. F-16.

A létesítmények épületszerkezeteivel befolyásolható tényező a fentiekből :
- az $\mathbf{E_F}$ (a fűtés fajlagos primer energiaigénye), és ennek az összetevő tagja :
- a $\mathbf{q_f}$ (a nettó fűtési energiaigény fajlagos értéke). Ez meghatározható úgy, mint :

$$\mathbf{q_f = Q_F / A_N} \qquad [kWh / m^2a] \qquad (2.73)$$

ahol :

$\mathbf{A_N}$	hasznos fűtött összterület	[m^2]
$\mathbf{Q_F}$	a fűtés éves nettó hőenergia igénye	[kWh/a]

A $\mathbf{Q_F}$ értéke meghatározható az alábbi kifejezéssel:

$$\mathbf{Q_F = HV\ (q + 0{,}35\ n)*\sigma - Z_F*A_N*q_b} \qquad (2.74)$$

ahol:

$\mathbf{n}$	légcsereszám,	
$\boldsymbol{\sigma}$	szakaszos fűtési üzem hatását fejezi ki,	
$\mathbf{q_b}$	belső hőterhelés fajlagos értéke	[W/m^2]
$\mathbf{H}$	72, az éves fűtési hőfokhíd ezredrésze	[hK/a]
$\mathbf{Z_F}$	4,4, a fűtési idény hosszának az ezredrésze	[h/1000a]
$\mathbf{q}$	a fajlagos hőveszteségtényező	[W/m^{3}K]

A fűtési hőfokhíd ill. a fűtési idény hosszát a belső hőmérséklet és az egyensúlyi hőmérséklet-különbség függvényében a Rendelet táblázatából lehet meghatározni. Számítását az M.3. F-17. tartalmazza.

2.2.5.3. A fajlagos hőveszteség összetevőinek ismertetése

A fajlagos hőveszteségtényező értéke az alábbi kifejezéssel számolható ki :

$$\mathbf{q = (1/V)*[\ (\Sigma AU_R + \Sigma l\psi) - (Q_{sd}/72)]} \qquad [W / m^3K] \qquad (2.75)$$

ahol:

V	fűtött térfogat	[m^3]
A	a szerkezet felülete, a belméretek alapján számolva	[m^2]
$\mathbf{U_R}$	a szerkezet eredő hőátbocsátási tényezője	[W / m^2K]
l	a hőhidas szerkezet hossza (a csatlakozási élek hossza vagy kerület)	[m]
ψ	a hőhidas szerkezet vonalmenti hőátbocsátási tényezője	[W / mK]
$\mathbf{Q_{sd}}$	a direkt sugárzási nyereség minimális értéke a fűtési idényre	[kWh/a]

ahol :

* A direkt sugárzási nyereség minimális értékének meghatározása a fűtési idényre :

$$\mathbf{Q_{sd} = \varepsilon \Sigma A_{ü} * g * Q_{TOT}} \qquad [kWh/a] \quad (2.76)$$

ahol :

ε	hasznosítási tényező az épület hőtároló tömege függvényében,	[kg / m^2]
$\mathbf{A_{ü}}$	az üvegezés felülete, az üvegezés mérete alapján számolva	[m^2]
g	az üvegezés összesített sugárzásátbocsátó képessége	
$\mathbf{Q_{TOT}}$	a hagyományos fűtési idényre vonatkozó sugárzási energiahozam (tájolás függvényében táblázatból)	[kWh / m^2a]

A számított fajlagos hőveszteségi tényezőt az M.3. F-18. szerinti követelményértékkel kell összevetni úgy, hogy :

$$q_{\text{számított}} \leq q_m$$

*** Egyszerűsített módszernél a szerkezet eredő hőátbocsátási tényezője :**

$$\mathbf{U_R = U * (1 + \chi)} \qquad (2.77)$$

ahol :

U	a szerkezet hőátbocsátási tényezője	[W / m^2K]
χ	a hőhidak hatását kifejező korrekciós tényező, a hőhidasság mértékének [fm/m^2] függvényében (táblázat szerint)	

ahol:

A szerkezet hőátbocsátási tényezője :

- többrétegű szerkezetekre :

$$\mathbf{U = 1 / [\, 1 / \alpha_i + (\Sigma d / \lambda) + 1/\alpha_e \,]} \qquad (2.78)$$

ahol :

α_i	a belső hőátadási tényező	[W / m^2K]
α_e	a külső hőátadási tényező	[W / m^2K]
d	a réteg vastagsági mérete	[m]
λ	a réteg hővezetési tényezője	[W / mK]

- üvegezett felületek esetén az átlagos hőátbocsátási tényező:

$$\mathbf{U_m = (A_{ü} * U_{ü} + A_k * U_k) / (A_{ü} + A_k)} \qquad [\, W / m^2K \,] \quad (2.79)$$

ahol :

$\mathbf{A_ü}$	az üvegezés felülete	[m^2]
$\mathbf{A_k}$	a keret felülete	[m^2]
$\mathbf{U_ü}$	az üvegezés hőátbocsátási tényezője	[W / m^2K]
$\mathbf{U_k}$	a keret hőátbocsátási tényezője	[W / m^2K]

tartalmazhatja a társított szerkezetek (redőny, stb) hatását is „nyitott „ és „csukott" helyzetre vonatkozó hőátbocsátási tényezők számtani átlagaként figyelembe véve :

$$\mathbf{U' = (U_{mé} + U_{mn})/2}$$

ahol :

$\mathbf{U_{mé}}$	az éjszakai, „csukott" állapotú társított szerkezettel ellátott üvegezett szerkezet átlagos hőátbocsátási tényezője	[W / m^2K]
$\mathbf{U_{mn}}$	a nappali, „nyitott" állapotú társított szerkezettel ellátott üvegezett szerkezet átlagos hőátbocsátási tényezője.	[W / m^2K]

A határoló és nyílászáró ill. üvegezett szerkezetek hőátbocsátási tényezőire vonatkozó követelményeket az M.3. F-19. táblázata tartalmazza.
A szerkezetek összeállítása szerint meghatározott tényleges hőátbocsátási tényezőt kell összehasonlítani a követelményértékkel.

$$\mathbf{U_{számított} \leq U_{követelmény}}$$

A követelményérték a 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 rögzítőelemekkel megszakított hőszigetelés, stb.) akkor ezek hatását is tartalmazza.

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

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

Az üvegezett szerkezetek esetén az érték az üvegezésre és a távtartókra együttesen értelmezett átlag.

2.2.5.4. Üvegszerkezet-jellemzők, amelyek az épületek energetikai viselkedését befolyásolják

A fentiek szerint megállapítható, hogy az épületek energetikai viselkedését az üvegszerkezetek méretei, minősége, szerkezete befolyásolja azon jellemzői által, amelyek a számításokban szerepelnek.

Összefoglalóan az alábbiak ezek a befolyásoló tényezők :

$U_{mé}$ az éjszakai, „csukott” állapotú társított szerkezettel ellátott üvegezett szerkezet átlagos hőátbocsátási tényezőj [W / m^{2}K]
U_{mn} a nappali, „nyitott” állapotú társított szerkezettel ellátott üvegezett szerkezet átlagos hőátbocsátási tényezője. [W / m^{2}K]
$U_ü$ az üvegezés hőátbocsátási tényezője [W / m^{2}K]
U_k a keret hőátbocsátási tényezője [W / m^{2}K]
$A_ü$ az üvegezés felülete [m^2]
A_k a keret felülete [m^2]
g az üvegezés összesített sugárzásátbocsátó képessége

Az üvegezett nyílászáró szerkezetek, (ablakok és erkélyajtók, ill keretszerkezetek és üvegezések) folyamatos fejlődése lehetővé teszi, hogy az épülethomlokzatokban a külső falak hőszigetelő mértékéhez közelítő, kiváló hő- és hangszigetelésű, ill. lég- és vízzáróképességű szerkezeteket építsünk be.

A korszerű keretszerkezetek (tok- és szárnyszerkezetek) mértékadó hőátbocsátási tényezőit a 9. táblázat tartalmazza.

9. táblázat Néhány keretszerkezet mértékadó hőátbocsátási tényezője (Zöld, 2006)

Keretszerkezet			Hőátbocsátási tényező U_f (W/m^{2}K)
anyaga	vastagsága (mm)	kamráinak száma	
Fa	56		1,6 – 1,8
	62		1,4 – 1,5
	68		1,2 – 1,3
	80		1,0 – 1,1
PVC	50 - 60	2	1,8 – 2,0
	58 - 60	3	1,5 – 1,8
	68 - 75	4 - 5	1,1 – 1,4
Alumínium	45 - 55	2	3,2 – 3,8
	50 - 62	3	2,4 – 3,0
	68 - 72	3	1,8 – 2,2

Ami az üvegszerkezeteket illeti, manapság már mindenki számára hozzáférhetők a Low-E (kis emissziós tényezőjű felületbevonattal és gáztöltéssel készített két-három rétegű „hőszigetelő” üvegek (U = 0,9 – 1,3 W/m^{2}K).
A különböző hőszigetelőképességű üvegszerkezetek közötti árkülönbség sem számottevő, ill. az árkülönbség nem arányos a fűtési energia csökkenésével.
A különböző anyagú keretszerkezetekkel és üvegezésekkel elérhető átlagos hőátbocsátási tényezőket a 10. táblázat tartalmazza.
A követelmény értékeknek a táblázat utolsó két sorában szereplő nyílászárók felelnek meg.

10. táblázat Üvegszerkezetek átlagos hőátbocsátási tényezői. (Zöld, 2006)

Üvegtípus, rétegfelépítés (mm-ben)		Keretszerkezet anyaga		
		Fa	PVC	Alumínium
4 – 12 – 4	levegő	2,5 – 2,7	2,5 – 2,8	2,9 – 3,5
4 – 16 – 4	levegő	2,3 – 2,6	2,5 – 2,6	2,7 – 3,2
4 – 16 – 4	argongáz	2,2 – 2,4	2,3 – 2,5	2,6 – 3,0
4 – 8 - 4 – 8 – 4	levegő	2,0 – 2,1	2,0 – 2,2	2,4 – 2,8
4 – 8 - 4 – 8 – 4	argongáz	1,8 – 1,9	1,8 – 2,0	2,2 – 2,7
4 – 16 – 4	E-LOW bevonat+argongáz	**1,1 – 1,3**	**1,2 – 1,8**	**1,7 – 2,2**
4 – 8 - 4 – 8 – 4	E-LOW bevonat+xenongáz	**0,9 – 1,0**	**0,9 – 1,2**	**1,3 – 1,6**

Ebből következik, hogy az üveg épületszerkezetek
- hőátbocsátási tényezőjének javítása,
- társított szerkezeteinek korrekt megválasztása,
- üveg-keret arányának helyes meghatározása és
- megfelelő minőségű üvegének kiválasztása (sugárzásátbocsátó képesség szerint)

csökkentheti a fűtési hőszükségletet, így energia takarítható meg a fűtési időszakban.
A magyar üvegipari fejlesztések során az Guardian Orosházi Üveggyárában létrehozott bevonósoron ClimaGuard ^{TM} N és ClimaGuard^{TM} Premium low-e bevonatos üvegeket állítanak elő 2007-től.
A termékek energetikai jellemzőit foglalják össze az 11. és 12. táblázatok.

11. táblázat **Climaguard™ N** üvegszerkezetek jellemzői (www.kassaablak.hu)

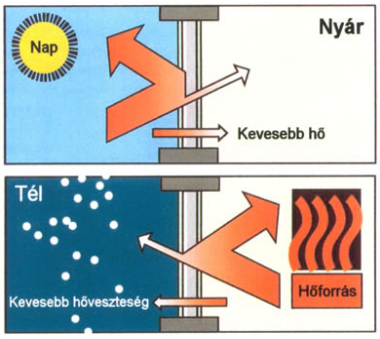
Szerkezet	Bevonat pozíciója	Fényáteresztés [%]	Fényvissza-verés [%]	Színvisszaadási index Ra	Napténye ző EN 410 [%]	U-érték EN 673 (15K) [W/(m²K)]
4-16-4 (Levegővel)	3	80	12	98	66	1,4
4-16-4 (Argonnal)	3	80	12	98	66	1,2
4-16-4 (Argonnal)	2+3	78	8	98	57	1,1
4-16-4-16-4 (Argonnal)	2+5	71	14	97	53	0,6
4-12-4-12-4 (Kriptonnal)	2+5	71	14	97	53	0,5

12. táblázat **Climaguard™ Premium** üvegszerkezetek jellemzői (kassaablak)

Szerkezet	Pozíció	Fényáteresztés [%]	Fény reflexió [%]	Színvisszaadási index Ra	g-érték EN 410 [%]	Ug-érték EN 673 (15K) [W/(m²K)]
4-16-4	3	80	12	97	63	1,1

90 % Argon töltéssel. Minden érték névleges, eltérés a gyártási tűréstől függően lehetséges.

A célszerűen megválasztott üvegszerkezetek előnyös viselkedését mutatja a 20. ábra.



20. ábra Az üveg hatása a belső térre nyáron és télen. (www.kassaablak.hu)

2.2.5.5. Az épületek esetleges nyári túlmelegedésének ellenőrzése

Mivel a létesítmények energiát használnak fel nem csak a fűtésükre, hanem az esetleges nyári hűtésükre is, ezért célszerű a nyári túlmelegedésüket korlátozni, ellenőrizni ennek kockázatát.
Ha a rendeltetésszerű használattal együttjáró belső hőterhelésnek a használati időre vonatkozó átlagértéke nem haladja meg a **10 W/m^3** értéket, a túlmelegedés kockázata elfogadható, amennyiben a belső és külső hőmérséklet napi átlagértékeinek különbségére teljesül az alábbi feltételek egyike:

$\Delta t_{bm} \leq 3K$ nehéz (m $\geq$ 400 kg/m^2) épületszerkezetek esetén

$\Delta t_{bm} \leq 2K$ könnyű (m $<$ 400 kg/m^2) épületszerkezetek esetén

Δt_{bm} számítása M.3. F-20. szerint.

Látható, hogy az üvegszerkezetek mérete, minősége befolyásolja a túlmelegedés kockázatát, a számításokban szereplő jellemzői által.

Ezek a jellemzők :

U hőátbocsátási tényezői [W / m^{2}K]

$A_ü$ az üvegezés felülete [m^2]

$g_{nyár}$ az üvegezés és a „zárt”társított szerkezet együttesének összesített sugárzást átbocsátó-képessége

Ebből következik, hogy a nyári túlmelegedés kockázatát el lehet kerülni :

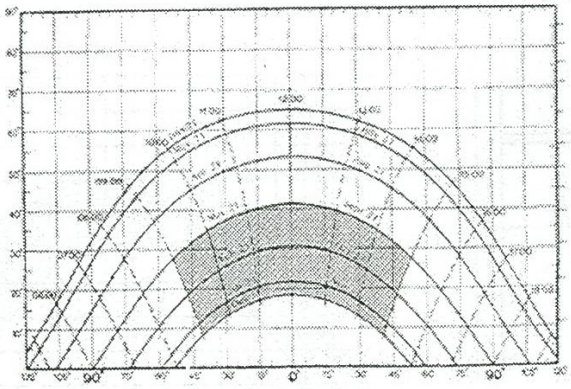
- megfelelően megválasztott hőátbocsátási tényezőjű üvegszerkezettel,
- az üvegezés felületének korlátozásával és
- megfelelő minőségű, - sugárzást átbocsátó-képességű – üvegszerkezet alkalmazásával,
- a „társított szerkezetek” helyes megválasztásával.

2.2.5.6. Benapozási, árnyékolási kérdések és az üvegszerkezetek szerepe

A homlokzatok benapozottságától függ, hogy
- télen mennyi hasznosítható napenergiával számolhatunk, ill.
- nyáron az üvegfelületek árnyékoltsága mennyire csökkenti a túlmelegedés kockázatát.

Ezért a részletes számítási módszer alkalmazása esetén az üvegszerkezetek benapozásának ellenőrzését homlokzatonként a november 15. – március 15. közötti időszakra, illetve a november és június hónapokra kell elvégezni.
Ez az ellenőrzés az úgynevezett hengeres nappálya-diagrammon végezhető el.
Erre kell rászerkeszteni a tájolási irányonként az ablakoknak megfelelő árnyékmaszkokat .

A téli félévben az a kedvező, ha a sugárzás abban az időszakban éri a felületeket, amikor a lehetséges intenzitás nagy és a napsütéses órák száma magas. Ez Magyarországon azt jelenti, hogy a nappálya-diagrammon a szeptember/március és a december hónapok vonalai között reggel 9 és délután 3 óra időpontokat jelölő vonalak közé eső tartomány zavartalansága a legfontosabb.
Az épület tervezésénél (tájolás, saját árnyékoló-tagozatok, árnyékvetők) arra kell törekedni, hogy ez a tartomány, a „szoláris ablak” „nyitva” legyen. (21. ábra)



21.ábra A „szoláris ablak” (Zöld, 2006)

Adott esetben a délutáni órák értékesebbek, reggeli ködképződés nagyobb gyakorisága miatt.
A nyári túlmelegedés kockázata szempontjából előnyös ha a szoláris ablak feletti rész takarásban van.
Az ellenőrzésekkor az ábrából leolvashatók azok az időpontok, amelyek esetében benapozottak ill. árnyékosak a felületek. Ebből következtetni lehet arra, hogy ezeken a felületeken mekkora napsugárzás intenzitással számolhatunk.
Itt az üvegszerkezetek épület-homlokzaton elfoglalt helyzete, nagysága lehet befolyásoló tényező, amennyiben az egyéb árnyékoló eszközök, ill. az épület telepítése, tájolása már meghatározott.

2.2.6. Az ember épített környezetét leíró épületfizikai hőtechnikai kapcsolat-rendszer értékelése

Megállapítom, hogy a belső tér hőegyensúlyának összefüggései, valamint az energetikai vizsgálatok szerint olyan paraméterek fejezhetők ki, amelyek a komfort-követelmény értékeivel összevethetők és így a komfort-tervezés és az épületfizikai hőtechnikai tervezés szerves kapcsolata alakítható ki.
Így szükségszerű, hogy a tervezés folyamatába a hőérzeti tervezés beépüljön nélkülözhetetlen elemként.

Tehát, a térben várhatóan tartózkodó emberek állapotának és adottságainak megfelelő emberi komfort-paraméterek alapján fel kell állítani azt a követelmény-rendszert, - kiindulási adatsort - melyek az épületfizikai tervezés kiindulási paraméterei.
E paramétereknek tartalmazniuk kell azt a sugárzási hőmennyiséget is, mely az üvegezett felületeken beérkező és még az emberi hőkomfort szempontjából megengedhető.
A belső terek hőtechnikai összefüggései között jelentősek a külső térelhatároló épületszerkezet-komponensek - ezek közül az üvegezett felületek - szerepe.
Ennek megfelelően szükséges elemezni az ezen épületfizikai működést befolyásoló külső hatásokat - benapozási, meteorológiai, és makroklíma jellemzőket - az egyértelmű és hatékony hőérzeti méretezés érdekében.

A hatályba lépett magyar szabályozás szerint, a létesítmények energetikájának értékelésekor az **üvegszerkezetek megválasztása lényeges szempont**.
Az összefüggések bizonyítják, hogy az energiatakarékos épületek kialakításához ennek az elemnek döntő befolyása van, mint a fűtési energia, mint a hűtési energia megtakarítása terén.

Mivel a fel nem használt energia a legolcsóbb energia, ezért az un. **passzív házak** jelentősége egyre nagyobb világszerte, így hazánkban is. A passzív házak létrehozásakor nagy szerepük van az üvegszerkezeteknek.a tömör épületszerkezetek mellett. A legújabb fejlesztések is ezt a célt szolgálják.
A passzív építési móddal készült **új épületeket** rendkívül alacsony energiaigény jellemzi, a kellemes belső klíma és komfortérzet mellett.
Ha a transzmissziós és a szellőzési hőveszteség alacsony, ez kiegyenlíthető passzív energianyereség által.
Lakóépületek **felújításánál** is figyelembe kell venni, hogy az alacsony energiafelhasználású és passzív házak magas energia-megtakarítást tesznek lehetővé. A meglévő lakásállományok fűtési hőszükségletének értékei 200 - 300kWh /m^2,a körüliek, ami 20-30 liter fűtőolaj/m^2,a –nek felel meg.
A passzívház elemekkel történő felújítás 2-3 literes házakat eredményez, vagyis a megtakarítás jelentős.(Burkhard Schulze-Darup. 2007)

A fejlesztett üvegszerkezetekkel épített **télikertek** esetében is jelentős a megtakarítás:
A Magyarországon működő télikerteket összehasonlítva a jelenleg használatos float üveggel lefedett télikertekkel, a fejlesztett üveggel lefedettek esetén a megtakarítás arányos a szerkezet által a térben tartott hőmennyiséggel. Ennek bizonyítása a következő fejezetek tartalmazzák, laboratóriumi mérések alátámasztásával.

Az irodalom elemzése alapján megállapítható, hogy a diszkomfortot okozó hatások közül is kiemelten foglalkozni kell az aszimmetrikus hőterhelés problémájával, hogy azt minimálisra tudjuk csökkenteni.
Az üveg spektrális tulajdonságait a gyakorlatban is köztudottá kell tenni.
Az üvegek gyártók által közölt műszaki adatain túlmenően a betervezésnél alkalmazott nagyságú és felépítésű üvegszerkezetek aktuális méréseken alapuló műszaki adatait kell meghatározni.
Az épület energiafelhasználása - a beépített üvegszerkezet méretén és tájolásán túl, - függ az üveg reflexiós, transzmissziós és abszorbciós tulajdonságaitól, ezért fontos, hogy a spektrális mérések során nyerhető adatokból ezek az értékek kiszámíthatóak legyenek.
A szerkezet felhasználhatóságára vonatkozó döntést a tervezés és alkalmazás során kell megtenni, amire összefoglalóan az értekezés támpontot ad.

Ezért célul tűztem ki a kutatási munkámnál, hogy a hazai és külföldi kereskedelemben kapható vagy fejlesztés alatt álló üvegszerkezetek működését, tulajdonságait, azok felhasználási lehetőségeit összefoglaljam, állandóan bővítsem, valamint irányt mutassak ezáltal a fellépő igények alapján a fejlesztés szükséges irányára.
Ezért tartottam fontosnak az alábbiakban részletezett üveg-mérések elkészítését a Guardian Orosházi Üveggyárában.

A továbbiakban a külső térelhatároló-komponensek közül így kiemelten az üveg épületszerkezet-komponens elemzésével foglalkozik az értekezés, különös tekintettel a nemzetközi szinten e területen megjelenő legújabb rendszerekre és fejlesztési irányokra, amelyek a teljesítőképességükkel az előzőekben felállított hőérzeti igényt (követelményt) igyekeznek optimálisan kielégíteni.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

A munka során az ökoépítészeti üvegek viselkedését és hatását vizsgálom és elemzem, az épület energetikai rendszerében. Feltételeztem, hogy ezek a tulajdonságok az üveg spektrális tulajdonságváltozásain alapulnak.

3.1. Különböző üveg külső térelhatároló épületszerkezetek

A belső tér hőérzeti követelményei - melyeket az emberek komfort-követelményei és az ezzel összefüggő épületfizikai hőtechnikai követelmények alkotnak - a külső térelhatároló épületszerkezetek és ezek közül különösképpen az üveg épületszerkezetek megfelelő tulajdonságaival elégíthetők ki.
E fejezet tárgyalja az e szempontból lényeges üvegszerkezetek teljesítőképességét, mint ezek fent leírt épületszerkezeti funkciójának - amely végső soron a hőérzeti követelmények kielégítésének - egyik fontos eszközét.

Az üvegtermékeket bizonyos épületszerkezeti, épületfizikai, építészeti funkciók kielégítésére fejlesztették ki a gyártók, a vizuális térkapcsolat kialakítására a térelhatárolás biztosítása mellett.

Ezek a termékek az alábbiak:
a./ húzott síküveg,
b./ hengerelt síküveg,
c./ edzett biztonsági üveg,
d./ ragasztott biztonsági üveg,
e./ bevonatos üveg,
f./ többrétegű szigetelő üvegszerkezet,
g./ fényvisszaverő üveg,
h./ bordás üveg,
i./ profil-üveg,
j./ hullám-üveg,
k./ hajlított üveg,
l./ üvegtégla,
m./ üvegcserép,
n./ vonallencse üveg,
o./ drótbetétes üveg,
p./ mintás üveg,
q./ hőelnyelő üveg.

A felsorolt üvegtermékek funkciói a térelhatároláson kívül:
- biztonság-védelem,
- baleset-védelem,
- hővédelem,
- mechanikai ellenállás,

- hang-védelem,
- fény-védelem,
- hőgyűjtés,
- hőszórás, ill.
- esztétikai funkciók.

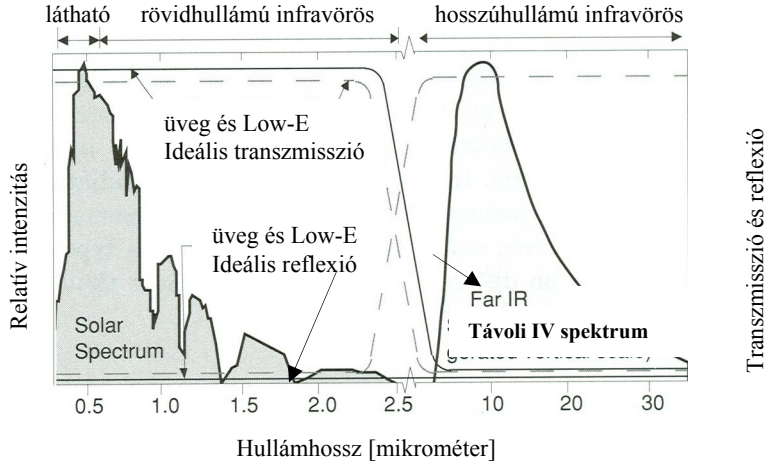
Alapvetően építészeti ill. esztétikai szempontból az összes üvegtípusnak jelentősége van, hiszen a terek különböző természetes megvilágítása, azok megfelelő alkalmazásának a függvénye (vagy mesterséges világítás összekapcsolásával szintén esztétikai szempontból lényeges elemek).
Ezen hagyományos üvegtermékek közül a leggyakrabban alkalmazottak paramétereit tájékoztatásul az M.3. F-21., műszaki adatgyüjteménye ill. további táblázatai foglalják össze.(21/1, 21/2, 21/3, 21/4)

E fejezet azon üveg külső térelhatároló épületszerkezeteket tárgyalja, melyek jórészt a nemzetközi kutatások és fejlesztések legjelentősebb eredményei, ill. amelyek még a jelenlegi és jövőbeni kutatások feladatait képezik. Ennek megfelelően az értekezés tárgya szempontjából:
- az alacsony emisszivitású üvegezések (Low-E) és
- az elektrokromikus
- a termokromikus üvegek
- fotokromikus üvegek
- gázkromikus üvegek

fő csoportok elemzése történik.

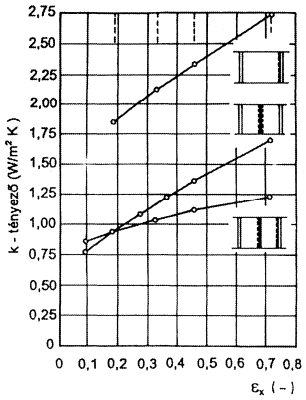
3.1.1. Alacsony emisszivitású üvegezések

Az u.n. alacsony emisszivitású (Low-E) üvegezések szinte észrevétlenül teljesítik a komfort-igényeket és szabályozzák a szoláris nyereséget, spektrális tulajdonságuk révén.
Az alkalmazott anyag általában egy ultravékony, de tartós, hő- (infravörös-) visszaverő ezüst-bevonat, amely optikailag - átlátszósága miatt - építészeti szempontból igen előnyösen alkalmazható.
Az alacsony emisszivitás azt jelenti, hogy az üveg hővisszaverése növekszik, így ezzel hőszigetelő-képessége majdnem kétszeresére nő. Ilyeneknek tekinthetők azok az üvegfelületek, amelyeknek az emisszivitásuk a 0,2-es értéknél alacsonyabb
($e \leq 0,2$).
A 22.ábra jelöli működésének teljes folyamatát. A grafikon sötétített területe a beérkező napenergia, melynek a fele a látható tartományba esik és a szürke rész a visszasugárzott távoli infravörös.



22. ábra A Low-E üvegek jellemzői a hagyományos üvegekhez képest. (Johnson, 1991)

A felső folytonos görbe jelöli a hagyományos üveg különböző hullámhossz szerinti napenergia transzmisszióját, az alsó folytonos görbe azt jelöli, hogy a hagyományos üveg reflexiója alacsony marad az összes hullámhossz esetén.
A szaggatott vonalak jelölik a tökéletes Low-E bevonatú termékek viselkedését. Látható, hogy ez az anyag hogy működik szelektív tükrözőként: a szoláris transzmissziója igen magas, de a szoláris reflexiója alacsony a rövid hullámhosszakra. A reflexió növekszik a hosszú hullámhosszak tartományában, míg a transzmisszió a 0 felé tart.
Az alacsony emisszivitás: az alacsony transzmisszió jelenléte mellett magas reflexiót jelent.
Az alacsony emisszivitás továbbá azt jelenti, hogy a bevonatba kerülő energia nehezen képes abból sugárzással eltávozni, tehát az energia nem képes a felületről emittálódni (kiáradni). Ebből ered az elnevezése is.
A 23. ábra mutatja a Low-E hatását a hőátbocsátási tényezőre a szerkezet-kialakítás függvényében



23. ábra. A kis emissziós tényezőjű felületbevonatolás hatása az ablak hőátbocsátási tényezőjére. (Zöld, 1995)

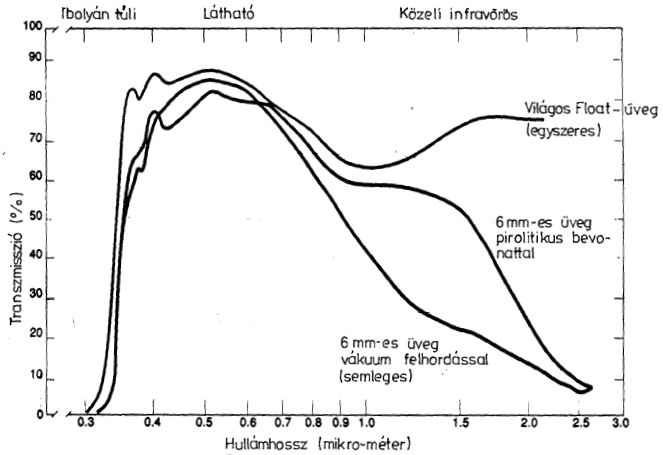
3.1.1.1. A bevonatok technológiája

3.1.1.1.1. A vékony rétegek (Johnson, 1991)

Négy-fajta Low-E technológiát ismer az üvegipar.
Mind a négy Low-E technológiának vannak előnyei és hátrányai egyaránt.

a./ **A szóró eljárásnál**, - amikor különböző, vékony fém-réteget hordanak fel az üvegre,- nagyfokú ellenőrzésre van szükség ahhoz, hogy a 0,02 µm-es film-vastagság tartható legyen. Bár ez az ellenőrzés megkönnyíti a filmösszetétel változtatását. Ez a flexibilitás a különböző klímákra és rendeltetésekre az árnyékolási együttható teljes spektrumának létrehozását teszi lehetővé.

b./ **A vákuum-porlasztásos eljárás**, többrétegű bevonat felhordásánál megfelelő egységes vastagságú réteget, valamint egy egységes szinű (vagy semleges szinű) bevonatot biztosít. Alapként az ezüst használatos, mivel annak van a legjobb szoláris transzmissziója. Az antireflexiós bevonatok, hagyományosan a titán-, vagy indium-oxid, de a cink-oxidot is alkalmazzák mivel jól ellenáll az ultraibolya hatásnak, és keményebb (összeállításnál jelentkező kopásoknak jobban ellenáll).
Ez a szerkezet általában 90 %-ot reflektál a távoli infravörösben, amely tulajdonságával közel azonosnak tekinthető egy dupla-üvegezés hőellenállásával.
A 24. ábra összehasonlítja két különböző típusú Low-E üvegezés tipikus teljesítményét, a látható és a közeli infravörösben, egy bevonat nélküli üvegezés teljesítményével.



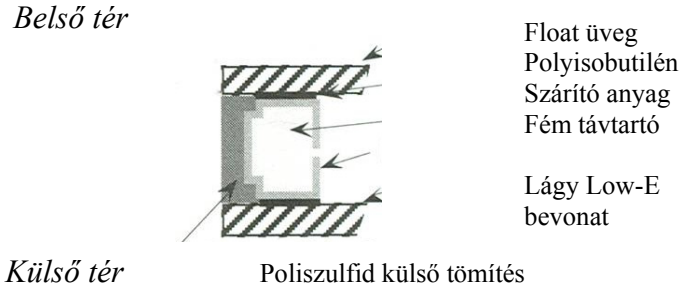
24.ábra A Low-E üvegek két típusának transzmissziós görbéi a hagyományoshoz képest. (Johnson, 1991)

c./ **A pirolitikus bevonat** görbéje egy 0,79-es árnyékolási együtthatóval rendelkező tipikus lakóépület-üvegezést mutat. (Összehasonlításul: egy világos 6 mm-es dupla üvegezés 0,82-es árnyékolási együtthatóval rendelkezik.)

A vákuum-porlasztásos vékony bevonat jelleg-görbéje szerint, alkalmasabb irodai alkalmazásokra, a 0,67-es alacsonyabb árnyékolási együtthatójával, amely a megnövekedett közeli infravörös visszaverésnek tulajdonítható. A távoli infravörös reflexió a 97 %-ot is elérheti (amely megfelel egy 0,03-as emisszivitásnak).
További Low-E bevonatok vagy vastag fémtükrök sem tudnak ennél jobb teljesítményt elérni.
Az antireflexiós rétegek nem eléggé erősek ahhoz, hogy megvédjék a lágy ezüstöt a korróziótól és hosszabb távon a kopástól (ezeket a vékony rétegeket "lágy-bevonatok"-nak nevezik, azok gyenge fém alapjuk miatt).
Három szokásos módja van a bevonat védelmének, mindegyiknek van előnye és hátránya.

- Bevonat és tömítés az üvegszerkezeten.
A dupla üvegezés megvédi az egyik üvegrétegre felvitt bevonatot. Ha mindkét üveg egymás felöli felülete lenne bevonva, ez nem javítaná jelentősen az ablak hővezetési ellenállását, mivel a gázterenkénti egy Low-E felület már megakadályozza majdnem az összes infravörös forgalmat.
Tehát a belső tér felé forduló felület bevonása egy korrózió-álló pirolitikus réteggel, jelentősen javítja az üveg össz-termikus teljesítményét (10-15 %-kal).

Az üreges perforált fém távolságtartó, amely a két üveget összeköti, szárító anyaggal van kitöltve, amely megszünteti a potenciális korróziót előidéző vízpárát, amely a gyártás során bentmaradt.
A szerves tömítések, amelyeket a két üveglap összeragasztására használnak a távtartóknál, jelenleg 20 évig megbízhatóak. Ez a hosszú életű tömítés valójában dupla tömítés, - legtöbb egyszeres szerves tömítés nem eléggé megbízható a szokásos gáztöltések tárolásához.
A Polyisobuthilent (25. ábra) az üveg és a távtartó összeragasztására, a gáztöltés és a vízpára-szivárgás elleni tömítésre használják.



25.ábra A tipikus dupla üvegezés tömítési rendszere a fém távolságtartóval. (Johnson, 1991)

A második tömítésként általában polyszulfidot, polyurethánt, meleg olvasztott butilt vagy szilikont alkalmaznak a távtartó külső szélén, így biztosítva az egység szerkezeti integritását.
A 13. táblázat mutatja a gázszivárgás mértékét különböző tömítések esetén 20 év

után, több kutatási jelentés adatai alapján.

13.táblázat Gázveszteség-százalék különböző tömítéseken keresztül, különböző Kutatóintézetek mérései alapján. (Johnson, 1991)

	Ar/SF_6	Ar*	Ar*	Ar*	SF_6*
Egyszeres tömítés					
Poliszulfid	8 - 10	13 - 15		6 - 13	0 - 1
Poliuretán	8 - 10	13 - 15	15 - 20	33 - 45	3 - 5
Szilikon			> 45		
Butil			5 - 7		
Polyisobutilén			4 - 5		
Permapol P 2			5 - 10		
Permapol LPM			1 - 4		
Thikol LP			3 - 9		
Kettős tömítés					
Poliszulfid	5 - 6				
Poliuretán	2 - 5				
Szilikon	12 - 15				

* Extrapolált adatok

Ezeket a tömítéseket 12 mm-es rés esetére a német 52293 DIN szabvány szerint vizsgálták.

Az adatok jelzik, hogy a hagyományos kettős tömítés-rendszerek jól működnek. Jelentősen alacsonyabbak a gázszivárgási értékek a szulfurhexafluorid (SF_6) és az argon/szulfurhexafluorid keverékek esetére, mint az argonra (Ar), mivel az előbbiek nagyméretű molekulák

Nem állnak rendelkezésre összehasonlító adatok krypton esetére, de feltételezhető, hogy az átszivárgása kisebb mint az argoné, a molekula-méretére való tekintettel.

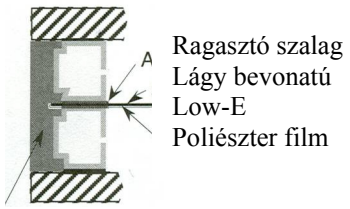
A szórt Low-E bevonatot eltávolítják arról az üvegfelület-sávról, amely a tömítéshez csatlakozik annak érdekében, hogy a külső szélen kialakuló és arra merőlegesen befelé irányuló korróziót elkerüljék.

- Az üvegszerkezetbe elhelyezett **bevonatos poliészter.**

A vékony rétegek felhordásának az előnyei, hogy a felhordás hőmérséklete elég alacsony ahhoz, hogy műanyagra is felhordható legyen. Alapnak általában poliészterfilmet használnak a mérettartóssága miatt. A műanyagot bevonni olcsóbb is mint az üveget, mivel sok film-tekercset be lehet vonni ion-sugárzással, egyetlen vákuumfelhordó-kamrában. Azonban a megfelelő szerelés és a poliészter-film tömítése többe kerül, mint a gyártásnál a megtakarítás. A tömítés a lágy bevonat korrózió-védelme miatt itt is szükséges.

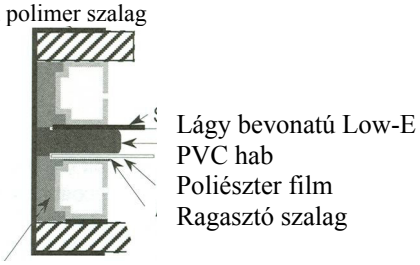
A bevont műanyag a kétrétegű üvegegységben úgy helyezkedik el, mint egy harmadik réteg, egy három rétegű üvegezés esetén. Az új légréteg egy magasabb R-értéket ad. A megnövekedett komfort-fok, - amelyet a megnövekedett R-érték okoz-, általában alátámasztja a megoldást, de az ebből eredő energiamegtakarítás mértéke nem jelentős, a költségtöbblethez képest.

A poliészter-film szerelési gondot jelent, mert folyamatosan rugalmasan deformálódik, vagy csúszik. Ez egy hullámos felületet eredményez és torzított reflexiót. A gyártók ezt a problémát úgy küszöbölték ki, hogy a film kerülete mentén a film mindkét oldalára ragasztják a fém távolság-tartókat, speciális kétoldalon tapadó szalaggal. Erre ragasztják a két üveglapot az 26. ábrán látható módon. Az 27. ábra jelöli azt, hogy a hőhíd-problémát miként oldották meg krypton töltésű egység esetén.



Poliuretán külső tömítés

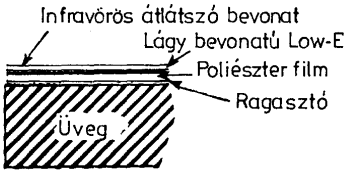
26.ábra A bevonatos poliészter-film (Johnson, 1991)



Poliuretán külső tömítés

27.ábra Hőhíd-mentesített megoldás. szerelése az üvegszerkezetben. (Johnson, 1991)

- **Low-E-bevonatos** műanyag, az üvegre ragasztva, műanyag védelemmel.
A poliészter-filmet a Low-E oldalán átlátszó műanyaggal védik, a korrózió ellen. A tipikus összvastagság: 38 μm. A film másik oldala az üveghez van ragasztva (28. ábra).



28. ábra A Low-E bevonatos szendvics üvegszerkezet (Johnson, 1991)

A poliészter kis költséggel rögzíthető az üveghez vízben oldódó, vagy nyomás-érzékeny ragasztóval. Ez a módszer ellensúlyozza az üveg védőlapok közötti film szerelésének magas költségét, de alacsonyabb szigetelési érték árán.

A felső bevonatnak az infravörösre átlátszónak kell lennie ahhoz, hogy a Low-E bevonat visszaverje a hosszú-hullámú energiát. A polipropilén műanyag gyakran alkalmazott e célra, mivel annak infravörös transzmissziója elegendően magas. A szendvics-szerkezet eredő effektív emisszivitása olyan értékre csökken, amely kb. harmadánál van a védelem-nélküli Low-E bevonatú és a bevonat nélküli műanyag vagy üveg értéke között. Ez azt jelenti, hogy az U-értéke (k-értéke) is a megfelelő közepes értékű.
A kutatók által szerzett tapasztalatok szerint más hátránya is van ennek a technológiának.

A polipropilén a magas infravörös-átlátszósága miatt használatos, de ez a felső bevonat sárgulni és töredezni kezd 7-13 év múlva, ha az a belső tér felöli oldalon van. Élettartama 5 évre, vagy ennél kevesebbre csökken, ha az, az időjárásnak kitett oldalra kerül. Ez a rendszer még így is elég olcsó, mivel a fűtési és légkondicionálási számlák megtakarítása több, mint az esetleges időnkénti szerkezet-csere, vagy bevonat-felújítás.

3.1.1.1.2. Vastag film-bevonatok

A vastag bevonatok esetén vagy mágnes-katódos **vákuum-szórási eljárással**, vagy **közvetlen szórással,** vagy **pára-felhordással** vonják be ón-oxiddal a meleg üveget. A bevonatok viszonylagosan vastagok: 0,5-0,1 μm. Néha "kemény" bevonatoknak nevezik őket, a kopással és korrózióval szembeni ellenállásuk miatt. A szélekről való eltávolításuk nem szükséges, mint ahogy azt a lágy bevonatoknál meg kell tenni.

Az üveg vastag bevonatának szokásos anyagai az indium-ón-oxid, vagy kádmium-ón-oxid félvezetők, azok különleges keménységük és fény-átlátszóságuk miatt. Az emisszivitás-tartományuk 0,15 és 0,13 közötti. Ezek a bevonatok egyszeres üvegezéshez is alkalmazhatók, mert elég kemények minden kopás-fajta ellenállására, beleértve az ablaktisztítást is. Az anyagok már nem korrodálódnak, mivel azok már eleve oxidok.

Az indium-ón-oxidnak van a legjobb szelektív tulajdonsága, de az indium sajnos igen drága. Továbbá ezek az anyagok nem alkalmazhatók polymer-filmekkel, mivel ezek magas hőmérsékletű alapot igényelnek, (400 ^{o}K) a szórási eljárás alatt.

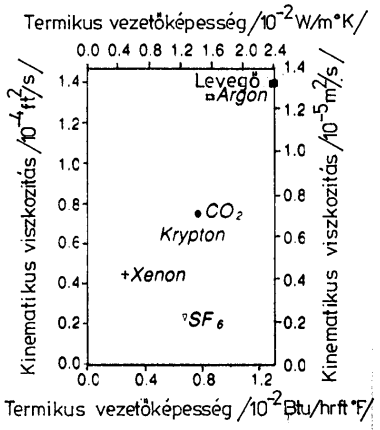
A pirolízis a legjobban szabályozható kémiai pára-felhordási eljárás, hamar helyettesítette a szórást, mint a legjobb módszerét az atmoszférikus ón-oxid bevonásnak, meleg üvegre.
Az emisszivitás lecsökken 0,2 alá, kismennyiségű fluorin hozzáadásával. A bevonatot akkor készítik, amikor az üveg úszik az olvasztott ón-fürdő tetején.

Ez a módszer kiküszöböli a szivárványosságot, amely a szórási eljáráskor előfordul.

3.1.1.2. Gáz-töltésű üvegszerkezetek

Csökkentve az ablak emisszivitását, csökken a sugárzó infravörös forgalom, de marad a vezetés és átadás az érintetlen légrésen keresztül. A legkézenfekvőbb megoldás a Low-E üvegek közé bezárt levegő hőveszteségének a csökkentésére: a levegő kicserélése egy viszkózusabb szigetelő gázra.
Ez csak bevonatos üvegek esetén működik hatékonyan.
A 29. ábra jelöl néhány gáztöltés jellemzőt a levegővel összehasonlítva. A

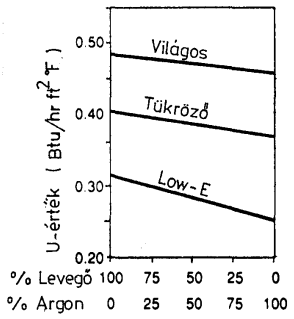
vízszintes tengely jelöli a gáz vezetőképességét. Ez annál jobb, minél alacsonyabb. A függőleges axis jelöli a viszkozitást. Ez annál jobb, minél magasabb.



29. ábra Gáztöltés-jellemzők. (Johnson, 1991)

A két változó közül a vezetőképesség a fontosabb a keskeny rések esetében. (ha az üvegek között lévő rés mérete < 12 mm) Továbbá a viszkozitásnak egy minimális értéknél nagyobbnak kell lennie, különben a hőátadás rontja a teljesítményt. Pl. egy tipikus 9 mm-es rés esetén a viszkozitásnak nagyobbnak kell lennie 0,7-nél.
Megjegyzendő, hogy a **levegőnek** a legnagyobb a viszkozitása, azonban a grafikon jobb oldalán helyezkedik el, ami a maximális vezetőképességet jelenti. Tehát ahogy várható volt, a levegő a legkevésbé ideális a hőáramlás minimalizálására.
A következő lehetőség az **argon** (Ar), amelyet leginkább alkalmaznak gáztöltésre a tehetetlensége és a különösen alacsony ára miatt. Az argon-töltés általában a Low-E dupla üveg R-értékét 33 %-al megnöveli.
A **széndioxid** (CO_2)-nak hasonló vezetőképessége van mint az argonnak, de a viszkozitása a határon van.
A **szulfurhexafluorid** (SF_6) -ot valamikor hangszigetelésre használták Európában az alacsony viszkozitása ellenére.
A **kryptonnak** különlegesen alacsony a vezetőképessége, de a viszkozitása kissé alacsony. A viszkozitása könnyen emelhető, keverve azt egy kevés argonnal. Xenon (Xe)-nak a legtöbb alkalmazáshoz túl alacsony a viszkozitása.

A 30. ábra mutatja annak jelentőségét, hogy az argon betöltésekor fontos a levegőt eltávolítani.

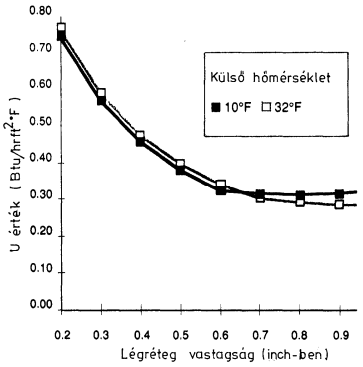


30. ábra Argon és levegő arányának hatása az U-értékre. (Johnson, 1991)

Az alsó vonal jelöli, hogy a Low-E egységet félig argonnal, félig levegővel töltve az U-érték 14 %-kal több, mint a teljesen argonnal töltött egység. A felső vonal jelöli azt, hogy az argon töltésnek nincs látható hatása a bevonat nélküli egységre.

3.1.1.3. Az optimális rés az üvegszerkezetben

Ha az ablak vastagsági mérete nem lenne gond, azt lehetne mondani, hogy mivel a levegő (vagy argon) egy szigetelő anyag, minél vastagabb annál jobban szigetel. Azonban ez így nem igaz.
A 9 mm-nél vékonyabb rések esetében, a surlódás a helyén tartja a gázt. A gáz szigetelőértéke abból adódik, hogy a hőáramlást visszatartja.
A szigetelés javul ahogy a rés vastagszik addig a pontig, amíg a konvekció létrejön és a rés "kémény-hatású"-vá nem válik. A gáz a meleg oldalon szabadon felemelkedik mivel a szemben lévő oldal olyan messze van, hogy surlódással már nem képes megtartani. A feláramló gáz eléri a rés tetejét, ahol a szemben lévő oldal azt lehűti. Egy áramlási kőr jön létre, amely a hőt a meleg oldalról a hideg felé szállítja.
A 31. ábra jelöli, hogy létezik egy optimális választóvonal egy adott átlagos levegő-töltés-hőmérsékletre, mielőtt a konvekció létrejön.



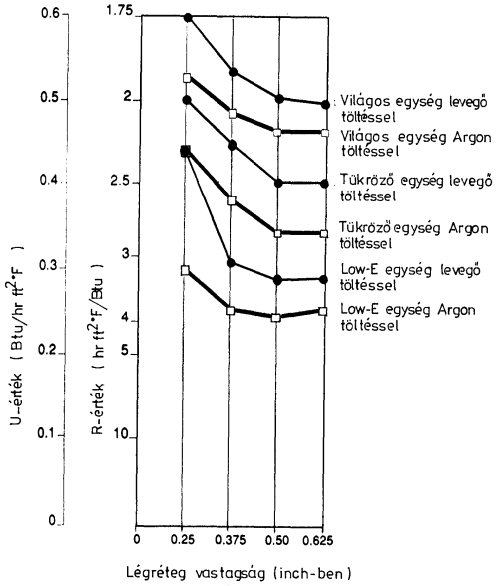
1 inch = 2,54 cm

1 Btu/hr ft^2 ^{0}F = 5,67 W/m^{2}K,

X ^{o}F =(X-32)*5/9 ^{o}C

31. ábra A dupla üvegezés U-értéke a légréteg vastagság függvényében. (Johnson, 1991)

Az üveg átlagos hőmérséklete változik az év során, így egy olyan résméretet kell választani, amely jól működik a hőmérséklet-változások alatt. A legtöbb üvegszerkezet azonban 12 mm-es réssel van ellátva, amely kevesebb, mint az optimum (kb. 16 mm), levegő-töltés esetén, de nyithatóság szempontjából ez a megfelelő.
A 32. ábra jelöli hogyan alakul az U és R érték az üveg közepén különböző dupla üvegezés esetén, ha argont használnak levegő helyett.



32. ábra U-érték változása a rés-vastagság függvényében, levegő ill. argon töltésű üvegszerkezetek esetében. (Johnson, 1991)

Megjegyzendő, hogy levegő esetén a 12 mm-es rés kevesebb, mint az optimális résméret. A krypton optimális rése kisebb 6 mm-nél. A krypton a legjobb gáztöltés a többréses egységre, mert egy hagyományos méretű rés annyira sok gázt tartalmazna, hogy töréshez vezetne a gáz tágulása miatt magasabb hőmérsékleteken.

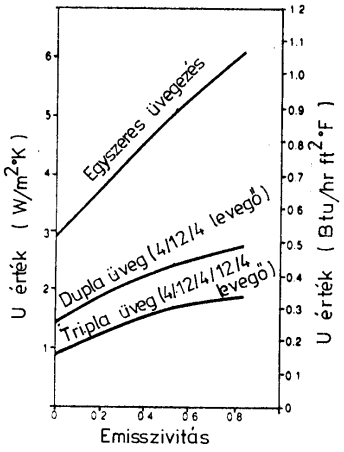
3.1.1.4. Az üvegszerkezetek hőszigetelő-képességét befolyásoló tényezők

Az üvegek U-értékei (k-értékei) nem csak a Low-E kezelés miatt változnak. Egyéb kialakítások is meghatározzák a hőáramlás-ellenállást az üvegszerkezeteknél.

- Emisszivitás hatása
A 33.ábra jelöli azt, hogy miként befolyásolja az emisszivitás az egyszeres, dupla és háromszoros üvegezés U-értékét, 4 mm-es üveglapok és 12 mm-es rés esetén.

A görbék nem érik el teljesen a jobb oldalt, hiszen a bevonat nélküli üveg

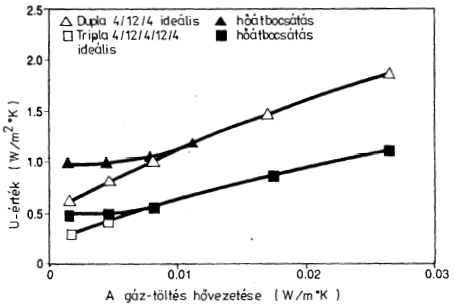
emisszivitása 0,84.
A Low-E bevonat legjobban az egyszeres üvegezés U-értékét változtatja meg, de csak azokon a klímákon, ahol a kondenzáció (páralecsapódás) nem gond. Mivel a víz tapad a Low-E felülethez, az megszünteti az üveg alacsony emisszivitását a víz magas emisszivitása miatt.



33. ábra Az emisszivitás függvényében ábrázolt U-érték- változás különböző üvegszerkezetek esetén. (Johnson, 1991)

Megjegyzendő, hogy az egyszeres bevonatos üvegezés U-értéke majdnem megközelíti a bevonat nélküli dupla üveg U-értékét, amennyiben az egyszeres üveg emisszivitása 0,02. Csökkentve a már alacsony emisszivitást 0,15-ről 0,02-re, akkor a dupla üveg U-értéke is kb. 23 %-kal csökken.

- A gáz-töltés hatása
A dupla üvegezések különleges gázokkal való töltése csökkenti az U-értéket. A 34. ábra jelöli a gáz konduktivitásának a hatását a dupla és tripla üvegezéseken keresztüli hőáramlásoknál.



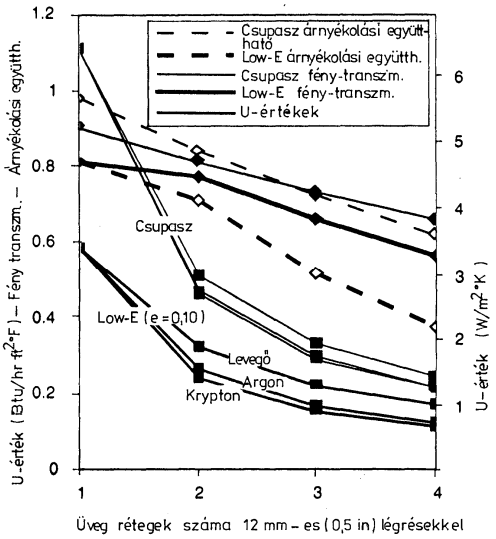
34. ábra Az U-érték változása a gáztöltés hővezetése függvényében. (Johnson, 1991)

Az üres jelekkel jelölt görbék mutatják az idealizált viselkedést amikor nincs konvekció ill. hőáramlás, (bár a valóságban konvekció mindig létezik).

A tele jelekkel jelölt görbék azt mutatják, hogy miként növeli az idealizált U-értéket a 12 mm-es réssel ellátott szigetelő üvegszerkezet.
Referenciaként, a levegő vezetőképessége: 0,024 W/m°K, az argoné: 0,016 W/m°K, a kryptoné: 0,0085 W/m°K.

- Többszörös rés hatása

Több üvegréteg alkalmazása több zárt légteret eredményez további szigetelőhatás érdekében, de a fénytranszmisszió kárára. A 35. ábra mutatja, hogy a téli U-érték csökken a hagyományos és Low-E rétegek számának növekedésével, levegő, krypton és argon töltésnél. A rétegek közötti távolság 12 mm.



35. ábra U-értékek az üvegszerkezetek rétegszámának függvényében. (Johnson, 1991)

A vastag folytonos görbe jelöli, hogy miként esik gyors ütemben a Low-E transzmissziója és az U-érték a harmadik üvegréteg hozzáadásakor **fény** vonatkozásában (a fénytranszmisszió vékonyabb görbéje a bevonat nélküli rétegeket jelöli).
Az árnyékolási együtthatót a szaggatott görbék mutatják ugyanezen anyagokra.
A további rétegek általában növelik a bezárt gázmennyiséget, amely a tömítések törését okozhatja ha a gáz tágul a nyári melegben, vagy a csökkenő atmoszférikus nyomás esetén ha a beépítési magasság jelentősen magasabb, mint a gyártás helyszínének tengerszint feletti magassága.
Kryptont alkalmazva ez a gond minimalizálható, mivel ez a gáz a legjobb szigetelési értéket akkor adja, amikor a rés mérete a legkisebb

.

- A szélek geometriai hatásai

Az utolsó változó, amely jelentősen befolyásolja az ablak hőteljesítményét: a szélek geometriája.
A fém távtartó,- amelyet a legtöbb szigetelő-üvegnél alkalmaznak-, nagymértékben

képes emelni az ablakok effektív össz.-U-értékét, az ablak méretének és a névleges U-értékének függvényében.
Azonban a magas hővezető-képességű fém-távtartón keresztül történő hőveszteség mennyisége nem jelentős, a hagyományos dupla üvegezés középrészén keresztül létrejövő hőveszteség mennyiségéhez viszonyítva.

3.1.1.5. Az alacsony emisszivitású üvegezések továbbfejlesztése

A Low-E teljesítménye - emisszivitás szempontjából - elérte az elméleti és gyakorlati határát. A lágy bevonat emisszivitása lecsökkent 10%-ról 3%-ra. A további csökkentés nem javítaná jelentősen az üvegezés hőellenállását. A pirolitikus bevonatok növelték a szoláris nyereséget 4%- kal, ezen belül 2%-3% a növekedés, a dupla üvegezéseknél.

A különböző technológiával felhordott bevonatoknak az **árnyékolási együttható és fénytranszmisszió hányadosai** adnak egy mutatót, amely az okozott hüvösséget van hivatva jellemezni, : Dx , Az M.3. F-21./1 táblázatai észak-amerikai és európai termékekre tartalmazzák ezeket az értékeket, lehetőséget adva az összehasonlításra bevonat nélküli üvegekkel.

Az igényelt alacsony árnyékolási együttható és magas fénytranszmisszió kombinációja irodák számára új teljesítmény-szinteket ért el. A legalacsonyabb árnyékolási együttható, amely a lágy bevonat technológiával áll rendelkezésre jelenleg: 38%, a 60%-os fénytranszmisszió mellett. A legalacsonyabb **elméleti** árnyékolási együttható erre a fénytranszmisszióra 21,6%, ezért a javítás még mindig szükséges. Ezen a területen a további előrelépés azon fejlesztett Low-E bevonatoktól függ, amelyek jobban akadályoznak a közeli infravörös spektrumban és azoktól a jobban abszorbeáló üvegektől, amelyek megtartják a magas fénytranszmissziót.

3.1.1.5.1. A technológiai fejlesztések

A Low-E üvegek egyes alkalmazásoknál jelentősek, míg más esetben háttérbe szorulnak. De ahogy a technológia fejlődik, minden egyes Low-E kategória egyre jobb tulajdonságokra törekszik a versenytársaival szemben. Az, hogy melyik válik a legjobb technológiává és melyik piacképessé, az függ attól, hogy melyik ipar területén jelenik meg.

Az üveggyártók szerint a pirolitikus bevonatok a megfelelőek. A gyártósoron történő bevonás olcsóbb, mintha az üveget át kellene szállítani egy másik bevonó sorra, mint ahogy az a lágy bevonatok gyártásánál történik. Ez a tény, valamint az, hogy a pirolitikusan bevont üveget lehet utólag hőkezelni, azt jelenti, hogy ez a típus a megfelelő, ha a verseny csak a költségek függvénye.

Továbbá a gyártósori módszer nagy mennyiséget tud előállítani, mint ahogy azt a Low-E bevonatok elkerülhetetlen fellendülése igényli.
Azonban annak a valódi oka, hogy a pirolitikus bevonatok komoly tényezőkké válnak az, hogy a legfőbb üveggyártók nemcsak előállítják azokat, hanem nekik van a legnagyobb piacuk. A világon a legnagyobb üveggyártók legtöbbje már beindította a gyártósori bevonó projektjét.

Természetesen a vákuum-bevonó ipar másként gondolkodik. Kivéve néhány szolár-fűtési alkalmazást, a gyártósoron kívüli bevonási módszer és a hengeren bevont termékek bizonyosan kiszorítják a pirolitikusat egyidőre, különösképpen, mivel a bevonási paraméterek így könnyen változtathatóak. Ez a lényeges flexibilitás azt is jelenti, hogy a lágy bevonatú termékek könnyen alakíthatók át más-más piacra ill. klímára. Egy gyártósori termelés nem képes gyorsan átállni az egyik típusú bevonatról egy másikra. Azonkívül a tömegtermelés is már beindult és már növekvőben van, hiszen a lágy-bevonat-ipar már bejutott az elektromos hajtású autó-szélvédő piacra is.

Azok az egyszeres üvegezések pirolitikus bevonatai, amelyek 0,5-ös árnyékolási együtthatót és 63%-os fénytranszmissziót adnak - fejlesztés alatt állnak. Ez a fejlesztés különösen jelentős a meleg klímák lakóépületeinél, ahol hagyományosan egyrétegű üvegezést alkalmaznak.

3.1.1.5.2. A hőhíd-mentesítési fejlesztések

A Low-E bevonatos teljes üvegszerkezet vonatkozó teljesítménye egyenletesen javul, így ma már a kisméretű üvegekszerkezetekre vonatkozó hőveszteség a kereteken és a távtartókon keresztül megközelíti az üvegen keresztüli hőveszteséget vagyis, a távtartókat ill. a legtöbb jelenlegi kereteket termikus szempontból javítani kell, vagy e nélkül a Low-E teljesítmény-előnyei kárt szenvednek.

Két cég, amelyek gyártanak és alkalmaznak többrétegű Low-E bevonatos polimereket, kifejlesztettek hőhídmentes távtartókat, amelyek hatékonyan zárják le a gáztöltést, mialatt megtartják rugalmasságukat. Mások egyszerűbb és olcsóbb megoldásokkal dolgoznak. Néhány mai termék így bizonyos kisebb módosításra szorul.
Egy példa az ilyen korszerűsített termékre a TREMCO Swiggle Strip, amely egy kiszárított butil öntvény egy hullámosított fémszalag köré gyártva. A hullám-szalag teljesíti az üveg-távtartási feladatot a szokásos nyomóerők mellett. Igen kis hőhídja van így a résnek, mivel nincsenek fémfelületek amelyek a hőt közvetítik,
(ahogy az a hagyományos doboz-alakú fém távtartóknál előfordul). Ez a megoldás megfelelően rugalmas is, figyelembevéve az üveg és távtartó közötti különböző hőtágulási együtthatókat. A fém megállítja a butilon keresztüli legtöbb gázmozgást, de az összeset sajnos nem. Egy része átszivárog merőlegesen a széleknél az üveg és a szalag között. Így a butil kiszárad és felszívja a vízpárát, amely általában

beszivárog az egységbe és elhomályosítja azt. A gázszivárgási probléma megoldható azzal a záróburkolat-technikával, amelyet a Southwall Technologies fejlesztett ki a többrétegű Low-E filmegységre.

A kutatás tovább folyik egy olcsóbb homogén anyag után, amely megoldja a hőhíd szinte megoldhatatlan gondját, a gázszivárgás és a mechanikai távtartás problémáit, mialatt az üveggel azonos hőtágulási együtthatót biztosít annak érdekében, hogy a szélek tömítése épen maradjon.
A piacon található üvegszálas távtartók még nem teljesítik ezeket, de egy igen igéretes új anyag jelenik meg az űrhajózási iparból, amely megfelelő lenne: a **polimer-kerámia.**

A polimer-kerámiák tervezett anyagok, amelyek elméletileg kielégíthetik bármely tulajdonság-kombinációt amely a két anyag tulajdonságai között megtalálható, amely függ a polimer és kerámia összetétel arányától. Úgy a polimerek, mint a kerámiák egyedül is képesek néhány távtartó-problémát megoldani, de együtt az összes gondot megoldhatják. Talán a legigéretesebb jellemzője ennek az új anyagnak, az összeillesztési módja: **a rugalmas anyag hegeszthető az üveghez.**

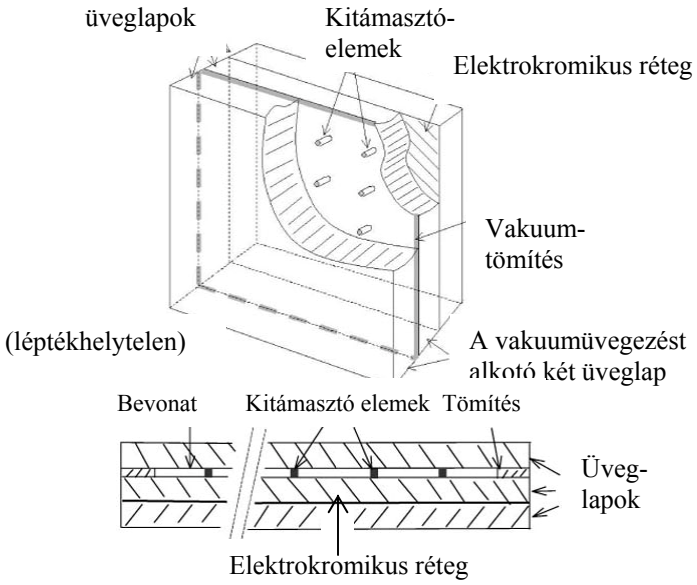
Az ablakkereteken keresztüli hőveszteségek hasonlóak a távtartókon keresztüliekhez. A mai hőhídmentes fémkereteket valójában a páralecsapódás megakadályozására tervezték, nem kifejezetten a hőveszteség megakadályozására. A fakeretek szigetelőképessége annyira jó csak, mint egy hagyományos dupla üvegé. A fánál vagy fémnél jobb szigetelő-anyagokat kell alkalmazni a Low-E ablakoknál és falaknál, amelyekbe azokat elhelyezik.

Az európaiak vezető helyet foglalnak el a magas teljesítményű keretek előállításában, alkalmazva a RIM technológiát. A technológia lényege: egy fokozott sűrűségű hab készítése uretánokból (vagy tűzálló fenolokból), így a belső része pórusos és a hőáramlásnak ellenáll, míg a külső része sűrű és elég kemény, hogy ellenálljon a mechanikai és egyéb hatásoknak, és lezárja a peremet.
A keretben egy belső hosszanti acélbetét van, stabil mérettartás céljából
.E szerkezettel piackutatást végeztek az USA-ban a lakóépület-ablak piacán és azt állapították meg, hogy a felhasználók nem kedvelik a látszó műanyagot a belső felületeken.

Az Owens-Corning cég az ablak-piacon jelent meg az üvegszálas keretével. A sűrű üvegszál-mag U- értéke: 1,41 W/m^2K. A mechanikai hatásoknak ellenálló burkolatát egy külső gél-bevonatú üvegszálerősítéses poliészter tok alkotja, amely szervesen kapcsolódik az üvegszál-maghoz. A külső anyag megjelenése és erőssége az üvegszálerősítéses műanyagnak felel meg, de az anyag hőtágulási együtthatója a fáéval azonos. Ez a megoldás biztosítja, hogy a keret jól együttdolgozik az üvegezéssel az egész év során.

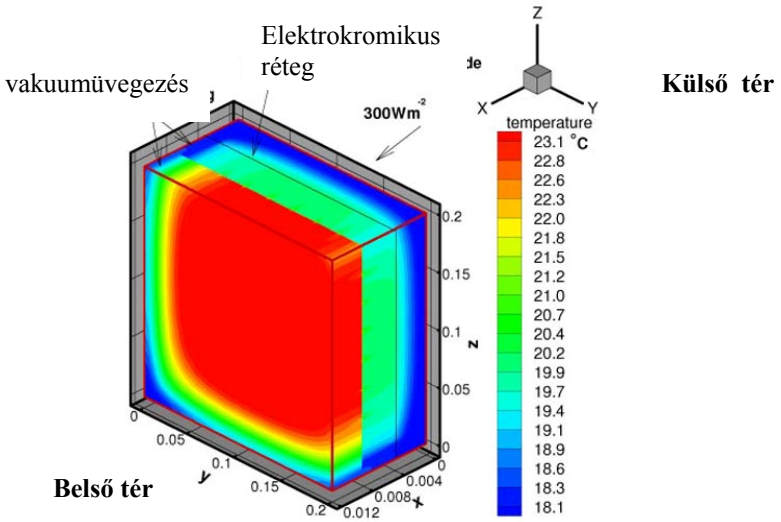
3.1.1.5.3. A légmentesített üvegezés

A konvektív hőveszteség a dupla üvegezésnél teljesen megszüntethető ha a belső tér légtelenítve van. Természetesen ez esetben az üveget belül, tartókkal kell kitámasztani, hogy az atmoszférikus nyomás ne törje össze az üveget.
Egyik megoldás, hogy 3 mm-es üveg-ékekkel támasztják meg az üveg belső felületét 5 x 5 cm-es hálóban.



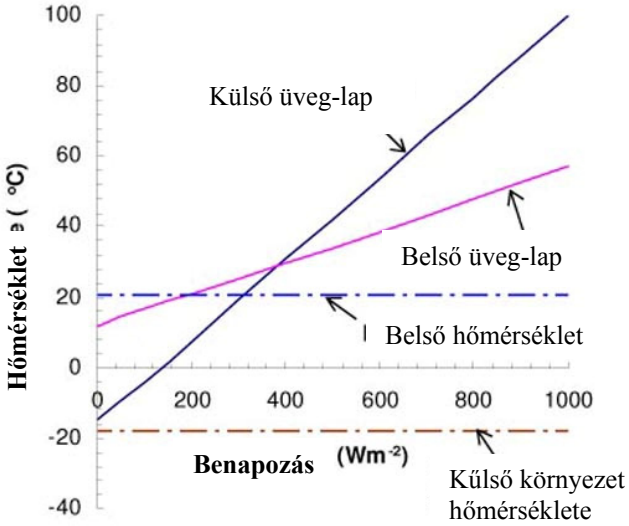
36. ábra Az elektrokromikus vakuum-üvegezés alkotó-elemei.
(Yueping Fang et al, 2006)

Colorádói kutatások megállapították, hogy ezzel megközelítően 1,8 m^2K/W-os R-érték ($U=0,55W/m^2K$) érhető el dupla üvegezés esetén, egy jó Low-E bevonattal. Az R-érték nem magasabb, mivel a hőhíd révén az üveg távtartóknál és a peremek mentén lévő tömítésnél létrejön egy hővesztési mechanizmus.

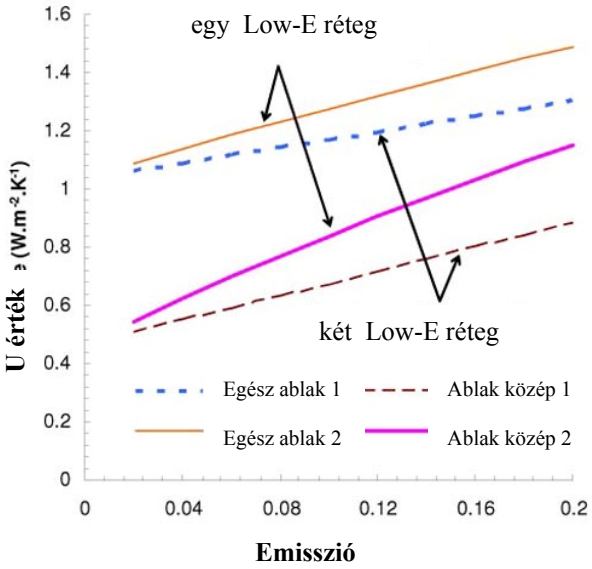


37. ábra Egy 40x40 cm.-es elektrokromikus vákuumüvegezésű kisérleti panel várható izotermái téli feltételek mellett. (Yueping Fang et al, 2006)

A 38. és 39. ábrák mutatják a 40x40 cm-es elektrokromikus vákuum-üvegminták hőtechnikai tulajdonságait Yueping Fang et al. kisérletei alapján



38. ábra. Az üvegfelület külső oldalára beeső 0 és 1000 W/m^2 benapozás mellett a külső és belső üveglapok közepes felületi hőmérsékletei a 40x40 cm-es elektrokromikus vákuumüvegezésen. (Yueping Fang et al, 2006)



39. ábra. A várható U értékek a 40x40 cm.es elektrokromikus vákuumüvegezés változó emissziója esetén egy vagy két Low-E bevonat alkalmazása függvényében.(Yueping Fang et al, 2006)

A magas vákuumnak kb. 20 évig kell fenntarthatónak lennie annak érdekében, hogy ez az ablak a gyakorlatban használható legyen. Csak a tökéletes üveg-tömítések alkalmasak erre.

Kisérletképpen a lézert alkalmazták a boroszilikát üvegperemek megfelelő lezárására.
A legtöbb Low-E bevonat nem képes ellenállni a lézer-hegesztés magas hőjének. Bár a pirolitikus bevonat ellenáll ennek a hatásnak, de azok emisszivitása nem elég alacsony a vákuum-ablakok számára.
További gond az üvegek korlátozott szilárdsága miatt van: az üveg behajlik az üveg távtartók körül és így zavaró reflexiót okoz. A közelebbi távtartók minimalizálnák ezt az optikai torzítást, de a sűrű alátámasztás növelné a hőhidasságot és az interferenciát.
Másik megközelítés az atmoszférikus nyomásnak való ellenállásra, ha az üvegtáblák egy eléggé átlátszó nyitott cellájú hab-szigeteléssel lennének alátámasztva(„átlátszó szigetelés”).
A vákuum légtelenítené a habban lévő összes mikroszkópikus cellát is, így a hőtranszfer konvekcióval nem tud létrejönni.
Az infravörös sugárzásnak tulajdonítható hőtranszfer minimális, mivel a habban lévő két cellafal közötti minden egyes infravörös hőcsere progresszíven csillapított a közel végtelen cellák által, amelyek láncolatot alkotnak a hab egyik oldalától a másikig.

A legtöbb hab nem átlátszó, de egy nem-szokásos hab az **aerogél**, teljesen

világosnak mondható. Az aerogél egy mikroporózus szilikát anyag, 99%-os üreghányaddal. Inkább átlátszó, mintsem áttetsző, mivel a pórusok átmérője sokkal kisebb mint a fény hullámhossza.
A különösképpen kis-átmérőjű pórusok nem tudják szórni a fényt, mert a viszonylag nagy fényhullám keresztül megy rajtuk.
A szilikát mennyisége az anyagban olyan kevés, hogy a hőhidasság nem jöhet számításba ha légtelenítve van. Ezzel elérhető egy 3,6 m^2K/W-os R-érték (U=0,28 W/m^2K) 2,5 cm anyaggal, ha a levegő 90%-át eltávolítják. **Az aerogélt nehéz előállítani nagy méretekben**.

A nehézségek és a költsége ellenére az anyag kereskedelmi forgalomba is került Svédországban a napkollektorok szigetelésére és sugárzás-érzékelőkhöz.
Bár az aerogél vékony rétege jórészt átlátszó, az anyag megtöri a fényt, van egy sárga árnyalata. Az optikai nehézségeket meg kell szüntetni, mielőtt ablakként építészetileg elfogadható anyagnak tulajdonítjuk. Addig is az aerogél ott alkalmazható, ahol a látvány nem lényeges.
Minden légtelenített üvegezés törésveszélyes, amit a nagy hőmérséklet-különbségek okoznak, melyek az üveghegesztés szélén jönnek létre, tekintettel az egység magas szigetelő értékére.
A hőfeszültségek elég magasak ahhoz, hogy a hagyományos üvegeket összetörjék, így drága és magas szilárdságú üvegek szükségesek.
A kisérleti vákuum-üvegek az üveg-támasztékokkal 20%-kal szigetelnek jobban, mint a legjobb Low-E egységek.

3.1.2. Az elektrokromikus és termokromikus üvegek

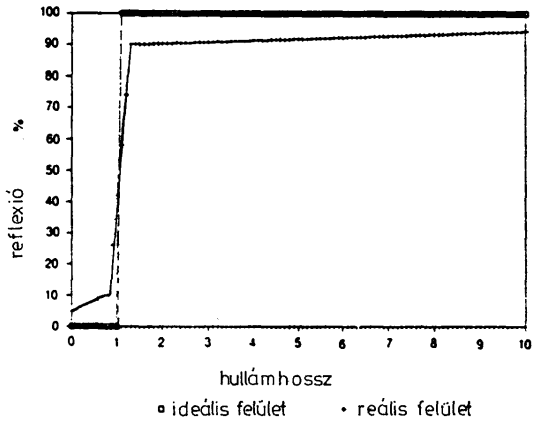
3.1.2.1. Jelentőségük az épület komfortjában

E fejezet a szelektív felületek új típusainak az elektro-, és termokromizmus anyagainak fizikai jellemzőit írja le. Ezen anyagok fő alkalmazási területei a belső terek hőkomfortjának a javítása oly módon, hogy a beeső napsugárzás szabályozása mellett a megvilágítás mértékét nem csökkenti.
A napenergia hatékony felhasználásának a területén a szelektív felületek megfelelő megválasztása igen fontos tényező.

3.1.2.2. A szelektivitás elmélete

Akkor tekinthető egy felület szelektívnek, ha jelentősen különböző módon viselkedik sugárzási szempontból a spektrum különböző zónáiban. A szelektivitás elméletében a két leglényegesebb fizikai mennyiség: az **elnyelés és az emisszió,** az anyag termikus karakterére vonatkozóan. Szelektív a felület, ha a hő-elnyelése (abszorbciója) a spektrum egy zónájában a lehető legmagasabb, míg egy másik zónában az emisszió a lehető legalacsonyabb, vagy fordítva.
Ebből a szempontból ideálisan szelektív viselkedés lenne, egy lépcsőzetes

összefüggés a hullámhossz függvényében. (40..ábra)



40.ábra Az ideálisan és a reálisan szelektív felület spektrális viselkedése. (Armenta-Deu et al., 1992)

Az ábrán feltüntetett elméleti ideális helyzetet egy létező felület sem teljesíti. A reális felületek viselkedése kismértékben eltér az ideálistól. Minél nagyobb a differencia az ideális és reális spektrum között, annál kisebb lesz a figyelembeveendő felület szelektivitása.

Mint ismeretes, a Nap, sugárzási szempontból úgy viselkedik, mintha megközelítően egy 5760 K-es fekete test lenne. Kétségkívül, a Napból kiáradó összes sugárzás nagy része elvész a külső térben, tekintélyes része elnyelődik a földi atmoszférában, így a színkép ami hozzánk érkezik a Föld felületére, lényegesen különbözik a Nap eredeti kisugárzásától. Ez a színkép a tenger szintjén alapvetően két sugárzás-típusból tevődik össze, a látható és infravörös sugárzásból, melynek részaránya hozzávetőlegesen 50-50%, egy minimális ultraviola járulékkal, amely bizonyos esetekben alábecsültnek tekinthető, de amely a témát tekintve jelentős hibát nem okoz.

Ennek megfelelően feltéve, hogy a figyelemreméltó sugárzásnak csak két típusa van, a szelektív felületek az alábbiak:

- abszorbens szelektivitás

A spektrum látható tartományában nagymértékben elnyelőként viselkedik a felület, míg az infravörösben kismértékben emisszív. Ezeket a felületeket "abszorbens felületek"-nek hívjuk, amelyeket általában a napenergia hőátalakításánál használnak.

- emisszív szelektivitás

A spektrum látható tartományában kismértékben viselkedik elnyelőként a felület, míg az infravörösben nagymértékben emisszív. Ez a tulajdonság a felületen és a vele termikus kapcsolatban lévő környezetben hűtést hoz létre.

- transzmissziós szelektivitás

Amely felület átengedi a spektrum látható tartományában a sugárzást, de nem

átlátszó az infravörös számára, csökkentve a felületen áthatoló energia-mennyiséget, javítva a komfort-fokozatot a természetes világítás szintjének megtartása mellett.

Az alkalmazandó szelektív bevonatok jellemzőinek összhangban kell lenniük a bevonandó üveg alapanyag jellemzőivel, elsősorban annak transzmissziós tulajdonsága szempontjából. Ilyen megközelítésben kétfajta alapüveg-típus áll rendelkezésre, melyeknek e tulajdonságai jelentősen eltérőek.
A hagyományos alapüveg transzmissziója a látható tartományban 84%, és 65-78% az infra-vörösben, míg az alacsony vastartalmú alapüveg transzmissziója 91% a látható és az infravörös tartományban egyaránt. Ezért szükséges ezen alapüvegeket - fizikai tulajdonságaival összhangban - megfelelő bevonatokkal ellátni annak érdekében, hogy a szerkezet egyes klímák és belső komfort-igények követelményeit optimálisan kielégítsék. (14. táblázat)

14. táblázat A klíma-típusokra megfelelő felület-típusok (Armenta-Deu et al., 1992)

Klíma-típus	Cél	Felület-típus
meleg	a szolár-spektrum transz-missziójának a csökkenése 0,7-3,0 μm tartományban	magas reflexiós rétegek alkalmazása a vonatkozó tartományban(Cu, Ag, Au)
hideg	veszteségek csökkentése a 3,0-50,0 μm tartomány-ban.	magas reflexiós rétegek alkalmazása a vonatkozó tartományban
mérsékelt	a hőegyensúly megtartása	elektrokromikus vagy termokromikus bevonatok

3.1.2.3. Az intelligens ablakok energia-hatékonysága

Alapvető igény, hogy minden éghajlati zónán minden évszakban ill. napszakban a belső tér komfort-igényeit olyan üvegszerkezetekkel lehessen kielégíteni, amelyekkel a gazdaságos energia-felhasználás mellett az optimális komfort-fokozatot biztosítani tudják. Ezek az u.n. intelligens ablakok, amelyeknek a működési elve vázlatosan igen egyszerű: egy termikus érzékelő van elhelyezve a belső térben, amely ellenőrzi annak hőmérsékletét, aktiválva egy elektromos áramot, amely az intelligens ablakon indukálódik, növelve vagy csökkentve a transzmissziót az infravörös vagy látható tartományokban az igények szerint.

Eszerint, ha a belső tér hőmérséklete csökken, az ablak átengedi az infravörös és a látható sugárzás nagy részét, az ablak "kivilágosodik", ellenben ha a belső tér hőmérsékletének a szintje eléri a kívánt maximális szintet, az üveg "elsötétedik", sokkal kevesebb infravörös sugárzást engedve át, de megtartva egy megfelelő fény-sugárzási szintet.
Mivel a működtetéséhez szükséges áram ill. feszültség igen alacsony és a folyamat

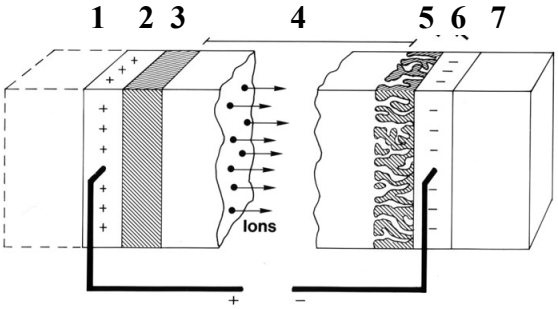
reverzibilis, e szerkezet igen nagy jelentőséggel bír az épület hő- és fény-komfortjának a biztosításában.
Hasonló hő- és fényszabályozást lehet elérni, de jóval kisebb hatásfokkal, a hagyományos egy-, vagy többrétegű ablakokkal és árnyékoló szerkezetekkel.

A hagyományos szerkezetek energia-hatékonyságát szelektív bevonatokkal tovább lehet módosítani. Ezek a szelektív bevonatok lehetnek:
- elektrokromikus,ill.
- termokromikus jellegűek a működésük szerint.

3.1.2.4. Az elektrokromikus felületek

3.1.2.4.1. Felépítése és működési elve

A felület többrétegű. Az elektrokromizmus mozgó ionok hatására jön létre. Valamely anyag elszineződik ion-bevitel hatására, mint katód, vagy kivilágosodik azok kivonásával, mint anód.
Ez a folyamat reverzibilis és két vezetőréteg közötti potenciál-különbség hozza létre. Eszerint az elektrokromikus felület szerkezetét és működési elvét a 41. ábra mutatja be.



1. Üveg
2. Átlátszó vezető réteg
3. Ion-tároló film (elektrokromikus film)
4. Ion-vezető elektrolit
5. Elektrokromikus film
6. Átlátszó vezető-réteg
7. Üveg

41. ábra. Az elektrokromikus üvegszerkezet felépítése és működése. (Granqvist, 2006)

3.1.2.4.2. Az elektrokromikus felületképző anyagok

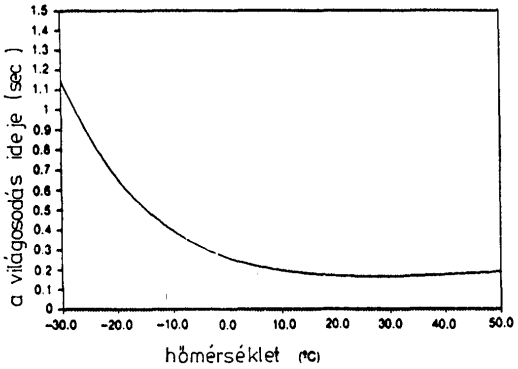
Működésük és hatásuk: ebben az esetben az optikai tulajdonságok változnak egy elektromos potenciál- különbség alkalmazásának hatására. A félvezető oxidok oxidációjának állapotváltozása jön létre, um. a WO_3, V_2O_5 , MoO_3 , TiO_2 , TeO_2 , stb., / a Wolfram, Vanádium, Molibdén, Titán, Tellúr oxidjai/, amelyek átalakulási sávokat hoznak létre a látható tartományban.
Ez a következő összetételű bevonatot jelenti :
SnO_2/Ondioxid/ vezető (ITO) / Indium On Oxide /
WO_3 – elektrokromika/elektrolit (Li^+ o H^+) /az elektrolit oldatban ion –vezetés van./

SnO_2 – vezető (ITO).
A reakció-idő és a válasz nagyon kicsi: másodperc nagyságrendű, és fénytranszmissziós változásokat képes létrehozni a beeső fény 80% - 5%-a között. A létrejövő változások visszafordíthatóak, alkalmazva egy ellenkező irányú potenciál-különbséget.
A közeljövőben ezek az üvegtípusok gyakran felhasználásra kerülhetnek az új korszerű „intelligens" épületeknél.

Megfigyelhető, hogy a wolfrám oxidjának, ill. a nikkel hidroxidjának a viselkedése ellentétes, mivel amíg a wolfrám oxidja szinez az ionok beépülésekor, addig a nikkel hidroxidja kivilágosít és fordítva. Ez a tulajdonság, az optikai hatékonyság optimális szabályozására nyújt lehetőséget úgy, hogy wolfrám-oxid és nikkel-hidroxid vegyes összetételű szerkezeteket előállítva alakítható ki az elektrokromikus felület és az ion-tároló. Ez egy nagyobb optikai hatékonyságot eredményezhetne, a szoláris spektrum fény-tartományában létrejövő transzmisszió növekedéssel és egy hőemisszió csökkenéssel.

3.1.2.4.3. A hőmérséklet hatása a világosodás folyamatára

Fentiek alapán, az elsötétedési és kivilágosodási jelenségen alapuló eljárással lehetővé válik a belső tér hőkomfort fokának alakítása, a meglévő világítási szint szabályozása mellett. Az eljárás előnye az, hogy kiküszöböli az emberi test és szem hő- ill. fényérzékelésének a tehetetlenségét, mivel a jelenség - a kivilágosodás és elsötétedés - kevesebb, mint 0,2 sec alatt játszódik le, mely az emberi test hőmérséklet-, és látás-érzékelés idejénél sokkal rövidebb (42. ábra).



42. ábra Az elektrokromikus felület (WO_3) világosodási idejének változása a hőmérséklet függvényében. (Armenta-Deu et al., 1992)

Azonban amikor a hőmérséklet csökken, a világosodás ideje is változik, amely „szivárványosodási" jelenséget okoz, amely optikailag zavaróan hat. Ezért szükséges, hogy ezek az „ intelligens ablakok" -20 ^{o}C alatti környezetbe ne kerüljenek, ahol az elektrokromikus felületek válaszadási ideje exponenciálisan növekszik. Így a színek változására vonatkozó emberi szem alkalmazkodási

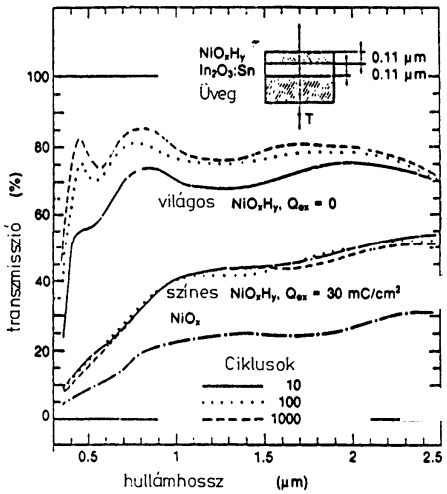
idejének az értéke jelentősen megemelkedik.

3.1.2.4.4. Az antireflexió eljárása

Az elektrokromikus felületek optikai sajátosságának a javítása céljából az antireflexió eljárását célszerű alkalmazni – a külső átlátszó vezető felületén - annak érdekében, hogy lecsökkentsék a reflexió általi veszteségeket. Ez egy antireflektív bevonat, amely általában egy magas fénytörésű (n = 1,4) és igen kis vastagságú (e = 0,1 μm) réteg. Erre a célra általában alkalmazott vegyületek a magnézium-fluorid (MgF_2) és az alumínium-oxi-fluorid (AlO_3F). Az előzőt kis felületre rápárologtatással könnyen elő lehet állítani, míg az utóbbi alkalmasabb nagy felületekre és porlasztásos eljárást igényel.
Az intelligens ablakok külső felületén az antireflektív réteg alkalmazásának eredményeként az infravörös emisszió lecsökkenthető 1% alá, azonos fényerősségi szint megtartása mellett.

3.1.2.4.5. Az elektrokromikus felületek tartóssága

Az elektrokromikus felületek tartóssága természetesen függ a működésük ciklusszámától (sötétedés-világosodás), amelyet érzékeltet a 43. ábra, a felületkezelés és a hullámhossz függvényében tüntetve fel a transzmisszió változását.



43. ábra Az elektrokromikus felületek transzmissziója a ciklusok és hullámhossz függvényében. (Armenta-Deu et al., 1992)

3.1.2.5 Termokromikus felületek

A szelektív felületek másik típusa a transzmisszió szempontjából a termokromikus felületek. Ezek működési elve eltér az elektrokromikusokétól. A szabályozási paraméter nem egy potenciálkülönbség, hanem a hőmérséklet okozza a világos ablaknak a sötét ablakra a reverzibilis változását.

A termokromizmus jelensége esetén az anyagoknak van egy kritikus hőmérsékletük, amely felett a felület elsötétedik, így csökkenti a szoláris spektrum transzmisszióját, míg ezen adott hőmérséklet alatt kivilágosodik. Ez a hőmérséklet igen változó az anyag összetevőinek a függvényében és módosítható, változtatva az alkalmazott alapanyag összetételét.

Ilyen viselkedést mutat néhány átmeneti fém oxidja, mint pl.a vanádiumé. A vanádium oxidja normális esetben félvezető, jelentősen átlátszó az infravörös tartományban a kritikus hőmérséklet alatt, azonban visszaváltozik fémmé és tükrözővé az infravörös tartományban ezen kritikus hőmérséklet felett. Ilyen módon a kritikus hőmérséklet felett a vanádium oxidja automatikusan lecsökkenti a transzmissziót a szoláris tartományban, korlátozva a termikus nyereséget és tartva az igényelt komfort-szintet.

3.1.2.6. A legújabb fejlesztések

- Fűthető üveg

Vadonatúj, egyedülálló fejlesztés a „fűthető üveg”. Ez egy elektromosan fűtött dupla üvegezésű rendszer, amely gyorsan és hatékonyan biztosítja az egyenletes hőeloszlást, így a kívánt szobahőmérsékletet..
A fűthető üveg egy sugárzó fűtőrendszer. (a sugárzási hő elismerten a leghatékonyabb, a legkényelmesebb, legegészségesebb és legenergiatakarékosabb fűtési mód.)
A fűthető üveg napvédő szerkezetként működik meleg, nyári időben. A külső panel visszaveri a káros ultraviola és hősugarakat. Az üvegszerkezet karbantartás-mentes, nyílófelületeken is alkalmazható.

44. ábra MDM. Russie, Kaliningrad, Oroszország (EAG, 2008)

Szerkezete:
- speciálisan felületkezelt alacsony-emissziós üveg, mely elektromos feszültség hatására hőt termel.
- a szigetelő-üveg mindkét üvegtáblája bevonatos üveg. A belső tábla elektromos

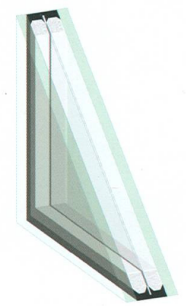
ellenállásként működik, és sugárzó hőt termel. A külső tábla a belül keletkező hőt visszaveri belülre, miközben kizárja a kinti hideget.
- A légrés jellemzően Kriptonnal töltött.
- mono-üvegként nem építhető be, csak laminált változatban, vagy szigetelő üvegszerkezetben.

Előnyei:
Páralecsapódás-mentes: páramentes marad még 70%-os relatív páratartalom, és nagyon alacsony külső hőmérséklet mellett is.

Összehasonlításként:

Üvegtípusok	$U_ü$
Egyrétegű üvegezés	6,0
Hőszigetelő üveg	3,0
Minőségi hőszigetelő üveg:	1,4
Fűthető üveg	0,8

- „ Heat Mirror” üvegszerkezetek
Azt üvegszerkezet alapja egy speciális extravékony-bevonattal ellátott film, amely az elektromágneses sugárzás egy részét elnyeli, visszaveri a fólia típusának függvényében.
A szigetelő-üveg három-rétegből áll, ahol a film mindig az üvegszerkezet belsejében helyezkedik el. 45. ábra
„Superglass System” esetén két réteg fóliát használnak, ahol a két fólia közti távolságot egy speciális távtartó biztosítja, amely megszakítja a peremzárás esetleges hőhídját. 46. ábra
A szerkezet vastagsága: min.: 28 mm.



45. ábra : Hőszigetelő üveg egy-réteg fóliával (EAG, 2008)

46. ábra: Hőszigetelő üveg két-réteg fóliával (EAG, 2008)

Legfontosabb üvegfizikai jellemzők: (az M.3. F-22. táblázata ezeket részletezi)
Szín: függ a felhasznált üvegtől, a fólia típusától
Fényáteresztés (LT): üveg, és fólia-függő (15-70%)
Fényvisszaverés: (LR) : üveg és fóliafüggő (12-40%)

U-érték: 0,35-0,9 W/m^{2}K
g-érték : üveg és fólia-függő (20-55%)

47. ábra Heat Mirror üvegek alkalmazása (EAG, 2008)
(M.3. F-23)

Előnyei:
- Vízszintes üvegezésnél(tető-üvegek) az üvegszerkezet U-értéke nem romlik olyan mértékben (csak kb. 10%), mint a hagyományos Low-E üvegek (kb.:50%) esetében. Az U-értéke kismértékben függ a beépítési helyzettől
- A káros UV sugárzás közel 100%-át kiszűri
- Többrétegű hőszigetelő üveget lehet lényeges súlynövekedés nélkül létrehozni.
- Az üvegszerkezet belső üvegfelületének hőmérséklete csak 1-2°C-al különbözik a beltér hőmérsékletétől, így az ablak melletti területeket is ki lehet használni télen-nyáron egyaránt.

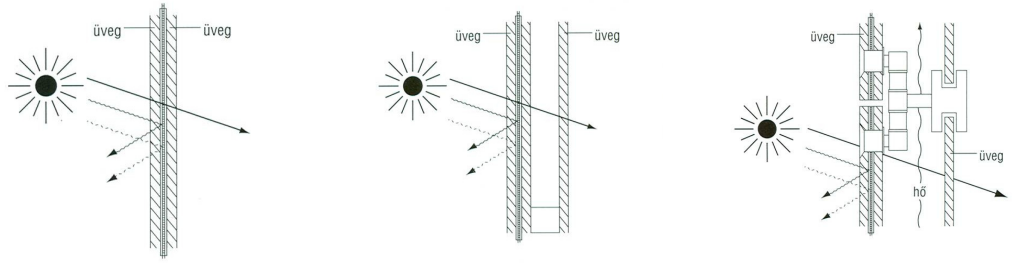
15. táblázat U-értékek a beépítési helyzet függvényében. (EAG, 2008)

Tipus	Gáztölt.	U-érték dőlésszög szerint (90 = függőleges üvegezés)						
Dőlésszög		90	75	60	45	30	15	0
Heat Mirror	Argon	1,2	1,21	1,22	1,22	1,22	1,24	1,25
Hőszig. üveg 2 Low-E réteggel	Argon	1,21	1,25	1,36	1,51	1,62	1,72	1,77

- XIR fóliás üvegek

Szerkezet-gyártásánál – hasonlóan a Heat Mirror filmhez – egy speciális bevonatot optikailag tiszta, vékony poliészterre visznek fel.
A fóliás üveg speciális ragasztott biztonsági üveg, amely a biztonsági funkciók mellett mono-üvegként napvédelemre, hőszigetelő-üvegként nap és hővédelmi feladatokra is jól alkalmazható.
Kiszűri az infravörös sugárzás nagy részét és az UV sugárzás közel 100%-át. Az M.3. F-23/1. táblázata tartalmazza a fizikai paramétereit.
A „California Series" XIR ragasztott üveg alacsony tükröződés és napenergia-átbocsátás mellett, magas fényáteresztést biztosít.

Szerkezete: (48. ábra)
Laminált üveg, melyben a funkcionális XIR fóliát oldalanként laminálóanyag segítségével rögzítik a meghatározott üvegekhez.
Amennyiben hőszigetelő üveg készül belőle, akkor a XIR a szerkezet külső oldalát képezi.



Mono üvegszerkezet Hőszigetelő üvegszerkezet Klíma-homlokzat

48. ábra A XIR fóliás üvegek alkalmazási variációi (EAG, 2008)

Előnyei:
- Bármilyen alapüveggel kombinálható,
- A bevonatos réteg a szerkezet belsejében van

- Felhasználható: mono-üvegként is
  Nagy, alul nyitott terek üvegfedésére (átriumok, előtetők stb.)
  Műemlék jellegű épületek kapcsolt gerébtokos ablakainak külső üvege
  Klímahomlokzatként
  Járható üvegtetők
- Szigetelő üvegként:
  Biztonsági, multifunkciós üveghomlokzatok
  Fűtött terek lefedése
  Panoráma ablakok

3.1.2.7. Az építőiparban még nem használatos üvegfejlesztések

3.1.2.7.1. Fotokromikus üvegek

Működésük és hatásuk: változtatják a fénytranszmissziójukat (elsötétednek) sugárzás hatására, majd visszanyerik eredeti állapotukat a hatás megszüntekor. Szokás szerint ez a jelenség tulajdonítható az ezüstbevonatos üveg tömegében jelenlevő réz-halogéneknek, ritka földfémeknek, stb. Ezeket nagyrészt optikusok alkalmazzák, és az építőipari alkalmazása jelenleg korlátozott, a komponenseinek magas ára miatt, azonban nem vetendő el a fotokromikus bevonatokkal fejlesztett üvegek, vagy a mozgatható fotokromikus üveggel ellátott szerkezetek építőipari alkalmazása. Ezek előállíthatóak, a „nem hagyományos” üveggyártás során pl.:sol

gel módszerrel. /sol-gel módszer: szerves fémvegyületek elbontása kismennyiségû vízzel./

3.1.2.7.2. Gázkromikus üvegek

Működésük és hatásuk: ezeknek az üvegeknek olyan filmrétegük van, amelyek különböző gázok hatására változtatják az állapotukat, anélkül, hogy elektrodákkal össze lennének kapcsolva. Két rétegből áll, amelyek átengedik a napsugárzás 80%-át. Ezeket WO_3 alapon készítik, amely kék fényt ad kismennyiségű H_2 jelenlétében, és átlátszó, ha O_2 –nek van kitéve. A filmeket párologtatással viszik fel az üvegre és csak a gáz szabályozása válik szükségessé. Valójában az elektrokromikus üvegek egy változata.

3.1.3. A különböző új üveg külső térelhatároló épületszerkezetek értékelése

Megállapítom, hogy rendelkezésre állnak azon eszközök, módszerek (technológiák), melyekkel a belső tér hőérzeti követelményei az új üveg külső térelhatároló épületszerkezetekkel optimálisan kielégíthetők.

Ezen üvegszerkezetek tárgyi teljesítőképességeit az alkalmazási tapasztalatok és a kutatások eredményei bizonyítják.

Így a megadott teljesítőképességek paraméterei a gyakorlati tervezésben figyelembe veendők úgy, hogy:

- az adott esetre a megfelelő szerkezet-kiválasztást teszik lehetővé (a szerkezet-választékból), ill.
- az adott esetre a szerkezet, - jellegének megfelelően - az igényelt tulajdonságát maga automatikusan szabályozza és beállítja.

Tehát a különböző új üveg külső térelhatároló épületszerkezetek közül:

- az alacsony emisszivitású üvegek speciális hőtechnikai jellemzőikkel lehetővé teszik a választékból a belső tér egy adott hőkomfort követelményének legmegfelelőbb és leggazdaságosabb kiválasztását és alkalmazását,
- az elektrokromikus és termokromikus üvegek a speciális szabályozható ill. automatikus önszabályozó tulajdonságaik révén lehetővé teszik, hogy a belső tér egy adott hőkomfort követelményét kielégítsék.

Így - a hagyományosan üvegezett felületeken keresztül beérkező hősugárzásnak tulajdonítható - embert érő aszimmetrikus sugárzás, mint a hőérzeti diszkomfort elsődleges problémája, nagymértékben csökkenthető. A tárgyalt új üvegfelületekkel ellátott külső térelhatárolók hőtechnikai szempontból homogénekké válhatnak (az üvegezett felület hőtechnikai szempontból a megfelelően szigetelt és kialakított tömör falakkal egyenértékűvé tehető). Az üvegfelület nem lesz a sugárzási hőterhelés forrása és így aszimmetrikus hőérzeti diszkomfortot sem okoz a nyári időszakban; valamint ez az üvegfelület ugyanilyen okokból a belső tér hőveszteségében sem játszik a megfelelően kialakított tömör falnál jelentősebb szerepet téli időszakban.

A változó és változtatható tulajdonságú üvegek télikerteknél biztosítani tudják, a növények életciklusaiban igényelt körülményeket.

Az értekezés elkészítésekor követett **módszerek**:

1. A hazai és kiemelten a külföldi szakirodalom értékelő tanulmányozása
   - laboratóriumi modellek és elemző vizsgálatok értékelése
   - gyártástechnológiai elemzés
   - az üvegtermékek alkalmazhatósági vizsgálata
   - szimulációs modellek ismertetése
2. A Guardian Orosházi Üveggyárban végzett laboratóriumi vizsgálatok
3. Üveg jellemző spektrális paramétereinek számítása a laboratóriumi vizsgálatok eredményeinek felhasználásával
4. Szimulációs modell alkalmazása magyarországi feltételekre
5. Szimulációs modell készítése komfort-elemzésre

A továbbiakban azon **módszerek**kel foglalkozik az értekezés, melyekkel a hőérzeti követelmények a különböző szerkezet-megoldásokkal történő kielégítésének
- a bizonyítása, ellenőrzése,
- a gyakorlati tervezése, előtervezése, és
- a vonatkozó rekonstrukciós munkák döntés-előkészítése végezhető.

Így ezek a **módszerek**:
- a helyszini mérések,
- a laboratóriumi vizsgálatok és
- szimulációs modellek.

3.2. A hőérzeti komforthoz kapcsolódó vizsgálati módszerek

Az előző három fejezetben leírt:

- az emberi hőkomfort követelmény-rendszerének paramétereit, értékeit,
- az ember épített környezetét leíró épületfizikai, hőtechnikai kapcsolat-rendszert,
- a különböző új üveg külső térelhatároló szerkezetek jellemzőit

a vonatkozó gyakorlati, műszaki tevékenység számára különböző módszerekkel kell mérni ill. rögzíteni:
- külön-külön, valamint
- mind a három kérdéskőrt összefüggésében

a teljes tárgyi téma **komplex áttekintése** és kezelése érdekében.

A **módszerek célja** az emberre, térre ill. üvegszerkezetre vonatkozó szükséges paraméterek meghatározása a mérések és a leírt összefüggések szerint.
Ezek várható eredménye a megfelelőség meghatározásával kapcsolatos

döntésekhez szükségesek.
A módszerek elvégzéséhez minden esetben szükséges a kiindulási adatok (várható hatások) és bizonyos állandók (mérési pontok helyei, stb.) meghatározása a peremfeltételek ill. az egységes kezelés rögzítése érdekében, melyeket szabványok tárgyalnak.

Ennek megfelelően a fejezet
- a helyszini mérések,
- a laboratóriumi vizsgálatok és
- szimulációs modellek

egyes hazai és nemzetközi szinten is alkalmazott és alkalmazandó módszereit tárgyalja.

3.2.1. A CEN szabvány előírásai a mérésekhez

A CEN/TC 156/WG 6 sz. szabvány azon mérésekkel is foglalkozik, amelyek igazolják azt, hogy a belső környezet a kívánt igényeknek megfelelő-e, vagyis kielégíti-e a komfort követelményeket.

A termikus környezet méréséhez szükséges műszerekre és módszerekre vonatkozó követelményeket a prEN 27726-ISO 7726 szabvány írja le.

- A **mérési pontok elhelyezése**

A méréseket az épület zónáinak azon helyein kell elvégezni, ahol a használók várhatóan tartózkodnak. Ezek a helyek lehetnek munka-állások, ülő-területek vagy alvó-területek a tér funkciója függvényében. Ezen terekben a méréseket a helyek reprezentatív pontjain kell elvégezni. Ha a tartózkodás helyeinek eloszlását nem lehet megbecsülni, akkor alternatívaként az alábbi mérési helyek alkalmazhatók:
* a tér vagy zóna középpontja, vagy
* a tér egyes falai közepétől 0,6 m-re befelé.

Az ablakokkal áttört külső fal esetén a mérési helyek:
* 0,6 m-re befelé a legnagyobb ablak középpontjától lehetnek.

Egyéb esetben a méréseket a tartózkodási zóna belsejében azokon a helyeken kell elvégezni, ahol a termikus paraméterek legszélsőségesebb értékei várhatók, vagy figyelhetők meg. Tipikus példák lehetnek az ablakok, párakivezető-nyílás, sarkok, bejáratok melletti helyek.
Az abszolút nedvességtartalmat csak egy helyen kell meghatározni az egyes tartózkodási terekben vagy vizsgált zónákban.

- A **mérések magasságai**

A javasolt mérési magasságok a fej közepe és a lábszint, amely megfelel
1,1 m-, 0,6 m- és 0,1 m-nek a padló szintje felett ülő ember esetén és

1,7 m-, 1,1 m- és 0,1 m-nek álló személyeknél.
A PMV és PPD mutatók, operatív hőmérséklet, sugárzó hőmérséklet-aszimmetria és nedvességtartalom a középszinten mérendő.
A huzat (léghőmérséklet, átlagos légsebesség és turbulencia-intenzitás) a fej- ill. lábszinteken mérendő.

- Mérési feltételek
A fűtési időszak alatti vizsgálatnak megfelelően (téli állapot) a kivánt méréseket akkor kell végezni, amikor a külső-belső hőmérséklet-különbség nem kisebb, mint a tervezésnél alkalmazott különbség 50%-a, felhős vagy részben felhős égbolt feltételek mellett.

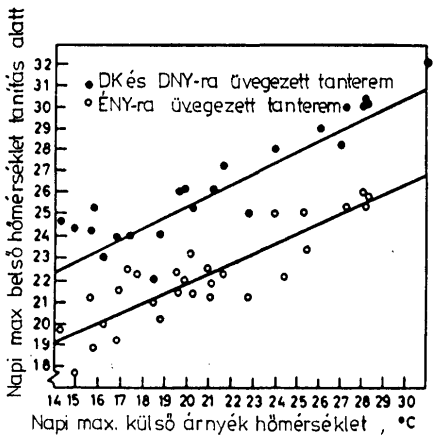
A nyári időszak alatti vizsgálatnak megfelelően a méréseket akkor kell végezni, amikor a külső-belső hőmérséklet-különbség nem kisebb, mint a tervezéskor alkalmazott különbség 50%-a, tiszta vagy részben felhős égbolt feltételek mellett.

A nagy épületek belső zónáinál a méréseket: a légkondicionáló rendszerek legalább egy teljes ciklusára vonatkozó tervezési terhelésének legalább az 50%-ával terhelt zónáján kell végezni, ha az nincs részenként vizsgálva.

A mérések magukba kell hogy foglalják a nap legkritikusabb időszakának adatait a külső klíma ill. a belső terhelésnek megfelelően.

3.2.2. Helyszini vizsgálatok értékelése

Néhány szakirodalom foglalkozik a hőmérséklet hatásaival, különböző tevékenységek esetén.
A BRE-nél (Building Research Establishment) vizsgálatokat végeztek a hőhatások kutatására a gyerekek viselkedésére vonatkozóan iskolai munkavégzés esetén. A tanárok űrlapokon adtak választ és leírták, hogy a gyerekek letargikussá válnak és elvesztik koncentráló-képességüket, ha a környezet kellemetlenül meleg.
A gyerekek ruházatát időszakonként fotozással rögzítették és az eredmény azt mutatta, hogy a könnyű ruházatot viselő gyerekek száma gyorsan növekedett a hőmérséklet emelkedésével. Az a gyerek aki levette a kardigánját a meleg miatt, újra meleget érzett amint a hőmérséklet további 2-3 ^{o}C-kal emelkedett. Az emberi teljesítőképesség ezen információjának a jelentőségét az 49. ábra jelöli, amely bemutatja az épület tájolásának a hatását a belső maximális hőmérsékletekre.

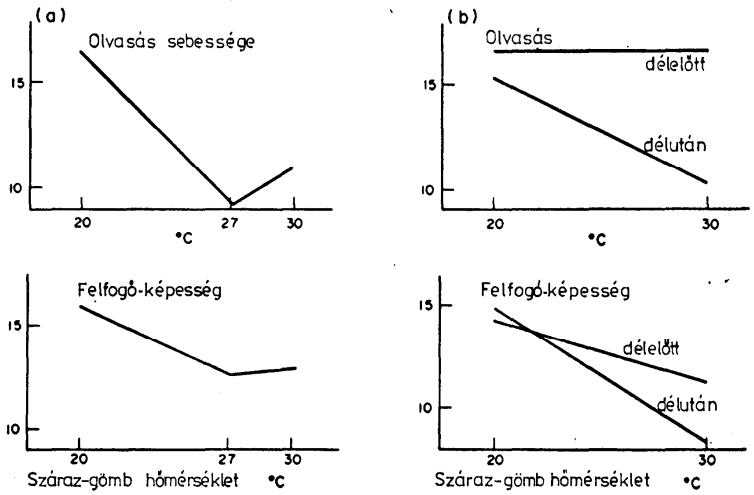


49. ábra Belső csúcshőmérsékletek °C-ban. (Croome,D.J.; Roberts, B.M., 1981)

A DK-i és DNy-i üvegezésű tantermekben a belső csúcshőmérsékletek 3-4 °C-al magasabbak, mint az ÉNy-i üvegezésű terekben. A könnyű-épületszerkezet szintén azt jelenti, hogy a belső csúcshőmérsékletek mindig a külső hőmérsékletek felett vannak, míg a nehezebb épületszerkezetek esetén a belső hőmérséklet a külső hőmérséklet alatt van, ha ez utóbbi 23,5 °C körüli.
Egy oktatási tesztet készítettek egy nyelvi laboratóriumban 13 éves svéd gyerekekkel, ahol Ryd és Wyon (1970) bemutatta, hogy a szóbeli teljesítmény jelentősen romlott a 27 °C-os léghőmérsékleten a 20 °C-hoz képest és, hogy a hatás az osztály kevésbé ügyes csoportjára korlátozódott. A gyerekeknek nem volt tudomásuk arról, hogy egy termikus környezetre vonatkozó kisérlet részesei és a kérdéseket és válaszokat magnóval rögzítették, a tanár hatása így perifériküs és egységes volt.

A napszak időpontjának a hatását is megvizsgálták az idősebb gyerekeknél.
Az 50. ábra mutatja, hogy a hőmérséklet hatása jobban megnyilvánul délután.

Viselkedési megfigyeléseket végeztek egyidőben egy egyirányú tükör mögül, egy speciálisan épített tanteremben. Ezek azt mutatták, hogy jelentős helyzetbeli változások történtek a hőmérséklet emelésével, így a hőveszteséget lehetővé tevő testfelület növekedett. A levett ruhák, a megfigyelhető izzadás és értágulat is jelentős volt és ezt nagymértékben befolyásolta a hőmérséklet-változás, amelynek a 27 °C-os minimumnál még semmi jele nem mutatkozott.

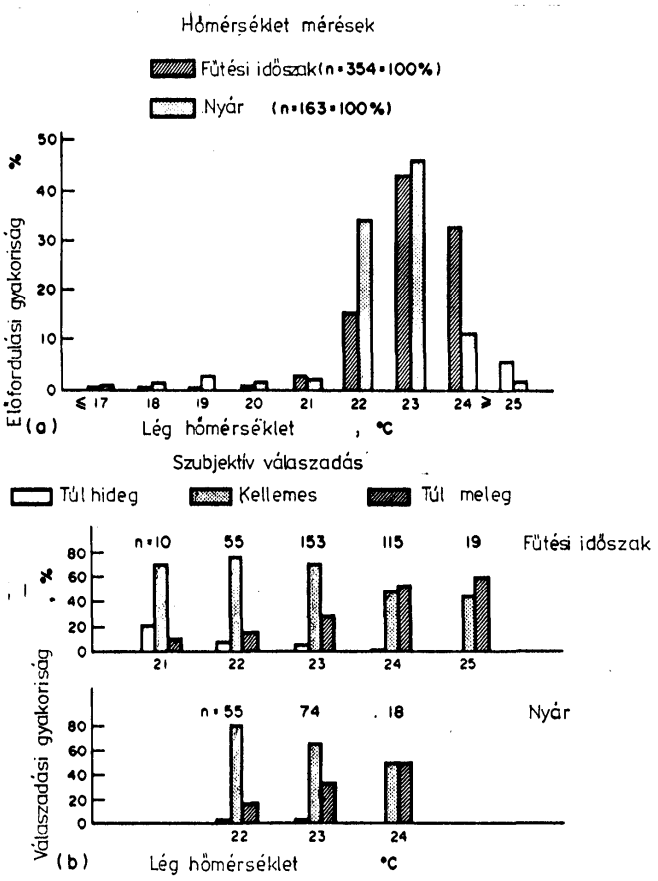


50. ábra Hőmérséklet hatása különböző tevékenységekre.
(Croome,D.J.; Roberts, B.M., 1981)

További helyszini vizsgálatokban Ryd és Wyon bemutatta, hogy egy egyszerű szorzási tesztet rosszabbul teljesítettek 25 °C-on és 27 °C-on, mint 20 °C-on és 23 °C-on. Újra a kevésbé ügyeseket befolyásolta jobban a hő a 13 éves gyerekek közül. Wyon azt állítja, hogy egyes szellemi feladatok maximális teljesítéséhez szükséges hőmérséklet 27 °C alatti és az valószínűleg 20 °C körüli.

A hőmérséklet-kritérium megállapításának a nehézségére Wyon és munkatársainak kórházi felmérései hívták fel a figyelmet. A sebészek és aneszteziológusok termikus komfort-érzetükben különböztek a stáb többi tagjától. A sebészek 19,5 °C körüli hőmérsékleten 50% relatív nedvességtartalomnál és 0,13 m/sec légmozgásnál érezték magukat kellemesen, míg az aneszteziológusok jobbnak tartották a 21,5 °C körüli hőmérsékletet. Azt a következtetést vonták le, hogy e problémára a viselt ruházat megváltoztatása volt az egyetlen gyakorlati megoldás.

A termikus, akusztikai és világítási körülmények másik felmérését 15 svájci irodában Nemecek és Grandjean készítették. A léghőmérséklet vonatkozásában az értékek nagy része 22 °C és 24 °C között ingadozott és a magasabb hőmérsékletek nagyobb részben a fűtési idényben voltak. (51. ábra) A felületi hőmérsékletek csak 2%-kal tértek el a léghőmérséklettől, kivéve a nyári ablak-felületi hőmérsékletet amely egyes esetekben elérte a 30-50 °C-t. A szubjektív válaszok hasonlóak voltak nyáron és télen. Jelentős csökkenés volt a "kellemes" megitélésében 23 °C felett és a bent-tartózkodók fele érzett "túl meleget" 24 °C-nál.



51. ábra A hőérzetre vonatkozó válaszadások megoszlása 15 svájci irodában végzett mérések alkalmával. (Croome, D.J.; Roberts, B.M., 1981)

3.2.3. A laboratóriumi mérési módszerek

A vonatkozó laboratóriumi mérési módszerek kiterjednek:
- a belső terek hőérzeti méréseire és
- az üveg külső térelhatároló hőfizikai teljesítő-képességeinek méréseire.

Ezen módszerek tárgyalására kerül sor a továbbiakban.

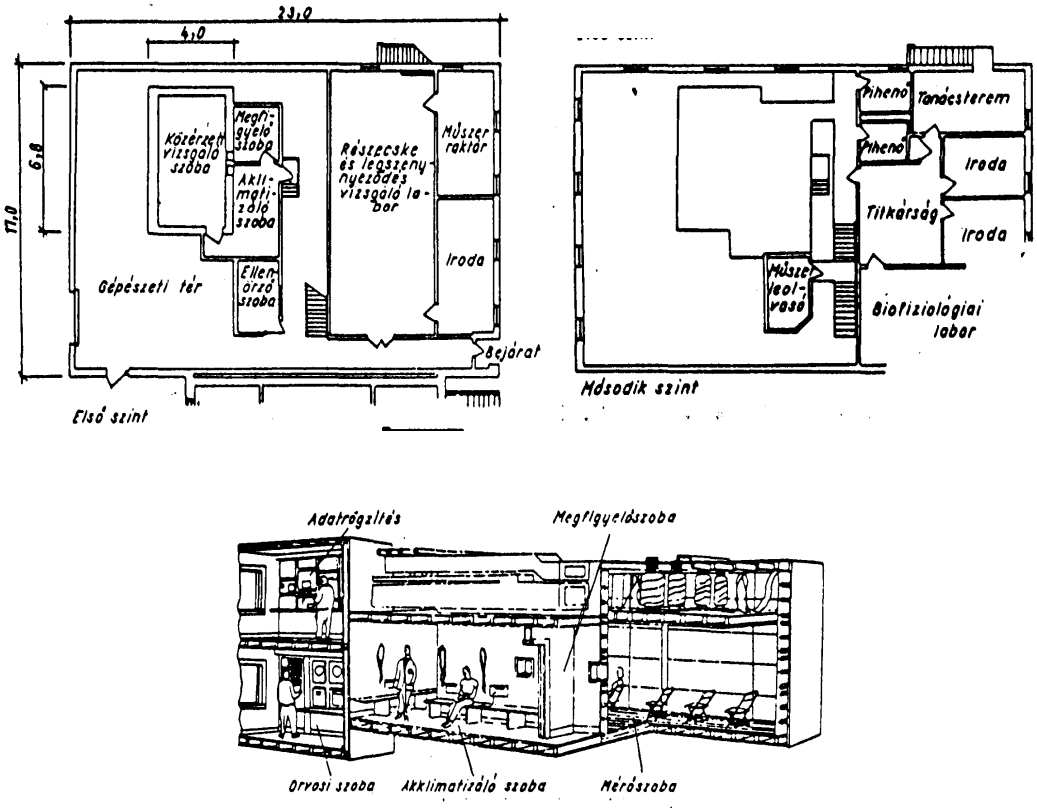
3.2.3.1. A belső terek hőkomfort-viszonyainak laboratóriumi mérései

A belső terek hőkomfort-viszonyainak ellenőrzése ill. annak kutatása szempontjából a mérési módszerek igen jelentősek. A téma jellegének megfelelően csakis valós léptékű terekben végezhetők ezek a mérések.
E célra a kutató intézetek olyan mérő szobákat hoztak létre, melyekben különböző valós körülmények mellett vizsgálhatóvá váltak a benttartózkodók hőkomfort-érzete.
Természetesen nemzetközi szinten törekszenek a módszerek egységesítésére, az eredmények összehasonlíthatósága céljából, szabványosítással is. Azonban az

ismert mérőállások így is különbségeket mutatnak a helyi feltételek, felszereltség miatt. Így a laboratóriumi mérőhelyeken végzett vizsgálatokat célszerűvé vált minden esetben helyszini ellenőrző mérésekkel is kiegészíteni, amelyek ezek hatásait is figyelembe veszik. Sok esetben a laboratóriumi ill. a helyszini mérések megtervezésekor, ellenőrzésekor ill. azok hiányában a tervezés módszereként, alkalmazzák a számítógépes szimulációs módszereket is.

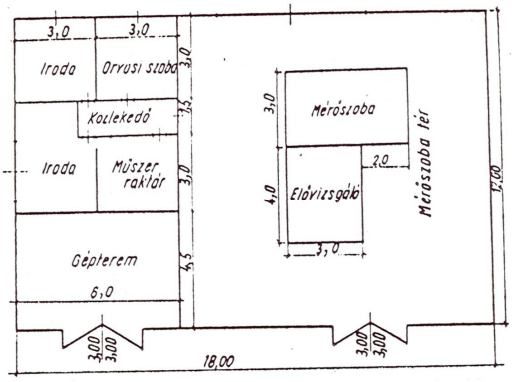
- A **Kansasi Egyetem** mikroklíma laboratóriuma

A laboratórium központja a 25 m^2 alapterületű vizsgálószoba, mely csoportos vizsgálatokra is alkalmas. E térhez csatlakozik az aklimatizációs szoba, amelynek célja, hogy a külső eltérő paraméterű környezetből érkező alanyok az adott laboratóriumi klíma-paraméterekhez aklimatizálódjanak egy megfelelő adaptációs idő alatt. Az aklimatizációs szoba előtt található az ellenőrző szoba, ahol a mérésre érkező alanyokat előzetes vizsgálatnak vetik alá. A megfigyelő szoba célja a vizsgálati alanyok megfigyelése a mérés ideje alatt anélkül, hogy azok erről tudomást szereznek. (52. ábra)



52. ábra A Kansasi Egyetem hőérzeti laboratóriumának alaprajza és axonometrikus metszete. (Haller, 1992)

- Az **Építéstudományi Intézet** mikroklíma laboratóriuma: 53. ábra



53. ábra Az ÉTI hőkomfort-laboratóriumának vázlata (Haller, 1992)

A laboratórium mérőterében különböző hőmérsékleti, légnedvesség-tartalmi ill. légáramlási paraméterek alakíthatók ki. A levegő hőmérsékletét +10 ^{o}C és +40 ^{o}C között célszerű felvenni, a nedvesség-tartalmat 20-95% között, a helyiség oldalfalain elhelyezett felületi fűtőlapok hőmérsékletét +5 ^{o}C és +50 ^{o}C között, a padlón elhelyezett fűtőlapok hőmérsékletét +10 ^{o}C és +35 ^{o}C között célszerű beállítani. A friss-levegő-mennyiség a benttartózkodó személyek számának függvényében maximálisan 400 m^3/óra értékig szabályozható.
A laboratóriumokban élő alanyokkal ill. u.n. műemberrel is lehetséges vizsgálatokat végezni.
A laboratóriumi kísérletek során többek között megadható:
* a lég és eredő-hőmérséklet-,
* a légsebesség-,
* a nedvesség-tartalom-mezők feltérképezése;
* a határoló szerkezetek hőtechnikai jellemzése.

A levegő hőmérsékletének mérőszobán belüli térbeli eloszlása a térben kijelölt mérési pontok alapján határozható meg.
A mérési pontok függőleges helyzetei:
* a padló felett 2 cm,
* ülő ember fejmagassága: 1,5 m ,
* 1,8 m,
* 2,2 m,
* 2,5 m (álmennyezet alatt).
A mérési pontok vízszintes helyzetei:
* a falak mellett és
* 77 cm x 79 cm -es hálóosztásban lehetséges.

A helyiség felső levegő-bevezetéssel és alsó elszívással rendelkezhet. A falak felületi hőmérséklete tapintó-hőmérővel mérhető. A mért adatokból az eredő

hőmérséklet számítható (Magyar Műszaki Előírás szerint):

$$\mathbf{t_e = 0{,}5t_s + 0{,}5t_l} \qquad (3.1)$$

ahol:

t_s = a határoló szerkezet felületi hőmérséklet-átlaga,

t_l = a léghőmérséklet az adott pontban.

Összehasonlítás céljából Vernon-gömbhőmérséklet is mérhető (a szakirodalom szerint) a tartózkodási zónában (h = 1,2 m magasságban) és az elszívás közelében.

A relatív nedvesség-tartalom mérésének a helye a helyiség középpontja (1 pont).

A légsebesség-mező jellemzőinek meghatározásához a mérési pontok helyei:

Függőleges helyzetek:

* 2,5 m ,
* 1,8 m ,
* 0,05 m.

Vízszintes helyzetek:

* közvetlenül a határoló szerkezet mellett és
* 1,35 x 1,57 m hálóosztásban.

Ezt a mérést befolyásolják a térben lévő tárgyak, emberek, világító-testek (belső hőforrások) is.

A mérések eredményei táblázatos ill. grafikus formában is megadhatók.

Grafikus feldolgozás esetén az egyes mérési magasságokban, mint síkokban a vízszintes hálóosztásnak megfelelő mért értékek felvihetők és ezekre burkoló-görbe illeszthető, pl. a Boeing Graphics nevű számítógépes program alkalmazásával. (M.3. F-24.)

A kisérleti kamrában a mért értékek alapján kialakuló **PMV**-t meg lehet határozni a **Fanger-féle számítási** módszerrel.

3.2.3.2. Az üvegszerkezetek laboratóriumi vizsgálatai

Az üvegszerkezetek teljesítőképességének vizsgálatát a szerkezetfejlesztés érdekében laboratóriumi mérések mutatják be.

A méréssorok egy része az egykori Üvegipari Művek Orosházi Üveggyárával való kutatási együttműködés keretében készült. Íly módon néhány hazai üvegtermék hiányzó tervezési adatai már rendelkezésre álltak és egyes fejlesztett termék legjellemzőbb paramétereinek ellenőrzése is elkészült. Ennek megfelelően e laboratóriumi méréssorok adatainak birtokában az akkor forgalomban lévő üvegtermékek komplex épületfizikai teljesítőképességéről (mechanikai, hőtechnikai, akusztikai, fénytechnikai) kép volt nyerhető, mely közül a jelen értekezés tárgya szempontjából az üvegszerkezetek hőtechnikai paraméterei lényegesek.

A mérések másik része a jelenlegi Guardian Orosházi Üveggyárában készültek.

3.2.3.2.1. Hőtechnikai laboratóriumi vizsgálatok

A hőtechnikai vizsgálatokhoz nem szükséges a valóságban ténylegesen előforduló hatásokat előállítani. Más hőmérsékletek létrehozásakor is mérhetőek a szerkezet jellemző adatai. Ezeknek ismeretében már méretezhetőek az üvegszerkezetek.
A laboratóriumban egy külső és egy belső hatás kialakítható. A közvetlen mérés tárgyát az ilyen körülmények között kialakult felületi hőmérséklet-különbségek alkotják a felület különböző pontjain. Ebből kapható számítással a hőátbocsátási tényező: U, az üvegezés egyik jellemzője.

A mérések az alábbi szerkezeteken készültek és a mérések eredményeképpen a hőátbocsátási tényező szempontjából ezek között a következő sorrend állapítható meg (16. táblázat)

16. táblázat Bevonat nélküli üvegszerkezetek U-értékei

Üvegszerkezet	U-érték (W/m^{2}K)	
6 mm-es síküveg alu-keretben	5,336	
6 mm-es síküveg DUTÉP fakeretben	4,550	
HUNGAROPAN üveg alu-keretben (6-12-6)	3,589	
HUNGAROPAN üveg acél-keretben (4-8-3)	3,054	
HUNGAROPAN üveg acél-keretben (6-12-6)	2,929	
Bordás HUNGAROPAN üveg acél-keretben (6-12-6)	2,921	
HUNGAROPAN üveg DUTÉP fakeretben (6-12-6)	2,726	
Kétrétegű bordás üveg fakeretben (6-87-6)	2,535	(M.3. F-25.)

3.2.3.2.2. Speciális üvegszerkezetek spektrális paramétereinek a vizsgálata a Guardian Orosházi Gyárában (2008)

A Guardian Orosházi Gyára különböző bevonatokkal készíti a temékeit, amelyek megfelelően különböző hőtechnikai és optikai tulajdonságokkal rendelkeznek.
A speciális üvegezési rendszerek funkciói, - amelyeknek teljesíteniük kellene az energia-hatékonyság és komfort feltételeket - az alábbiak :

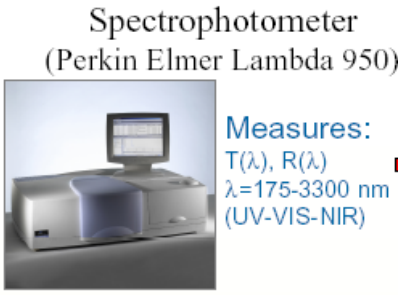
- csökkenteni a burkoló felületen keresztüli hőveszteséget az őszi és a tavaszi periódusokban,
- csökkenteni a túlmelegedés kockázatát a nyári periódusban és
- csökkenteni a hagyományos árnyékoló rendszerek alkalmazásához szükséges energia költségeket.

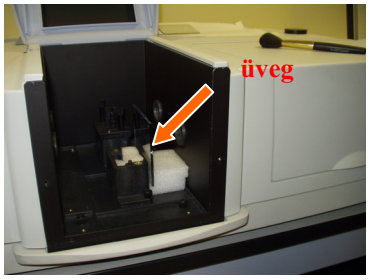
A megfelelően kiválasztott határoló üveg szerkezetek paraméterei segítenek ezen a problémán, ezért lényeges a speciális üveg-elemek energetikai paramétereinek meghatározása laboratóriumi mérésekkel.
A laboratóriumi mérések célja az ,hogy :
- bizonyítsa a speciális üveg-elemek alkalmazhatóságát,

- bemutassa spektrális paramétereit,
- összehasonlítsa ezen üveg-elemeket a hagyományos float üveggel.

A Guardian Orosházi Gyárában, a bevonósori melegvégen: SHIMADZU UV-1600 spektrofotométerrel mérik a bevont táblák kívánt spektrális tulajdonságait. (transzmisszió, színkordináták.)
Mérési tartomány: 270-1200 nm.
A gyárban lévő laborban a mérőműszerek harmonizáltak a bevonósori műszerrel. A bevonósoron mért értékeket a laboratórium műszerei ellenőrzik. Az értékeket analizálva, a kivánttól való eltérést közvetlenül korrigálni tudják a bevonósoron, a bevonatok módosításával.
A bevonósori laborban 1 db. Perkin Elmer Lambda 950 a bevonatos üveg tulajdonságainak a mérésére (transzmisszió, reflexió, színkoordináták) szolgál.
Mérési tartomány: 175-3300 nm
Ugyancsak a bevonósori laborban: 1 db. Perkin Elmer Spectrum 100 méri a bevonatos üveg reflexióját, amelyből emisszió-kalkuláció készíthető.
5 db. 10x10 cm-es üvegmintán 5 helyen 5 ponton mérnek, pontonként 4 mérést készít a műszer, az eredményeket egy etalonhoz hasonlítja. Az etalont az American National Physics készíti, és hitelesíti.
2008 -ban a Guardian Orosházi Gyárában üvegméréseket végeztem.
A gyártósoron meghatározott időpontokban a 3210 mm-es szélességű üvegszalagból egy 100 mm-es csíkot vágtak ki. A csíkot feldarabolták 32 egyenlő részre.
A 32 minta közül került kiválasztásra az a néhány megszámozott elem, amelyen a méréseket elvégeztem..
Ezek közül a 6.-at, 16.-at és 26. mintát mértem Perkin Elmer Lambda 950 spektrométerrel.
200 – 2500 nm hullámhossz-tartományban regisztrálta a műszer a transzmissziót és a reflexiót hullámhosszanként szétbontva és ezek eredményeit tükrözik a grafikonok. (M.3. F-26.-33.)

Csak függőleges beépítési helyzetre vonatkoznak az értékek.





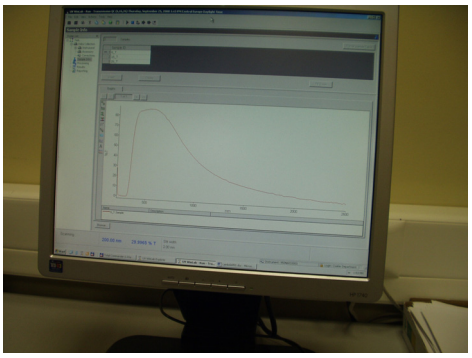
54. ábra Perkin Elmer Lambda 950 spektrofotométer

A mérések az alábbiakra összpontosítanak:
- a reflexió mérése a bevonati oldalról mérve, (a)
- a reflexió mérése az üveg-oldalról mérve, (b)
- a transzmisszió mérésére (c)

az egyrétegű bevonatos üvegnek.

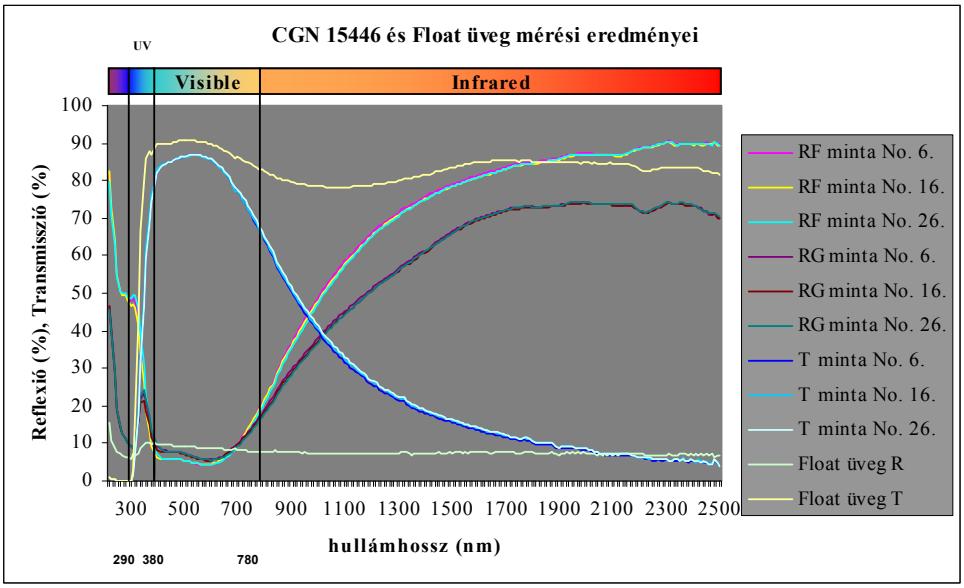
(a) (b) (c)

RF [%] RG [%] T [%]



55. ábra Az üvegmérések módszere és az eredmények kijelzése.

A bevonatos üvegek közül a ClímaGuard N 4 mm-es bevonatos üveg spektrális paramétereit mértem. A LOW-E Report tartalmazza a hőtechnikai és optikai eredményeket, monolit és kétrétegű szerkezet esetében. (M.3. F-37.)



…

56. ábra CGN 15446 és egy Float üveg reflexiója és transzmissziója a hullámhossz függvényében

A spektrális paraméterekből képeztem az optikai eredményeket (– fény és a direkt-szoláris –) az alábbi összefüggésekkel. (MSz EN 410, 2000)

$$\tau_v = \frac{\sum_{\lambda=380nm}^{780nm} D_\lambda \tau(\lambda) V(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=380nm}^{780nm} D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda} \qquad \rho_v = \frac{\sum_{\lambda=380nm}^{780nm} D_\lambda(\lambda) \rho(\lambda) V(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=380nm}^{780nm} D_\lambda(\lambda) V(\lambda) \Delta\lambda} \qquad (3.2), (3.3)$$

Ahol: τ_v fény - transzmisszió

D_λ a D_{65} világítótest relatív spektrális eloszlása *(átlagos északi égbolt napfény: 6500K)*

$\tau(\lambda)$ az üvegezés spektrális átbocsátási tényezője

$V(\lambda)$ a világosban látás spektrális fényhatásfoka

$\Delta\lambda$ a hullámhossz intervallum

ρ_v fény – reflexió

$\rho(\lambda)$ az üveg spektrális reflexiós tényezője

$$\tau_e = \frac{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_\lambda \tau(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_\lambda \Delta\lambda} \qquad \rho_e = \frac{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_\lambda \rho(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_\lambda \Delta\lambda} \qquad (3.4), (3.5)$$

Ahol :

τ_e Közvetlen napsugárzás átbocsátási

S_λ a napsugárzás relatív spektrális eloszlása

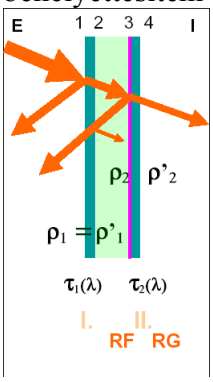
$\tau(\lambda)$ az üveg spektrális átbocsátási tényezője

$\Delta\lambda$ a hullámhossz intervallum

ρ_e közvetlen napsugárzás visszaverési tényező

$\rho(\lambda)$ az üveg spektrális reflexiós tényezője

Mivel ezeket a bevonatos üvegeket csak hőszigetelő üveg-egységben alkalmazzák (IGU), a spektrális paramétereket ezen szerkezetekre kell kiszámolni.
Ebben az esetben az előző kifejezésekbe a következő összefüggéseket kell behelyettesíteni :



$$\tau(\lambda) = \frac{\tau_1(\lambda)\tau_2(\lambda)}{1 - \rho'_1(\lambda)\rho_2(\lambda)}$$

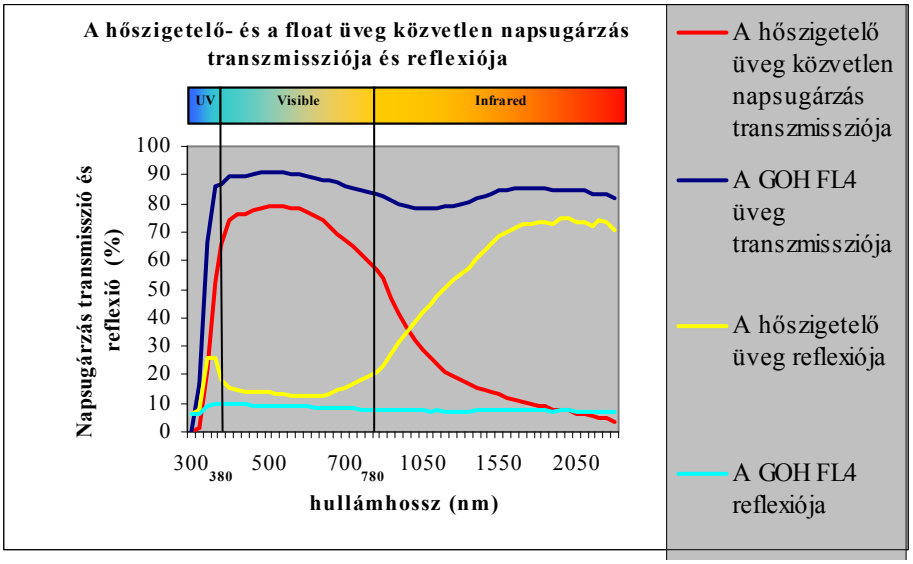
$$\rho(\lambda) = \rho_1(\lambda) + \frac{\tau_1^2(\lambda)\rho_2(\lambda)}{1 - \rho_1(\lambda)\rho_2(\lambda)}$$

(3.6), (3.7)

Ahol:

$\tau_1(\lambda)$ a külső üveg spektrális transzmissziós tényezője
$\tau_2(\lambda)$ a második üveg spektrális transzmissziós tényezője
$\rho_1'(\lambda)$ a külső üveg spektrális reflexiós tényezője
$\rho_2(\lambda)$ a második üveg spektrális reflexiós tényezője.

Az alábbi diagrammot az M.3. F-34-36.-ban található - mérések eredményeit rögzítő táblázatok -, valamint a fenti összefüggések számításai alapján készítettem.



57. ábra A hőszigetelő üveg és a float üveg transzmissziója és reflexiója a hullámhossz függvényében.

A számításaim alapján :
- a Float üveg esetén az infravörös reflexió : $\rho_{e\ F} = 7{,}46826\ \%$
- a hőszigetelő üveg esetén az infravörös reflexió: $\rho_{e\ hü} = 45{,}043\ \%$

Ebből számítható a következő hányados :

$$\rho_{e\ hü} / \rho_{e\ F} = \mathbf{6{,}0312}$$

Ez megadja azt, hogy a hőszigetelő üveg hányszor többet reflektál a float üveghez viszonyítva, így tájékoztat arról, hogy mennyivel több hőt ver vissza, amennyiben az infravörös tartomány hullámhosszait veszem figyelembe..

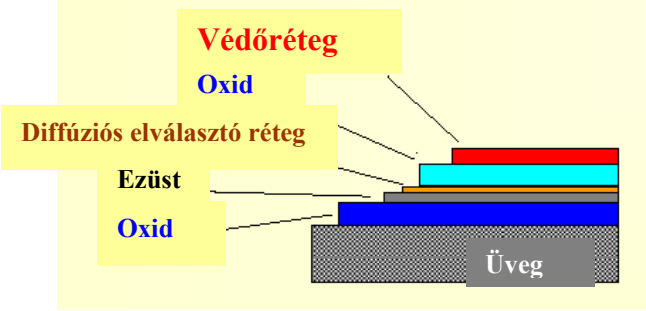
A következtetéseim – a diagrammon is látható :
Az IGU szerkezetnek
az infravörösben :
- magas reflexiója és alacsony transzmissziója van és
a látható tartományban :
- alacsony reflexiója és magas transzmissziója van.

Míg a 4 mm-es float üvegnek az
infravörösben :
- alacsony reflexiója és magas transzmissziója és
a látható tartományban :
- alacsony reflexiója és magas transzmissziója van.

Ezek a méréseim bizonyították, hogy az IGU szerkezet a fenti komponensekkel teljesíti a követelményeket :
- A határoló-szerkezet reflektálja a belső térből származó infravörös sugárzást a hideg periódusban. Így a külső üvegfal és tető hőszigetelése hatékonyabb lesz. Az egyes belső térnél, (pl. télikerteknél) az igényelt klíma elérhető lesz hosszabb periódusra.
- A nyári időszakban a szerkezet reflektálja a kívülről érkező infravörös sugárzást, megszüntetve a körűlhatárolt tér belső klímájának a túlmelegedését megfelelő komfortérzetet teremtve a benttartózkodók számára.

Mindkét eredmény egy energia-hatékony lakóteret jelent, szemben a hagyományossal, ahol a float üvegezés jelentős magas hőveszteséget eredményez. Továbbá a paraméterek kiválaszthatók, figyelembevéve, hogy különböző rendeltetésű belső terek különböző hullámhosszat igényelnek a teljes spektrumból.

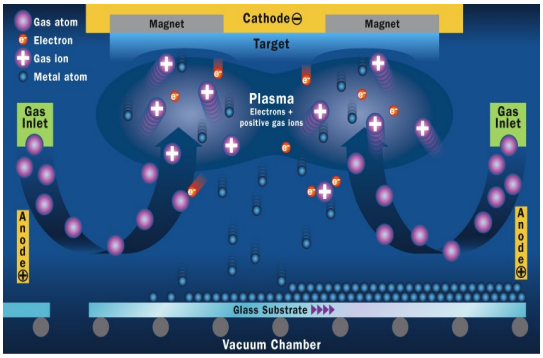
A kétrétegű szerkezet: 4 mm.-es float üvegből, 16 mm-es gázrétegből (90% Ar és 10% levegőből) 4 mm-es Low-e üvegből áll.
A Low-e rétegek (58. ábra):
- A védő réteg :
  az esetleges mechanikai sérülések elleni védelmet, tartósságot, moshatóságot, ellenállóképességet, - az egész rétegrend védelmét biztosítja
- Az oxid rétegek : (Ón-oxid – Tin-oxide)
  csökkentik a reflexiót, jó transzmissziót jelentenek és a rétegek közel-semleges színét biztosítják, egyben: ragasztó réteg is.
- A diffúziós elválasztó réteg : (CrN – Chromium-Nitrite – Króm-Nitrit)
  Védi az érzékeny „működő” ezüst réteget a vegyi hatások ellen.
- Az ezüst réteg :
  Ez a „működő” rétege az egész rétegrendnek.
  Fő tulajdonságai :
    - szín-semleges (nincs szín-elváltozás a látható tartományban)
    - nem abszorbeál a látható tartományban,
    - magas reflexiót biztosít az infravörös tartományban.



58. ábra**:** Low-e üveg 0,00008 mm összvastagságú bevonatának rétegei

A Guardian Orosházi Üveggyárában alkalmazott **bevonó technológia** : a mágnes porlasztásos eljárás, amely egy légtelenített kamrában történik, 59. ábra , a bevonósoron a mágnesporlasztás folyamata: 60. ábra

59. ábra A gyári bevonósor légtelenített kamrája



60. ábra A mágnesporlasztásos eljárás folyamata

Egy kis kerek ablakon keresztül látható az üveg-szalag a bevonó eljárás alatt.
A vázlat megmutatja, miként történik a bevonás :
- az Argont – mint az eljáráshoz szükséges gázt – bevezetik,
- majd ionizálódik a kamrában, amely tartalmazza az alapanyagot és a porlasztandó film- anyagot (target).
- ez az anyag negatív potenciálon tartott, a pozitívra töltött Argon atomhoz képest.
- A pozitív ion felgyorsul a negatív töltés felé, nekiütődik a negatív töltésű tárgynak elegendő erővel ahhoz, hogy anyagot szakítson ki belőle.

A levált anyag leüllepszik az üvegszalagra.

Mérések készültek továbbá a ClimaGuard Premium 4 mm-es bevonatos üvegekre (M.3. F-38.), és mindezek összehasonlíthatóak a 4 mm-es float üveg értékeivel.

3.2.4. A szimulációs módszerek áttekintése

Igen nagyszámú számítási módszer került kidolgozásra napjainkig az épületek komfort-tervezésére, a passzív szolár épületek termikus analízisére és az

üvegszerkezetek elemzésére. Ezek a módszerek a manuális számításoktól, - amely csak egy egyszerű zsebszámológépet igényel - a jobban kidolgozottakig, amelyekhez már számítógépek szükségesek.

3.2.4.1. Az Európai Közösség Bizottsága (CEC) - MSG, Passzív Szoláris Modellezési Alcsoport – által kidolgozott módszerek
(Ignació Vicens, 1992)

1981-ben az Európai Közösség Bizottsága (CEC) létrehozta a Passzív Szoláris Modellezési Alcsoportját (MSG), a rendelkezésre álló analitikus módszerek kidolgozására a passzív szolár házakhoz. Ez az alcsoport azon módszerekre fordította a figyelmét, melyek lakóépületekre vonatkoznak, ezek közül a legjobban hasznosíthatóakat kiválasztották azzal a szándékkal, hogy a későbbiekben ezek esetleg fejlesztésre kerülhessenek.

A számításba vett módszerek az igényeknek megfelelően csoportosítva:
1./ manuális módszerek,
2./ személyi számítógépet igénylő módszerek,
3./ mini-komputereket ill. nagy rendszereket igénylő módszerek.

- **Manuális módszer**

A számos manuális módszer közül, az MSG figyelembeveszi azt a néhány módszert,, melyek magukba foglalják az alábbiakat: fűtés nélküli hőmérséklet, naphőfok, hőelnyelés, szoláris terhelés foka (SLR), az alábbi csoportosításban:
* LPB 3, CSTB és 5000 módszerek mint a **fűtés nélküli** hőmérséklet számítási alapjainak reprezentánsai;
* LPB 3 és Óra-hőfok módszerek: adott hely és naphőfok alapjaként;
* Elnyelés módszere saját jellemzőkkel;
* Los Alamos módszer (III)
mint az SLR módszer reprezentáns típusai.

Ezek közül a legkiemelkedőbbek az "5000" módszer és az "Elnyelés" módszere. Az "5000" módszer áttekinthető és jó segítséget nyújt a passzív szolár tervezéshez, mivel számol a direkt nyereséggel télikertek, Trombe-falak, hőtároló tömör falak vonatkozásában. Jól kezelhetővé teszi az árnyékolásokat általában és más épületek által, valamint lehetővé teszi **a belső terek** levegőforgalmának a kezelését. Számolja a havi hasznosítás faktorát, és ebből az épület belső hőmérsékletének havi középértékét (fűtés nélkül), így ezen paraméter felhasználható a túlmelegedési kockázatok becslésére.

Az "Elnyelés módszere" a belső hőmérséklet és annak ingadozásának számítására használható, figyelembevéve az épület hőtehetetlenségét, érdekes dinamikus paramétereket eredményez, úgy mint a zónák, falak vagy a teljes épület hőelnyelése vonatkozásában. Azonban a passzív szolár elemek modellezésére vonatkozó

teljesítőképessége sokkal kisebb mint az "5000" módszernek.
A **korreláción alapuló** számítási módszerek közül legjelentősebbek:
* SLR és LCR módszerek, amelyeket a Los Alamos Tudományos Laboratórium-ban fejlesztettek ki (LASL) és széleskörűen használnak az USA-ban.
* A "non-utibility" módszer, melyet a Wisconsin-Madison Egyetem fejlesztett ki.
* NRCC módszer, melyet a Kanadai Nemzeti Kutatási Tanács fejlesztett ki.
* CASAMO módszer, az Ecole de Mines de Paris fejlesztésében.
* Th-B módszer, melyet a CSTB fejlesztett ki, amely Franciaországban leginkább elterjedt.
* SBI módszer a Dániai Állami Építéskutatási Intézet fejlesztésében.
* ISO módszer, melyet a Nemzetközi Szabványosítási Szervezet munkaterveiben javasoltak.
* BREDEM módszer, melyet a BRE fejlesztett ki az EURO-CODE munkatervében.
* TCM-heat módszer, melyet az IEA programján belül a holland résztvevő (TDP) fejlesztett ki.

A felsorolt módszerek nagy része manuális, leginkább a CASAMO és SUNPAS módszerek igényelnek PC használatot:
* CASAMO modellezi a passzív szolár tervezésnek a legnagyobb részét.
* SUNPAS a Los Alamosi Nemzeti Laboratórium módszerének szabadalmaztatott változata, melyet vizsgálókamrákban is teszteltek.

- Magasszintű hardware-t igénylő módszerek

Annak ellenére, hogy léteznek különböző programok minikomputerekre, vagy nagy berendezésekre, mégis használatának nehézkességén kívül - amely jellemző ezekre - sok még eléggé behatárolt is; egyeseknél nincs elég részlet a passzív szolár épületekre vonatkozóan, mások még nincsenek teljesen befejezve és mások végülis túl drágának tűnnek, mivel nagymennyiségű informatikai eszközt igényelnek. A 26 programból álló kezdeti listából az MSG végül is kettőt választott ki: az ESP-t és a SUNCODE-t.

* Az ESP programot az ABACUS fejlesztette ki bármilyen többzónás konfiguráció szimulálására, figyelembevéve a különböző energia-átadási mechanizmusok közötti dinamikus egymásrahatásokat, így a rövid- vagy hosszú-hullámhosszú sugárzások vagy levegőáramlás hatásait. Ez a rendszer reális meteorológiai adatok felhasználásával működik, lehetővé téve bármely szabályozási rendszer megválasztását a szimuláció során. Ez a program azért előnyös, mert a passzív szolár tervezés flexibilitását teszi lehetővé, valamint nagyszámú grafikus megoldásokat, és részletes dokumentációt tartalmaz.

* A SUNCODE együtt a DOE 2.1A-val, melyet az EE.UU energia osztálya ajánl, az US Nemzeti Passzív Szolár Programon belül használnak (NPSP), az Egyesült Királyságban fejlesztenek ki az UK NPSP-n belüli használatra. A DOE-2-t azért tartják jelentősnek, mert egy rendkivül terjedelmes program, de amelyet leginkább kereskedelmi épületeknél használnak.

A **SUNCODE program** tartalmazza a télikertek, a Trombe-falak, a kőágyak általi

hőnyereséget, valamint a direkt nyereséget. A felhasználó kiválaszthatja azon idő-intervallumot (óráról-órára, napra vagy hónapra) amely esetekre a kivánt komponens, ill. komponensek viselkedését vizsgálni akarja (mindegyik ablak, fal, zóna, stb.vagy az egész épület) és táblázatokba foglalva adja az eredményt..

3.2.4.2. Manuális és automatikus módszerek

Amint láttuk, az épületek termikus magatartásának a szimulálására a módszerek száma igen magas, előzetes válogatás alkalmával többnél hozzáférhetőségi gond jelentkezett. Némelyik csak egy meghatározott földrajzi környezetre alkalmazott modellt ad és olyan speciális klimatikus feltételekre, mint a mediterrán klíma - pl. Spanyolország - nem alkalmazhatóak, ahol a mediterrán klímán belül is jelentős helyi eltérések vannak.
Ez a fejezet olyan kézi számítással elvégezhető és automatikus szimulációs módszert mutat be, amelyek Spanyolország klimatikus viszonyaira kidolgozottak úgy, hogy ezeket más viszonyokra is alkalmazni lehessen.

- Manuális módszerek

Spanyolországban éveken keresztül egyetlen referencia létezett a lakások termikus kondicionálásának problémájára:
NORMA NBE-CT-79, mely a szigetelési feltételeket fűtési szempontból tárgyalta a külső és belső energia-hozamok figyelmen kívül hagyásával. Az utóbbi időben tűntek fel azok a számítási módszerek, amelyek alapvetően a rásegítő energia-mennyiség szükségletének becslésére vonatkoznak. Ezeket valamilyen módon a NORMA szerinti K_g együtthatóval határozzák meg. Ezekben a módszerekben már megjelennek az energia-nyereségek az egész épület energia szükségletére vonatkoztatva.
A fentiekre egy példa a TCA által és Prof. Rafael Serra (1982) kidolgozásában egy fejlesztett módszer, mely az "5000" módszer analógiája spanyolországi épületekre. A módszer analitikus formában mutatja be az épület hőcsere-folyamatainak törvényeit. Ezek lehetővé teszik a két alapvető szempont meghatározását:
- az energia-áramlások hatására kialakuló egyensúlyt az épület átlagos energetikai helyzetének megfelelően (**hőegyensúly**);
- az időbeni változások, amelyek hatással vannak egy átlagos energetikai helyzetre (**változások**).

Az épület energetikai helyzetét a belső hőmérséklete határozza meg, amely a belső tér különböző hőmérsékleteinek a középértéke. Ez úgy vehető figyelembe mint egy olyan hőérzet, amely a levegő hőmérsékletéből, valamint a belső felületek sugárzási hőmérsékletének hatásaiból származik.

a./ **Az egyensúly létrehozása**

Egy épület termikus viselkedésének leírására az az egyensúlyi egyenlet szolgál,

amely a valóságot megközelítő feltételeken alapul:

- a külső klimatikus feltételek állandóak és rögzítettek (hőmérséklet, páratartalom, szél, napsugárzás a tárgyi évszak átlagos napja óránkénti közép-értékének megfelelően). Általában téli időszakban a január hónapra, míg nyári időszakban a július hónapra vonatkoznak;
- az épület teljes terében állandóak azon belső hőmérsékleti feltételek, amelyek a kiegyensúlyozott energia-mérleg eredményei;
- a termikus áramlások okozta hőcsere a belső és külső tér között, figyelembe-véve más lehetséges energetikai formák termikus hatásait.

A 61. ábra bemutatja a hőmérleg koncepcióját
A koncepció lehetővé teszi a kisegítő energia meghatározását az alábbi mennyiségek függvényében:

I	= sugárzási hőnyereség átlagos fajlagos hozama	[W/m3 ^{o}C]
D	= belső energia átlagos fajlagos hozama, mint hőnyereség	[W/m3 ^{o}C]
G	= transzmisszióból és légcseréből származó fajlagos hőcsere	[W/m3 ^{o}C]
T_i	= belső hőmérséklet középértéke	[^{o}C]
T_e	= külső hőmérséklet középértéke	[^{o}C].

A KONCEPCIÓ VÁZLATA
Minden pillanatra adva

Belső hőmérséklet-változás * hőtároló tömeg = energia-változás

A belső hőmérséklet időbeni változása * hőtároló tömeg

=

csere a külső térből a transzmisszió és szellőztetés által
+
belső hőterhelésből és a sugárzásból

*

idő

lakható térfogat-egységre

61. ábra A hőmérleg koncepciójának a vázlata (Ignació Vicens, 1992)

Az elméletitől eltérő valós esetek, melyek a külső és belső feltételek időbeli és térbeli változásának tulajdoníthatóak, egyrészt a **változások formulája**, másrészt az egyensúlyi egyenletet befolyásoló korrekciós paraméter bevezetésével vehetők figyelembe.

b./ **A változások formulája**

Az épület viselkedésének előrelátható feltételei ismeretében, a külső-belső energetikai feltételek változásának a következménye értékelhető a belső környezetre vonatkozóan.

A külső változó feltételek: a hőmérséklet, a sugárzás, a szél és a páratartalom. Ezek a változások követhetnek napi ciklusokat (24 órás), következetesen változó napokat és éves ciklusokat (12 hónapos). Ezekhez a változásokhoz olyan **statisztikai adatok** állnak rendelkezésre, amelyek az alábbiakat rögzítik:

- A napi előrelátható maximális változások és a következetesen előforduló változások napi átlagra vonatkozóan.
- A következetesen előforduló változások lehetséges időtartama.

A belső energetikai feltételek változásai, a belső hozamok, amelyek követhetnek napi és heti ciklusokat: transzmisszióval, vagy légcsere által (G_t és G_v együtthatók). Az épület viselkedése időben, kifejeződik a belső hőmérsékleti középértékben, amely alapvetően függ az épület termikus tehetetlenségétől, vagy a hőtárolás kapacitásától a hőmérséklet-változás foka szerint. (62. ábra)

AZ INDÍTÓ EGYENLET ELVI VÁZLATA

NYERESÉGEK = VESZTESÉGEK

Nyereségek a sugárzásból + nyereségek a belső hozzáadásból =
= veszteségek a transzmisszióból + veszteségek a szellőztetésből

Óránkénti nyereségek a sugárzásból
+
Óránkénti nyereségek a belső hozzáadásból
=
Óránkénti veszteségek a transzmisszióból és a szellőztetésből °C-ban
x
Külső-belső hőmérséklet-különbség

(hivatkozással a lakható térfogat-egységre)

AZ EGYENSÚLYI EGYENLET ALGEBRAI KIFEJEZÉSE

$$I+D = G.(Ti-Te) \quad (3.8)$$

AZ EGYENSÚLY ALAP-EGYENLETE

$$Ti = Te+(I+D)/G \quad (3.9)$$

A RÁSEGÍTŐ-ENERGIA HOZZÁADÁS A KOMFORT-HŐMÉRSÉKLET ELÉRÉSE VÉGETT (20 °C)

$$(20-Te).G-(I+D) = E\ rásegítés\ (kcal/hm^3) \quad (3.10)$$

62. ábra Egyensúlyi egyenlet a változások figyelembevételével.
(Ignació Vicens, 1992)

- Automatikus módszerek

A CIEMAT-IER Bioklimatikus Építészet Szekció beindította "Az épületek energetikai elemzése" projektet, amely két alapvető célt tűz ki maga elé:
- A tervezési és kivitelezési szinten szerkezetileg már meghatározott épületeknél az építész által javasolt energetikai megoldások értékelése, azok megfelelő termikus viselkedése érdekében.
- A már megépített és használatban lévő épületek értékelése a komfort feltételeinek szempontjából azok energetikai igényeinek megoldása érdekében.

Hangsúlyozandó, hogy a projekt az épületek belső terének komfort-feltételeire irányul és nem csupán a fűtési energetikai igényre, vagyis figyelembe veszi az évszakonkénti különböző szituációkat, különösképpen a nyári komfort-feltételeket, amit a NORMA NBE-CT-79 nem szabályoz.
A projekt továbbfejlesztése során a CIEMAT-IER felhasználja az ESP és a DOE 2 programokat és kidolgozta a CLA és S3PAS programokat, amelyek közül az előbbi az előtervezés segédeszköze, a második az épületek energetikai viselkedésének bővített szimulációs modellje.

a./ **S3PAS szimulációs modell**
Az S3PAS a **passzív szolár** rendszerek szimulációja, olyan program-csomag, amely egy részletes szimulációs módszert tartalmaz és egy egyszerű metodikát órás bázison. Minden alprogram egymással automatikusan össze van kapcsolva és nagyrésze FORTRAN-77-ben készült.
Az S3PAS lehetővé teszi az épületek vagy annak komponenseinek óránkénti dinamikus termikus viselkedésének szimulálását.
Előnyei a következők:
- az épület akármilyen típusa definiálható;
- módosítható egy elem, anélkül, hogy a program többi részére hatással lenne;
- új elemek építhetők bele automatikusan általános illesztési szabályokkal.

A komponensek: az épület részét képező fizikai elemek u.m. a tömör nyílászárók, ablakok, árnyékolók, gerendák és falak, az elemek kapcsolata a talajjal, speciális gyüjtő-elemek (üvegházak, Trombe-falak), termikus zónák, stb.
Egyéb komponensek: meteorológiai adatok az árnyék vonulásának a számítása, melyet nem az épület tartozékai okoznak.
Léteznek különböző adatbázisok (bővíthetőek és módosíthatóak), amelyek tartalmazzák a legszokásosabban használatos egyedi elemek termikus ill. szerkezeti jellemzőit.
Az S3PAS az épület termikus viselkedését jellemző egyenletek együttesét oldja meg. Magába foglal ezenkívül egy alprogramot a szimuláció megoldásának a bemutatására (grafikonok, táblázatok).

b./ **Energetikai szimuláció**
Az **épületek energetikai elemzésének** folyamata fázisok sorozatára épül fel, vagy növekvő komplexitású szintekre a felhasználó igényeinek és az elemzés összetettségi fokának megfelelően:

- 0 fázis: Az épület **tervei** szerint a szerkezeti elemek listájának és az energetikailag jelentős műszaki jellemzők kidolgozása. Az így meghatározott épület bevitele az energetikai értékelés programjába.
- A fázis: Az épület viselkedésének globális **értékelése** minőségi vonatkozásban, az igényelt kiegészítő energiának első becslésével.
- B fázis: Az épület **évszakonkénti** termikus viselkedésének számítható becslése, azt nem megosztott, vagy **szintenként** megosztott térségnek tekintve.
- C fázis: A különböző **zónákban** az épület megosztása (tartózkodók, hálók, vagy kiszolgáló helyiségek, stb.) az ezekre vonatkozó vizsgálatok beleértve a közöttük lévő egymásrahatást.
- D fázis: Az előző fázisokban nyert minőségi és mennyiségi eredményekből készül a projektben használt **passzív rendszerek optimalizálása**.
- E fázis: Az előző fázishoz hasonló módon, a tervezett **aktív rendszerek** beépítése kerül elemzésre (vagy a már beépítettek elemzése).
- F fázis: Az összes előző fázisok következményeként elemzésre kerül az **épület egyedi termikus viselkedése** úgy, hogy **az épület egészét** figyelembeveszi. **Javaslat**ot nyújt aktív és passzív rendszerek beépítésére. Ez a fázis jelenti az épület energetikai elemzésének végső és legkomplexebb stádiumát.

A készített energetikai szimuláció eredményeit egy végső műszaki információban foglalja össze, amelyben elemzi az energetikai viselkedés különböző szempontjait a vizsgált épületre vonatkozóan, kezdve az óránkénti belső hőmérséklet alakulásától a nyílászárók, egyéb nyílások hőveszteségein, a szoláris nyereségek figyelembevételén keresztül, az esetenkénti fűtési, vagy hűtési igény becsléséig az év minden hónapjában.
Íly módon az épület teljes értékelése megkapható termikus viselkedése szempontjából a belső komfort megkivánt feltételeinek megfelelően.

2006 évben hazánkban bevezetett energia-tanúsítvány a fentiekhez hasonlóan szándékozik az épületállomány energia-hatékonyságát felmérni.

3.2.4.3. A légáramlás és a hőkomfort szimulációja a belső terekben

(Awbi, 1992)

A belső komfort szempontjából az egyik leglényegesebb tervezési feladat a léghőmérséklet eloszlása és a légmozgás becslése a belső tereknél. Végső soron a rendszerek eredményességét, amelyek ezeket a hatásokat szabályozzák, a használó méri le, akit közvetlenül érint a hőmérséklet-eloszlás ill. **a légmozgás a belső**

térben.
Fanger és munkatársai egyik tanulmányukban kiemelték ennek jelentőségét a hőkomfortban. Ez a tanulmány bemutatta, hogy a humán huzat-érzet a relatív légsebességnek és a turbulenciának tulajdonítható.
Az épületek energiatakarékosságára való törekvés azt eredményezte, hogy az épület-állományt jobban hőszigetelték, mint előzőleg és légzáróbbá tették. Ennek következtében egyre több kereskedelmi-, ipari- és középületet szereltek fel mechanikai szellőző-berendezéssel, ill. légkondicionáló rendszerekkel. Így az emberi tartózkodásra szánt tereknél a megfelelő légmozgás meghatározása egyre jelentősebbé vált, mivel a mechanikai szellőztetéssel kellett az igényelt levegőt a szellőztetett térben egyenletesen elosztani.

Szabályozott levegő-áramlás nélkül túlzott légmozgás jöhet létre néhány zónában, míg stagnáló levegő lehet a tér más zónájában. A rossz levegőeloszlás leronthatja a belső levegő minőségét azzal, hogy a használót nem látja el a megfelelő külső levegővel, vagy a levegő-ellátás nem elég hatékony, vagy tartalmazza a térben fejlődött rossz szagokat és más szennyező-anyagokat.
Az alacsony-értékű külső levegő-ellátás és magas szennyező-anyag koncentráció eredményezik a **"sick building"** szindrómát.

A steril terekben, amelyeket pontos elektronikai komponensek, vagy gyógyszerészeti termékek gyártására használnak, a magas szennyező-anyag koncentráció jelentősen befolyásolja ezen termékek minőségét.
Ezideig a légmozgást a belső terekben a levegő gáz-diffúziós adataival és/vagy elegendően nagy tér esetén az egész rendszer fizikai modelljének vizsgálatával határozzák meg Awbi szerint. A fizikai modellezési méretekben a hatások nagyon jelentősek lehetnek, különösképpen erős áramlások esetén.

A számítástechnikai módszerekkel ma már meghatározható az épületeken belüli légmozgás a teljes Navier-Stokes egyenletek megoldásával, három dimenzióban.
A **turbulencia**-modellezés előnyei és a számítógépes vázlatok mozdították elő a **számítógépes áramlás-dinamika** (CFD) alkalmazását a szellőzési rendszerek tervezésénél. Awbi adta meg ezen CFD alkalmazását a térben kialakuló légmozgáshoz.
A konvektív hőtranszferen alapuló CFD szimuláció becsüli a léghőmérséklet-változást és annak sebességét is a térben.
A háromdimenziós véges-értékű CFD programot ARIA-R-nek hívják. Ezt egy tipikus légkondicionált iroda-modul légáramlásának a meghatározására lehet használni, vagy egy tiszta (steril) tér ill. egy természetes szellőztetésű tanterem esetére.

A CFD programhoz ezek az esetek kiválasztása azért történt, mert ilyen kisérleti adatok álltak rendelkezésre az összehasonlításhoz és mivel ezek különböző alkalmazásokat fednek le.

Ha egy hőforrás vagy egy hőelnyelő van jelen egy térben, a hőtranszport a tér levegőjébe konvekcióval és a felületekre sugárzással történik. A levegő-, ill. felületi hőmérsékletekben létrejött változás befolyásolja a konvektív hőátadási értéket a tér felületeiről, valamint a tér levegőmozgását is.
Ezért kell kiszámolni a tér belső felületeinek hőmérsékleteit és ezeket használni mint kiindulási adatokat a CFD becslésnél.

A szimulációs módszerrel készültek az M.3. F-40-50. ábrákon bemutatott iroda, tiszta-tér és tanterem vizsgálatai. Az elemzések eredménye: egy szemléletes ábrázolása - a tér adott függőleges ill. vízszintes síkjaiban - a kialakuló légsebességnek és eloszlásának, a hőmérséklet-eloszlásoknak és a PMV, PPD becsült ill. mért értékeinek.

3.2.4.4. A CEN-szabvány által megadott modell a PMV és PPD számításához

A prEN 27730-ISO 7730 szabvány a PMV és PPD számításához egy BASIC programot ajánl.
A számításhoz az alábbi változók értékeire van szükség:

Ruházat: clo
Metabolikus érték: met
Külső munka
Léghőmérséklet: ^{o}C
Sugárzási hőmérséklet középértéke: ^{o}C
Relatív légsebesség: m/sec
Relatív nedvesség-tartalom: %
Parciális páranyomás: Pa

Ezek közül táblázatos formában megadja:
- a ruházatra vonatkozó értékeket,
- a metabolikus értékeket.

3.2.4.5. Az üvegezésekre kidolgozott szimulációs modellek: WINDOW 3.1, 4.1, 5.2, 6. és a továbbfejlesztett verziói (2006)

A Lawrence Berkeley Laboratórium Ablak és Természetes Világítás csoportja kidolgozta a szimulációs modelleket az ablakokon keresztül történő hőáramlás elemzésére. A modellt az új termékek tervezésére és fejlesztésére használják, hogy becsüljék és összehasonlítsák az összes ablak-termék-típus teljesítmény-jellemzőit. Ez segíti az oktatókat az ablakokon keresztüli hőtranszfer oktatásában, valamint az épület-energetikai szabványok kidolgozóit is.
A modell egy iteratív technikát alkalmaz az alábbiak kiszámítására:
- egydimenziós hőmérséklet-eloszlás a felhasználó által meghatározott

ablakrendszer esetére a peremek-menti hatások figyelembevételével,
- az üveg-közép U-értéke,
- a hőszigetelő-üveg U-értéke,
- az ablak átlagos U-értéke,
- az árnyékolási együttható,
- a relatív nedvességi pont, ahol a páralecsapódás történik,
- relatív hőnyereség,
- a teljes szolár-transzmisszió,
- a látható transzmisszió,
- a belső látható és szoláris reflexió,
- a külső látható és szoláris reflexió.

A felhasználó az alábbiakat változtathatja:
- környezeti feltételek,
- ablak-méret,
- ablak dőlésszöge,
- az üvegrétegek száma,
- a rétegek jellemzői (emisszivitás, szolár és látható optikai jellemzők és hővezetés),
- légrés-vastagság,
- gáztöltés összetétele,
- a távtartó és keret összetétele.

A **modell** felsorol kb. 300 összetételt az üvegre, gázra, keretre és távtartóra a közvetlen alkalmazás céljára. Az összes tárolt adat laboratóriumban mért adat.
A **felhasználó** a gáztöltések közül választhatja a levegő, argon, krypton és szulfur-hexafluorid, vagy ezek bármely kombinációját. A keret és távtartó-választék tartalmazza az alumínium, hőhídmentesített alumínium, fa, burkolt fa és vinil kereteket, valamint a fém, peremnél a butil, fa és üvegszál távtartókat.

3.2.5. A hőérzeti komforthoz kapcsolódó vizsgálati módszerek értékelése

Megállapítom, hogy mind a helyszini, a laboratóriumi mérések és a szimulációs modellek külön-külön is igen lényeges módszerek a tárgyi elméleti kutatás ill. gyakorlati tervezés és döntéselőkészítések szempontjából. Tehát e fejezet szerint:

- **A nemzetközileg szabványosított mérési módszer előirásai**nak gyakorlati alkalmazása Magyarországon is fontos, hiszen az épületeknél alkalmazott különböző épületszerkezeti rendszerektől - melyek hazai ill. külföldi termékeket is tartalmazhatnak, - függő belső komfort ill.diszkomfort megállapítására csak a nemzetközileg **egységesen** elfogadott mérési módszerek lehetnek **a vitás esetekben az érvelés eszközei, vagy a közös kutatás alapjai.**

Ez a szemlélet és gyakorlat a bevezetésre került energia-tanúsítványok összehasonlításához nemzeti és nemzetközi szinten is szükséges az egységes igények és szempontok érvényesítésében.

- **A helyszini komfort-vizsgálatok** adják - a valós helyszín ill. az emberek szokásos tartózkodási körülményei miatt - a lényeges **tapasztalati információkat** konkrét esetekben.

- **A laboratóriumi méréseknél:**

  * **A belső terek hőkomfortjára vonatkozó mérések** lehetővé teszik a több ismételt vizsgálatot azonos körülmények között különböző alanyokon vagy azonos alanyokon de különböző körülmények esetében. Így e módszer egy **elvi statisztikai adatsort szolgáltat** valamint

  * **az üvegszerkezetekre készített hőtechnikai méréssor** alapján összehasonlításra és meghatározásra került néhány hazai üvegszerkezet hőtechnikai paramétere. Ez lehetővé teszi a tervezés során a legmegfelelőbb szerkezet kiválasztását és **összehasonlítási alapul szolgál az új üvegszerkezetek vonatkozó hőtechnikai paramétereivel. Ezek a vizsgálatok a fejlesztésekre nyújtanak irányvonalat.**

- **A szimulációs modellek** az igen nagy adathalmaz miatt **célszerű eszköz e téma kezeléséhez mind a komfort mind az épületfizikai és épületszerkezeti - ezen belül az üveg-szerkezeti - elemzések tekintetében.**

Megállapítom, hogy:
Az optimális eredmény érdekében **a három módszer együttes ill. kombinált alkalmazása a célszerű,** hiszen az egyes módszerek a jellegüknek megfelelő - bár minimális - hibalehetőségeket hordoznak magukban. Ezért **a többfajta módszer alkalmazása ugyanazon esetre lehetővé tesz egy kontrolt** és így egy biztonságosabb döntést. Természetesen a még meglévő hibalehetőségek minimalizálására törekszenek világszerte az összes módszer tekintetében. **Ezt célozzák az egységes mérés-szabványosítási és a szimulációs módszerek aktív fejlesztési tevékenységei.**

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A különleges üvegszerkezetek rendszerező értékelése

Rendszereztem az energetikai szempontból előnyös különleges építészeti üvegek és üvegszerkezetek gyártási technológiáit és működését.

Számításba vettem :
- az alacsony emisszivitású üvegeket a bevonó-technológiákkal,
- az elektrokromikus és termokromikus üvegeket és működési elvét,
- fotokromikus üvegeket,
- gázkromikus üvegeket,
- a legújabb fejlesztéseket, u. m. : fűthető üvegeket, „Heat Mirror" üvegszerkezeteket, XIR fóliás üvegeket,
- mindezekből készíthető szerkezetek kialakítási módjait (az üvegrétegek száma, gáztöltés hatása)

Az elemzés alapján megállapítottam, hogy az üvegszerkezetek fejlesztése az épületek energiaháztartásának és a belső tér hőérzeti szempontjainak figyelembevételével történik.

Az elemzések kimutatták, hogy ezek **a hatások jórészt az üvegszerkezetek spektrális optikai tulajdonság-változásain alapulnak.**

2. A float és az IGU üvegek spektrális tulajdonságainak meghatározása

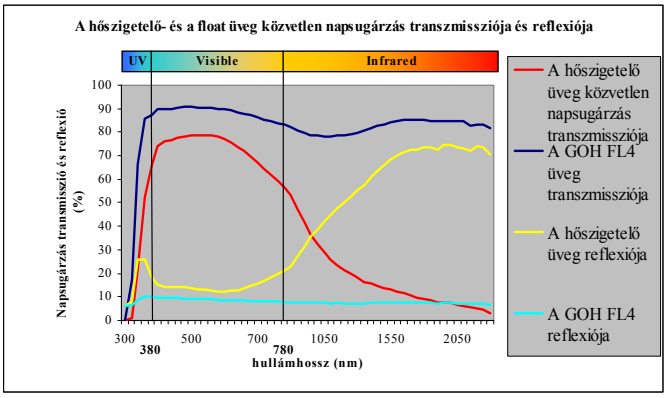
Az elvégzett vizsgálatok eredményeként **megállapítom**, hogy az egyes üvegeken transzmittálódott infravörös sugarak mennyiségének különbségével arányos az üvegezett belső tér (pl. télikert) energia-fogyasztása. A hullámhosszak a 300 nm – 2500 nm.-ig lettek figyelembevéve.

A float és IGU üvegek transzmissziójának spektrális értékeit az elvégzett mérések alapján foglaltam össze (M.3. F-36.), eszerint:

33,7285799 / 0,4169 =80,90 FL4 üveg transzmissziója az IR tartományban

12,448604 / 0,4169 = 29,86 IGU üveg transzmissziója az IR tartományban

Ennek megfelelően megállapítottam, hogy a belső tér energiaháztartása és komfortja a beépített üveg ill. üvegszerkezet spektrális tulajdonságaitól függnek.



63. ábra A hőszigetelő (IGU) és a float üvegek közvetlen napsugárzás transzmissziója és reflexiója

Konkrét vizsgálatokat végeztem a bevonat nélküli float üveggel és a bevonatos üveggel 300-2500 nm tartományban.

Az üveggel kapcsolatos vizsgálatok kimutatták, hogy a mért üvegek téli időszakban csökkentik a fűtési energiafelhasználást, ill. a nyári időszakban a belső tér túlmelegedését megakadályozzák, amivel csökkentik a hűtési energiafelhasználást. Konkrét vizsgálataim bizonyítják, hogy a bevonat nélküli float üveghez képest az IGU kétrétegű bevonatos üveg jobb teljesítőképessége miként befolyásolja a belső tér energiahatékonyságát.

3. Optikai tulajdonságok értékeinek meghatározása az infravörös tartományban

Méréseim alapján megállapítottam, hogy az **infravörös tartományban a különböző üvegek optikai tulajdonságai a következők:**

	Float üveg	IGU kétrétegű bevonatos üveg
transzmissziója :	**80,90 %**	**29,86 %**
reflexiója :	**7,47 %**	**45,04 %**
abszorbciója :	11,63 %	25,10 %
	100,00 %	100,00 %

Tehát a százalékos megoszlások kimutatják a két üveg optikai tulajdonságainak jelentős eltérését amelyet a fenti táblázat értékei szerint igazoltam

4. Az energiamegtakarítás mértéke a különböző időszakokban

A vizsgálataim alapján a különböző időszakokban az alábbi energiamegtakarítások tapasztalhatók:

- **az átmeneti időszakokban (tavasz, ősz)** az IGU üvegen keresztül kevesebb a hőveszteség :
  29,86 / 80,90 = 0,37
  tehát a float üvegen keresztüli hőveszteséghez képest az IGU üveg hővesztesége annak 37 %-ára csökken; ill.:

  45,04 / 7,47 = 6,03 –szorosát reflektálja vissza az IGU üveg az infravörös sugarakból a belső térbe a float üveghez képest.

  A fentiekkel arányos energia-megtakarítás érhető el a bevonatos dupla üvegezéssel, amennyiben az egyéb kapcsolatos feltételek azonosak a két esetben.

- **A meleg időszakokban (nyár)** : az IGU üveg több infravörös sugárzást reflektál vissza a külső térbe :
  45,04/7,47 = 6,03 -szor többet, így az üveggel lehatárolt tér hűtésére kevesebb energiát kell fordítani. (M.3. F-34; 35.)
  Ezt támasztja alá az is, hogy a globálsugárzásból a két fajta üveg jelentősen eltérő mennyiséget transzmittál. A kettő közötti különbség jelöli azt az energia-mennyiséget, amivel kevesebbet kell a hűtésre fordítani pl. június hónapban. (M.3. F-39.)

A méréseim során nyert paraméterek spektrális megjelenítése pontos képet ad az üvegek épületenergetikai teljesítőképességéről, így a tervezési gyakorlat szempontjából ezek figyelembevétele elengedhetetlen.

5. Az üvegszerkezetek összegző paraméterei számításának modellje

Kiszámítottam az üveg ill. az üvegszerkezetek összegző paramétereit a hazai és nemzetközi érvényben lévő szabványok figyelembevételével.

Így meghatároztam a spektrális értékekből :

– τ_v fény – transzmisszióját :

$$\tau_v = \frac{\sum_{\lambda=380nm}^{780nm} D_\lambda \tau(\lambda) V(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=380nm}^{780nm} D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda}$$

– ρ_v fény – reflexióját :

$$\rho_v = \frac{\sum_{\lambda=380nm}^{780nm} D_\lambda(\lambda) \rho(\lambda) V(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=380nm}^{780nm} D_\lambda(\lambda) V(\lambda) \Delta\lambda}$$

- τ_e Közvetlen napsugárzás transzmisszióját :

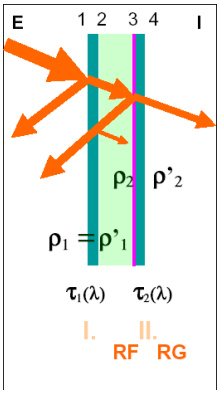
$$\tau_e = \frac{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_\lambda \tau(\lambda)\Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_\lambda \Delta\lambda}$$

- ρ_e közvetlen napsugárzás reflexióját :

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_\lambda \rho(\lambda)\Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_\lambda \Delta\lambda}$$

- Hasonlóan kétrétegű üvegszerkezetre vonatkozóan :
  Mivel ezeket a bevonatos üvegeket csak hőszigetelő üveg-egységben alkalmazzák (IGU), a spektrális paramétereket ezen szerkezetekre számoltam ki.

  Ebben az esetben az előző kifejezésekbe a következő összefüggéseket helyettesítettem be :



$$\tau(\lambda) = \frac{\tau_1(\lambda)\tau_2(\lambda)}{1-\rho'_1(\lambda)\rho_2(\lambda)}$$

$$\rho(\lambda) = \rho_1(\lambda) + \frac{\tau_1^2(\lambda)\rho_2(\lambda)}{1-\rho_1(\lambda)\rho_2(\lambda)}$$

A számítási mód alkalmas arra, hogy egy megkívánt transzmisszió és reflexió esetében a megfelelően kialakított bevonattal az üveg spektrális tulajdonságainak változtatásával a megkívánt eredmény elérhető legyen.

6. Az ARCHIPAK-QBALANCE szimulációs modell alkalmazása magyarországi feltételekre

Magyarországi feltételekre alkalmaztam az ARCHIPAK-QBALANCE szimulációs modellt, amelynek jelentősége, hogy lehetővé teszi az üvegipar által későbbiekben kifejleszthető és kereskedelmi forgalomba hozható egyre újabb és hatékonyabb termékek és szerkezetek- a tér hőegyensúlya szempontjából - mértékadó értékelését

A szimulációs modell az ARCHIPAK programcsomag része, melynek strukturáját és adatsorainak rendszerét meleg klímára Szokolay, S.V. (1992) a Queenslandi Egyetem (Ausztrália) professzora dolgozta ki.
A modell **lényege**, hogy az **épületek állandósult állapotú termikus teljesítményét** értékeli, figyelembevéve többek között:

- az épületek földrajzi helyét,
- az ennek megfelelő klimatikus adatokat,
- az ennek megfelelő benapozást, valamint
- az épület szerkezeti elemeit és
- az ezeket felépítő anyagokat, - így az üvegszerkezet-típusokat is - a vonatkozó paramétereikkel

A felsorolt tényezők képezik az adaptálási feladat tárgyát, hogy magyarországi körülményekre is a modell kezelhető legyen. Az adaptáláshoz szükséges információk és adatok az értekezés előző fejezetei alapján kerülnek beépítésre a modellbe.(M.3. F-51.)

A szimulációs modell **eredményeként** lehetővé teszi:
- meghatározni a hazai vonatkozásban leggyakrabban előforduló, tájolástól függő üvegezési arányokra vonatkozóan, a helyiségben tartózkodó embert érő napsugárzás-terhelési értékeket különböző üvegszerkezetek esetén a fűtési idényben (téli állapotra);
- kiválasztani és rangsorolni ebből a szempontból figyelembe vehető üvegszerkezeteket fűtési idényben (téli állapotban);
- nyári állapotra meghatározni a szerkezetekhez a szükséges napsugárzás-védelmi megoldások főbb paramétereit;
- gazdasági és komfort optimalizálást végezni és ezek alapján ajánlásokat kidolgozni a megfelelő üvegszerkezetek alkalmazására, kifejlesztésére;

mint ahogy azt a Magyarországra alkalmazott ARCHIPAK-QBALANCE modellel bemutattam egy példán az értekezésben leírt új üveg külső térelhatároló épületszerkezetek eseteire az M.3. F-52.-57. ábráin.

7. PMV várható hőérzeti érték meghatározásának szimulációs modellje

Szimulációs modellt dolgoztam ki üveg külső térelhatároló szerkezettel ellátott belső térre a PMV várható hőérzeti érték meghatározására.

A készített szimulációs modell **lényege,** hogy
- lehetővé teszi, a belső térben tartózkodó ember komfort-érzetének a meghatározását, adott környezeti feltételek mellett. / M.3. F-58./
-a számításba vett épületszerkezeti komponensek változtathatóságával, épületfizikai paramétereivel, a benntartózkodó személyek változtatható létszámával feleletet adhat pl. egy nagylétszámú belső tér: mint kórház, tanterem, szinház stb. szerkezeti és hőtechnikai megítélésére.

Egy belső tér hőtechnikai állapotát nagyban befolyásolják az üvegezett szerkezetek, amire az értekezés részletesen kitér. Ezek a szerkezeti jellemzők részét képezik a modell kiindulási adatainak, így szemléletesen követhető azok változtatásának hatásai.

A kiindulási paraméterek :
- a külső és belső tér légállapot-jellemzői,
- napsugárzás hatásának jellemzői,(szoláris nyereség tényezők)
- szerkezet adatai (méretek, rétegrendek)
- a szerkezetek hőtechnikai adatai,
- humán-komfort paraméterek (metabolikus hő, ruházat)

A modellel **eredményként** meghatároztam :
- a belső tér gőznyomását,
- a ruházat felületi hőmérsékletét,
- a konvektív hőátadási tényezőt,
- a környező felületek közepes sugárzási hőmérsékletét, és végül
- a PMV várható hőérzeti értékét, amely érték az ASHRAE hőérzeti skála szerint definiálható.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A leírtak figyelembevételével kijelenthetem, hogy a hazai energia és környezetvédelmi problémakőr indokolttá teszik kutatásaimat, melyek:
- az épületek energia-felhasználását gazdaságosabbá és környezetkímélőbbé teszik,
- az ember hőérzeti komfort követelmény-rendszerének kielégítését célozzák,
- a vonatkozó épületfizikai hőtechnikai kapcsolat-rendszer összefüggéseit elemzik,
- az üvegipari termékek és szerkezetek teljesítőképességének fejlesztését és alkalmazását elősegíti és
- ezen átfogó kérdéskőrt kezelő módszerek kidolgozására irányulnak.

Az értekezésemben ezért ezen összetett igény megoldására vizsgáltam a vonatkozó hatásokat, értékeltem a legcélravezetőbb elméleteket és a gyors és pontos eredményeket biztosító szimulációs modelleket.

Hazai hasznosítás:

- e kutatási módszer folyamatosan karbantartható eszköz

- a komfort-tervezés, épületfizika, épületszerkezet oktatási tevékenységnél, az épületgépészeti, energetikai, építészmérnöki és környezetvédelmi képzéseknél;
- a kutatás számára, a kutatási irányok meghatározásánál,
- a gyakorlati épület-tervezésnél,
- az épület-rekonstrukciók döntés-előkészítésénél,
- a gyártók részére az építő-, és építőanyagipar területén a termelési kapacitások előzetes meghatározásánál, és a további termékfejlesztések irányainak meghatározásánál;

- egy komplex átfogó szemlélettel az épületek hőkomfort és épületfizikai elemzésével a kis energia-igényű ill. passzívházak tervezésénél pontos és gyors válaszokat adni.

A kutatási munkám során szerzett tapasztalatok és eredmények alkalmasak arra, hogy az építészeti üveg alkalmazásával kedvező belső komfortot, ugyanakkor energiatakarékos üzemeltetést lehessen biztosítani.

6. SUMMARY

According to the above written subjects, that the Hungarian energetic and environmental problems justify those of my research, which :
- make more economical and environmental-friendly the energy-consumption of the buildings,
- focus onto satisfying the requirement-system of the human thermal comfort,
- analyse the relations of the related building physical thermo-technical connection-system,
- promote the development of the products' and constructions' capacity in the glass industry and the utilization of it's products, and
- focuse onto the elaboration of the methods managing this comprehensive problem.

Therefore in my thesis, I have analysed for the solution of this composed demand the related effects, evaluated the most suitable theories and the simulation modells which allow the fast and precise results.

The domestic utilization :
* This research method is a continuously maintainable tool,
- at the education activity in comfort-design, building physics, building construction, and at the training of engineering, energetic, architectural and environment.
- for the research activity at the determination of the research directions,
- at the practical building-design,
- at the decision-preparation of building-reconstructions,
- for the manufacturers at the preliminary determination of production capacities ont he field of building industry and building-material industry, and at the determination of the further product-development directions;

* with a complex, comprehensive approach by the analysis of thermal-comfort and building physics of the buildings to give precise and fast answers at the design-process of low-energy and passive buildings.

Summarizing : The result of the thesis reflects, that the ecologic-architectural glass, - as an artificial material - put between two elements of the nature / weather – human / how does effect and promote the comfort-feeling of the human and the energetic of the indoor space.

7. MELLÉKLETEK

M.1. IRODALOMJEGYZÉK

1. Agrárgazdasági statisztikai Zsebkönyv (2006) Budapest 42.o.
2. Armenta-Deu, C.; et al. (1992).: Electrocromismo y termocromismo: un nuevo concepto en el campo de aplicación de las superficies selectívas. Revista Espanola de Física 6/3. Madrid, p. 49-56
3. ASHRAE Handbook-Fundamentals.(1989) USA.
4. Awbi, H.B.; Gan, G. (1992): Computational fluid dynamics in ventilation. Reading. p. 73-79
5. Bánhidi L.- Kajtár L. (2000): Komfortelmélet.Műegyetemi Kiadó 35. o.
6. Bánhidi L. (1976) Zárt terek hőérzeti méretezése Budapest, Műszaki Könyvkiadó 38, 67, 114-117 o.
7. Bakker, J.C., et al. (1995). Greenhouse climate control, an integrated approach. Wageningen Pers, Wageningen
8. Bakker, J. C.; .et al.,(2007) Innovative Technologies for an Efficient Use of Energy GreenSys , Naple
9. Benson, D.K.; Tracey, C.E.(1991): Evacuated Window Glazings for Energy Efficient Buildings. SERI/C-255-0122. USA.
10. Burkhard Schulze – Darup (2007): Lakóépületek energetikai felújítása.
11. CEN/TC 156/WG6 (1998) : Design Criteria for the Indoor Environment, E.C. p. 5-7
12. Croome,D.J.; Roberts, B.M. (1981): Airconditioning and Ventilation of Buildings, London. Pergamon Press. p. 107-118
13. Csányi Erika, Balázs György (2008): Környezeti hatások a betonszerkezetekre. Budapest BME Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék
14. Duffie, J.; Beckman, W. (1980) : Solar engineering of thermal processes. USA, J.Wiley.
15. EAG Central Europe (2008). Termékismertető
16. Energy Producing Greenhouse ZoWaKas – Plant Research International (2006) Wageningen ÚR
17. Fanger, P.O. (1972) : Thermal Comfort. USA, McGraw-Hill Co.
18, Gábor L., Zöld A.(1981) : Energia-gazdálkodás az építészetben. Budapest, Akadémia Kiadó. 74, 128, 138, 177 o.
19. Haller L.(1992) : Zárt térben tartózkodó ember közérzetének vizsgálata. Budapest, BME.
20. Ignacio Vicens, G. (1992) : Analisis Energético del Edificio Métodos de Simulación y Cálculo.,CIEMAT,. Madrid, p. 4a-13, 4a-25-27
21. Johnson, T.E.(1991) : Low-E Glazing Design Guide, Butterworth Architecture. USA p. 26, 30-59
22. Major Gy. (1985) : A napenergia-hasznosítás meteorológiai megalapozása Magyarországon. Budapest, ÉTI .39, 72, 109-110 o.

23. Manual de Soleamiento. (1980) Madrid, CITAV. p. 120, 298.
24. Marco, J. (1992) : Algunas Consideraciones sobre el Confort Higrotérmico. CIEMAT. Madrid, p. 10-13, 22-23.
25. MSz 8882/1-69 (1969) Környezetek és tényezői - technikai klímafelosztás. Budapest.
26. MSz-04-140-2. (1991) Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai. Hőtechnikai méretezés. Budapest.
27. MSz EN 410 (2000) Építési üveg. Az üvegezés fénytechnikai és napsugárzási jellemzőinek meghatározása.
28. Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia NÉS 2008-2025 (2008)
29. Neufert, E. (1971) : Styropor-Handbuch, Wiesbaden, Bauverlag GmbH., Berlin,
30. Országgyűlési határozati javaslat (2007) : a 2007-2020 közötti időszakra vonatkozó energiapolitikai koncepcióról (2007 december) 50.o.
31. Péczely, Gy. (1984) : A Föld éghajlata. Budapest. Tankönyvkiadó.
32. Pintér, J. (1986) : Üveg épületszerkezetek komplex elemzése, különös tekintettel a termék gyártó-kutató szerkezetfejlesztő tevékenységére. Műszaki doktori értekezés. Budapest Függelékben
33. Szokolay, S.V. (1992) : ARCHIPAK. Ausztrália, University of Queensland.
34. TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról. 7/2006 (V.24.) (2006) 2-5, 9-17 o.
35. Zöld András (2006) : Az új energetikai szabályozás – Buderus. 31, 48-49, 60, 185 o.
36. Zöld A. (1995) Csúcstechnológia az épületek hővédelmében. 13. o.
37. www.guardian.com/en/index1.html
38. www.kassaablak.hu/panel.php
39. www. spie.org/x8814.xml?highlight=x2408 Electrochromics: finally a technology for large-scale applications? Claes G. Granqvist (2006) SPIE p.1.
40. www. spie.org/x8586.xml Electrochromic vacuum glazing may improve thermal comfort in buildings Yueping Fang, et al. (2006) SPIE p. 1.
41. www.egt.bme.hu/szikra/!SolarCad/hosug-ablak.pdf Szikra Csaba (2008): Hősugárzás alapjai 9-10. o.
42. www.gourmandnet.hu/talalas/site.php?tpl=theme&id=156 Gourmandnet : Az üveg története (2009)
43. windows.lbl.gov/software/window/window.html Window szimulációs modellek
44. www.nfgm.gov.hu/data/cms1339190/gkm_strategia_2007_2010.pdf GKM Stratégia 2007-2010 (2007) 56.o.

M.2. A TÉMAKÖRHÖZ KAPCSOLÓDÓ SAJÁT IRODALOM

Lektorált cikk világnyelven

1. Pintér J. (1987): Glazing systems in solar architecture. Ambient Energy,Vol. 8, No. 2, /ISSN 0143-0750/, April 1987, p. 91-98.

2. Pintér J. (1989): New glazing system in architecture : technical note, Ambient Energy, Vol. 10, No 4, /ISSN 0143-0750/, October 1989, p. 213-215.

3. Pintér J. (1991): Education on solar energy in Hungary, IASEE Newsletter, No. 1/1991, p. 6-7.

4. Pintér J. (2008): El vidrio en la nueva regulación energética de la edificación, Montajes e Instalaciones, Vol. XXXVIII, No 434, Diciembre 2008, /ISSN 0210-184X/, p. 68-76.

Lektorált cikk magyar nyelven

1. Pintér J. (1983): Üvegszerkezetek szerepe és helye az építési rendszerekben ill. alrendszerekben, Épületgépészet, 1983/3, / HU ISSN 0013-9742/, 139-141. o.

2. Pintér J. (1985): Napcsapdába fogható energia, Üvegipar 1985/5 3. o.

3. Pintér J. (1987): Az új bordás üvegtábla alkalmazása, Magyar Építőipar 198/.4. /HU ISSN 0025-0074/ 247-250. o.

4. Pintér J. (1989): Építészeti üvegtermékek nemzetközi kutatási eredményei, Építőanyag , XLI. évf. 1989/ 2. / HU ISSN 0013-970x/ 69-71. o.

5. Pintér J. (1989):Új üvegezési rendszerek az építészetben, Építőanyag , XLI. évf. 1989/4. / HU ISSN 0013-970x/ 155-156. o.

6. Pintér J. (1989): Az építési patológia és az üvegszerkezetek, Magyar Építőipar, 1989/10. / HU ISSN 0025-0074/ 481-484. o.

7. Pintér J. (1991): Napenergiahasznosítás a Skandináv országokban, Épületgépészet, 1991/5-6. / HU ISSN 0013-9742/ 234-238. o.

8. Pintér J. (1995): Energiamegtakarítás és környezetvédelem speciális építészeti üvegszerkezetek alkalmazásával, Építőanyag, 47. évf. 1995/1. / HU ISSN 0013-970x/ 34-37. o.

9. Pintér J. (2008): Épületek és környezetének passzív hűtése, Hűtés-, Klíma- és Légtechnika, VI. évf. 2008/5. / ISSN 1786-8238/ 26-29. o.

Nemzetközi konferencia proceedings

1. Pintér J. (1985): Az üvegszerkezetek szerepe a hangszigetelésben XIV. Szilikátipari és Szilikáttudományi Nemzetközi Konferencia / SILICONF / 1985 május 6-10, Budapest /Ö ISBN 963 592 414 3 ISBN 963 592 410 0/ p.107-114.

2. Pintér J. (1986): Glazing systems in the solar architecture PLEA - Nemzetközi Napenergiahasznosítási Konferencia 1986 szeptember 1-5 Pécs /8616332 MTA sokszorosító/ p: C- 46 - C-52

3. Pintér J. (1989): Új üvegezési rendszerek az építészetben, SILICONF, 1989 junius 12-16, Budapest /ISBN 963 592 933 1, ISBN 963 592 934 X, ISBN 963 592 935 8, ISBN 963 592 936 6, ISBN 963 592 937 X/ 108-111. o.

4. Pintér J. (1985): The role of glass constructions in the thermal and sound insulation of building systems, IBAUSIL - Nemzetközi Építőanyag és Szilikátipari Konferencia, June 17-21, 1985 Weimar. /Rn 327/85 V/19/18/ Section 4. p.210-217.

5. Pintér J. (1988): Hungarian architecture and the solar energy, NORTH SUN' 88 Nemzetközi Napenergia Konferencia, August 29-31, 1988 Borlange. /ISBN 91-540-4973-3/ p. 189-194.

6. Pintér J. (1989): Building pathology and the glass constructions, CIB / Nemzetközi Építéskutatási Tanács/ Nemzetközi Kongresszusa, June 19-23, 1989 Párizs. /ISBN 2- 86891-164-1/ THEME II. Volume 2. p.139-145.

7. Pintér J. (1989): New glazing systems in the architecture, ICG / Nemzetközi Üveg Bizottság / Nemzetközi Kongresszusa, July 3-7, 1989, Leningrád. /P 2803020000-515 / 055(02)-89/ Volume 3a p. 229-234.

8. Pintér J. (1990): Passive solar building design in the Hungarian building industry, NORTH SUN' 90 Nemzetközi Konferencia, September 18-21, 1990 Reading. /ISBN 0-08-037215-5/ p.106-108.

9. Pintér J. (1990): The Hungarian glass architecture, WREC Nemzetközi Megújuló Energiák Világ-Kongresszus, September 23- 28, 1990 Reading. /ISBN 0-08-037539-1/ Volume 4. p. 2665-2669.

10. Pintér J. (1991) : The cooperation on solar energy education, Megújuló Energiák Oktatása Szimpózium, June 19-20, 1991 Borlange. /ISSN 1018-5607/ p. 46.

11. Pintér J. (1991) : Solar energy education in Hungary, ISES' 91 Nemzetközi Napenergia Társaság Kongresszusa, August 19-23, 1991 Denver. / ISBN 0-08-041690-X / Volume 3 Part II. p. 3842-3845.

Magyar nyelvű proceedings

1. Pintér J. (1983) : Üvegszerkezetek szerepe és helye az építési rendszerekben ill. alrendszerekben, V. Építőipari Ifjúsági Konferencia, 1983 április 20-21 Budapest. 2.kötet 240-242. o.

2. Pintér J. (1985) : Az üvegszerkezetek komplex elemzése, Fiatal Oktatók-Kutatók Tudományos Fóruma, 1985 február 11., Budapest, 25-26. o.

3. Pintér J. (1985) : Napházak üvegszerkezetei, VI. Építőipari Ifjúsági Konferencia, 1985 május 22-23, Budapest, 85/469 MTESZ házinyomda 211-221. o.

4. Pintér J. (1985): Kísérleti növényházak Orosházán
Új speciális üvegek az energiatakarékos építészetben,
Aktív rendszerek régi épületeknél, III. Országos Építőipari Energiaracionalizálási Kollokvium. Székesfehérvár.

5. Pintér J. (2008): Növényházak speciális üvegszerkezeteinek szerepe a napenergia-hasznosításban, MTA – AMB 2008 évi XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, 2008 január 22. Gödöllő, VII. Szekció CD publikáció

Nemzetközi konferencia abstract

1. Pintér J. (1987): Glazing systems in the solar architecture, Applied Optics in Solar Energy Nemzetközi Konferencia, July 7-9, 1987 Prága, p..59.

2. Pintér J. (1988): Hungarian architecture and the solar energy, NORTH SUN' 88 Nemzetközi Napenergia Konferencia, August 29-31, 1988 Borlange, p.13:1

3. Pintér J. (1989): La computación y la energía solar, " La computación y la ingeniería " Nemzetközi Konferencia, October 11-13, 1989, Havanna . p. 18.

4. Pintér J. (2007) : Environmental aspects of renewable energies in architecture „13th Energy and Environment „Workshop, 2007 november 5-6, Gödöllő p.13.

5. Pintér J. (2008): Measurements of special glass elements, „14th Energy and Environment" Workshop, 2008 november 17-18 Gödöllő, p.12.

Magyar nyelvű abstract

1. Pintér J. (2008) : Növényházak speciális üvegszerkezeteinek szerepe a napenergia-hasznosításban, MTA – AMB 2008 évi XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, 2008 január 22, Gödöllő, /ISBN 978-963-611-449-7/.28. o.

Egyéb elnyert külföldi kutatási megbízások témavezetője

1. Pintér J. (1992): Oktatási módszerek fejlesztése az építészmérnök-képzésben Readingi Egyetem

2. Pintér J. (1992) : Az üveg alkalmazása a napenergia-technikáknál, különös tekintettel az épületek hőkomfortjára és energiatakarékosságára CIEMAT /Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas / Madrid

M.3. Fontosabb kiegészítő ábrák, táblázatok, diagramok, modellek

Tevékenység	M/F_{Du} [W/m²]	met	η	v_{rel} [m/s]
Pihenés				
Alvás	41	0,7	0	0
Pihenés	47	0,8	0	0
Nyugodt ülés	58	1,0	0	0
Állás laza testtartással			0	0
Sétálás sík terepen				
sebesség [km/h]				
3,2	116	2,0	0	0,9
4,0	140	2,4	0	1,1
4,8	152	2,6	0	1,3
5,6	186	3,2	0	1,6
6,4	222	3,8	0	1,8
8,0	338	3,2	0	2,2
Sétálás lejtőn				
Lejtés [%] sebesség [km/h]				
5 1,6	140	2,4	0,07	0,6
5 3,2	175	3,0	0,10	0,9
5 4,8	232	4,0	0,11	1,3
5 6,4	356	6,1	0,12	1,8
15 1,6	169	2,9	0,15	0,4
15 3,2	268	4,6	0,19	0,9
15 4,8	410	7,0	0,19	1,3
25 1,6	210	3,6	0,20	0,4
25 3,2	392	6,7	0,21	0,9
Különböző foglalkozások				
Pék	82–116	1,4–2,0	0–0,1	0–0,2
Serfőzdei munkás	70–140	1,2–2,4	0–0,2	0–0,2
Asztalos				
gépi fűrészelés	105	1,8	0	0–0,1
kézi fűrészelés	232–280	4,0–4,8	0,1–0,2	0,1–0,2
kézi gyalulás	326–374	5,6–6,4	0,1–0,2	0,1–0,2
Lakatos	128	2,2	0–0,1	0,1–0,2
Öntödei munka				
öntvénytisztítás pneumaikus kalapáccsal	187	3,2	0–0,1	0,1–0,2
formakészítés	232	4,0	0–0,1	0,1–0,2
öntvénymozgatás (kb. 60 kg)	316	5,4	0–0,2	0,1–0,2
olvasztási munka	396	6,8	0–0,1	0,1–0,2
salakeltávolítás	432	7,4	0–0,1	0,1–0,2
Garázsmunka	128–175	2,2–3,0	0–0,1	0,2
Laboratóriumi munka				
metszetvizsgálat	82	1,4	0	0
normál laboratóriumi munka	93	1,6	0	0–0,2
készülék mozgatása	128	2,2	0	0–0,2
Gépi munka				
könnyű (pl. elektromos ipar)	116–140	2,0–2,4	0–0,1	0–0,2
gépszerelő	163	2,8	0–0,1	0–0,9
nehéz (pl. festőipar)	232	4,0	0–0,1	0–0,2
Konzervipar	116–232	2,0–4,0	0–0,1	0–0,2
Ülő, de nehéz, végtagokkal végzett munka	128	2,2	0–0,2	0,1–0,4
Cipész	116	2,0	0–0,1	0–0,1
Bolti eladó	116	2,0	0–0,1	0,2–0,5
Tanár	93	1,6	0	0
Órás	64	1,1	0	0
Járművezetés				
autó kis forgalomban	58	1,0	0	0
autó nagy forgalomban	116	2,0	0	0
erőgép	187	3,2	0–0,1	0,05
éjszakai repülés	70	1,2	0	0
műszeres landolás	105	1,8	0	0
Nehéz munka				
targoncatolás (57 kg, 4,5 km/h)	145	2,5	0,2	1,4
50 kg-os zsák hordása	232	4,0	0,2	0,5
kubikus munka	232–280	4,0–4,8	0,1–0,2	0,5
árokásás	350	6,0	0,2	0,5

M/F_{Du} metabolikus hő
η mechanikai hatásfok
v_{rel} relatív sebesség nyugvó levegőben

Házimunka				
Takarítás	116–198	2,0–3,4	0–0,1	0,1–0,3
Főzés	93–116	1,6–2,0	0	0–0,2
Mosogatás állva	93	1,6	0	0–0,2
Mosás kézzel és vasalás	116–210	2,0–3,6	0–0,1	0,2
Bevásárlás	93	1,6	0	0,2–1
Irodai munka				
Gépelés (elektromos)				
szó/min				
30	52	0,9	0	0,05
40	58	1,0	0	0,05
Gépelés (kézi)				
szó/min				
30	64	1,1	0	0,05
40	70	1,2	0	0,05
Számítógépes	70	1,2	0	0
Különböző irodai munka (pl. ívek kitöltése, ellenőrzés)	58–70	1,0–1,2	0	0–0,1
Rajzolás	70	1,2	0	0–0,1
Szórakozás				
Torna	175–232	3,0–4,0	0–0,1	0,5–0
Tánc	140–266	2,4–4,6	0	0,2–2
Tenisz	268	4,6	0–0,1	0,5–2
Vívás	410	7,0	0	0,5–2
Tollaslabda	420	7,2	0–0,1	0,5–2
Kosárlabda	440	7,6	0–0,1	1–3
Birkózás	510	8,8	0–0,1	0,2–0,3

F-1 Különböző tevékenységek metabolikus értékei (Bánhidi-Kajtár, 2000)

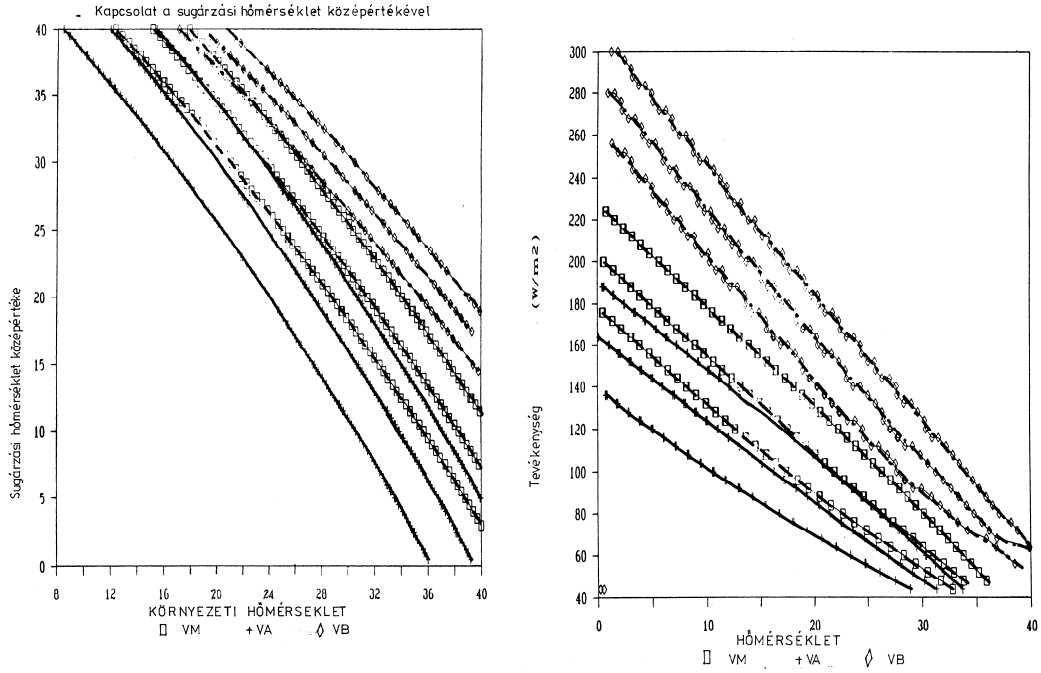
Ruházat	I_{clo}	f_{cl}
Mezítelen	0	1,0
Short	0,1	1,0
Tipikus trópusi ruházat: short, nyitott nyakú ing rövid ujjal, könnyű zokni és szandál	0,3—0,4	1,05
Könnyű nyári ruházat: hosszú szárú nadrág könnyű anyagból, nyitott nyakú ing, rövid ujjak	0,5	1,1
Könnyű munkaruha: short, gyapjúzokni, pamut munkaing és munkanadrág	0,6	1,1
Tipikus üzletember-ruházat	1,0	1,15
Tipikus üzletember-ruházat + pamutkabát	1,5	1,15
Nehéz tradicionális európai üzletember-ruházat: pamut alsónemű hosszú ujjakkal és szárral, ing, gyapjúzokni, cipő, öltöny, beleértve nadrágot, kabátot és mellényt	1,5	1,15—1,2
Könnyű sportöltözet: pamuting, nadrág, short, zokni, cipő és szimpla orkánkabát	0,9	1,15
Nehéz téli öltözet, igen hideg területeken (sarkvidék)	3—4	1,3—1,5

F-2 Különböző ruházatra vonatkozó adatok (Bánhidi L.,1976)

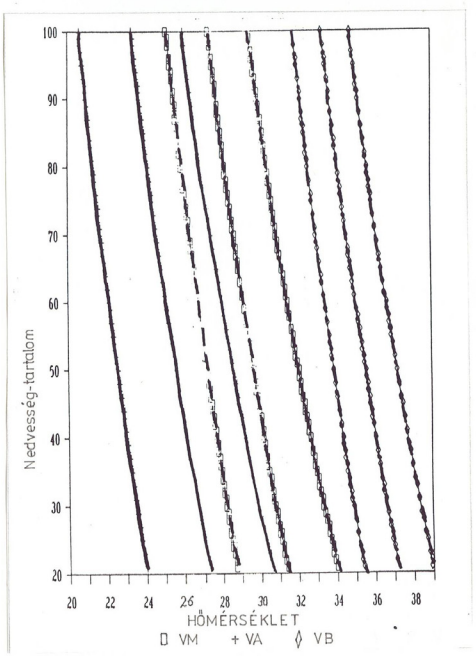
Különböző tevékenységek extra energiaszükséglete (Bálint)

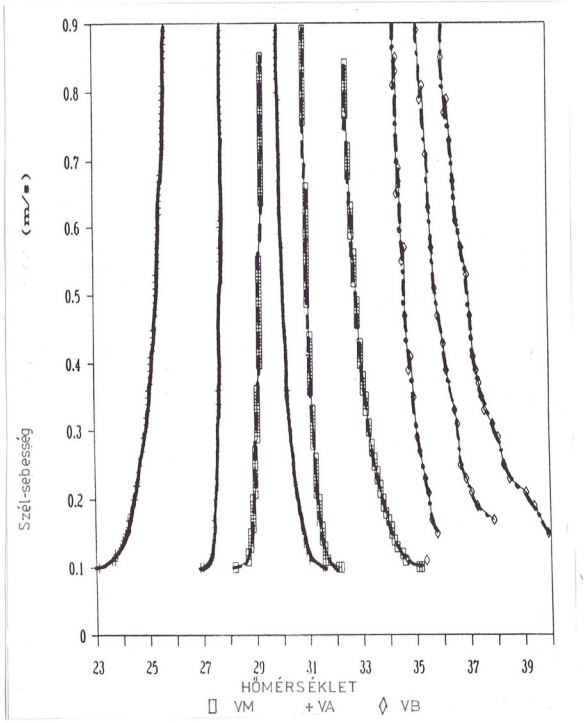
Tevékenység		Energiaszükséglet	
		kcal/h	W
Írás, gépelés		40	47
Takarítás		100	116
Szabás		80	93
Varrás		40	47
Mosás		170	198
Fémmunka		180	210
Kőfaragás		330	396
Váján		500	580
Ács		150	175
Kov cs		300	350
Fafűrészelés		400	470
Aratás		500—600	580—700
Járás sík terepen	4 km/h	140	164
Járás sík terepen	5 km/h	170	198
Járás sík terepen	6 km/h	240	280
Járás sík terepen	8 km/h	580	680
Járás 5% emelkedőn	5 km/h	270	315
Járás 7,5% emelkedőn	5 km/h	350	410
Járás 10% emelkedőn	5 km/h	450	525
Országúti kerékpározás		180	210
Modern tánc, balett		240	280
Úszás		600	700
Intenzív sport (box)		800	940

F- 3 Különböző tevékenységek energia-szükséglete (Bánhidi L.,1976)



F- 4 Komforttartományok sugárzási hőmérséklet közép-értékének, és a tevékenységnek a figyelembevételével Fanger szerint (Marco, 1992)





F- 5 Komfort tartományok nedvességtartalom és szélsebesség figyelembevételével Fanger szerint (Marco, 1992)

A komfort tartományok vizsgálatánál a referencia-változó a környezeti hőmérséklet, a többi érték egy ésszerű tartomány két szélső értéke között változik.
Minden esetben a környezeti hőmérsékletre a 0-40 C^o tartomány lett kijelölve és a számítások 0,10 C^o intervallumokban készültek el. Egyéb változók tartományai az alábbiak:

Változók	**Max.**	**Min**
TMR(sugárzási hőm.közép.)	40	0
HR (rel.nedv.tart.)	100	20
VV (szélsebesség)	0,9	0,1
ACT(tevékenység)	320	40

Ezeket a számításokat három-fajta ruházatra végezték el, amelyeket: alacsony (VB), közép (VM) és magas (VA) ruházat-fokozatnak neveztek el.
Az FCL és ICL értékei az alábbiak:

	FCL	**ICL**
VB	0,1	1,0
VM	0,6	1,1
VA	1,0	1,2

Mindegyik grafikonon az X-tengelyen a környezeti hőmérséklet, az Y-tengelyen az ACT, TMR, VV, HR van feltüntetve, a ruházati paramétert három görbe határoz meg az előző három értéknek megfelelően. Ezenkívül megadottak a komfort-változatok tartományai kijelölve a -0,5 és 0,5 közötti PMV értékek területeit.
Összefoglalva, minden egyes grafikon tartalmaz 9 különböző görbét, mivel mindegyike ezen hármasnak jellemez egyfajta ruházatot, melyek közül a legalsó megfelel a komfort alsó tartományának (-0,5), a középső a komfort ideális értékének (0,0) és a felső, a komfort felső tartományának (0,5).

F- 6.
Az a, b, c, d térelhatároló komponens-csoportok vizsgálata:
(MSz-04-140-2, 1991)

F-6.1. A külső térrel érintkező tömör komponens

$\mathbf{t_{b,j}}$ **meghatározása** (j-edik felület belső felületi hőmérséklete), mivel:

$$\mathbf{q} = (t_i-t_e) / [(1/\alpha_i)+(\sum_{m=1}^{n} (d_j/\lambda_j)+(1/\alpha_e)] = k(t_i-t_e) \qquad \text{(F-6.1)}$$

ahol:
$\mathbf{k}$ = hőátbocsátási tényező,
$\boldsymbol{\lambda_j}$ = j-edik réteg hővezetési tényezője,
$\mathbf{d_j}$ = j-edik réteg vastagsága
$\boldsymbol{\alpha_i}$ = belső hőátadási tényező
$\boldsymbol{\alpha_e}$ = külső hőátadási tényező
és mivel:

$$\mathbf{q} = \alpha_i(t_i-t_{b,j}) \text{ ezért:} \qquad \text{(F-6.2)}$$

$$\boldsymbol{\alpha_i(t_i-t_{b,j})} = k(t_i-t_e) \text{ és ezt rendezve } t_{b,j}\text{-re:} \qquad \text{(F-6.3)}$$

$$\mathbf{t_{b,j} = t_i-(k/\alpha_i)(t_i-t_e)} \qquad \text{(F-6.4)}$$

F-6.2. A talajjal érintkező komponensek

A talajon fekvő padlónál a $\mathbf{t_{b,j}}$ meghatározása az alábbi egyenletekből indul ki:

$$\mathbf{q} = F[k_e(t_i-t_t)+(\lambda/h)(t_i-t_f)] \qquad \text{(F-6.5)}$$

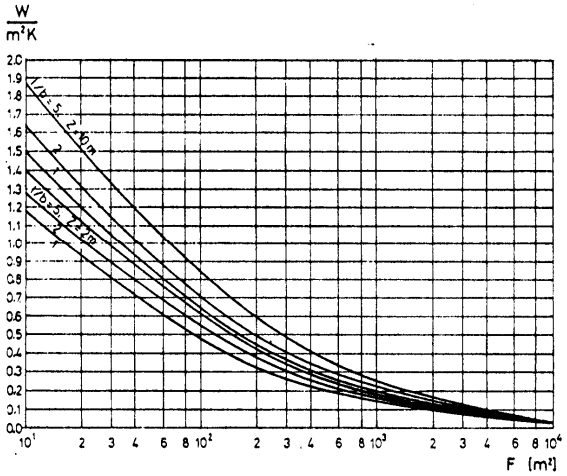
$$\mathbf{q} = \alpha_i(t_i-t_{b,j}) \qquad \text{(F-6.6)}$$

a két kifejezést egyenlővé téve és $t_{b,j}$-re rendezve:

$$\mathbf{t_{b,j} = t_i-(F/\alpha_i)[k_e(t_i-t_t)+(\lambda/h)(t_i-t_f)]} \qquad \text{(F-6.7)}$$

ahol:
$\mathbf{F}$ = a padló felülete,
$\mathbf{k_e}$ = egyenértékű hőátbocsátási tényező, alapterület és az oldalméretek arányának függvényében grafikonról, (F-6-1.ábra)
$\mathbf{t_i}$ = belső hőmérséklet,
$\mathbf{t_t}$ = talaj hőmérséklete (0 ^oC),

λ_t = a talaj hővezetési tényezője (1,2 W/m K),
h = a talajvíz-szint távolsága a padlószinttől,
t_f = a talajvíz hőmérséklete (10 °C)

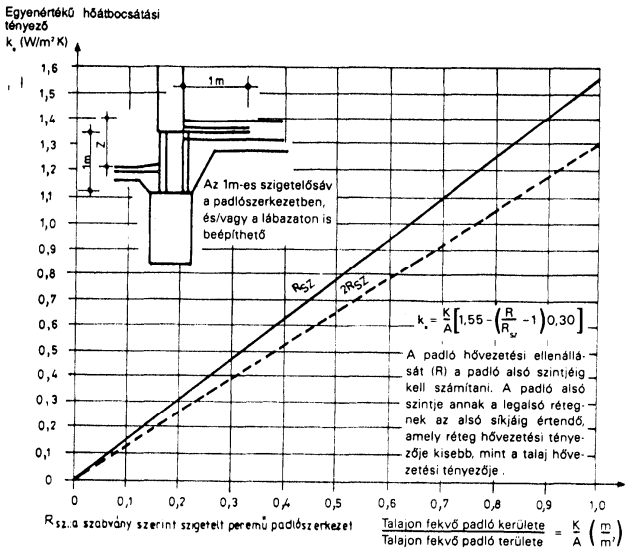


F-6-1.ábra k_e, a padló egyenértékű hőátbocsátási tényezője.
/ **l/b** élarány, **z** a talajvíz szintje, **f** a padló-felület/. (Gábor, Zöld, 1981)

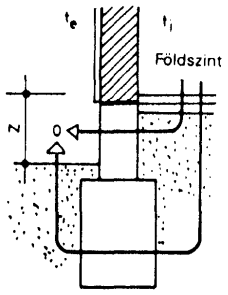
Továbbá a k_e meghatározható az MSz szabvány szerinti táblázattal és grafikonnal is, az alábbi összefüggés alapján:

$$k_e = (K/A)\{1,55-[(R/R_{sz})-1].0,30\} \qquad \text{(F-6-2.ábra)} \qquad \text{(F-6.8)}$$

ahol:
K = a padló kerülete,
A = a padló területe,
R = f(z) (F-6-3.ábra szerint),
R_{sz} = szabvány szerint szigetelt peremű padlószerkezet R-je.



F-6-2. ábra Talajon fekvő padlók egyenértékű hőátbocsátási tényezője.

	A padlószint és a talajszint közötti magasság-különbség z (m)	A padlószerkezet hővezetési ellenállása $R = \frac{d}{\lambda}$ (m²K/W)							
		Szigetelet-len	0,20–0,35	0,40–0,55	0,60–0,75	0,80–1,00	1,05–1,50	1,55–2,00	2,05–3,00
	–6,00	0	0	0	0	0	0	0	0
	–6,00...–4,05	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	–4,00...–2,55	0,40	0,40	0,35	0,35	0,35	0,35	0,30	0,30
	–2,50...–1,85	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,40
	–1,80...–1,25	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,55	0,45
	–1,20...–0,75	1,00	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,55
	–0,70...–0,45	1,20	1,05	1,00	0,95	0,90	0,80	0,75	0,65
	–0,40...–0,25	1,40	1,20	1,10	1,05	1,00	0,90	0,80	0,70
	–0,20...+0,20	1,75	1,45	1,35	1,25	1,15	1,05	0,95	0,85
	0,25...0,40	2,10	1,70	1,55	1,45	1,30	1,20	1,05	0,95
	0,45...1,00	2,35	1,90	1,70	1,55	1,45	1,30	1,15	1,00
	1,05...1,50	2,55	2,05	1,85	1,70	1,55	1,40	1,25	1,10

F-6-3. ábra. A padló körvonal hosszegységére vonatkoztatott hőátbocsátási tényező
(k_l [W/mK]) (MSz-04-140-2, 1991)

F-6.3. A belső térrel érintkező komponensek

Ez az eset arra vonatkozik, ha a tárgyi tér másik oldalán fűtetlen tér van. Ebben az esetben a **k** szorzandó az alábbi értékkel:

$$\mathbf{C_t = (t_i - t_x)/(t_i - t_e)} \qquad \text{(F-6.9)}$$

ahol:

$\mathbf{t_i}$ = a fűtött tér hőmérséklete,

$\mathbf{t_x}$ = a fűtetlen tér hőmérséklete (az F-6-1. táblázat szerint)

$\mathbf{t_e}$ = méretezési külső hőmérséklet.

F-6-1.táblázat A fűtetlen tér hőmérséklete. (MSz-04-140-2, 1991)

Fűtetlen terek	Hőmérséklet
külső nyílászáró nélküli helyiség	+5 °C
külső nyílászáróval rendelkező helyiség	+2 °C
összefüggő szerelőszint	-3 °C
padlástér	-6 °C
különálló lépcsőház, három külső fallal	-9 °C
lépcsőház egy külső fallal	+4 °C
zárt pince	+4 °C

F-6.4. A külső térrel érintkező transzparens komponensek

Az üvegezett külső falnál a $t_{b,j}$ meghatározása:

$$t_{b,j} = t_i-(k_s/\alpha_i)(t_i-t_e) \quad \text{(F-6.10)}$$

ahol:

k_s = egyenértékű hőátbocsátási tényező és:

$$k_s = k_ü-SN(A_t/A_ü) \quad \text{(F-6.11)}$$

ahol:

$k_ü$ = üveg transzmissziós hőátbocsátási tényezője (F-6-2.táblázat, és F-6-4., F-6-5.ábrák),

S = szoláris nyereség-tényező (F-6-3.táblázat),

N = naptényező (F-6-4.táblázat),

A_t = üvegezés felülete,

$A_ü$ = nyílászáró teljes felülete (+tok, +szárny),
[mozgatható hőszigetelő árnyékoló esetén: $k_ü$ = nappali($k_{ün}$) és éjszakai ($k_{üé}$) időarányos átlaga] továbbá, ha az üvegfelület néha árnyékban van, akkor S helyett S' használandó:

$$S' = S(\Sigma I_t/\Sigma I) \quad \text{(F-6.12)}$$

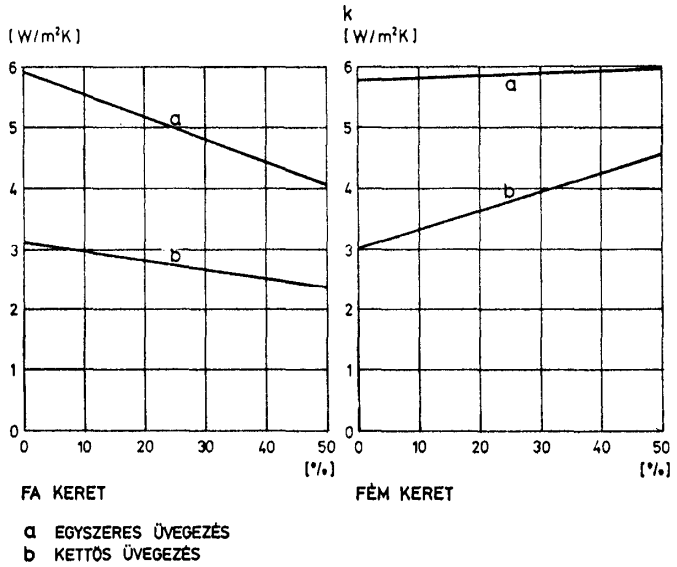
ahol:

ΣI = adott tájolású felületre jutó átlagos napsugárzás- intenzitás összege nov.1.- márc.31. időszakban,

ΣI_t = adott geometriai viszonyokra elvégzett árnyék-számítás (vagy szerkesztés) alapján a felületre ténylegesen jutó átlagos napsugárzás-intenzitás összege nov.1.- márc.31. időszakban.

F-6-2.táblázat Üvegezett szerkezetek"nappali" és „éjszakai" hőátbocsátási tényezői: tájékoztató k- értékek W/m^{2}K-ben. (MSz-04-140-2, 1991)

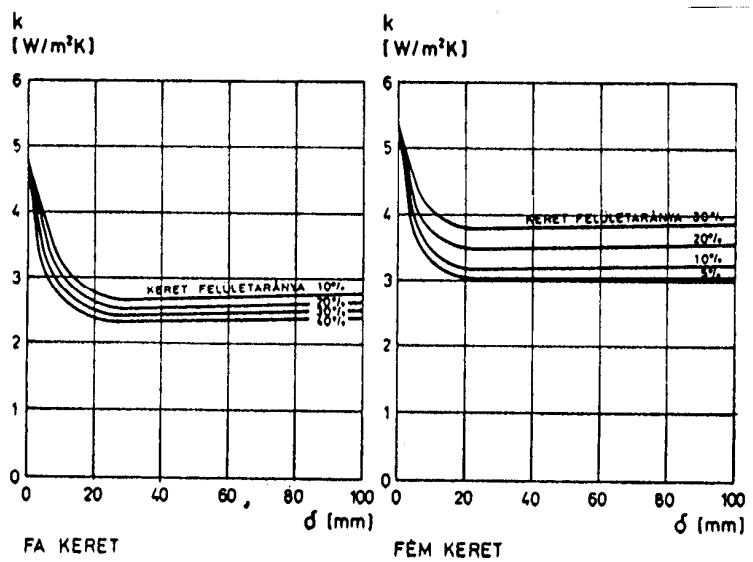
	$k_{ün}$	$k_{üé}$			
	ablak	ablak + függöny	ablak + redőny	ablak + függöny + redőny	ablak + hőszigetelt zsalu
Kétszeres üvegezés	3,0	2,2	1,9	1,5	0,5
Kettős üvegezés	2,8	2,1	1,82	1,45	0,49
Háromszoros üvegezés	2,2	1,74	1,54	1,27	0,47
Különleges üvegezés	1,8	1,48	1,34	1,13	0,45



F-6-4.ábra A hőátbocsátási tényező a keret felület-arányának függvényében. (Gábor, Zöld, 1981)

F-6-3.táblázat A szoláris nyereség-tényezők számértékei. (MSz-04-140-2, 1991)

Tájolás	**D**	**DK,DN**	**K,N**	**ÉK,ÉN**	**Árnyékolt É**
árnyékolatlan felület	3,5	2,4	1,9	1,4	1,0
részben árnyékolt fel.	2,2	1,7	1,1	1,0	1,0



F-6-5.ábra A hőátbocsátási tényező a keret felület-arányának és a légréteg vastagságának függvényében. (Gábor, Zöld, 1981)

F-6-4.táblázat Különböző üvegezés-árnyékolás kombinációk naptényező értékei. (MSz-04-140-2, 1991)

Típus		Árnyé-kolás nélkül	Belső velencei redőny (45' vízszintes vagy belső függöny)			Külső velencei redőny (45' vízszintes)		Külső árnyékoló zsalu (17' vízszintes)		Külső ponyvanapernyő	
			világos	közép	sötét	világos	közép v. sötét	közép	sötét	világos	közép v. sötét
Normál üveg		1,0	0,56	0,65	0,75	0,15	0,13	0,22	0,15	0,20	0,25
Tábla üveg 6 mm vastag		0,94	0,56	0,65	0,74	0,14	0,12	0,21	0,14	0,19	0,24
Abszor-bens üveg	40–48% abszorpc.	0,80	0,56	0,62	0,72	0,12	0,11	0,18	0,12	0,16	0,20
	48–56% abszorpc.	0,73	0,53	0,59	0,62	0,11	0,10	0,10	0,11	0,15	0,16
	56–70% abszorpc.	0,62	0,51	0,54	0,56	0,10	0,10	0,14	0,10	0,12	0,16
Kettős üvegezés	Normál üveg	0,90	0,54	0,61	0,67	0,14	0,12	0,20	0,14	0,18	0,22
	Tábla üveg 6 mm vastag	0,80	0,52	0,59	0,65	0,12	0,11	0,18	0,12	0,16	0,20
	Kívül 48–56% abszorpciójú, belül normál üveg	0,52	0,36	0,39	0,43	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,13
	Kívül 48–56% abszorpciójú, belül tábla üveg	0,50	0,36	0,39	0,43	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,12
Hármas üvegezés	Normál üveg	0,83	0,48	0,56	0,64	0,12	0,11	0,18	0,12	0,16	0,20
	Tábla üveg	0,69	0,47	0,52	0,57	0,10	0,10	0,15	0,10	0,14	0,17

Horas	1 enero		1 febrero		1 marzo		Equinoccio de primavera	
	Azimut	Altura	Azimut	Altura	Azimut	Altura	Azimut	Altura
12.00 - 12.00	0.0	21.9	0.0	27.7	0.0	37.9	0.0	45.0
11.30 - 12.30	7.4	21.6	8.1	27.3	9.4	37.5	10.5	44.5
11.00 - 13.00	14.7	20.6	16.0	26.2	18.6	36.2	20.8	43.1
10.30 - 13.30	21.8	18.9	23.6	24.4	27.3	34.1	30.4	40.8
10.00 - 14.00	28.7	16.6	31.0	22.0	35.5	31.4	39.2	37.8
9.30 - 14.30	35.2	13.8	37.9	19.0	43.2	28.0	47.3	34.1
9.00 - 15.00	41.4	10.5	44.5	15.5	50.3	24.1	54.7	30.0
8.30 - 15.30	47.3	6.8	50.6	11.6	56.8	19.9	61.5	25.5
8.00 - 16.00	52.9	2.8	56.5	7.3	63.0	15.3	67.8	20.7
7.30 - 16.30	58.2	0.0	62.0	2.7	68.8	10.4	73.7	15.7
7.00 - 17.00	63.4	0.0	67.3	0.0	74.3	5.4	79.3	10.5
6.30 - 17.30	68.4	0.0	72.5	0.0	79.7	0.2	84.7	5.3
6.00 - 18.00	73.2	0.0	77.6	0.0	85.0	0.0	90.0	0.0
5.30 - 18.30	78.1	0.0	82.6	0.0	90.3	0.0	95.3	0.0
5.00 - 19.00	83.0	0.0	87.8	0.0	95.6	0.0	100.7	0.0
4.30 - 19.30	88.1	0.0	93.1	0.0	101.2	0.0	106.3	0.0
4.00 - 20.00	93.5	0.0	98.7	0.0	107.1	0.0	112.2	0.0

F-7 Példa: Táblázat napállások szögeire 45. északi szélességi fokon
(Manual de Soleamiento, 1980)

Date	Solar Time	Direct Solar W/m²	Solar Heat Gain Factors, W/m² Normal																	
			N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	HOR	Time
Jan 21	8	116	4	4	13	57	90	109	110	94	63	18	4	4	4	4	4	4	7	4
	9	584	24	24	26	168	371	505	554	523	405	217	30	24	24	24	24	24	79	3
	10	754	37	37	37	69	333	553	682	702	615	429	159	39	37	37	37	37	174	2
	11	823	45	45	45	47	166	455	656	753	733	598	365	83	45	45	45	45	244	1
	12	842	48	48	48	48	51	271	541	712	772	712	541	271	51	48	48	48	269	12
	Half Day Totals		134	134	144	368	995	1787	2298	2447	2212	1616	817	267	136	134	134	134	639	
Feb 21	7	11	0	1	5	8	10	11	10	7	3	0	0	0	0	0	0	0	1	5
	8	568	24	25	114	324	469	537	524	428	259	52	24	24	24	24	24	24	78	4
	9	780	42	42	49	284	530	683	726	660	488	225	45	42	42	42	42	42	210	3
	10	869	54	54	55	120	414	640	764	768	653	434	137	55	54	54	54	54	330	2
	11	908	61	61	61	64	205	497	696	786	755	607	355	84	61	61	61	61	408	1
	12	919	63	63	63	63	68	280	555	728	789	728	555	280	68	63	63	63	435	12
	Half Day Totals		214	215	336	864	1707	2574	3053	3050	2564	1676	824	328	216	214	214	214	1246	
Mar 21	7	481	23	71	253	387	457	457	387	253	71	23	22	22	22	22	22	22	64	5
	8	743	44	48	239	485	644	700	651	498	257	49	44	44	44	44	44	44	214	4
	9	852	60	60	104	381	608	737	752	651	448	164	62	60	60	60	60	60	371	3
	10	905	71	71	75	182	459	655	748	727	596	363	104	71	71	71	71	71	493	2
	11	931	79	79	79	83	232	491	662	730	688	541	297	88	79	79	79	79	568	1
	12	939	81	81	81	81	86	261	509	665	720	665	509	261	86	81	81	81	593	12
	Half Day Totals		317	372	789	1556	2444	3190	3467	3196	2418	1464	768	398	318	316	316	316	2004	
Apr 21	6	340	39	167	271	330	337	294	203	74	20	19	19	19	19	19	19	19	46	6
	7	646	49	191	417	567	628	595	468	263	56	45	45	45	45	45	45	45	189	5
	8	778	64	99	350	565	689	708	619	435	173	67	64	64	64	64	64	64	359	4
	9	846	79	83	191	443	621	703	679	554	335	105	79	79	79	79	79	79	506	3
	10	883	90	90	97	243	466	609	659	612	472	251	97	90	90	90	90	90	618	2
	11	902	97	97	97	105	245	442	569	608	557	419	217	103	97	97	97	97	688	1
	12	908	97	97	97	97	106	224	414	543	586	543	414	113	106	97	97	97	712	12
	Half Day Totals		463	764	1453	2284	3018	3463	3409	2823	1907	1168	713	492	445	441	441	441	2760	
May 21	5	129	52	97	125	133	122	91	44	9	8	8	8	8	8	8	8	10	16	7
	6	510	112	305	443	511	503	410	266	75	38	38	38	38	38	38	38	40	125	6
	7	689	73	283	498	630	667	603	448	214	66	61	61	61	61	61	61	61	287	5
	8	781	82	170	417	598	688	675	561	358	120	78	78	78	78	78	78	78	448	4
	9	833	92	101	259	474	611	655	604	462	243	100	92	92	92	92	92	92	584	3
	10	863	103	106	124	282	457	560	579	512	365	179	109	103	103	103	103	103	689	2
	11	879	109	109	113	127	248	396	487	504	446	319	170	116	109	109	109	109	755	1
	12	883	111	111	111	114	120	198	336	438	474	438	336	198	120	111	111	778	12	
	Half Day Totals		678	1223	2033	2814	3356	3511	3173	2361	1523	996	708	578	549	545	545	549	3294	
Jun 21	5	243	111	192	241	252	228	166	75	19	17	17	17	17	17	17	17	24	38	7
	6	544	146	348	487	552	534	434	266	70	46	46	46	46	46	46	46	49	162	6
	7	693	93	317	521	642	667	591	427	188	72	67	67	67	67	67	67	67	324	5
	8	774	90	202	440	604	678	651	529	320	107	84	84	84	84	84	84	84	479	4
	9	822	98	114	285	482	600	629	567	418	208	105	98	98	98	98	98	98	610	3
	10	849	108	113	142	296	450	534	540	465	319	157	114	108	108	108	108	108	711	2
	11	864	114	114	120	138	248	373	448	456	396	279	156	121	114	114	114	114	774	1
	12	868	116	116	116	120	126	189	303	391	423	391	303	189	126	120	116	116	796	12
	Half Day Totals		811	1446	2278	3012	3453	3476	3012	2139	1376	941	718	620	597	593	592	602	3494	
Jul 21	5	135	57	104	133	141	129	96	46	11	9	9	9	9	9	9	9	12	18	7
	6	492	116	302	436	501	492	407	259	74	40	40	40	40	40	40	40	43	130	6
	7	666	78	285	491	619	653	588	436	207	69	63	63	63	63	63	63	63	290	5
	8	757	86	176	416	590	675	660	547	348	119	81	81	81	81	81	81	81	448	4
	9	809	96	106	263	471	601	642	591	450	237	104	96	96	96	96	96	96	581	3
	10	839	106	109	130	284	453	550	566	500	355	177	112	106	106	106	106	106	684	2
	11	854	112	112	117	132	249	390	477	492	435	312	169	119	112	112	112	112	749	1
	12	859	114	114	114	117	124	198	329	428	462	428	329	198	124	117	114	114	771	12
	Half Day Totals		705	1246	2038	2794	3311	3445	3101	2303	1496	993	721	598	570	565	565	569	3287	
Aug 21	6	311	42	161	256	310	316	275	190	70	22	21	21	21	21	21	21	21	51	6
	7	599	53	193	403	543	598	565	444	250	59	49	49	49	49	49	49	49	193	5
	8	732	69	108	347	549	665	681	593	417	168	73	69	69	69	69	69	69	358	4
	9	801	84	90	198	437	605	680	655	534	323	108	84	84	84	84	84	84	501	3
	10	839	95	95	104	247	458	593	639	592	456	245	103	95	95	95	95	95	610	2
	11	858	102	102	102	112	247	433	553	589	539	406	215	110	102	102	102	102	678	1
	12	864	104	104	104	104	113	224	404	526	568	526	404	224	113	104	104	104	702	12
	Half Day Totals		495	790	1449	2237	2928	3342	3282	2719	1851	1156	728	521	475	471	471	471	2740	
Sep 21	7	414	24	66	224	342	403	403	342	224	66	24	23	23	23	23	23	23	62	5
	8	678	46	51	228	455	602	654	608	467	244	52	46	46	46	46	46	46	206	4
	9	792	63	63	107	366	580	702	716	621	430	162	66	63	63	63	63	63	358	3
	10	848	75	75	79	182	444	630	718	698	573	353	107	75	75	75	75	75	476	2
	11	875	82	82	82	88	230	476	639	704	664	524	292	93	82	82	82	82	549	1
	12	883	84	84	84	84	91	257	493	643	695	643	493	257	91	84	84	84	573	12
	Half Day Totals		332	380	757	1467	2299	3006	3278	3038	2323	1428	766	412	334	331	331	331	1937	
Oct 21	7	12	0	1	5	9	11	12	11	8	3	0	0	0	0	0	0	0	1	5
	8	521	25	27	111	304	439	501	488	398	242	51	25	25	25	25	25	25	79	4
	9	734	44	44	52	276	508	652	693	629	465	216	47	44	44	44	44	44	208	3
	10	825	56	56	58	122	402	618	735	739	628	418	136	58	56	56	56	56	326	2
	11	866	63	63	63	67	203	483	673	759	729	586	345	86	63	63	63	63	403	1
	12	878	66	66	66	66	71	274	538	704	763	704	538	274	71	66	66	66	428	12
	Half Day Totals		223	225	340	838	1636	2460	2917	2917	2458	1618	808	334	226	223	223	223	1233	
Nov 21	8	115	4	4	13	57	90	108	109	93	62	18	4	4	4	4	4	4	7	4
	9	565	25	25	27	165	362	492	540	509	394	211	31	25	25	25	25	25	80	3
	10	734	38	38	38	70	327	542	668	687	602	420	156	40	38	38	38	38	175	2
	11	803	46	46	46	48	165	448	644	739	719	587	358	83	46	46	46	46	244	1
	12	822	48	48	48	48	53	267	531	699	757	699	531	267	53	48	48	48	269	12
	Half Day Totals		138	138	147	367	979	1751	2249	2394	2164	1582	804	268	139	138	138	138	642	
Dec 21	9	442	16	16	18	113	272	378	420	401	316	176	25	16	16	16	16	16	42	3
	10	675	30	30	30	51	286	491	612	635	563	398	155	32	30	30	30	30	119	2
	11	765	38	38	38	40	146	421	614	708	693	569	351	80	38	38	38	38	181	1
	12	789	41	41	41	41	44	256	514	679	734	679	514	256	44	41	41	41	204	12
	Half Day Totals		105	105	107	231	735	1444	1924	2097	1943	1476	778	239	107	185	105	105	444	
			N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	S	SSE	SE	ESE	E	ENE	NE	NNE	HOR	PM

F- 8

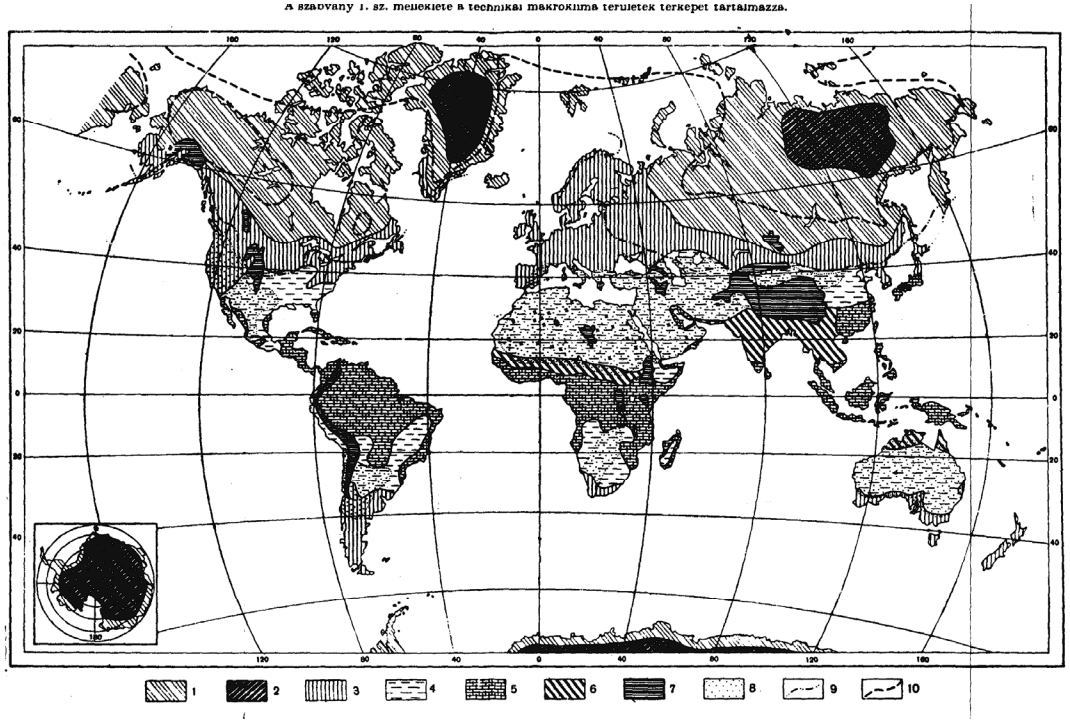
A napsugárzás intenzitása és a szolár hőnyereség-tényező, a 48. északi szélességi fokon. (ASHRAE, 1989)

Klimatológiai adatok	Mértékegység	Makroklímák								
		hideg		mérsékelt		száraz trópusi		nedves trópusi		
		általános hideg	extrém hideg	általános mérsékelt	hideg mérsékelt	általános száraz-trópusi	extrém száraz trópusi	általános nedves trópusi	váltakozó nedves trópusi	extrém nedves trópusi
Globálsugárzás Abszolút maximum	cal. cm^{-2} min^{-1}	1,4	1,3	1,4	1,4	1,7	1,8	1,5	1,7	1,6
Felső léghőmérséklet Abszolút maximum	°C	40	40	42	40	55	60	47	55	50
Az évi extrém értékek sokévi átlaga	°C	35	35	37	35	45	50	40	45	45
Alsó léghőmérséklet Abszolút minimum	°C	– 65	– 90	– 35	– 50	– 25 (a)	– 20	0 (b)	0	– 5
Az évi extrém értékek sokévi átlaga	°C	– 55	– 90	– 25	– 40	– 15 (a)	– 10	+ 5 (b)	+ 5	0
Maximális hőmérséklet változás 8 órán belül	°C/8 óra	< 40	< 40	< 30	< 40	< 40	< 40	< 10	< 40	< 30
Hőmérséklet-sokk a felületen	°C	< 50	< 50	< 50	< 50	< 60	< 65	< 55	< 60	< 55
Feketetest hőmérséklet: Napsütésnél (max)	°C	70	60	70	70	90	95	80	90	85
Éjjel tiszta égboltnál	°C	– 70	– 95	– 40	– 55	– 30 (a)	– 25 (a)	– 5 (b)	– 5	– 10
A talajhőmérséklet 1 m mélységben Maximum	°C	15	10	25	20	30	30	30	30	30
Minimum	°C	– 5	– 5	– 2	– 5	+ 5 (c)	+ 5 (a)	+ 5	+ 5	+ 5

Megjegyzés: (a) Nagyobb hideg észlelhető pl. az USA középső részében fekvő államokban és a halál-völgyben, továbbá a Gobi sivatagban.
(b) Tengerparton a Golf-áram hatására, továbbá Floridában és Kína egyes területein.
(c) A Gobi sivatagban – 2 °C-ig.

F- 9 A makroklíma területére vonatkozó különböző klimatológiai adatok (MSz 8882/1-69, 1969)

A szabvány 1. sz. melléklete a technikai makroklíma területek térképet tartalmazza.



1. hideg klíma
2. extrém hideg
3. mérsékelt
4. száraz-meleg
5. nedves-meleg
6. változékony klíma
7. 2200 m-en felüli
8. 600kal.cm^{2}átl. összsug. érték/nap
9. éves legkisebb hőm. Átl: -25C^o
10. éves legkisebb hőm.átl:-45 C

F-10 Technikai makroklíma-területek térképe
(MSz 8882/1-69, 1969)

ÁPRILIS

Állomás	0 - 300	300 - 600	600 - 900	900 - 1200	1200 - 1500	1500 - 1800	1800 - 2100	2100 - 2400	2400 - 2700
Sopron	2,3	6,3	8,8	15,4	16,7	19,1	17,1	12,8	1,5
Keszthely	1,2	4,6	11,4	10,6	12,5	18,7	17,5	15,4	8,1
Siófok	1,2	4,4	7,6	10,5	12,2	18,0	20,5	17,8	7,8
Pécs	0,6	7,4	8,5	9,4	11,1	17,3	21,4	17,3	7,0
Martonvásár	1,2	5,2	6,9	15,6	18,7	20,5	19,1	11,2	1,6
Budapest-Obsz.	0,6	7,2	9,4	12,8	17,1	16,4	21,1	12,3	3,1
Kecskemét	0,6	4,3	7,4	9,8	15,2	20,1	17,0	17,1	8,5
Szeged	1,6	7,2	8,2	9,9	16,7	20,2	22,8	11,9	1,5
Tiszaörs	1,5	7,3	8,4	9,8	14,8	17,7	22,3	12,9	5,3
Békéscsaba	1,5	5,3	10,4	12,4	14,0	20,2	22,8	11,9	1,5
Debrecen	1,5	5,4	9,4	10,7	14,0	19,2	21,1	15,0	3,7
Kisvárda	1,5	4,3	8,2	9,0	16,7	20,3	24,0	13,7	2,3

F- 11

A globálsugárzás napi összegeinek /Joule $cm^{-2}nap^{-1}$/ gyakorisági eloszlása (%) - példa (Major, 1985)

Hónap	Átlag	Szórás
Január	1388	699
Február	2064	1088
Március	3122	858
Április	4594	1121
Május	6621	1636
Június	7156	2025
Július	6826	1694
Augusztus	5472	1452
Szeptember	3963	1046
Október	2541	782
November	1630	682
December	1129	586

F- 11/1

Az északi függőleges felületre jutó globálsugárzás napi átlaga és szórása / kJ/m^2nap/ (Major, 1985)

Hónap	Átlag	Szórás
Január	4606	4527
Február	7486	5268
Március	9932	6016
Április	11077	5213
Május	11671	3745
Június	10692	3222
Július	10989	3866
Augusztus	12260	4439
Szeptember	12210	5326
Október	10232	6213
November	6588	5514
December	4339	4393

F-11/2

A déli függöleges felületre jutó globálsugárzás napi átlaga és szórása /kJ/m^{2}nap/ (Major, 1985)

Óra / Hónap	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Napi összeg
Jan.				11	43	97	125	151	145	123	91	53	14				796
Febr.				61	103	156	190	207	207	185	146	91	41				1382
Márc.			51	98	160	211	248	268	262	241	207	178	97	43			2011
Ápr.		42	92	153	234	279	308	310	312	295	284	216	154	82	28		2568
Máj.	21	66	131	190	279	290	328	357	350	340	288	262	194	110	54	17	2916
Juni.	24	70	134	201	267	302	333	364	352	336	300	259	216	122	65	24	3205
Juli.	22	69	125	185	241	294	336	339	349	322	288	238	190	118	59	22	3005
Aug.	10	50	99	160	217	263	297	311	317	304	275	204	151	115	57	12	2610
Szept.		15	58	111	177	221	267	273	278	269	232	167	102	45	15		2137
Okt.			21	79	126	174	205	233	223	201	192	118	51	19			1504
Nov.				32	71	118	155	168	169	147	112	61	23				999
Dec.				9	32	72	104	118	128	104	66	32	9				589

F-12

A globálsugárzás legmagasabb óra-értékei és napi összegei havonként Joule/cm^2-ben (Major, 1985)

Óra / Hónap	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Napi összeg
Jan.					2	5	8	12	8	6	3	2					49
Febr.					4	7	14	8	10	10	7	3					103
Márc.				5	8	12	18	16	22	15	15	5	2				145
Ápr.			3	8	11	11	22	22	25	23	16	12	4	1			278
Máj.		2	8	11	4	11	23	26	23	16	11	2	2	2	0		376
Juni.		0	3	9	15	16	21	23	13	5	12	3	1	8	0		336
Juli.		3	1	3	21	20	21	24	10	5	8	8	6	0	0		321
Aug.		0	4	4	15	11	28	23	23	20	15	0	1	0	0		295
Szept.			0	2	6	10	12	16	13	18	14	10	5	0			172
Okt.				3	6	10	12	11	10	8	7	4	0				80
Nov.					1	5	8	10	8	4	0	0					54
Dec.					1	3	4	6	6	5	3	1					35

F-13 A globálsugárzás legalacsonyabb óra-értékei és napi összegei havonként Joule/cm^2-ben (Major, 1985)

Középhőmérséklet, °C														
Állomás	J	F	M	Á	M	J	J	A	Sz	O	N	D	Év	I
140.	−1,6	−0,1	4,7	9,5	14,5	17,6	19,8	19,1	15,3	9,7	4,1	0,3	9,4	21,4
141.	−0,8	1,0	6,4	11,4	16,4	19,8	22,0	21,5	17,4	11,5	5,7	1,6	11,2	22,7
142.	−1,0	0,9	6,0	11,1	16,4	19,5	21,5	20,8	16,7	11,0	5,1	1,3	10,8	22,5
143.	−1,2	0,6	6,3	11,4	16,8	20,0	22,3	21,4	17,5	11,9	5,9	1,4	11,2	23,5
144.	−2,4	−0,5	5,1	10,7	16,2	19,5	21,8	20,9	16,6	10,8	4,6	−0,1	10,3	24,2
145.	−3,0	−1,1	4,5	10,1	15,8	18,7	20,7	19,7	15,6	9,9	4,1	−0,4	9,5	23,7
146.	−2,6	−0,8	4,1	9,3	15,1	18,0	20,2	18,9	14,7	9,3	3,7	−0,2	9,1	22,6

Átlagos napi maximum- és minimumhőmérséklet, abszolút szélső hőmérsékletek, °C														
Állomás		J	F	M	Á	M	J	J	A	Sz	O	N	D	Absz.
140.	M	1,5	4,0	9,8	15,3	20,2	23,7	25,9	25,1	20,8	14,4	7,5	3,1	38,3
	m	−4,7	−3,6	0,3	4,1	8,5	11,7	13,6	13,3	9,7	5,1	1,2	−2,2	−29,3
141.	M	2,2	4,9	11,2	16,6	21,7	24,9	27,5	27,1	23,0	16,5	9,2	4,3	41,3
	m	−3,8	−2,7	1,8	6,0	11,1	14,0	16,1	15,2	11,7	7,1	2,7	−1,2	−27,0
142.	M	1,7	4,4	10,8	16,5	22,4	25,6	27,9	27,4	23,1	16,1	8,1	3,4	39,5
	m	−3,2	−2,1	2,0	6,4	11,1	13,9	16,1	14,9	11,8	7,1	2,6	−0,8	−23,4
143.	M	1,7	4,1	10,9	16,7	22,4	25,3	28,0	27,0	22,7	16,8	9,0	3,9	39,0
	m	−4,4	−3,0	1,6	6,2	11,4	14,7	16,5	15,6	12,0	7,1	2,4	−1,0	−29,1
144.	M	0,8	3,6	10,5	16,5	22,1	25,1	27,4	27,1	22,9	16,4	8,4	3,0	39,8
	m	−5,4	−4,1	0,4	4,9	9,9	13,1	15,2	14,4	10,5	5,9	1,4	−2,4	−28,2
145.	M	0,1	2,6	9,6	16,0	22,0	25,0	27,2	26,3	22,2	15,6	7,8	2,4	38,7
	m	−6,0	−4,5	0,1	4,6	9,5	12,6	14,1	13,3	9,5	4,9	0,9	−3,0	−27,8
146.	M	0,7	3,5	9,7	15,6	21,3	24,6	26,5	26,0	21,8	15,0	7,3	2,6	37,4
	m	−6,2	−5,0	−0,7	3,1	8,2	10,8	12,1	11,8	8,0	3,6	0,1	−3,6	−28,1

F-14/a Magyarország éghajlati adatai (Péczely, 1984)

Átlagos csapadékösszeg, mm													
Állomás	J	F	M	Á	M	J	J	A	Sz	O	N	D	Év
140.	34	36	38	53	68	80	89	79	69	56	54	44	700
141.	38	39	44	63	67	64	58	56	54	66	67	45	661
142.	39	39	43	52	69	67	50	48	45	54	61	50	617
143.	32	34	38	49	61	68	51	48	47	52	52	41	573
144.	26	28	32	43	55	68	52	52	42	48	47	36	529
145.	29	30	32	44	61	70	64	68	46	51	50	38	583
146.	29	29	34	46	63	71	65	61	46	49	53	38	584
Relatív nedvesség, %													
Állomás	J	F	M	Á	M	J	J	A	Sz	O	N	D	Év
140.	83	80	76	71	72	71	72	73	77	81	84	86	77
141.	80	77	72	66	66	64	59	62	68	76	79	80	71
142.	80	76	69	64	64	63	61	63	69	76	81	82	71
143.	83	79	73	66	64	62	58	59	65	73	82	84	71
144.	83	79	73	68	68	66	65	65	70	76	85	85	74
145.	85	84	70	71	69	69	67	70	76	79	85	87	78
146.	80	78	74	65	67	67	65	68	74	77	80	81	73
Felhőzet, %													
Állomás	J	F	M	Á	M	J	J	A	Sz	O	N	D	Év
140.	74	68	65	65	61	61	57	53	55	65	76	79	65
141.	70	64	60	60	53	51	44	40	46	56	70	74	57
142.	70	65	59	58	54	52	46	43	46	57	71	77	58
143.	71	65	59	59	53	51	42	39	42	54	69	75	57
144.	69	63	57	56	49	48	40	39	41	52	67	73	55

Felhőzet, %													
Állomás	J	F	M	Á	M	J	J	A	Sz	O	N	D	Év
145.	70	65	56	55	52	53	47	43	45	53	68	74	57
146.	62	58	51	49	43	44	39	37	39	48	64	73	51
Napfénytartam, óra													
Állomás	J	F	M	Á	M	J	J	A	Sz	O	N	D	Év
140.	63	83	129	162	218	224	243	239	165	113	59	47	1745
141.	67	93	136	179	249	266	299	278	193	141	73	51	2025
142.	59	83	136	186	252	269	297	270	195	134	67	40	1988
143.	64	90	143	187	258	271	309	286	211	152	79	52	2102
145.	62	75	139	189	251	259	281	262	191	138	67	46	1960
146.	55	75	138	176	234	245	271	253	187	127	59	39	1859

Állomás	Földrajzi szélesség	Földrajzi hosszúság	magasság, méter
Magyarország			
140. Szombathely	47°15′ É	16°36′ K	218
141. Pécs	46°05′	18°15′	141
142. Budapest	47°31′	19°02′	120
143. Szeged	46°15′	20°09′	79
144. Túrkeve	47°07′ É	20°45′ K	89
145. Nyíregyháza	47°58′	21°43′	107
146. Salgótarján	48°06′	19°48′	240

F-14/b Magyarország éghajlati adatai
(Péczely, 1984)

F-15. Az $E_{pmegengedett}$ értékei az épületfunkciók és geometriai méretek függvényében (7/2006 TNM, 2006)

- Lakó és szállásjellegű épületek

Ha: $A/V \leq 0{,}3$ akkor $E_p = 110$ [kWh / m^{2}a]

$0{,}3 \leq A / V \leq 1{,}3$ $E_p = 74+120*(A/V)$ „

$A / V \geq 1{,}3$ $E_p = 230$ „

- Irodaépületek (egyszerű középületek)

Ha:	$A/V \leq 0,3$	akkor $E_p = 132$	[kWh / m^{2}a]
	$0,3 \leq A/V \leq 1,3$	$E_p = 94+128*(A/V)$	„
	$A/V \geq 1,3$	$E_p = 260$	„

- Oktatási épületek

Ha:	$A/V \leq 0,3$	akkor $E_p = 90$	[kWh / m^{2}a]
	$0,3 \leq A/V \leq 1,3$	$E_p = 40,8+164*(A/V)$	„
	$A/V \geq 1,3$	$E_p = 254$	„

ahol :

A az épület lehűlő felülete = (Hasznos fűtött összfelület * 2) + homlokzat felület [m^2]

V fűtött térfogat [m^3].

$V = A_N*bm$

bm belmagasság [m]

$\mathbf{A_N}$ hasznos fűtött összterület [m^2]

F-16.

Az összesített energetikai jellemző további összetevői

$\mathbf{E_{HMV}}$ A melegvíz ellátás primer energia-igénye [kWh / m^{2}a]

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

$\mathbf{E_{LT}}$ Szellőzési rendszerek primer energia-igénye [kWh / m^{2}a]

$$E_{LT} = \{[Q_{LT,n}(1 + f_{LT,sz}) + Q_{LT,v}]C_k e_{LT} + (E_{VENT} + E_{LT,s})e_v\}*(1/A_N)$$

ahol :

Az összefüggés számlálójának első tagja a rendszer hőigényét, a második tagja a villamosenergia-igényét fejezi ki.

A_N nettó fűtött szintterület.

$\mathbf{E_{hü}}$ Gépi hűtés primer energia-igénye [kWh / m^{2}a]

$$E_{hü} = Q_{hü}e_{hü} / A_N$$

$\mathbf{E_{vil}}$ A beépített világítás primer energia-igénye [kWh / m^{2}a]

$$E_{vil} = E_{vil,n}\ e_{vil}\nu$$

F-17. Az egyensúlyi hőmérséklet-különbség értékének számítása:
(7/2006 TNM, 2006)

$$\Delta t_b=[(Q_{sd}+Q_{sid}+Vq_b) / \Sigma AU+\Sigma l\Psi+(1-\eta_r)0,35nV]+2 \qquad \text{(F-17.1)}$$

ahol :

$\mathbf{Q_{sd}}$	direkt sugárzási hőnyereség, vagy hőterhelés	[W]
$\mathbf{Q_{sid}}$	indirekt sugárzási hőnyereség	[W]
V	fűtött térfogat belméretek szerint számolva	[m^3]
$\mathbf{q_b}$	a belső hőterhelés fajlagos értéke	[W/m^3]
A	a felület a belméretek alapján számolva	[m^2]
U	hőátbocsátási tényező	[W/m^{2}K]

l csatlakozási élek hossza, vagy kerület [m]

Ψ vonalmenti hőátbocsátási tényező az élek, vagy a kerület hosszegységére vonatkozóan [W/mK]

η_r a szellőző rendszerbe épített hővisszanyerő hatásfoka

n légcsereszám [1/h]

ahol:

$Q_{sd} = \Sigma A_{ü} I g$ [W], ahol:

$A_{ü}$ az üvegezés felülete [m^2]

I a napsugárzás intenzitása [W/m^2]

g az üvegezés összesített sugárzás-átbocsátó-képessége.

Q_{sid} lakóépület esetében az MSz EN 832, Egyéb esetben az EN ISO 13790 szabványok szerint, ha az épületeknek van csatlakozó télikertje, ill. energiagyűjtő fala.

F-18. A fajlagos hőveszteség-tényezőre vonatkozó követelményértékek (megengedett legnagyobb értéke) a felület/térfogat arány függvényében az alábbiak szerint lehet meghatározni (7/2006 TNM, 2006):

Ha	$A/V \leq 0,3$,	akkor :	$q_m = 0,2$	[W/m^3K]
Ha	$0,3 \leq A/V \leq 1,3$	akkor :	$q_m = 0,38\ (A/V) + 0,086$	[W/m^3K]
Ha	$A/V \geq 1,3$	akkor :	$q_m = 0,58$	[W/m^3K]

F-19.

Határoló szerkezetek hőátbocsátási tényező követelmény-értékei [W/m^2K] (Zöld, 2006)

Külső fal	0,45
Lapostető	0,25
Padlásfödém	0,30
Fűtött tetőteret határoló szerkezetek	0,25
Alsó zárófödém árkád felett	0,25
Alsó zárófödém fűtetlen pince felett	0,50
Homlokzati üvegezett nyílászáró (fa vagy PVC keretszerkezettel)	1,60
Homlokzati üvegezett nyílászáró (alumínium keretszerkezettel)	2,00
Homlokzati üvegezett nyílászáró, ha névleges felülete kisebb, mint 0,5 m^2	2,50
Tetőfelülvilágító	2,50
Tetősík ablak	1,70
Homlokzati üvegezetlen kapu	3,00
Homlokzati, vagy fűtött és fűtetlen terek közötti ajtó	1,80
Fűtött és fűtetlen terek közötti fal	0,50
Szomszédos fűtött épületek közötti fal	1,50
Talajjal érintkező fal 0 és -1 m között	0,45
Talajon fekvő padló a kerület mentén 1,5 m széles sávban (a lábazaton elhelyezett azonos ellenállású hőszigeteléssel helyettesíthető)	0,50
Homlokzati üvegfal	1,50

F-20. Δt_{bm} számítása (7/2006 TNM, 2006):
A belső és külső hőmérséklet napi átlagos különbsége:

$$\Delta t_{bm} = \Delta t_{nyár} = (Q_{sdnyár} + A_N * q_b) / (\Sigma AU + \Sigma l \Psi + 0{,}35 n_{nyár} V) \qquad \text{(F-20.1)}$$

ahol :

$Q_{sdnyár}$	a nyári sugárzási hőterhelés az esetleges társított szerkezet hatásával	[W]
A_N	hasznos fűtött összterület	[m^2]
q_b	a belső hőterhelés fajlagos értéke (táblázatból, szakaszos vagy folyamatos használat függvényében)	[W/m^2]
$n_{nyár}$	légcsereszám nyáron (táblázat szerint, a nyitható nyílások és az éjszakai szellőztetés lehetősége függvényében)	[1 / h]

A nyári sugárzási hőterhelés az esetleges társított szerkezet hatásával :

$$Q_{sdnyár} = \Sigma A_ü * I * g_{nyár} \quad [W], \qquad \text{(F-20.2)}$$

ahol:

$g_{nyár}$	az üvegezés és a „zárt” társított szerkezet együttesének összesített sugárzást-átbocsátó-képessége	
I	a napsugárzás intenzitása (táblázatból a tájolás függvényében)	[W/m^2]

F-21
Néhány még napjainkban is használatos üvegfajta műszaki adatai :

1. **Húzott síküveg** (TS-É 52, TTI. 1982)

Keménység	:	MOHS keménységskálán: 6-7 keménységi fokozatú
Hővezetési tényező	:	λ=0,76 W/mK
Fajhő (c)	:	0,84 kJ/kgK
Hőelnyelés	:	kb. 2 %
Lineáris hőtágulási együttható (α)	:	8 . 10^{-6} 1/°C
Testsűrűség	:	2,5 Mp/m^3
(Akusztika	:	léghanggátlás mint szerkezetjellemző vehető figyelembe)
Elektromos ellenállás	:	normál hőmérsékleten 10^{10}-$10^{11}\Omega$cm
Elektromos átütési szilárdság 50 Hz-nél	:	450 kV/cm
Fényáteresztés (3-4 mm) látható tartományban	:	92 %
homályosított üvegnél:		65 %
Rugalmassági modulus (float üveg)	:	7500 kN/cm^2
Hajlítószilárdság		

(float üveg) : 300 kN/cm^2
Ütőszilárdság 4 mm : 0,12 mkp
6 mm : 0,41 mkp

2. <u>Öntött és hengerelt üveg</u>:

Fényáteresztés
6 mm-nél legalább : 65 % (de: ~ 80 %)
Huzalháló betétes
üveg testsűrűsége : 2,6 Mp/m^3

3. <u>Edzett biztonsági üveg</u>: (TS-É 50 TTI, 1982)

3.1. <u>Portál üveg</u>: v= 10 mm
Sűrűsége : 2,5 kg/dm^3 (2500 kg/m^3)
Nyomószilárdság : σ_h= 80-1000 MPa
Hajlítószilárdság : σ_h=120-150 MPa
Megengedett
hajlítószilárdság : 50 MPa
Fényáteresztő
képesség : 92 %
Hőmérsékletváltozás
ellenállás : +180 - - 45 ^oC
Lineáris hőtágulási
együttható : 9.10^{-6} 1/^oC
Rugalmassági
modulus : E=7,5.10^{-5} kp/cm^2
Hővezetési tényező : 0,814 W/mK
Hőátbocsátási tényező:
6 mm : 5,84 W/m^{2}K
8 mm : 5,75 „
10 mm : 5,69 „
12 mm : 5,62 „
Hanggátlás : iránytól, rezgésszámtól függő középérték

3.2. <u>Zománcozott, edzett biztonsági üveg:</u>

Sűrűsége : 2500 kg/m^3
Hőállósága : +180- -45 ^oC
Fagyállóság : +70 - -15 ^oC- között elváltozást nem mutathat
Törésállóság : 300x300x6 mm-es edzett üvegminta :
1200 mm-ről 500 g tömegű acélgolyó ütését
törés nélkül elviseli

4. <u>Ragasztott biztonsági üveg</u> (TS-É 59, TTI 1984)

Alapüveg :
Sűrűség : 2500 kg/m^3
Nyomószilárdság : 800-1000 MPa
Hőtágulási együttható: 90-95 .10^{-7} cm/^oC
Felületi keménység : 6-7 Mohs
Léghanggátlás v=4 mm: 29 dB

Fénytörési mutató : 1,5
Rugalmassági modulus: $7{,}5.10^{-5}$ kp/cm^2
Ragasztó-fólia:
Vastagság : 0,38 mm 0,76 mm
Szine : színtelen, zöld, barna
Nedvességtartalom : 0,4-0,6 %
Üvegszerkezet:
Hajlító törőszilárdság : 30-40 MN/m^2
Golyó ütőszilárdság :
(fólia vtg: 0,76 mm): 85 Nm
Fényáteresztő-képesség:
Átlátszó kivitelben : 90 %-$\pm$ 2 %
Színes árnyalatban : színtől függően : zöld : 80 % $\pm$ 2 %
Hőállóság : max.90 ^{o}C max 30 perc alatt
Átütő-szilárdság :
Golyóejtéssel : (227 kg, fóliavtg.:0,38 mm): 10 Nm
Nyílejtéssel : fóliavtg.: 0,38 mm : 2,5 Nm
Hajlítószilárdság: (foliavtg.:0,38 mm) 25-30 MN/m^2

5. **Reflexiós, ragasztott biztonsági üveg** (TS-É 59 TTI, 1984)
Átütőszilárdság :
(nyílejtéssel, fóliavtg. 0,76): 13 Nm
(golyóejtéssel, fóliavtg.) : 85 Nm
Fényáteresztő képesség : 25 % $\pm$ 5 %
Szélnyomás : 1200 Pa
Szélszívás : 600 Pa
Hőállóság : max 90 ^{o}C max 30 perc alatt.

6. **U szelvényű építészeti üveg** (TS-É 49, TTI, 1982)
Idomüveg palló súlya : 49 N/m
Üvegezett egyrétegű fal súlya: 200 N/m $\pm$ 1,5 N/m
Hajlítószilárdság :
szárral lefelé mérve: 350 daN/cm^2
szárral felfelé mérve: 280 daN/cm^2
Inercianyomaték : I_x =11,0 cm^4
Keresztmetszeti tényező:
(min.) szárral lefelé vizsgálva: K_{x1}= 3,8 cm^3
(max.) szárral felfelé vizsg.: K_{x2}= 18,3 cm^3
Rugalmassági modulus : E= 600 000-680 000 daN/cm^2
Hőtechnikai jellemzők:
hővezetési ellenállás : 0,0086 ^{o}Cm^2/W
hővezetési tényező : 0,756 W/^{o}Cm^2
hőátbocsátási tényező : 5,81 W/^{o}Cm^2
Fénytechnikai jellemzők:
Napfénytényező : 92 %
Fényáteresztés :

Sima	:	90 %
Huzalbetétes	:	86 %
Akusztikai jellemzők	:	
Léghanggátlás	:	20 dB

	Emisszivitás (csupasz = 0,84)	Üveg	Fénytranszm. %	Árnyékolási együttható	Hűvösségi mutató Dx	Téli U-érték W/m²°K Lev.	Téli U-érték W/m²°K Krypton	Téli U-érték Btu/hr ft²°F Lev.	Téli U-érték Btu/hr ft²°F Krypton
Észak Amerika	0.84	Világos	80	0.82	1.03	2.72		0.48	
	0.10	"	68	0.61	0.90	1.36		0.24	
	0.10	"	61	0.49	0.80	1.25		0.22	
	0.07	"	53	0.41	0.77	1.25		0.22	
	0.05	"	45	0.35	0.78	1.25		0.22	
	0.05	"	28	0.23	0.82	1.25		0.22	
	0.10	"	62	0.52	0.84		0.68		0.12
	0.84	Zöld	68	0.55	0.81	2.72		0.48	
	0.07	"	51	0.38	0.75	1.25		0.22	
	0.07	"	45	0.33	0.73	1.25		0.22	
	0.07	"	38	0.30	0.79	1.25		0.22	
	0.84	Szürke	37	0.55	1.49	2.72		0.48	
	0.05	"	29	0.33	1.14	1.25		0.22	
	0.05	"	25	0.28	1.12	1.25		0.22	
	0.05	"	17	0.22	1.29	1.25		0.22	
	0.84	Bronz	47	0.55	1.17	2.72		0.48	
	0.05	"	35	0.34	0.97	1.25		0.22	
	0.05	"	21	0.23	1.10	1.25		0.22	
	0.05	"	16	0.18	1.13	1.19		0.21	
	0.05	Ónozott	13	0.18	1.38	1.19		0.21	
Európa	0.84	Világos	80	0.82	1.03	2.72		0.48	
	0.10 *	"	56	0.46	0.82	0.60		0.11	
	0.10 *	"	63	0.58	0.92	0.75		0.13	

* A teljes üveg vastagság 100 mm (4 in) 3 Argon réssel.

F-21/1 Hagyományos dupla (6-12-6) üvegezés és befüggesztett műanyagon lévő vékony bevonattal és 2 légréteggel rendelkező dupla üvegezések teljesítőképességeinek összehasonlítása (Johnson, 1991)

	Emisszivitás (csupasz=0,84)	Üveg	Fény-transzm. %	Árnyékolási együttható	Hűvösségi mutató Dx	Téli U-érték W/m²°K Lev.	Téli U-érték W/m²°K Argon	Téli U-érték Btu/hr ft²°F Lev.	Téli U-érték Btu/hr ft²°F Argon
Észak Amerika	0.84	Világos	80	0.82	1.03	2.72	2.55	0.48	0.45
	0.10	"	77	0.71	0.92	1.76	1.42	0.31	0.25
	0.03	"	69	0.49	0.71	1.65	1.31	0.29	0.23
	0.10	"	43	0.40	0.93	1.76	1.48	0.31	0.26
	0.84	Zöld	68	0.55	0.81	2.72	2.55	0.48	0.45
	0.10	"	67	0.49	0.73	1.76	1.42	0.31	0.25
	0.03	"	60	0.38	0.63	1.65	1.31	0.29	0.23
	0.10	"	37	0.30	0.81	1.76	1.48	0.31	0.26
	0.84	Szürke	37	0.55	1.49	2.72	2.55	0.48	0.45
	0.10	"	36	0.45	1.25	1.76	1.42	0.31	0.25
	0.03	"	35	0.31	0.89	1.65	1.31	0.29	0.23
	0.10	"	21	0.26	1.24	1.76	1.48	0.31	0.26
	0.84	Bronz	47	0.55	1.17	2.72	2.55	0.48	0.45
	0.10	"	46	0.47	1.02	1.76	1.42	0.31	0.25
	0.03	"	41	0.33	0.80	1.65	1.31	0.29	0.23
	0.10	"	26	0.28	1.08	1.76	1.48	0.31	0.26
	0.50	Ónozott	20	0.30	1.50	2.44	2.21	0.43	0.39
	0.50	Szintelen	13	0.19	1.46	2.33	2.16	0.41	0.38
Európa	0.84	Világos	80	0.82	1.03	2.72	2.55	0.48	0.45
	0.10	"	74	0.72	0.97	1.80	1.43	0.32	0.25
	0.04	"	69	0.67	0.97	1.68	1.33	0.30	0.23
	0.10	Zöld	61	0.47	0.77	1.80	1.43	0.32	0.25
	0.04	"	57	0.45	0.79	1.68	1.33	0.30	0.23
	0.10	Szürke	36	0.44	1.22	1.80	1.43	0.32	0.25
	0.04	"	33	0.42	1.27	1.68	1.33	0.30	0.23
	0.10	Bronz	43	0.47	1.09	1.80	1.43	0.32	0.25
	0.04	"	40	0.45	1.13	1.68	1.33	0.30	0.23
	0.04	Ónozott	20	0.28	1.40	1.65		0.29	
	0.04	Szintelen	26	0.29	1.12	1.65		0.29	

F-21/2

Dupla (6-12-6) hagyományos üvegezés és vékony lágy bevonattal rendelkező üvegezések teljesítőképességeinek összehasonlítása (Johnson, 1991)

	Emisszivitás (csupasz=0,84)	Üveg	Fény-transzm. %	Árnyékolási együttható	Hűvösségi mutató Dx	Téli U-érték W/m²°K Lev.	Téli U-érték W/m²°K Argon	Téli U-érték Btu/hr ft²°F Lev.	Téli U-érték Btu/hr ft²°F Argon
Észak-Amerika	0.84	Világos	90	0.98	1.09	6.30		1.11	
	0.25	"	50	0.43	0.86	3.92		0.69	
	0.23	"	34	0.42	1.24	3.92		0.69	
	0.29	" *	20	0.29	1.45	4.37		0.77	
	0.25	Szinezett	26	0.35	1.35	3.92		0.69	
	0.23	"	18	0.31	1.72	3.92		0.69	
	0.84	Világos	80	0.82	1.03	2.72		0.48	
	0.25	"	45	0.42	0.93	2.21		0.39	
	0.23	"	31	0.43	1.39	2.21		0.39	
	0.25	Szinezett	26	0.31	1.19	2.21		0.39	
	0.23	"	17	0.31	1.82	2.21		0.39	

A dupla üvegezést jelzi

* Nem alkalmaz polipropilén bevonatot

F-21/3

Hagyományosan kezelt 6 mm-es üvegezések és vékony-bevonatú filmmel rendelkező üvegezések teljesítőképességének összehasonlítása (Johnson, 1991)

	Emisszivitás (csupasz = 0,84)	Üveg	Fény transzm. %	Árnyékolási együttható	Hűvösségi mutató Dx	Téli U-érték W/m²·K Lev	Téli U-érték W/m²·K Argon	Téli U-érték Btu/hr ft²·F Lev.	Téli U-érték Btu/hr ft²·F Argon
Észak Amerika	0.84	Egyszeres	90	0.98	1.09	6.30		1.11	
	0.18	"	82	0.95	1.13	3.52		0.62	
	0.84	Világos	80	0.82	1.03	2.72		0.48	
	0.18	"	74	0.80	1.12	1.87		0.33	
Európa	0.84	Egyszeres	90	0.98	1.09	6.30		1.11	
	0.18	"	84	0.95	1.13	3.52		0.62	
	0.84	Világos	80	0.82	1.03	2.72		0.48	
	0.18	"	73	0.79	1.08	1.90		0.33	
	0.84	Zöld	68	0.55	0.81	2.72		0.48	
	0.18	"	60	0.52	0.87	1.90		0.33	
	0.84	Szürke	37	0.55	1.49	2.72		0.48	
	0.18	"	35	0.49	1.40	1.90		0.33	
	0.84	Bronz	47	0.55	1.17	2.72		0.48	
	0.18	"	42	0.52	1.24	1.68	1.33	0.30	0.23

F-21/4

Hagyományosan kezelt 6 mm-es egyszeres és dupla üvegezések (6-12-6) , valamint pirolítikus bevonatokkal rendelkező üvegezések teljesítőképességeinek összehasonlítása (Johnson, 1991)

A float üveg fizikai paraméterei a vastagság függvényében*

Típus	LT(%)	LR(%)	SHGC(%)	ET(%)	ER(%)	EA(%)
Float 4mm	90	8	85	83	8	9
Float 5mm	89	8	84	81	7	12
Float 6mm	89	8	82	79	7	14
Float 8mm	87	8	80	75	7	18
Float 10mm	86	8	78	72	7	21

Üvegfizikai paraméterek:

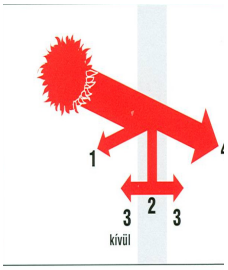
LR - Light reflexion, - külső fényvisszaverés [%]
Az üveg által visszavert látható fénysugárzás aránya.
Minél nagyobb ez az érték, annál nagyobb a fényvisszaverés.

LT - Light transmission - fényáteresztés [%]
A látható fény mennyisége, amit az üvegszerkezet átbocsát

ER - Energy reflexion - napenergia visszaverés [%]
A besugárzott napenergia üvegezésről közvetlenül visszaverődő része

EA - Energy absorbtion - napenergia-elnyelés [%]
A napenergiának az a része, amit az üveg elnyel

ET - Energy transzmission - napenergia átbocsátás [%]
A napenergiájának az a része, amit az üveg átenged



Hogyan reagál az üveg a napból származó energiára

1 = ER: energia visszaverés
2 = EA: energia elnyelés belül
3 = Másodlagos kisugárzás
4 = ET: közvetlen energia átbocsátás
3 + 4 =SHGC: összenergia átbocsátás

F-22. A float üveg fizikai paraméterei (EAG, 2008)

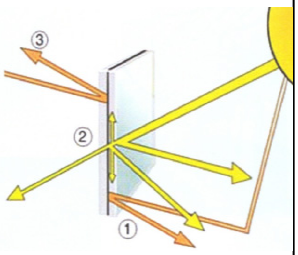
Legújabb fejlesztett üvegszerkezetek:

Innoglass Heat Mirror™ üvegszerkezetek fizikai paraméterei a Standard hőszigetelő üvegekhez viszonyítva*

Üvegszerkezetek	Vastagság (mm)	Szín	LT (%)	LR (%)	SHGC (%)	UV (%)	U_0 (W/m²K)	Rw (dB)
HM Daylight								
HM Daylight Standard	28	Víztiszta	70	16	0,011	53	1,04	35
HM Daylight Plus	28	Víztiszta	69	13	0,010	47	0,75	35
HM Daylight Plus Bonus	28	Víztiszta	68	15	0,010	49	0,51	35
HM Daylight Extra	36	Víztiszta	60	16	0,001	42	0,57	38
HM Daylight Extra Bonus	36	Víztiszta	60	16	0,001	42	0,38	38
HM Daylight Plus Security	34	Víztiszta	68	15	0,001	49	0,97	41
HM Daylight Plus Security Bonus	34	Víztiszta	68	15	0,001	49	0,75	41
HM Daylight Standard Security Structural	34	Víztiszta	68	15	0,003	49	1,24	41
HM Daylight Plus Security Structural	34	Víztiszta	68	15	0,001	49	1,24	41
HM Daylight Plus Security Structural Bonus	34	Víztiszta	68	15	0,001	49	0,75	41
HM Dayight Extra Security Structural	42	Víztiszta	60	19	0,001	43	0,90	43
HM Medium Light								
HM Medium Light Standard	28	V. zöld	60	18	0,010	39	1,00	35
HM Medium Light Plus	28	V. zöld	59	16	0,009	36	0,73	35
HM Medium Light Plus Bonus	28	V. zöld	21	16	0,009	36	0,49	35
HM Medium Light Extra	36	V. zöld	52	18	0,001	32	0,55	38
HM Medium Light Extra Bonus	36	V. zold	52	18	0,001	31	0,36	38
HM Medium Light Plus Security	34	V. zöld	59	18	0,001	36	0,81	41
HM Medium Light Plus Security Bonus	34	V. zöld	59	18	0,001	36	0,55	41
HM Medium Light Standard Secuity Structural	34	V. zöld	58	18	0,003	36	1,07	41
HM Medium Light Plus Securiy Structural	34	V. zöld	59	19	0,001	36	0,99	41
HM Medium Light Plus Security Structural Bonus	34	V. zöld	59	18	0,001	36	0,55	41
HM Medium Light Extra Security Structural	42	V. zöld	52	21	0,001	32	0,77	41
HM Shadow								
HM Shadow Standard	28	S. kék	32	15	0,010	28	1,01	35
HM Shadow Plus	28	S. kék	31	15	0,009	26	0,74	41
HM Shadow Plus Bonus	28	S. kék	31	15	0,009	26	0,50	35
HM Shadow Extra	36	S. kék	28	36	0,001	29	0,56	38
HM Shadow Extra Bonus	36	S. kék	28	36	0,001	28	0,36	38
HM Shadow Plus Security	34	S. kék	31	40	0,001	34	0,76	41
HM Shadow Plus Security Bonus	34	S. kék	31	40	0,001	34	0,53	41
HM Shadow Standard Security Structural	34	S. kék	31	41	0,003	35	1,08	41
HM Shadow Plus Security Structural	34	S. kék	31	41	0,001	34	1,00	41
HM Shadow Plus Security Structural Bonus	34	S. kék	31	40	0,001	34	0,53	41
HM Shadow Extra Security Structural	42	S. kék	28	39	0,001	29	0,78	43

A táblázatban feltüntetett üvegszerkezetek mellett számos más variáció - szín, vastagság stb. - készülhet.
A variációknak gyakorlatilag csak a fantázia szab határt.

F-23. Heat Mirror üvegszerkezet fizikai paraméterei (EAG, 2008)



1. A kivűlről sugárzott hőt visszaveri
2. A közvetlen beáramló hőt lecsökkenti.
3. A belülről sugárzott hőt visszaveri

Superglass üveg esetén:
U= 0,35 W/m²K

Néhány XIR® üvegszerkezet fizikai paraméterei*

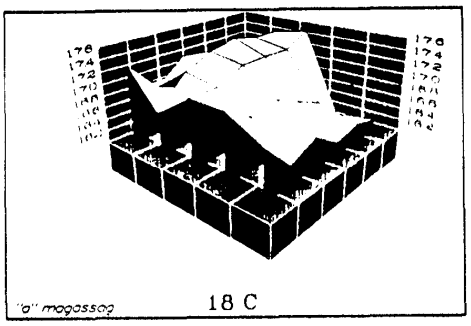
Mono üveg

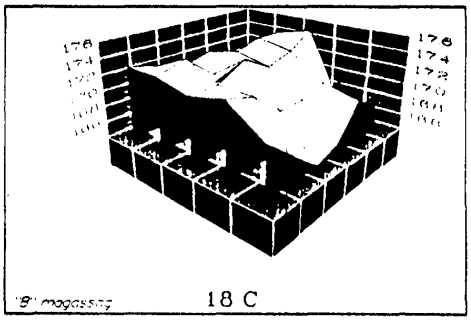
Típus	Vastagság (mm)	LT (%)	ET (%)	LR (%)	ER (%)	SHGC (%)	U_0 (W/m²K)	UV (%)
Sierra Green	6	65	27	8	32	38	6,05	0,02
Moss Green	6	61	24	8	34	35	6,05	0,01
Tahoe Blue	6	62	24	8	32	36	6,05	0,02
Mojave Bronze	6	53	24	8	34	35	6,05	0,02
Carmel Gray	6	48	22	7	32	35	6,05	0,02

Szigetelő üveg

Típus	Vastagság (mm)	IT (%)	ET (%)	LR (%)	ER (%)	SHGC (%)	U_0 (W/m²K)
Sierra Green-16-4 Float	25	58	24	12	34	30	2,72
Moss Green-16-4 Float	25	54	21	11	35	7	2,72
Tahoe Blue-16-4 Float	25	55	21	11	33	28	2,72
Mojave Bronze-16-4 Float	25	47	21	10	35	28	2,72
Carmel Gray-16-4 Float	25	43	19	9	32	27	2,72

F-23/1. Néhány XIR üvegszerkezet fizikai paraméterei (EAG, 2008)





F-24
Különböző magasságokban a mérési eredmények ábrázolása BOEING GRAPHICS számítógépes program alkalmazásával légsebesség-mező vonatkozásában (Haller,1992)

Minta megnevezése: 1.Kétrétegü bordás üveg
acél+fa keretben /6-87-6/

Felületi hőmérsékletkülönbségek /K/ az ábra szerint

jelzett pontokban:

Δt_1 = 12,46	Δt_{17} = 1o,67
Δt_2 = 9,83	Δt_{18} = 11,o9
Δt_3 = 1o,59	Δt_{19} = 1o,48
Δt_4 = 1o,99	Δt_{2o} = 9,63
Δt_5 = 1o,54	Δt_{21} = 8,77
Δt_6 = 1o,o8	Δt_{22} = 13,19
Δt_7 = 9,26	Δt_{23} = 12,77
Δt_8 = 9,98	Δt_{24} = 12,27
Δt_9 = 1o,37	Δt_{25} = 12,6o
Δt_{1o} = 11,17	Δt_{26} = 11,86
Δt_{11} = 11,25	Δt_{27} = 1o,22
Δt_{12} = 1o,62	Δt_{28} = 9,49
Δt_{13} = 9,97	Δt_{29} = 1,2o
Δt_{14} = 9,7o	Δt_{3o} = 2,4o
Δt_{15} = 1o,15	Δt_{31} = o,78
Δt_{16} = 11,o9	

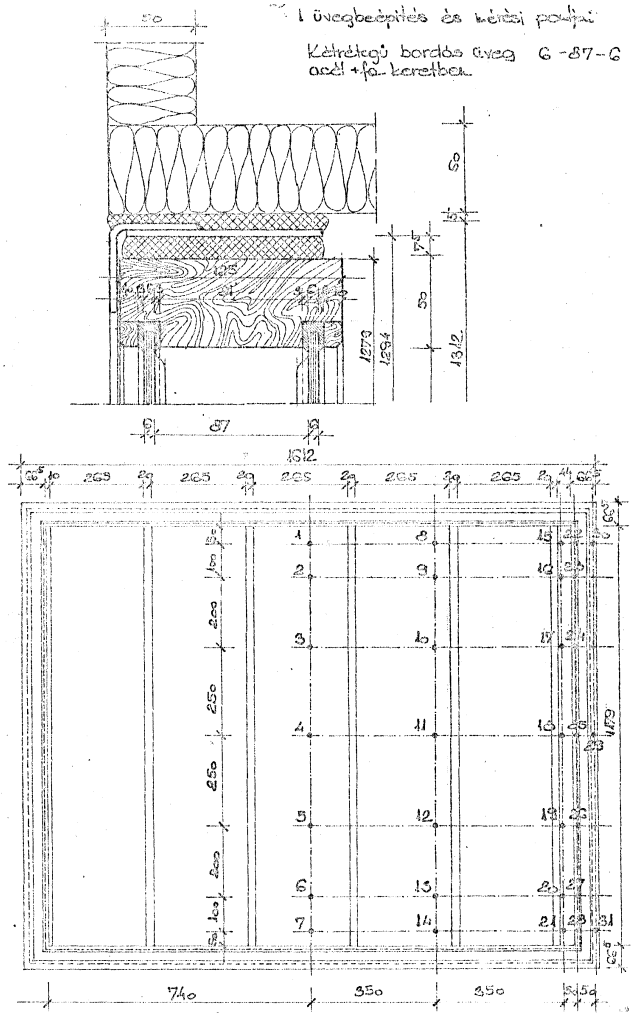
Bevezetett hőmennyiség / W /: 95

Meleg tér hőmérséklete /°C /: 22,8

Hideg tér hőmérséklete /°C /: 1,o

Mért hővezetési ellenállás / m²K/W /: o,228

F-25/a
Üvegszerkezetek laboratóriumi vizsgálata
(Pintér, 1986)



F-25/b Üvegszerkezetek laboratóriumi vizsgálata
(Pintér, 1986)

Laboratóriumi mérések. Guardian - Orosháza 2008

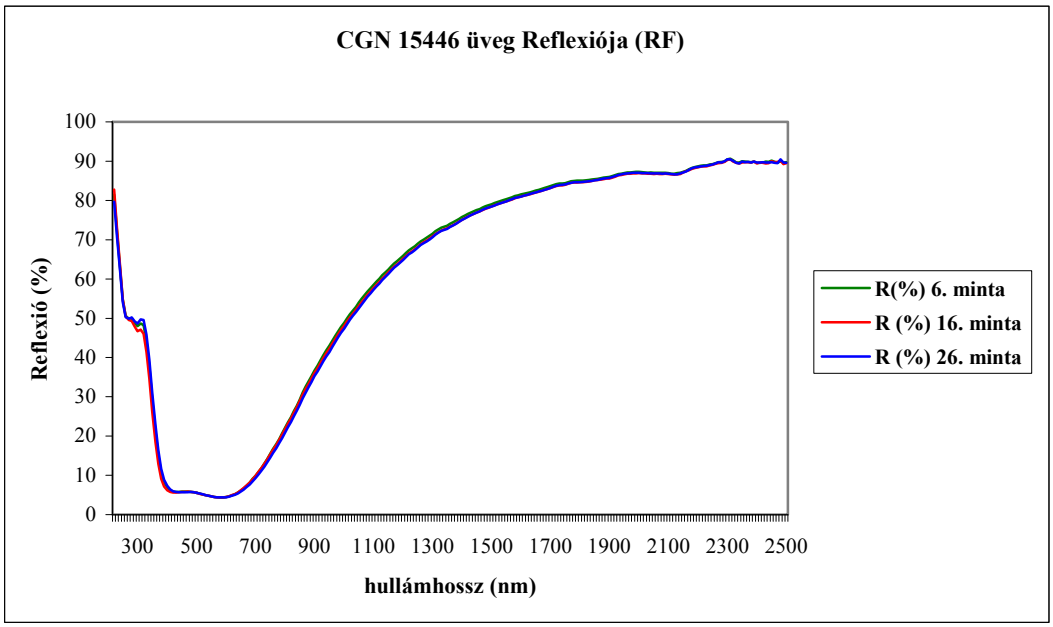
	CGN 15446 üveg									CGP 28344 üveg			FLOAT üveg (GOH_FL4)	
hullám-hossz	Reflexiója (RF) R (%)			Reflexiója (RG) R (%)			Transzmissziója T(%)			Reflexiója (RF) R (%)	Reflexiója (RG) R (%)	Transzmissziója T(%)	Reflexiója R (%)	Transzmissziója T(%)
(nm)	6. minta	16. minta	26. minta	6. minta	16. minta	26.minta	6. minta	16. minta	26.minta	9. minta	9. minta	9. minta		
2500	89,77303	89,54298	89,56064	69,93029	70,11243	70,33514	3,735175	4,121599	4,064465	91,025485	71,312906	2,78109	6,82365667	81,65885833
2490	89,64143	89,25476	89,65448	70,52464	70,09192	70,71417	4,746119	5,08464	5,051283	91,805389	72,248909	3,941027	6,95408967	81,84299667
2480	90,01187	90,1154	90,49544	71,35443	71,12707	71,30908	5,320448	5,346548	5,622976	91,50041	72,54057	4,120539	6,46835533	81,88298233
2470	89,68842	89,82124	89,49177	70,90858	70,88013	71,16183	4,186015	4,773567	4,36006	91,796803	72,617331	3,466456	7,30791667	82,127151
2460	89,84867	89,74789	89,61769	71,06577	71,17209	71,19855	4,359481	4,5785	4,275677	90,996914	72,785639	3,157777	6,82250567	82,40812233
2450	90,12381	89,96312	89,78324	72,05472	71,91352	71,80752	4,773781	5,417299	5,024976	91,818662	73,47277	4,049814	7,18400567	82,542636
2440	89,8103	89,53753	89,64606	71,79456	71,80249	71,78088	4,968843	4,877095	5,250258	92,074404	73,772169	3,931688	6,71409733	82,663832
2430	89,87566	89,46205	89,69278	72,63703	72,17933	72,34841	4,933831	5,245129	5,011928	91,328387	73,960703	4,142552	7,17814467	82,972461
2420	89,68398	89,61222	89,73052	72,80687	72,90086	72,90255	5,263163	5,672738	5,494083	91,720911	74,620071	4,18298	6,85665733	83,28255933
2410	89,59683	89,6886	89,68343	73,11221	73,08023	73,06722	5,26627	5,033002	5,292807	91,81252	74,716247	3,775124	7,14784	83,43110533
2400	89,58568	89,41701	89,65422	73,14561	73,12177	73,22975	5,193901	5,479304	5,219748	91,534643	74,913967	3,927794	6,872048	83,46492533
2390	89,88475	89,91684	89,8713	73,85943	73,52283	73,89141	5,383478	5,711155	5,860152	91,686952	75,304583	4,395807	7,29457633	83,69195333
2380	89,77849	89,67536	89,66621	73,78216	73,47337	73,65713	5,00456	5,366197	5,40234	91,800518	75,571725	4,150351	6,86684167	83,63210433
2370	89,84751	89,7225	89,83747	73,81005	73,54161	73,74401	5,186922	5,300952	5,319841	91,750455	75,631708	3,866821	7,183704	83,707369
2360	89,88318	89,77045	89,7803	74,00079	73,73006	74,1363	5,701489	6,075125	5,702186	91,859416	75,862048	4,43771	7,040303	83,505377
2350	89,98781	89,64117	89,89966	73,93429	73,823	74,17183	5,4358	5,450238	5,418474	91,712692	75,884593	4,006721	7,14874567	83,6438
2340	89,6485	89,41457	89,41189	73,98422	73,58234	73,89269	5,130171	5,592599	5,590605	91,852637	75,763025	4,024586	6,91628733	83,502
2330	89,66202	89,54673	89,57851	73,69708	73,82299	73,77602	5,447654	5,92682	5,742533	91,678744	75,568773	4,247178	7,028089	83,61446333
2320	90,23986	89,94778	90,0603	73,85631	73,75446	73,99496	5,331583	5,489914	5,554997	92,217722	75,845932	3,799274	6,96677167	83,503359
2310	90,6197	90,48554	90,49656	74,11225	74,16525	74,50943	5,40823	5,506121	5,423944	92,730267	76,088808	3,982725	7,10081367	83,42526133
2300	90,49278	90,35511	90,45616	74,03288	73,95044	74,21297	5,6052	5,737541	5,721048	92,466523	75,928694	4,416134	6,94980167	83,437178
2290	89,91274	89,80956	90,01542	73,44421	73,49476	73,58749	5,365839	5,783244	5,600772	92,106448	75,323643	4,191124	7,02034167	83,35319233
2280	89,83772	89,61271	89,69956	73,205	72,96739	73,30812	5,501382	5,821723	5,814973	92,013794	74,977547	4,235662	6,88613933	83,31368633
2270	89,72165	89,50226	89,71016	72,9173	72,68207	72,91453	5,668835	5,976137	5,893569	91,952896	74,761625	4,501234	6,99637333	83,192294
2260	89,5231	89,30053	89,42802	72,60466	72,37803	72,67246	5,461806	5,810449	5,756902	91,70159	74,502774	4,248683	6,961214	83,04083133
2250	89,26791	89,06684	89,19596	72,10228	71,97553	72,18103	5,575089	5,911503	5,900361	91,430989	74,003063	4,192369	7,00481167	82,78925167
2240	89,2044	88,94603	89,04526	71,8244	71,73276	72,04581	5,863716	6,049676	6,180351	91,191401	73,684236	4,532801	6,88499067	82,719734
2230	88,93552	88,67656	88,86259	71,62495	71,43469	71,6158	5,846357	6,008469	6,142824	91,178608	73,516449	4,381968	7,01751333	82,66387167
2220	88,93029	88,72312	88,77371	71,51365	71,31927	71,57191	5,933347	6,247976	6,130925	91,040902	73,387867	4,467172	6,919291	82,574143
2210	88,82974	88,62527	88,70871	71,72218	71,51663	71,65429	6,109658	6,378429	6,411804	91,063737	73,513384	4,812654	7,06555233	82,68436333
2200	88,67463	88,43667	88,55973	71,86615	71,76876	71,95842	6,195273	6,489083	6,417523	91,059686	73,892039	4,730065	7,056772	82,95155933
2190	88,49188	88,28324	88,43279	72,3783	72,26601	72,51841	6,320711	6,531923	6,530054	90,874444	74,454873	4,911547	7,27277733	83,31150033
2180	88,28476	88,04757	88,19534	73,01143	72,87881	73,12703	6,581146	6,960323	6,939667	90,524578	75,104361	5,271883	7,208912	83,740592
2170	87,98069	87,74858	87,82923	73,37681	73,27718	73,56329	6,658046	7,007942	7,003717	90,15601	75,605781	5,232446	7,345922	84,12200933
2160	87,56643	87,43554	87,39132	73,51918	73,39272	73,65056	6,875418	7,101109	7,125388	89,887951	75,698528	5,37742	7,244929	84,297059
2150	87,34615	87,11129	87,16691	73,64123	73,40519	73,67945	7,007122	7,301788	7,348278	89,652634	75,783446	5,599276	7,28549733	84,527441
2140	87,06406	86,75805	86,91263	73,47365	73,34344	73,60828	6,833174	7,169989	7,162325	89,365708	75,696092	5,342257	7,12817267	84,47722133
2130	86,96594	86,61849	86,66203	73,52428	73,30874	73,54817	6,779398	7,190482	7,15684	89,284588	75,743995	5,287041	7,19591733	84,50409567
2120	86,80166	86,53392	86,67717	73,49357	73,37793	73,61963	6,860604	7,232328	7,171538	89,223507	75,745325	5,361759	6,98768233	84,55868367
2110	86,85491	86,64354	86,75301	73,53432	73,29878	73,63436	6,73566	7,056433	7,047288	89,245633	75,862635	5,205868	7,067044	84,66377367
2100	86,94615	86,72961	86,84732	73,68451	73,48813	73,72453	6,741562	7,038174	7,125575	89,396137	75,958609	5,213866	6,99082633	84,59862367

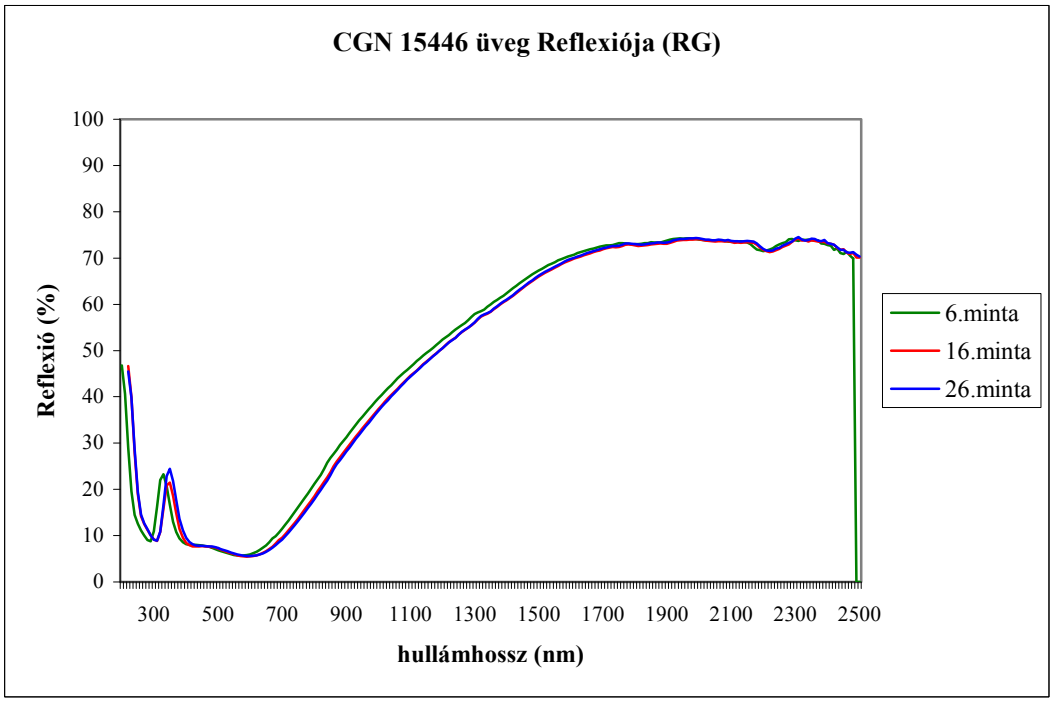
2090	87,06477	86,84778	86,86412	73,81907	73,61064	73,91452	6,939675	7,228378	7,235556	89,379754	76,059003	5,379333	7,05464667	84,72066733
2080	87,08732	86,70418	86,85097	73,76929	73,55476	73,78806	6,886404	7,199386	7,225747	89,462044	76,081698	5,353593	7,01283567	84,641721
2070	87,07605	86,72949	86,90223	73,85522	73,65306	73,89093	6,974905	7,344677	7,309264	89,53579	76,202208	5,409787	7,098808	84,70838767
2060	87,04899	86,78328	86,90635	73,8666	73,63551	73,95927	7,107171	7,454968	7,416302	89,560221	76,220176	5,533283	7,02363767	84,65109167
2050	87,06609	86,75832	86,89568	73,82294	73,57666	73,87656	7,128642	7,44813	7,493996	89,636949	76,276924	5,484227	7,089295	84,64789367
2040	87,11666	86,78204	86,88243	73,83138	73,6376	73,87124	7,242147	7,550121	7,596085	89,626503	76,257895	5,572648	7,02818533	84,676345
2030	87,09793	86,82032	86,94178	73,91046	73,72269	73,95322	7,420521	7,753504	7,83027	89,683902	76,372941	5,722199	7,208004	84,726666
2020	87,14311	86,87373	86,94596	73,97056	73,75812	74,00214	7,67524	8,014272	8,078229	89,787253	76,490117	5,946607	7,36518267	84,70160033
2010	87,21713	86,90191	87,02091	74,1058	73,89881	74,13938	8,02523	8,369396	8,363273	89,902541	76,648343	6,370385	7,50695967	84,73207467
2000	87,33288	86,94463	87,08222	74,21237	74,01814	74,28739	8,241996	8,615613	8,600494	89,883977	76,726392	6,631238	7,49556867	84,751173
1990	87,29994	86,93754	87,10228	74,28346	74,03151	74,29384	8,234164	8,640004	8,651374	89,908854	76,768253	6,560299	7,547511	84,71008867
1980	87,25255	86,90171	87,04796	74,27242	74,01602	74,28221	8,457695	8,821534	8,825885	89,900954	76,854355	6,668023	7,45889033	84,70789333
1970	87,17661	86,82811	86,97344	74,22133	74,00146	74,25663	8,590872	8,933498	8,938045	89,849163	76,816087	6,819033	7,534876	84,737521
1960	87,11309	86,78191	86,91082	74,24813	73,93365	74,20809	8,521452	8,921965	8,897655	89,802594	76,772761	6,784983	7,47149133	84,74304467
1950	86,98843	86,6207	86,79409	74,18572	73,87855	74,11765	8,629116	9,010068	9,126448	89,714343	76,750963	6,918932	7,575688	84,79471867
1940	86,84514	86,52064	86,66097	74,12084	73,82014	74,11689	8,790866	9,232661	9,378642	89,650195	76,753342	7,119935	7,52041833	84,80340733
1930	86,7108	86,39436	86,50484	73,9905	73,76016	73,98152	8,804251	9,167604	9,276847	89,441503	76,653891	7,07276	7,52855267	84,813231
1920	86,48491	86,10778	86,26931	73,79298	73,51501	73,81903	8,724315	9,151477	9,157793	89,234407	76,419238	6,898833	7,25524167	84,79723567
1910	86,22258	85,84582	85,97114	73,55502	73,27311	73,51784	8,627323	9,008877	8,984123	89,014304	76,285074	6,704736	7,151776	84,771516
1900	85,99461	85,60283	85,75124	73,38046	73,05977	73,33638	8,499697	8,881712	8,889404	88,810728	76,10784	6,594648	7,033542	84,742853
1890	85,94579	85,61385	85,6708	73,34697	73,05935	73,31805	8,652802	9,041877	9,085787	88,829276	76,122582	6,801502	7,17429267	84,84045467
1880	85,8477	85,46917	85,60622	73,39385	73,12498	73,36064	9,160502	9,569473	9,622183	88,793123	76,245567	7,301773	7,522789	84,99107933
1870	85,6935	85,30688	85,44734	73,39553	73,11373	73,37948	9,596335	10,07086	10,13003	88,636748	76,227688	7,701814	7,86730667	85,052051
1860	85,52866	85,165	85,20699	73,23958	72,99116	73,25408	9,558861	10,008	10,04389	88,496142	76,104908	7,597379	7,393134	84,93778967
1850	85,43241	85,08791	85,082	73,23962	72,93988	73,18314	9,669742	10,07488	10,14721	88,388479	76,032057	7,674838	7,488464	84,976591
1840	85,35793	84,95796	84,96969	73,11315	72,81638	73,06693	9,69019	10,03797	10,12985	88,25397	75,969305	7,647328	7,47245933	85,03165967
1830	85,20319	84,81613	84,87029	72,99875	72,71321	72,93629	9,65396	10,08111	10,16442	88,148067	75,905866	7,612394	7,29009733	84,94955267
1820	85,08555	84,70388	84,79206	72,98635	72,66265	72,89935	9,749605	10,16059	10,20553	88,183676	75,965231	7,707423	7,27537667	85,028074
1810	85,02391	84,6291	84,72696	72,97728	72,61756	72,93032	9,932304	10,33935	10,35715	88,107368	75,95674	7,846628	7,414353	85,05829467
1800	85,01783	84,58888	84,63824	73,07053	72,71311	73,02493	10,26699	10,74016	10,77657	88,094405	76,060306	8,183041	7,55065667	85,16421367
1790	85,00398	84,5762	84,6475	73,14694	72,87581	73,11158	10,66129	11,13688	11,17728	88,078797	76,168477	8,545863	7,718287	85,250235
1780	84,95632	84,5606	84,58805	73,2038	72,92482	73,1491	10,9026	11,37128	11,44857	88,029226	76,247207	8,776725	7,86518067	85,30730033
1770	84,84023	84,44481	84,47409	73,19225	72,84397	73,13647	11,00869	11,50111	11,55073	87,95495	76,195972	8,862032	7,734856	85,257345
1760	84,6348	84,21321	84,26741	73,03555	72,59828	72,87811	10,89004	11,34251	11,40339	87,793403	76,112799	8,686531	7,44881567	85,212933
1750	84,41632	83,95913	84,02937	72,81163	72,42349	72,65893	10,8224	11,24627	11,31325	87,662305	75,978044	8,594052	7,43704367	85,18736
1740	84,2953	83,84173	83,95289	72,71643	72,35189	72,62581	10,98595	11,44773	11,47493	87,54612	75,934423	8,844664	7,409775	85,26020567
1730	84,27152	83,81373	83,89861	72,74779	72,37756	72,6324	11,23635	11,68936	11,76746	87,548386	76,008366	8,987028	7,55746567	85,31091433
1720	84,09358	83,62911	83,69372	72,63117	72,25039	72,47452	11,36881	11,8321	11,82117	87,371653	75,88816	9,02268	7,556051	85,29910667
1710	83,86775	83,36667	83,4474	72,45745	72,10592	72,27791	11,51679	11,99669	12,08756	87,18049	75,697176	9,178679	7,60902533	85,323443
1700	83,64637	83,14637	83,19282	72,2812	71,92432	72,13065	11,7151	12,19097	12,3074	86,981028	75,504405	9,415449	7,52688933	85,31334467
1690	83,40102	82,93647	82,92824	72,07532	71,66909	71,89819	11,81544	12,3408	12,38514	86,718104	75,297957	9,525961	7,603822	85,31871433
1680	83,16831	82,66046	82,70031	71,89118	71,49455	71,67656	12,06242	12,5309	12,64461	86,460801	75,119612	9,728217	7,560893	85,286139
1670	82,93313	82,42933	82,46213	71,70116	71,27098	71,47393	12,25823	12,73645	12,88878	86,282331	74,98121	9,857822	7,62583467	85,263043
1660	82,69126	82,20668	82,26534	71,48536	71,03565	71,26878	12,37128	12,90461	12,9711	86,124524	74,794489	9,964051	7,551014	85,297706
1650	82,51581	81,99379	82,0555	71,2741	70,82281	71,05885	12,59177	13,13023	13,12547	86,002471	74,676589	10,142601	7,50544867	85,19554667
1640	82,30028	81,74445	81,87187	71,05192	70,5907	70,80323	12,72098	13,20934	13,25532	85,831226	74,480499	10,248492	7,51108767	85,13314833
1630	82,05465	81,50427	81,60054	70,76662	70,30092	70,52248	12,82076	13,27336	13,38552	85,657273	74,245376	10,314384	7,613527	85,070371

760	16,74156	16,53852	15,67952	15,1571	14,65442	14,10226	69,6256	69,7188	70,6519	18,679799	17,586272	67,660386	7,89030667	83,93497933
750	15,46597	15,3172	14,48938	14,21355	13,69569	13,18304	71,0409	71,0892	71,9754	17,238821	16,491985	69,259319	7,946443	84,270856
740	14,19093	14,09676	13,31438	13,25192	12,79323	12,26925	72,3174	72,3995	73,2958	15,820171	15,405425	70,784288	7,99839733	84,82988633
730	13,01944	12,9533	12,23161	12,34918	11,93022	11,42808	73,7526	73,7054	74,5512	14,424681	14,349935	72,244504	8,03933833	85,13463
720	11,89639	11,85285	11,19254	11,48293	11,11157	10,61893	74,9517	74,9139	75,7564	13,127369	13,371597	73,658803	8,098394	85,502634
710	10,84782	10,82704	10,20705	10,65201	10,29169	9,857337	76,2321	76,1709	76,9264	11,917355	12,430607	75,073415	8,157844	85,92437233
700	9,873419	9,865748	9,282119	9,886324	9,555658	9,134384	77,1635	77,0739	77,8168	10,768477	11,507946	76,157256	8,24451933	86,31432967
690	9,111502	8,979656	8,458842	9,364394	9,021415	8,563959	77,5274	77,3935	78,0503	9,892017	10,888492	76,732502	8,54441333	86,069564
680	8,168886	8,133054	7,66688	8,576913	8,27248	7,919153	79,1791	79,0997	79,7296	8,812156	9,990367	78,532539	8,33092433	87,105829
670	7,328641	7,389273	6,965213	7,889945	7,611896	7,354848	80,6004	80,5095	81,1089	7,872239	9,230559	79,979397	8,37	87,50422533
660	6,673232	6,748351	6,367809	7,365427	7,105075	6,909033	81,512	81,3678	81,9666	7,139235	8,667129	80,9822	8,43274533	87,815029
650	6,087329	6,154669	5,832025	6,909832	6,657376	6,508089	82,3502	82,2367	82,7305	6,486713	8,160831	81,861324	8,49164833	88,08219367
640	5,578374	5,646492	5,380289	6,519395	6,268124	6,173091	83,0604	82,9842	83,4584	5,947579	7,731595	82,71231	8,53796	88,42624267
630	5,185472	5,235311	5,029483	6,204813	5,966992	5,915673	83,7733	83,683	84,1082	5,521265	7,416346	83,438616	8,587128	88,867792
620	4,848007	4,934503	4,761234	5,956966	5,736694	5,74374	84,4226	84,2507	84,7019	5,205148	7,19695	84,029232	8,64309767	89,11338567
610	4,608802	4,659206	4,556352	5,793295	5,586379	5,628692	85,1161	84,9381	85,2846	4,986928	7,063661	84,710031	8,702053	89,43488467
600	4,445254	4,48924	4,421863	5,714222	5,497742	5,575369	85,6378	85,5349	85,7514	4,859488	7,00725	85,265576	8,746528	89,66840067
590	4,351663	4,401999	4,368753	5,689343	5,478942	5,600999	85,9718	85,8994	86,1013	4,827042	7,029983	85,623162	8,79752033	89,90387233
580	4,336005	4,370821	4,378215	5,741096	5,51788	5,674646	86,2569	86,1159	86,4175	4,88339	7,150067	85,941181	8,84208367	90,09435333
570	4,367049	4,386174	4,424986	5,828419	5,61092	5,800388	86,5488	86,4091	86,623	4,998965	7,313307	86,13289	8,89707633	90,225057
560	4,448625	4,466589	4,508726	5,976458	5,759002	5,948241	86,7482	86,5695	86,7502	5,152048	7,517171	86,290275	8,91408667	90,31294
550	4,608494	4,623928	4,653572	6,189141	5,974762	6,158179	86,758	86,6664	86,7758	5,403085	7,792286	86,315393	8,97659833	90,51257233
540	4,779106	4,793322	4,82166	6,402645	6,200138	6,383534	86,7604	86,721	86,8206	5,653113	8,085511	86,224058	9,01552	90,585554
530	4,961899	4,970769	4,998415	6,624924	6,428852	6,628887	86,7446	86,7094	86,8041	5,923323	8,379102	86,069154	9,05816767	90,56499667
520	5,139511	5,147178	5,172546	6,864828	6,665196	6,849589	86,6914	86,6267	86,6941	6,185062	8,668413	85,770183	9,10208767	90,59423833
510	5,334529	5,325788	5,343365	7,131327	6,911383	7,067292	86,5952	86,4918	86,5863	6,457681	8,99971	85,462553	9,17235467	90,644106
500	5,548769	5,546576	5,545336	7,418734	7,194155	7,315838	86,3579	86,258	86,4361	6,733713	9,320253	85,283289	9,26359267	90,63224267
490	5,708209	5,726076	5,695215	7,637061	7,431831	7,528905	86,1403	86,0965	86,1945	6,954704	9,564879	85,032828	9,29778933	90,53893733
480	5,773066	5,792386	5,73959	7,749356	7,545825	7,633531	85,9043	85,8541	86,0038	7,087277	9,727664	84,685886	9,287669	90,67709567
470	5,820843	5,83054	5,734528	7,846127	7,609937	7,687226	85,7548	85,7069	85,7828	7,202081	9,870146	84,369833	9,34223133	90,19396633
460	5,834191	5,814245	5,729835	7,935567	7,675401	7,748536	85,4793	85,4658	85,4805	7,339496	10,021274	83,977242	9,42775267	90,20213333
450	5,821309	5,757519	5,726398	7,975667	7,709296	7,781688	85,1084	85,1329	85,1197	7,511041	10,113519	83,647768	9,49827167	89,911025
440	5,773402	5,686363	5,711563	7,97566	7,672572	7,785006	84,789	84,9159	84,8415	7,731946	10,230643	83,300744	9,50107767	89,70159567
430	5,764248	5,599488	5,761229	8,018104	7,645545	7,875351	84,6015	84,6281	84,4832	8,120204	10,523511	82,82736	9,59708033	89,76893933
420	5,850667	5,590972	5,946658	8,177156	7,691525	8,141832	84,2898	84,39	84,0794	8,738633	10,996671	82,217717	9,68742767	89,61283767
410	6,168697	5,741208	6,38775	8,586839	7,906082	8,62892	83,4864	83,914	83,3399	9,753857	11,880742	81,169257	9,79304933	89,725356
400	6,891165	6,180961	7,28262	9,379655	8,43648	9,537743	82,1162	82,8323	81,968	11,315925	13,351352	79,391536	9,88776133	89,73396367
390	8,225054	7,150915	8,877433	10,73178	9,533017	11,11367	79,1931	80,2798	78,9652	13,757286	15,587979	76,054211	9,96761067	88,806925
380	10,67074	9,136874	11,63867	12,99401	11,46667	13,65207	74,8275	76,3019	74,3579	17,52268	18,899544	71,374296	9,94383767	87,06090833
370	15,12992	12,97698	16,44506	16,7309	14,8148	17,68056	68,9324	70,8878	68,4163	23,172565	23,847057	64,822067	10,2081157	87,96343467
360	21,34114	18,5848	22,91116	20,68256	18,63452	21,79862	59,8948	62,1677	59,4265	30,033338	28,518524	55,703835	10,0784693	85,750696

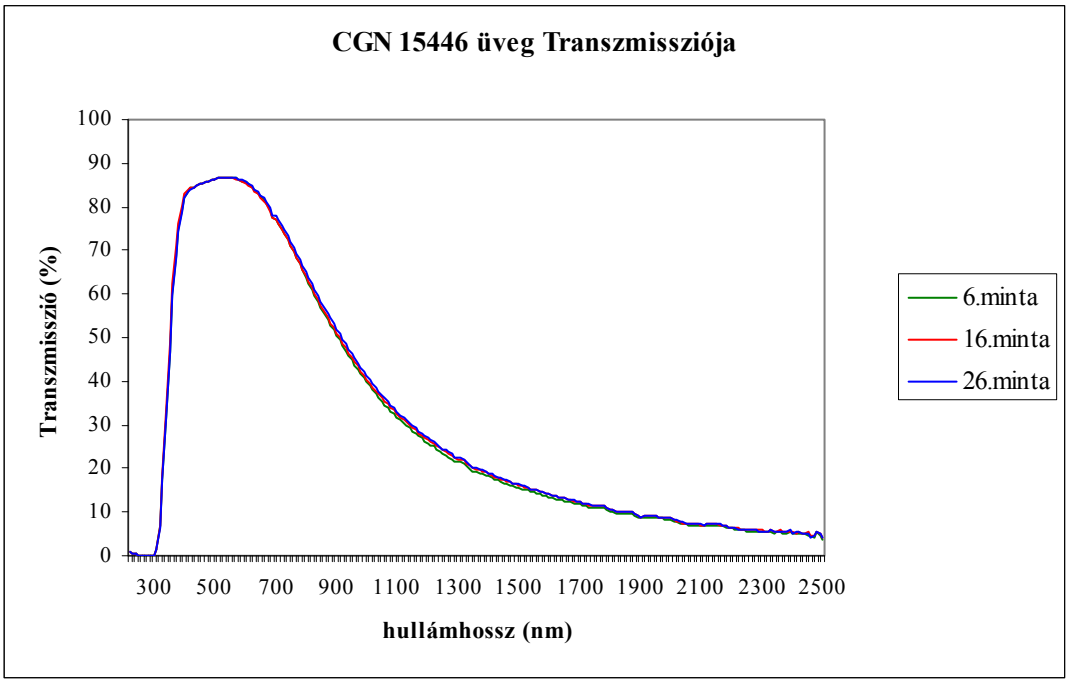
350	29,29476	26,21202	31,06566	23,24592	21,45296	24,41156	46,9769	49,105	46,5841	37,385644	30,365176	43,083028	9,81874633	79,877393
340	37,7278	34,59533	39,4872	22,01524	20,88807	22,85347	31,8012	33,5009	31,573	43,120833	26,87438	28,725588	8,83360933	66,49306033
330	44,26392	41,39911	45,77066	16,22644	15,81495	16,59037	17,2763	18,3173	17,2537	45,003033	18,367335	15,309888	7,40010667	43,472119
320	48,24872	46,01464	49,54902	10,89663	10,80008	10,82594	6,67191	7,05081	6,61945	43,397525	11,186225	5,637998	6,559129	17,05908067
310	48,67436	47,13109	49,68889	8,798574	8,816845	8,880919	1,34376	1,44386	1,34889	37,982095	8,899836	1,09339	7,07346033	2,936173667
300	47,96679	46,70984	48,69019	9,023847	9,155879	9,10912	0,07247	0,07127	0,03232	33,024592	8,853918	0,050743	6,058337	0,031032333
290	48,80744	47,88596	49,26767	10,00787	10,08398	10,05823	-0,0472	-0,0289	-0,0569	31,386754	9,906077	-0,002791	6,25772467	-0,019489
280	50,03952	49,29924	50,22936	11,11625	11,24866	11,3871	-0,0862	-0,0599	-0,109	32,0204	11,037963	0,020662	6,43288433	-0,07691766 7
270	49,91252	49,54079	49,8474	12,53199	12,49825	12,61484	-0,0628	-0,1062	-0,0989	33,353519	12,200105	0,01	6,641619	-0,07846633 3
260	50,64068	50,4176	50,27537	14,5048	14,20021	14,54637	-0,033	0,01194	-0,0401	36,288905	14,022944	-0,004614	7,07239167	-0,024604
250	54,75193	54,79056	54,13016	19,59837	18,98722	19,44531	0,14701	0,13326	0,17212	42,23238	18,637444	0,055329	7,71770033	0,075354
240	63,19448	63,89828	62,60307	28,97035	28,04775	28,72599	0,24964	0,34079	0,32755	51,998099	27,148037	0,114242	8,770386	0,263008333
230	71,99949	72,80842	70,73811	40,61434	39,97909	39,82236	0,42564	0,42616	0,38096	62,415023	38,200312	-0,066298	10,73799923	0,384537
220	81,41867	82,7256	79,68183	46,8035	46,6775	45,48949	0,92917	1,01603	1,12483	76,279824	45,562864	-0,169251	15,4778823	0,841963667

F-26 Laboratóriumi mérések 2008 őszén Guardian- Orosháza

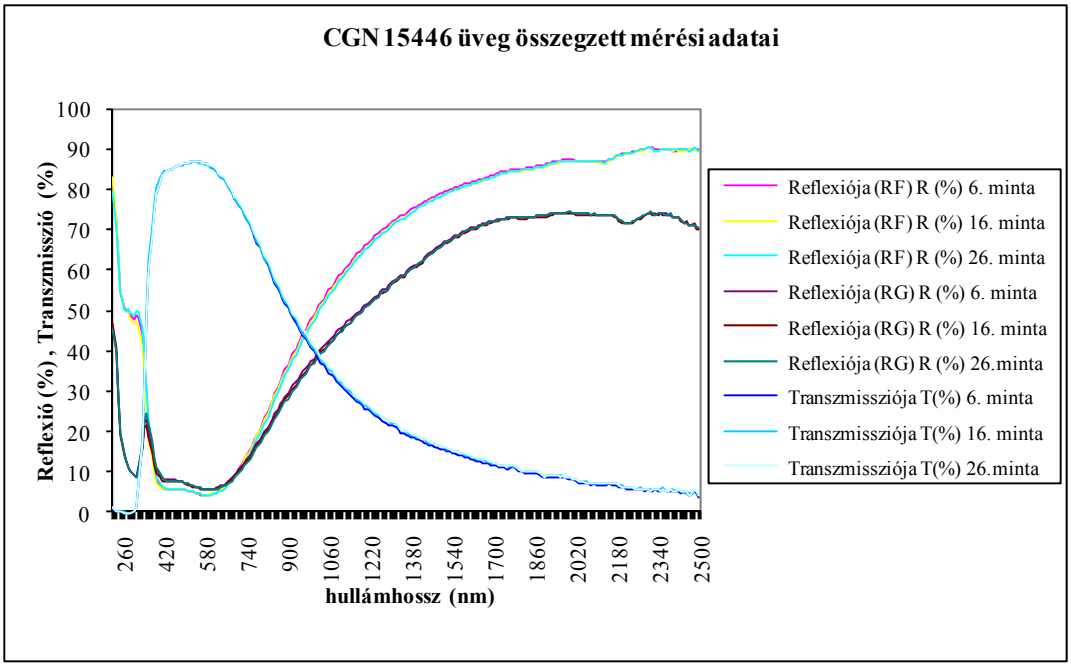




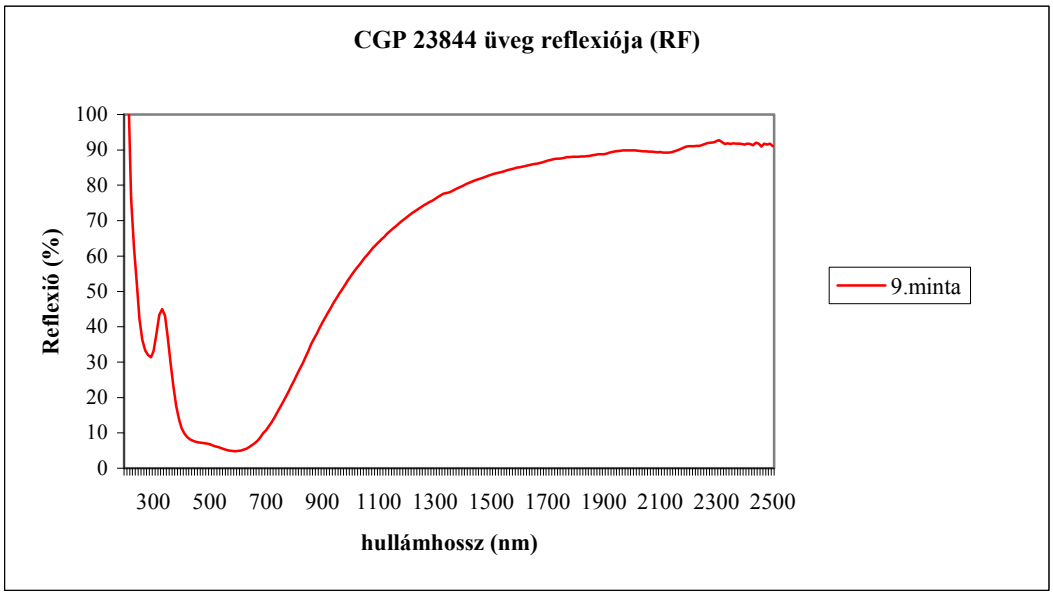
F- 27 A CGN 15446 üveg reflexió mérési eredményei bevonati oldalról (RF) és üvegoldalról (RG) mérve.

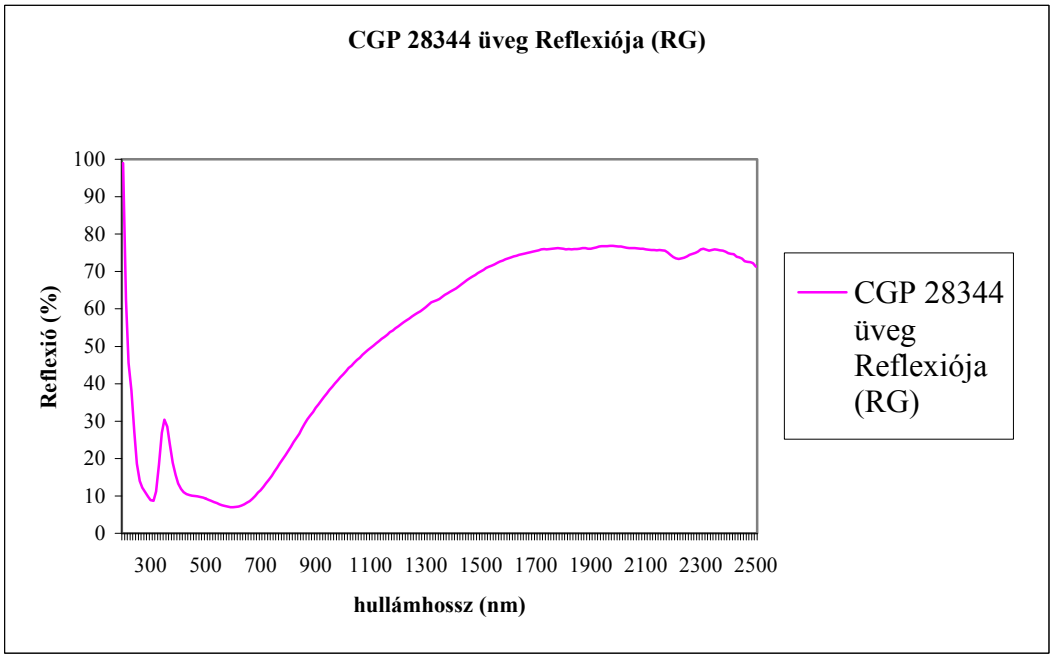


F-28. A CGN 15446 üveg transzmisszió mérési eredményei

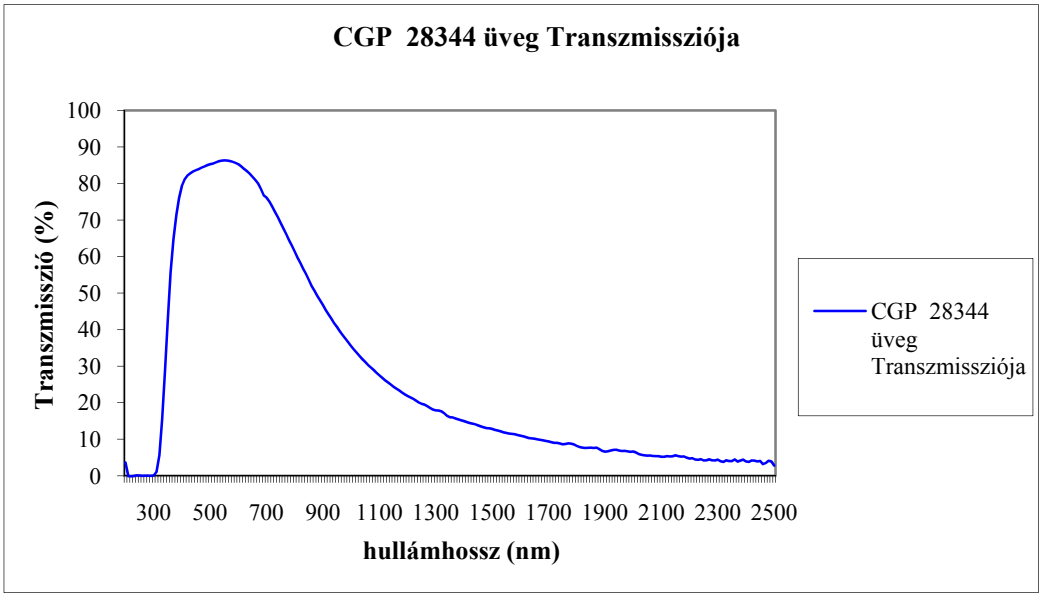


F-29 A CGN 15446 üveg összegzett mérési adatai

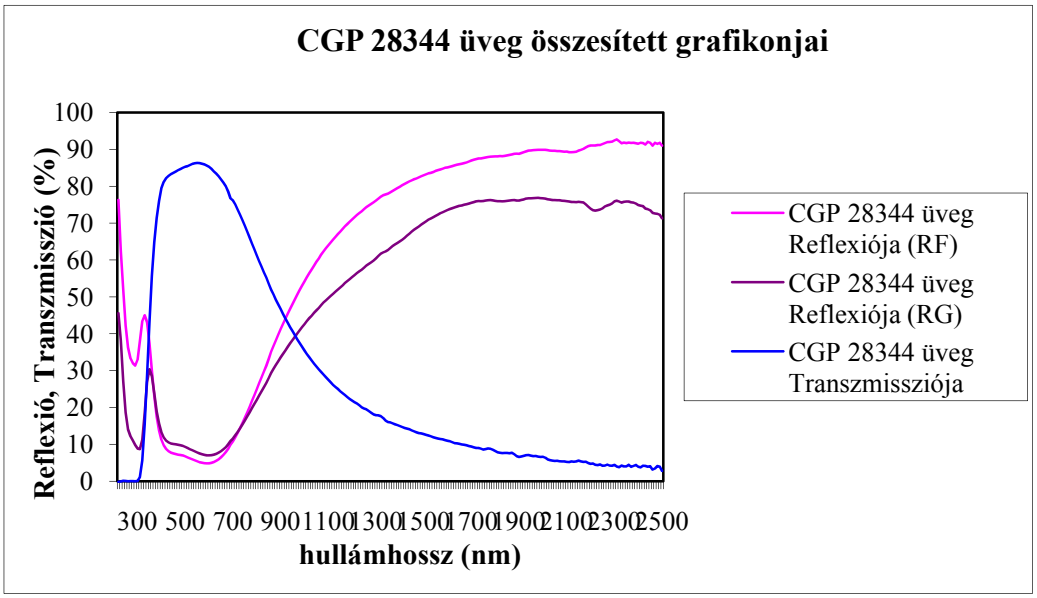




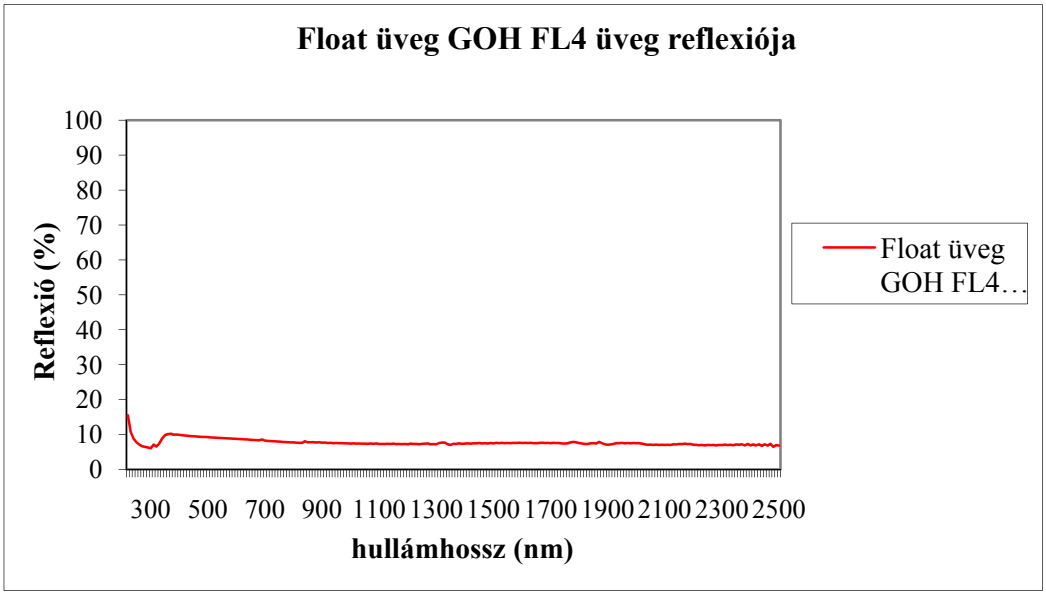
F-30 A CGP üveg reflexió mérési eredményei a bevonati oldalról (RF) és az üvegoldalról (RG) mérve.

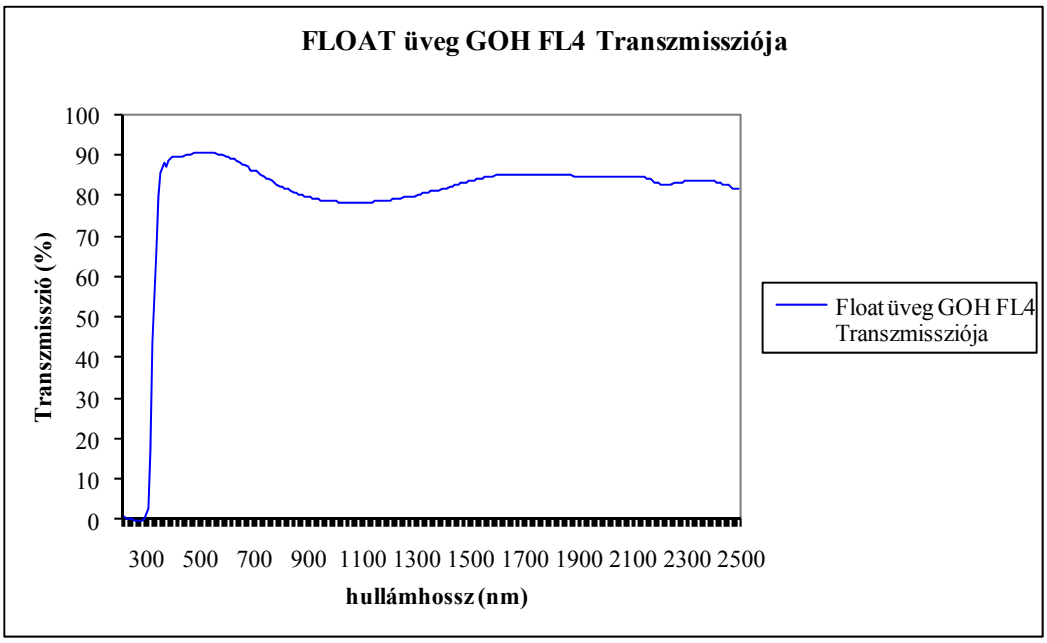


F-31 A CGP üveg transzmissziójának mérési eredményei.



F-32 A CGP 28344 üveg összegzett mérési adatai





F-33 A GOH FL4 Float üveg reflexió és transzmisszió mérési eredményei

Táblázat szabványból közvetlen napsugárzás-átbocsátási tényezőhöz

A globális napsugárzás normalizált relatív spektrális eloszlása,S λ szorozva a hullámhossz-intervallummal, Δλ (MSZ EN 410:2000)		CGN 15446 Transzmisszió		GOH FL4 Transzm		GOH Reflexiója GOH FL4 Refl	
λ (nm)	S λΔλ	τ (λ)	S λΔλ τ(λ)	τ_2 (λ)	S λΔλ τ_2(λ)	ρ_1'(λ)	S λΔλ ρ_1'(λ)
300	0,0005	0,072465	3,62325E-05	0,03103233	1,55162E-05	6,058337	0,003029169
320	0,0069	6,671913	0,0460362	17,0590807	0,117707657	6,559129	0,04525799
340	0,0122	31,801235	0,387975067	66,4930603	0,811215336	8,833609333	0,107770034
360	0,0145	59,894837	0,868475137	85,750696	1,243385092	10,07846933	0,146137805
380	0,0177	74,827515	1,324447016	87,0609083	1,540978077	9,943837667	0,176005927
400	0,0235	82,116175	1,929730113	89,7339637	2,108748146	9,887761333	0,232362391
420	0,0268	84,28977	2,258965836	89,6128377	2,40162405	9,687427667	0,259623061
440	0,0294	84,788954	2,492795248	89,7015957	2,637226913	9,501077667	0,279331683
460	0,0343	85,479331	2,931941053	90,2021333	3,093933173	9,427752667	0,323371916
480	0,0339	85,904307	2,912156007	90,6770957	3,073953543	9,287669	0,314851979
500	0,0326	86,357878	2,815266823	90,6322427	2,954611111	9,263592667	0,301993121
520	0,0318	86,691394	2,756786329	90,5942383	2,880896779	9,102087667	0,289446388
540	0,0321	86,760445	2,785010285	90,585554	2,907796283	9,01552	0,289398192
560	0,0312	86,748245	2,706545244	90,31294	2,817763728	8,914086667	0,278119504
580	0,0294	86,25689	2,535952566	90,0943533	2,648773988	8,842083667	0,25995726
600	0,0289	85,637787	2,474932044	89,6684007	2,591416779	8,746528	0,252774659
620	0,0289	84,42258	2,439812562	89,1133857	2,575376846	8,643097667	0,249785523
640	0,028	83,060377	2,325690556	88,4262427	2,475934795	8,53796	0,23906288
660	0,0273	81,512003	2,225277682	87,815029	2,397350292	8,432745333	0,230213948
680	0,0246	79,17908	1,947805368	87,105829	2,142803393	8,330924333	0,204940739
700	0,0237	77,163504	1,828775045	86,3143297	2,045649613	8,244519333	0,195395108
720	0,022	74,951723	1,648937906	85,502634	1,881057948	8,098394	0,178164668
740	0,023	72,317378	1,663299694	84,8298863	1,951087386	7,998397333	0,183963139
760	0,0199	69,625556	1,385548564	83,9349793	1,670306089	7,890306667	0,157017103
780	0,0211	66,776991	1,40899451	83,1438963	1,754336213	7,761030667	0,163757747
800	0,033	63,969678	2,110999374	82,2921947	2,715642424	7,716545667	0,254646007
850	0,0453	56,852027	2,575396823	80,8169453	3,661007623	7,753719667	0,351243501
900	0,0381	50,580568	1,927119641	79,6308767	3,033936401	7,626692333	0,290576978
950	0,022	44,804798	0,985705556	78,9261773	1,736375901	7,571157	0,166565454
1000	0,0329	39,790878	1,309119886	78,4967827	2,58254415	7,373543667	0,242589587
1050	0,0306	35,44247	1,084539582	78,33213	2,396963178	7,372026	0,225583996
1100	0,0185	31,781922	0,587965557	78,3207897	1,448934609	7,294462667	0,134947559
1150	0,0136	28,531007	0,388021695	78,4881813	1,067439266	7,386366333	0,100454582
1200	0,021	25,749194	0,540733074	78,7666147	1,654098908	7,169598333	0,150561565
1250	0,0211	23,515379	0,496174497	79,294028	1,673103991	7,317981667	0,154409413
1300	0,0166	21,401613	0,355266776	79,881341	1,326030261	7,188661667	0,119331784
1350	0,0042	19,366385	0,081338817	80,6187193	0,338598621	6,989599	0,029356316
1400	0,001	18,136788	0,018136788	81,5337663	0,081533766	7,366925667	0,007366926
1450	0,0044	16,710041	0,07352418	82,5203667	0,363089613	7,567965333	0,033299047
1500	0,0095	15,591705	0,148121198	83,497019	0,793221681	7,479174333	0,071052156
1550	0,0123	14,517791	0,178568829	84,3520437	1,037530137	7,573737	0,093156965
1600	0,011	13,463591	0,148099501	84,8981693	0,933879863	7,546951667	0,083016468
1650	0,0106	12,591773	0,133472794	85,1955467	0,903072795	7,505448667	0,079557756
1700	0,0093	11,715097	0,108950402	85,3133447	0,793414105	7,526889333	0,070000071
1750	0,0068	10,822401	0,073592327	85,18736	0,579274048	7,437043667	0,050571897
1800	0,0024	10,26699	0,024640776	85,1642137	0,204394113	7,550856667	0,018122056
1850	0,0005	9,669742	0,004834871	84,976591	0,042488296	7,488464	0,003744232
1900	0,0002	8,499697	0,001699939	84,742853	0,016948571	7,033542	0,001406708
1950	0,0012	8,629116	0,010354939	84,7947187	0,101753662	7,575688	0,009090826
2000	0,003	8,241996	0,024725988	84,751173	0,254253519	7,495568667	0,022486706
2050	0,0037	7,128642	0,026375975	84,6478937	0,313197207	7,089295	0,026230392
2100	0,0057	6,741562	0,038426903	84,5986237	0,482212155	6,990826333	0,039984771
2200	0,0066	6,195273	0,040888802	82,9515593	0,547480292	7,056772	0,046574695
2300	0,006	5,6052	0,0336312	83,437178	0,500623068	6,949801667	0,04169881
2400	0,0041	5,193901	0,021294994	83,4649253	0,342206194	6,872048	0,028175397
2500	0,0006	3,735175	0,002241105	81,6588583	0,048995315	6,823656667	0,004094194
Σ	1		61,65515588		84,69819248		8,311491686

$$\tau_e = \frac{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_\lambda \tau(\lambda)\Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_\lambda \Delta\lambda}$$

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_\lambda \rho(\lambda)\Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_\lambda \Delta\lambda}$$

Float üveg Infravörös reflexiója :

S λΔλ	ρ_1'(λ)	S λΔλ ρ_1'(λ)
0,0211	7,761030667	0,163757747
0,033	7,716545667	0,254646007
0,0453	7,753719667	0,351243501
0,0381	7,626692333	0,290576978
0,022	7,571157	0,166565454
0,0329	7,373543667	0,242589587
0,0306	7,372026	0,225583996
0,0185	7,294462667	0,134947559
0,0136	7,386366333	0,100454582
0,021	7,169598333	0,150561565
0,0211	7,317981667	0,154409413
0,0166	7,188661667	0,119331784
0,0042	6,989599	0,029356316
0,001	7,366925667	0,007366926
0,0044	7,567965333	0,033299047
0,0095	7,479174333	0,071052156
0,0123	7,573737	0,093156965
0,011	7,546951667	0,083016468
0,0106	7,505448667	0,079557756
0,0093	7,526889333	0,070000071
0,0068	7,437043667	0,050571897
0,0024	7,550856667	0,018122056
0,0005	7,488464	0,003744232
0,0002	7,033542	0,001406708
0,0012	7,575688	0,009090826
0,003	7,495568667	0,022486706
0,0037	7,089295	0,026230392
0,0057	6,990826333	0,039984771
0,0066	7,056772	0,046574695
0,006	6,949801667	0,04169881
0,0041	6,872048	0,028175397
0,0006	6,823656667	0,004094194
0,4169		3,1135175

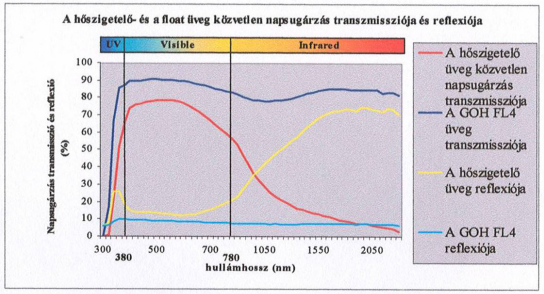
ρ_e = 7,46826 %

F-34 CGN 15446 és GOH FL4 üvegek közvetlen napsugárzás átbocsátása és reflexiója

$$\tau(\lambda) = \frac{\tau_1(\lambda)\tau_2(\lambda)}{1-\rho'_1(\lambda)\rho_2(\lambda)}$$

$$\rho(\lambda) = \rho_1(\lambda) + \frac{\tau_1^2(\lambda)\rho_2(\lambda)}{1-\rho_1(\lambda)\rho_2(\lambda)}$$

A globális napsugárzás normalizált relatív spektrális eloszlása,S λ szorozva a hullámhossz-intervallummal, Δλ. (MSZ EN 410:2000)		Kétrétegű hőszigetelő üveg Transzmissziója							Kétrétegű hőszigetelő üveg Reflexiója		
		CGN 15446 Transzmisz-sziója	GOH FL4 Transzm	CGN Refl. RF	GOH FL4 Refl						
λ (nm)	S λΔλ	τ_1 (λ)	τ_2 (λ)	ρ_2(λ)	ρ_1'(λ)	τ (λ)	S λΔλ τ(λ)	τ (λ)*100	ρ(λ)	ρ(λ)*100	S λΔλ ρ(λ)
300	0,0005	0,072465	0,031032333	47,966793	6,058337	2,31606E-07	1,15803E-10	2,31606E-05	0,060583	6,05834176	0,003029171
320	0,0069	6,671913	17,05908067	48,248718	6,559129	0,011753637	8,11001E-05	1,175363705	0,080091	8,00911331	0,055262882
340	0,0122	31,801235	66,49308033	37,727802	8,833609333	0,218746362	0,002668706	21,8746362	0,260894	26,0893927	0,31829059
360	0,0145	59,894837	85,750696	21,341142	10,07846933	0,524892092	0,007610935	52,48920924	0,261159	26,1159428	0,378681171
380	0,0177	74,827515	87,06090833	10,670743	9,943837667	0,658441745	0,011654419	65,8441745	0,181186	18,1185765	0,320998805
400	0,0235	82,116175	89,73396367	6,891165	9,887761333	0,74191627	0,017435032	74,191627	0,154747	15,4747229	0,363655988
420	0,0268	84,28977	89,61283767	5,850667	9,687427667	0,759650086	0,020358622	75,96500858	0,144126	14,4125639	0,386256712
440	0,0294	84,788954	89,70159567	5,773402	9,501077667	0,764765456	0,022484104	76,47654562	0,141722	14,1721969	0,416662589
460	0,0343	85,479331	90,20213333	5,834191	9,427752667	0,775306242	0,026593004	77,53062421	0,14201	14,2009525	0,487092671
480	0,0339	85,904307	90,67709567	5,773066	9,287669	0,783154449	0,026548936	78,31544495	0,140601	14,0600665	0,476636253
500	0,0326	86,357878	90,63224267	5,548769	9,263592667	0,786724701	0,025647225	78,67247013	0,13845	13,8450136	0,451347443
520	0,0318	86,691394	90,59423833	5,139511	9,102087667	0,789065351	0,025092278	78,90653507	0,133401	13,3400722	0,424214295
540	0,0321	86,760445	90,585554	4,779106	9,01552	0,789325194	0,025337339	78,9325194	0,129541	12,9541012	0,415626648
560	0,0312	86,748245	90,31294	4,448625	8,914086667	0,786568074	0,024540924	78,6568074	0,12557	12,5570214	0,391779069
580	0,0294	86,25689	90,09435333	4,336005	8,842083667	0,780116787	0,022935434	78,01167871	0,123752	12,3751613	0,363829741
600	0,0289	85,637787	89,66840067	4,445254	8,746528	0,770897631	0,022278942	77,08976312	0,123347	12,3346507	0,356471404
620	0,0289	84,42258	89,11338567	4,848007	8,643097667	0,755483806	0,021833482	75,54838061	0,125092	12,5091944	0,36151572
640	0,028	83,060377	88,42624267	5,578374	8,53796	0,737986583	0,020663624	73,79865829	0,129207	12,9206764	0,361778939
660	0,0273	81,512003	87,815029	6,673232	8,432745333	0,719848744	0,019651871	71,98487435	0,136079	13,607917	0,371496133
680	0,0246	79,17908	87,105829	8,168886	8,330924333	0,694421784	0,017082776	69,44217841	0,145715	14,5714754	0,358458294
700	0,0237	77,163504	86,31432967	9,873419	8,244519333	0,671497711	0,015914496	67,14977107	0,156607	15,6607472	0,371159709
720	0,022	74,951723	85,502634	11,896385	8,098394	0,647091154	0,014236005	64,70911545	0,168801	16,8800889	0,371361957
740	0,023	72,317378	84,82988633	14,190928	7,998397333	0,620510581	0,014271743	62,05105811	0,183276	18,3275858	0,421534473
760	0,0199	69,625556	83,93497933	16,741555	7,890306667	0,592225016	0,011785278	59,22250161	0,198428	19,8427544	0,394870813
780	0,0211	66,776991	83,14389633	19,235002	7,761030667	0,563623893	0,011892464	56,36238931	0,212595	21,2595197	0,448575866
800	0,033	63,969678	82,29219467	22,024944	7,716545667	0,535522064	0,017672228	53,55220643	0,228897	22,8897275	0,755361007
850	0,0453	56,852027	80,81694533	29,245614	7,753719667	0,470121294	0,021296495	47,0121294	0,272983	27,2983358	1,23661461
900	0,0381	50,580568	79,63087667	36,635848	7,626692333	0,414355005	0,015786926	41,43550045	0,315255	31,5255219	1,201122384
950	0,022	44,804798	78,92617733	43,054506	7,571157	0,365542832	0,008041942	36,55428315	0,35295	35,2949998	0,776489995
1000	0,0329	39,790878	78,49678267	48,811135	7,373543667	0,324006958	0,010659829	32,40069582	0,385726	38,5726086	1,269038823
1050	0,0308	35,44247	78,33213	54,000577	7,372026	0,289138851	0,008847649	28,9138851	0,418801	41,8801068	1,281531269
1100	0,0185	31,781922	78,32078967	58,534213	7,294462667	0,260020776	0,004810384	26,00207763	0,448017	44,8016704	0,828830903
1150	0,0136	28,531007	78,48818133	62,435327	7,386366333	0,234761171	0,003192752	23,47611706	0,477085	47,7085295	0,648836001
1200	0,021	25,749194	78,76661467	65,927874	7,169598333	0,21288002	0,00447048	21,28800198	0,501017	50,1017361	1,052136457
1250	0,0211	23,515379	79,294028	69,006244	7,317981667	0,196379827	0,004143614	19,63798268	0,530135	53,0135159	1,118585186
1300	0,0166	21,401613	79,881341	71,544706	7,188661667	0,180228288	0,00299179	18,0228288	0,553168	55,3168264	0,918259318
1350	0,0042	19,366385	80,61871933	73,567476	6,989599	0,164592795	0,00069129	16,4592795	0,573958	57,395805	0,241062381
1400	0,001	18,136788	81,53376633	75,717403	7,366925667	0,156611948	0,000156612	15,66119481	0,606756	60,6755812	0,060675581
1450	0,0044	16,710041	82,52036667	77,504601	7,567965333	0,146483916	0,000644529	14,64839164	0,636342	63,6341575	0,279990293
1500	0,0095	15,591705	83,497019	79,028182	7,479174333	0,138364328	0,001314461	13,83643276	0,660368	66,0368041	0,627349639
1550	0,0123	14,517791	84,35204367	80,331913	7,573737	0,130393863	0,001603845	13,03938634	0,684349	68,4349118	0,841749415
1600	0,011	13,463591	84,89619933	81,506735	7,546951667	0,121795391	0,001339749	12,17953909	0,701451	70,1451402	0,771596542
1650	0,0106	12,591773	85,19554667	82,515812	7,505448667	0,114358743	0,001212203	11,43587434	0,713519	71,3518702	0,756329824
1700	0,0093	11,715097	85,31334467	83,646369	7,526889333	0,106660739	0,000991945	10,66607385	0,724984	72,4983693	0,674234835
1750	0,0068	10,822401	85,18736	84,416318	7,437043667	0,098368851	0,000668908	9,83688506	0,728006	72,8005799	0,495043944
1800	0,0024	10,26699	85,16421367	85,017827	7,550856667	0,093436221	0,000224247	9,343622057	0,734439	73,4438544	0,17626525
1850	0,0005	9,669742	84,976591	85,432409	7,488464	0,08778637	4,38932E-05	8,778637014	0,733959	73,3958614	0,036697931
1900	0,0002	8,499697	84,742853	85,994614	7,033542	0,076665974	1,53332E-05	7,666597369	0,72765	72,7650422	0,014553008
1950	0,0012	8,629116	84,79471867	86,98843	7,575688	0,078332432	9,39989E-05	7,833243172	0,745342	74,5341698	0,089441004
2000	0,003	8,241996	84,751173	87,332881	7,495568667	0,074744746	0,000224234	7,474474575	0,746186	74,6186329	0,223855899
2050	0,0037	7,128642	84,64789367	87,066092	7,069295	0,064312031	0,000237955	6,431203086	0,735784	73,5784213	0,272240159
2100	0,0057	6,741562	84,59862367	86,946149	6,990826333	0,060723823	0,000346125	6,072362286	0,732446	73,244626	0,417494368
2200	0,0066	6,195273	82,95155933	88,674629	7,056772	0,05482123	0,00036182	5,482123046	0,721465	72,1464713	0,47616671
2300	0,006	5,6052	83,437178	90,492779	6,949801667	0,049906885	0,000299441	4,99068853	0,741767	74,1766707	0,445060024
2400	0,0041	5,193901	83,46492533	89,585678	6,872048	0,046194778	0,000189399	4,619477772	0,733751	73,3751355	0,300838055
2500	0,0006	3,735175	81,65885833	89,773033	6,823656667	0,03249137	1,94948E-05	3,249137012	0,705922	70,5921672	0,0423553
Σ	1						0,541192311				27,40029345
							x100=54,12				



λ (nm)	S λΔλ	ρ(λ)	ρ(λ)*100	S λΔλ ρ(λ)
780	0,0211	0,212595	21,25951971	0,448575866
800	0,033	0,228897	22,88972749	0,755361007
850	0,0453	0,272983	27,29833576	1,23661461
900	0,0381	0,315255	31,5255219	1,201122384
950	0,022	0,35295	35,29499979	0,776489995
1000	0,0329	0,385726	38,57260861	1,269038823
1050	0,0308	0,418801	41,88010684	1,281531269
1100	0,0185	0,448017	44,80167045	0,828830903
1150	0,0136	0,477085	47,70852951	0,648836001
1200	0,021	0,501017	50,10173606	1,052136457
1250	0,0211	0,530135	53,01351592	1,118585186
1300	0,0166	0,553168	55,31682641	0,918259318
1350	0,0042	0,573958	57,395805	0,241062381
1400	0,001	0,606756	60,67558118	0,060675581
1450	0,0044	0,636342	63,63415749	0,279990293
1500	0,0095	0,660368	66,03680413	0,627349639
1550	0,0123	0,684349	68,43491181	0,841749415
1600	0,011	0,701451	70,1451402	0,771596542
1650	0,0106	0,713519	71,35187016	0,756329824
1700	0,0093	0,724984	72,49836931	0,674234835
1750	0,0068	0,728006	72,80057993	0,495043944
1800	0,0024	0,734439	73,44385437	0,17626525
1850	0,0005	0,733959	73,39586141	0,036697931
1900	0,0002	0,72765	72,76504217	0,014553008
1950	0,0012	0,745342	74,53416977	0,089441004
2000	0,003	0,746186	74,61863294	0,223855899
2050	0,0037	0,735784	73,57842132	0,272240159
2100	0,0057	0,732446	73,24462598	0,417494368
2200	0,0066	0,721465	72,14647126	0,47616671
2300	0,006	0,741767	74,17667072	0,445060024
2400	0,0041	0,733751	73,37513548	0,300838055
2500	0,0006	0,705922	70,59216721	0,0423553
	0,4169			18,77838198

$\rho_{e,hü}$ = **45,043 %**

$\rho_{e,hü} / \rho_e$ = **6,0312** szorosát reflektálja vissza az infravörös sugarakból a hőszigetelő üveg a float üveghez képest.

F-35 Kétrétegű hőszigetelő üveg transzmissziója és reflexiója a float üveghez viszonyítva

		GOH FL4 Transzmissziója		IGU üveg transzmissziója	
λ (nm)	S λΔλ	τ_2 (l)	S λΔλ τ_2(l)	τ (λ)	S λΔλ τ(l)
780	0,0211	83,14389633	1,754336213	0,563623893	0,011892464
800	0,033	82,29219467	2,715642424	0,535522064	0,017672228
850	0,0453	80,81694533	3,661007623	0,470121294	0,021296495
900	0,0381	79,63087667	3,033936401	0,414355005	0,015786926
950	0,022	78,92617733	1,736375901	0,365542832	0,008041942
1000	0,0329	78,49678267	2,58254415	0,324006958	0,010659829
1050	0,0306	78,33213	2,396963178	0,289138851	0,008847649
1100	0,0185	78,32078967	1,448934609	0,260020776	0,004810384
1150	0,0136	78,48818133	1,067439266	0,234761171	0,003192752
1200	0,021	78,76661467	1,654098908	0,21288002	0,00447048
1250	0,0211	79,294028	1,673103991	0,196379827	0,004143614
1300	0,0166	79,881341	1,326030261	0,180228288	0,00299179
1350	0,0042	80,61871933	0,338598621	0,164592795	0,00069129
1400	0,001	81,53376633	0,081533766	0,156611948	0,000156612
1450	0,0044	82,52036667	0,363089613	0,146483916	0,000644529
1500	0,0095	83,497019	0,793221681	0,138364328	0,001314461
1550	0,0123	84,35204367	1,037530137	0,130393863	0,001603845
1600	0,011	84,89816933	0,933879863	0,121795391	0,001339749
1650	0,0106	85,19554667	0,903072795	0,114358743	0,001212203
1700	0,0093	85,31334467	0,793414105	0,106660739	0,000991945
1750	0,0068	85,18736	0,579274048	0,098368851	0,000668908
1800	0,0024	85,16421367	0,204394113	0,093436221	0,000224247
1850	0,0005	84,976591	0,042488296	0,08778637	4,38932E-05
1900	0,0002	84,742853	0,016948571	0,076665974	1,53332E-05
1950	0,0012	84,79471867	0,101753662	0,078332432	9,39989E-05
2000	0,003	84,751173	0,254253519	0,074744746	0,000224234
2050	0,0037	84,64789367	0,313197207	0,064312031	0,000237955
2100	0,0057	84,59862367	0,482212155	0,060723623	0,000346125
2200	0,0066	82,95155933	0,547480292	0,05482123	0,00036182
2300	0,006	83,437178	0,500623068	0,049906885	0,000299441
2400	0,0041	83,46492533	0,342206194	0,046194778	0,000189399
2500	0,0006	81,65885833	0,048995315	0,03249137	1,94948E-05
Σ	**0,4169**		**33,7285799**		**12,448604**

F-36. Az egyrétegű float üveg és a kétrétegű bevonatos üveg transzmissziójának mérési eredményei.

Guardian Orosháza Kft.
Orosháza, Csorvási út 31.
Hungary, H-5900

2008.09.25 14:30

GUARDIAN

- Page 1/4 -

LOW-E REPORT
Clima Guard N

Sample TAG-ID:	15446	Analyst:	Pintér Judit
Production date:	20080925	FTIR Ref.:	GIP_CGP
Exit time:	07:00:59	Coater:	Orosháza
Sample #:	6,16,26	Substrate:	GOH_FL4
Shift:	D	IGU Float:	GOH_FL4
Coating:	Clima Guard N	Comment:	

Thermal results:

		Avg.	Std.dev.
Sheet-Resistance (Ω/sqr)	R	N/A	N/A
Far-IR Reflectivity:	R_{IR}	95,35%	0,06%
Normal Emissivity:	ε_n	4,65%	0,06%
Corrected Emissivity:	ε_e	5,52%	0,06%
U factor-IGU (W/m^{2}K):	U	1,18	0,002
ε_n/R ratio:	-	N/A	N/A

Optical results:

		Monolithic		Dual-pane IGU	
		Average	Std.dev.	Average	Std.dev.
Light transmittance:	Tv	86,15%	0,09%	78,02%	0,08%
Light reflectance:	Rv	4,83%	0,01%	12,89%	0,01%
Light absorptance:	Av	9,02%	0,09%	9,09%	0,08%
Solar direct transmittance:	Te	61,95%	0,28%	54,35%	0,23%
Solar direct reflectance:	Re	27,25%	0,25%	27,21%	0,17%
Solar direct absorptance:	Ae	10,80%	0,09%	18,44%	0,08%
Secondary heat transfer factor towards the inside:	qi	1,56%	0,01%	8,35%	0,06%
Solar factor:	g	63,51%	0,27%	62,70%	0,20%
UV transmittance:	Tuv	46,15%	1,02%	38,09%	0,74%
Color rendering index	Ra	98,3	0,08	97,5	0,09
Color coordinates in transmittance:	L*	94,4	0,04	90,8	0,04
	a*	-1,52	0,04	-2,23	0,04
	b*	0,65	0,08	0,64	0,08
Color coordinates in reflectance (Film-side):	L*	26,2	0,03	42,6	0,01
	a*	1,71	0,31	0,23	0,13
	b*	-4,35	0,21	-3,18	0,09
Color coordinates in reflectance (Glass-side):	L*	30,0	0,27	42,6	0,18
	a*	0,65	0,36	-0,57	0,21
	b*	-5,99	0,11	-4,41	0,10

Calculations are based on EN-410, EN-673, and EN-12898 standards.
UV-VIS-NIR spectra were recorded with a Perkin-Elmer Lambda-950 spectrophotometer.
FT-IR spectroscopy was carried out by using a Perkin-Elmer Spectrum100 spectrophotometer.
Color parameters were calculated using CIE-C illumination and 2° observer standards.
Dual-pane IGU structure: 4 mm float , 16 mm 90% Ar - 10 % Air, 4 mm Low-E

F-37. A ClimaGuard N üveg mérési eredményeinek összefoglalása

Guardian Orosháza Kft.
Orosháza, Csorvási út 31.
Hungary, H-5900

2008.09.10 15:29

GUARDIAN

- Page 1/4 -

LOW-E REPORT
Clima Guard Premium

Sample TAG-ID:	28344	Analyst:	Miklós Bereznai
Production date:	20080910	FTIR Ref.:	GIP_CGP
Exit time:	02:14:27	Coater:	Orosháza
Sample #:	3,9,16,23,29	Substrate:	GOH_FL4
Shift:	D	IGU Float:	GOH_FL4
Coating:	Clima Guard Premium	Comment:	

Thermal results:

		Avg.	Std.dev.
Sheet-Resistance (Ω/sqr)	R	3,43	0,09
Far-IR Reflectivity:	R_{IR}	96,31%	0,22%
Normal Emissivity:	ε_n	3,69%	0,22%
Corrected Emissivity:	ε_c	4,45%	0,25%
U factor-IGU (W/m^{2}K):	U	1,15	0,008
ε_n/R ratio:	-	1,08	0,047

Pinhole Results:

	Pinholes	Covered	∅ (µm)
VS	215	1,07%	7,3
CE	104	0,38%	6,2
PS	119	0,49%	5,5
Avg.	146	0,64%	6,4
Stdev.	60,2	0,37%	0,87

Optical results:

		Monolithic		Dual-pane IGU	
		Average	Std.dev.	Average	Std.dev.
Light transmittance:	Tv	85,36%	0,23%	77,37%	0,20%
Light reflectance:	Rv	5,73%	0,20%	13,63%	0,16%
Light absorptance:	Av	8,91%	0,20%	9,00%	0,18%
Solar direct transmittance:	Te	59,40%	0,35%	52,30%	0,29%
Solar direct reflectance:	Re	30,30%	0,44%	29,46%	0,32%
Solar direct absorptance:	Ae	10,29%	0,24%	18,24%	0,18%
Secondary heat transfer factor towards the inside:	qi	1,47%	0,04%	7,99%	0,17%
Solar factor:	g	60,87%	0,35%	60,29%	0,34%
UV transmittance:	Tuv	42,22%	0,52%	35,26%	0,40%
Color rendering index	Ra	98,4	0,08	97,6	0,11
Color coordinates in transmittance:	L*	94,0	0,10	90,5	0,09
	a*	-1,64	0,07	-2,34	0,06
	b*	1,44	0,15	1,33	0,15
Color coordinates in reflectance (Film-side):	L*	28,7	0,52	43,7	0,24
	a*	1,89	0,42	0,35	0,20
	b*	-8,34	0,21	-5,25	0,14
Color coordinates in reflectance (Glass-side):	L*	34,3	0,63	45,2	0,39
	a*	0,52	0,31	-0,59	0,19
	b*	-7,39	0,10	-5,33	0,07

Brush-test:

Pos.	Class
VS	1
VSC	2
PSC	2
PS	2

Separator:

Pos.	mg/m2
VS	-
CE	-
PS	-

User defined, Out of spec., In spec., No spec.
Calculations are based on EN-410, EN-673, and EN-12898 standards.
UV-VIS-NIR spectra were recorded with a Perkin-Elmer Lambda-950 spectrophotometer.
FT-IR spectroscopy was carried out by using a Perkin-Elmer Spectrum100 spectrophotometer.
Color parameters were calculated using CIE-C illumination and 2° observer standards.
Dual-pane IGU structure: 4 mm float , 16 mm 90% Ar - 10 % Air, 4 mm Low-E
Micropinholes were counted utilizing an OLYMPUS BX41 optical microscope and "Scion Image v4.0.3" image processor software.

F-38 A ClimaGuard Premium üveg mérési eredményeinek összefoglalása

GLOBÁLSUGÁRZÁS MAGYARORSZÁGON : Legnagyobb órákat és napi összeget tartalmazó J/cm²-ben

1 J/cm² = 2,78 W/m²

hónap	órák																	
	4,0-5,0	5,0-6,0	6,0-7,0	7,0-8,0	8,0-9,0	9,0-10,0	10,0-11,0	11,0-12,0	12,0-13	13,0-14,0	14,0-15,0	15,0-16,0	16,0-17,0	17,0-18,0	18,0-19,0	19,0-20,0	Napi összeg
Jan				11	43	97	125	151	148	123	91	53	14				853
Febr				61	103	156	180	207	207	185	146	81	41				1387
Márc			51	98	160	211	248	268	262	241	207	178	97	43			2064
Ápr		42	92	153	234	270	348	330	312	295	284	216	154	82	28		2708
Máj	21	66	131	198	270	290	328	387	358	340	288	262	194	110	54	17	3277
Jún	24	70	134	201	267	302	333	364	352	336	308	259	216	122	63	24	3368
Júl	22	69	125	185	241	294	336	339	348	322	288	238	198	118	58	22	3197
Aug	18	50	99	178	217	263	287	311	317	304	278	284	151	115	57	12	2852
Szept		15	58	111	177	221	267	273	278	269	232	167	102	45	15		2238
Okt			21	78	126	174	205	233	223	201	192	138	51	19			1642
Nov				32	71	118	155	160	168	147	112	61	23				1048
Dec				8	32	72	104	138	128	104	66	32	8				674

	Transzmissziója %	Reflexiója %
IGU üveg	54,12	27,40
Kertészeti üveg	84,7	8,31

IGU üvegszerű átjutó globálsugárzás (J/cm²)

hónap	órák																
	4,0-5,0	5,0-6,0	6,0-7,0	7,0-8,0	8,0-9,0	9,0-10,0	10,0-11,0	11,0-12,0	12,0-13	13,0-14,0	14,0-15,0	15,0-16,0	16,0-17,0	17,0-18,0	18,0-19,0	19,0-20,0	Napi összeg
Jan	0	0	0	5,0532	23,2716	52,4064	67,65	81,7212	78,474	66,5676	49,2492	28,6836	7,5768	0	0	0	461,6436
Febr	0	0	0	33,0132	55,7436	84,4272	102,828	112,0284	112,0284	100,122	79,0152	49,2492	22,1802	0	0	0	750,6444
Márc IGU	0	0	27,601	53,0376	86,592	114,193	134,2176	145,0416	141,7944	130,4292	112,0284	96,3336	52,4064	23,272	0	0	1117,0968
Ápr	0	22,73	49,79	82,9036	126,6408	150,695	166,6896	167,772	168,8544	159,654	153,7008	116,8992	83,3448	44,376	15,1536	0	1500,4068
Máj	11,37	35,719	70,897	102,828	150,0648	156,948	177,5136	183,2064	189,42	184,068	155,8656	141,7044	104,9928	58,532	28,2248	9,2004	1773,5124
Jún IGU	12,96	37,884	72,521	108,7812	144,5904	163,442	180,2496	186,9648	190,5024	181,8432	162,36	140,1768	116,8992	66,826	35,178	12,988	1823,3028
Júl	11,91	37,343	67,65	100,122	130,4292	159,113	181,8432	183,4668	188,8788	174,2664	155,8656	128,8056	102,828	63,882	31,9788	11,906	1730,2164
Aug	5,412	27,06	53,579	82,004	117,4404	142,336	160,7364	168,3132	171,5904	164,5248	148,83	130,4048	81,7212	62,288	38,8484	6,4944	1543,5024
Szept	0	8,118	31,39	60,0732	95,7024	119,605	144,5004	147,7476	150,4536	145,5828	125,5584	90,3888	55,2024	24,354	8,118	0	1206,876
Okt	0	0	11,365	42,7548	68,1812	84,1688	110,946	126,0936	120,6876	108,7812	103,9104	63,8616	27,6012	18,283	0	0	888,6504
Nov	0	0	0	17,3184	38,4252	63,8616	83,886	86,582	91,4628	78,5564	60,6144	33,0132	12,4476	0	0	0	567,1776
Dec	0	0	0	4,8708	17,3184	38,9664	56,2848	63,8616	69,2736	56,2848	35,7192	17,3184	4,8708	0	0	0	364,7688

(Major, 1985)

ICU fotoszintetikus hasznosítható sugárzás (kcal/cm2)

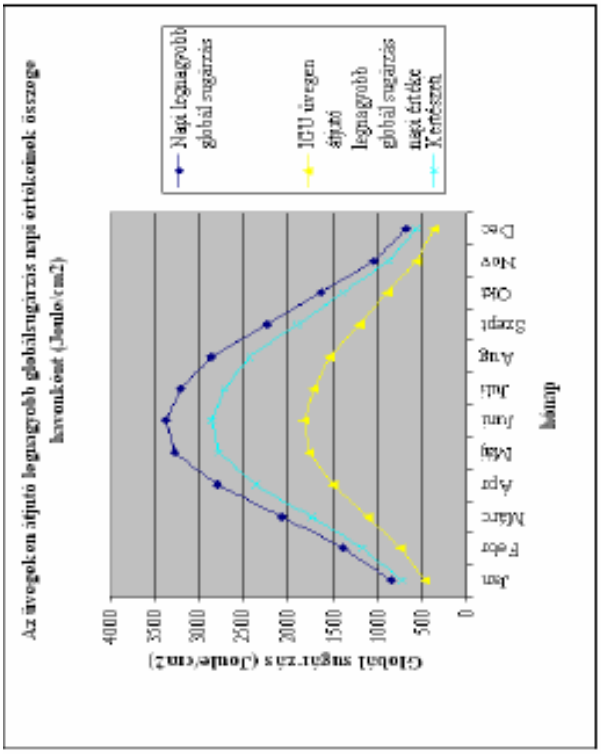
hónap	érték																
	4,0-5,0	5,0-6,0	6,0-7,0	7,0-8,0	8,0-9,0	9,0-10,0	10,0-11,0	11,0-12,0	12,0-13	13,0-14,0	14,0-15,0	15,0-16,0	16,0-17,0	17,0-18,0	18,0-19,0	19,0-20,0	Napi összeg
Jan	0	0	0	3,014	11,782	26,578	34,25	41,374	39,73	33,782	24,934	14,522	3,836	0	0	0	238,722
Febr	0	0	0	16,714	28,222	42,744	52,06	56,718	58,718	50,69	48,004	24,934	11,234	0	0	0	380,038
März	0	0	13,874	36,852	43,84	57,814	67,652	73,432	71,788	66,034	58,718	48,772	36,578	11,782	0	0	565,536
Ápr	0	11,508	25,208	41,922	64,116	76,446	84,392	84,84	83,488	80,83	77,816	59,184	42,106	22,468	7,672	0	764,106
Máj	3,754	18,804	35,894	52,06	76,446	78,46	89,872	97,838	95,8	93,16	78,912	71,788	53,156	30,14	14,786	4,658	867,898
Jun	6,576	19,18	36,716	53,074	73,158	82,748	91,242	99,736	96,448	82,064	82,2	70,966	59,184	33,428	13,81	6,576	923,106
Júl	6,028	18,806	34,25	50,68	66,834	80,536	92,064	92,886	95,626	88,228	78,912	65,212	52,06	32,192	16,166	6,028	875,978
Aug	2,74	13,7	27,126	46,58	58,458	72,862	81,378	85,214	88,858	83,286	75,38	55,886	41,374	31,51	15,618	3,288	701,448
Szept	0	4,11	15,892	30,414	48,498	60,534	73,158	74,882	76,172	73,786	63,568	45,758	27,948	12,33	4,11	0	611,02
Okt	0	0	5,754	21,646	34,524	47,676	58,17	63,842	61,102	55,074	52,608	32,332	13,674	5,206	0	0	449,008
Nov	0	0	0	8,768	18,454	32,332	42,47	43,84	46,308	40,278	38,688	16,714	6,302	0	0	0	287,152
Dec	0	0	0	2,466	8,768	19,728	28,496	32,332	35,072	28,466	18,084	8,768	2,466	0	0	0	184,676

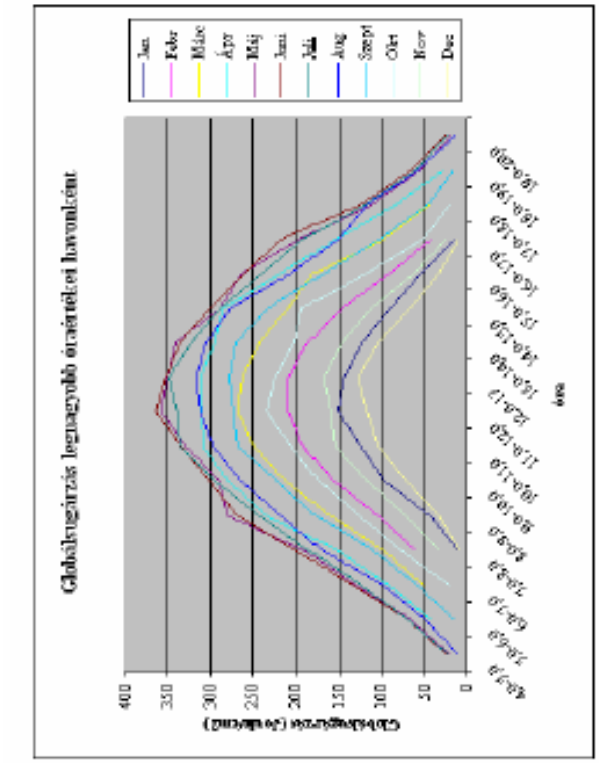
Kertészeti hasznosítható sugárzás (J/cm²) 1 J/cm² = 2,78 W/m²

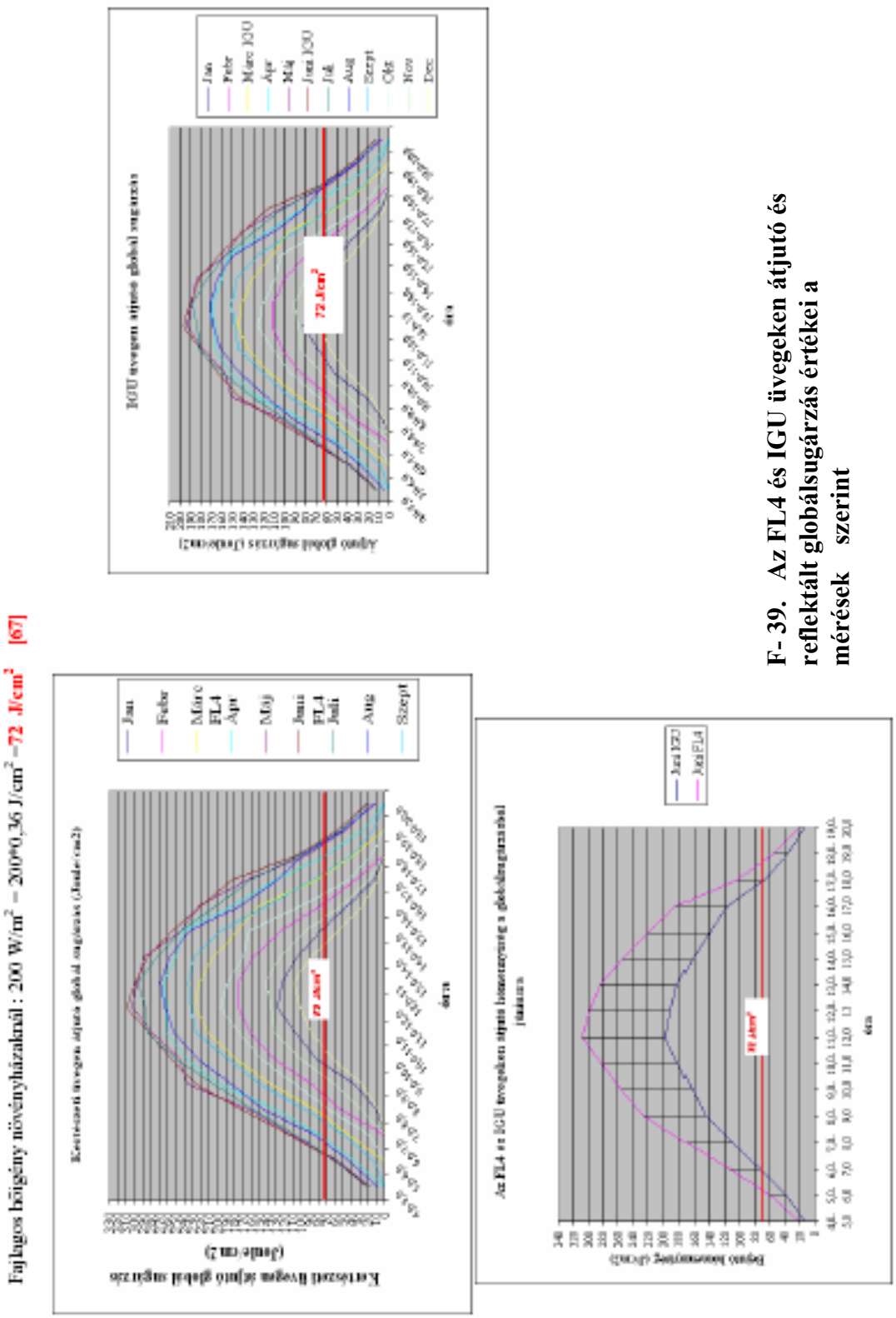
hónap	érték																
	4,0-5,0	5,0-6,0	6,0-7,0	7,0-8,0	8,0-9,0	9,0-10,0	10,0-11,0	11,0-12,0	12,0-13	13,0-14,0	14,0-15,0	15,0-16,0	16,0-17,0	17,0-18,0	18,0-19,0	19,0-20,0	Napi összeg
Jan	0	0	0	9,317	36,421	82,139	105,875	127,087	122,815	104,181	77,077	44,881	11,858	0	0	0	722,491
Febr	0	0	0	51,667	87,241	132,132	160,93	175,329	175,328	156,685	122,662	77,077	34,727	0	0	0	1174,708
März FL4	0	0	43,197	83,006	135,52	178,717	210,066	226,046	221,914	204,127	175,328	150,766	82,158	36,421	0	0	1748,208
Ápr	0	35,574	77,824	129,501	198,198	236,313	260,876	262,57	264,264	249,865	240,548	182,952	130,458	68,459	23,716	0	2362,283
Máj	17,78	58,802	110,96	160,93	236,313	245,63	277,816	302,379	296,48	287,88	243,936	221,914	164,318	93,17	45,728	14,508	2775,618
Jun FL4	20,33	59,20	113,5	170,247	228,140	255,594	282,051	308,508	298,144	254,582	254,1	219,373	182,952	103,33	55,055	21,328	2858,343
Júl	18,63	58,443	105,88	155,605	204,127	248,018	284,502	287,133	295,603	272,734	243,836	201,586	160,93	98,846	49,973	18,634	2707,858
Aug	8,47	42,35	83,853	143,68	183,360	222,361	251,559	263,417	274,408	257,488	232,829	172,788	127,807	97,405	48,279	18,164	2415,644
Szept	0	12,705	49,126	94,017	148,810	187,187	226,149	231,231	235,466	227,043	196,504	141,449	86,304	38,115	12,705	0	1888,81
Okt	0	0	17,787	66,913	106,722	147,378	179,685	197,351	188,881	170,247	162,624	99,946	42,197	16,093	0	0	1390,774
Nov	0	0	0	27,104	68,157	99,846	131,285	135,52	143,143	124,589	94,864	51,667	19,481	0	0	0	887,656
Dec	0	0	0	7,623	27,104	60,884	88,088	99,946	108,416	88,088	55,902	27,184	7,623	0	0	0	570,878

Kertészet I.vers.at reflektált oldalsugárzás (kwh/cm^2) (25)

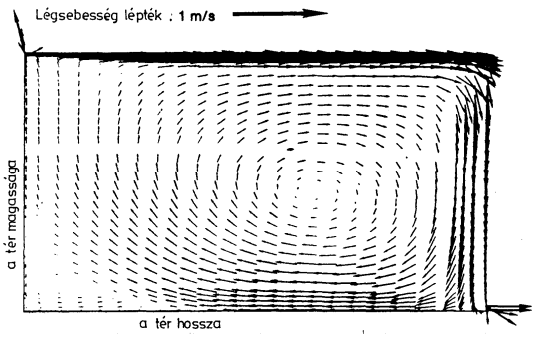
hónap	órák																
	4,0-5,0	5,0-6,0	6,0-7,0	7,0-8,0	8,0-9,0	9,0-10,0	10,0-11,0	11,0-12,0	12,0-13	13,0-14,0	14,0-15,0	15,0-16,0	16,0-17,0	17,0-18,0	18,0-19,0	19,0-20,0	Napi összeg
Jan	0	0	0	0,8141	3,5153	8,0607	10,3875	12,3481	12,0495	10,2213	7,5821	4,4043	1,1634	0	0	0	70,0843
Febr	0	0	0	5,8691	8,5993	12,9026	15,789	17,2017	17,2017	15,3735	12,1326	7,5621	3,4071	0	0	0	115,2507
Márc	0	0	4,2181	8,1438	13,296	17,5341	20,6088	22,2788	21,7722	20,0271	17,2817	14,7018	8,8507	3,5733	0	0	171,5184
Ápr	0	3,4802	7,6452	12,7143	19,4454	23,1849	25,5048	25,761	25,0272	24,5145	23,6804	17,9486	12,7074	6,8142	2,3268	0	231,7858
Máj	1,745	5,4846	10,886	15,788	23,1849	24,890	27,2558	29,6667	28,085	28,254	23,6328	21,7722	16,1214	9,141	4,4874	1,4127	272,3187
Jún	1,984	5,817	11,135	16,3031	22,1877	25,0862	27,6723	30,2484	29,2512	27,9216	24,93	21,5229	17,8406	18,188	5,4015	1,6944	279,8638
Júl	1,828	5,7139	10,188	15,3735	20,0271	24,4314	27,0216	28,1789	29,0018	26,7582	23,6328	19,7738	15,788	9,8858	4,9029	1,8282	265,6707
Aug	0,831	4,155	8,2369	14,127	18,0327	21,8553	24,6807	25,8441	26,3427	25,2624	22,8825	16,9524	12,5481	9,5865	4,7367	0,6972	237,8012
Szept.	0	1,2465	4,8598	8,2241	14,7887	18,3651	22,1877	22,6863	23,1018	22,8539	19,2792	13,8777	8,4762	3,7395	1,2465	0	183,313
Okt.	0	0	1,7451	6,5648	10,4706	14,4594	17,0385	19,3625	18,5313	16,7031	15,6952	9,8058	4,2081	1,5789	0	0	136,4502
Nov	0	0	0	2,6582	5,0801	9,8858	12,8805	13,246	14,0438	12,2157	9,3072	5,0641	1,8113	0	0	0	87,8888
Dec	0	0	0	0,7478	2,6582	5,9832	8,6424	9,8058	10,6948	8,6424	5,4846	2,6582	0,7478	0	0	0	56,0394

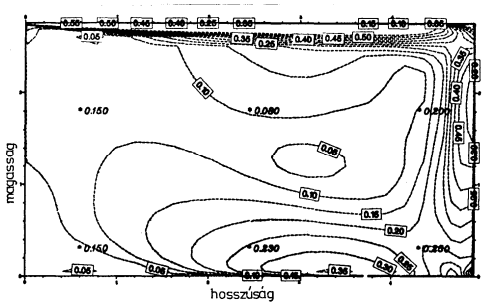

Az üvegeken átjutó legnagyobb globálsugárzás napi értékeinek összege havonként (Joule/cm2)
Napi legnagyobb globál sugárzás
ÜTU üvegen átjutó legnagyobb globál sugárzás napi értéke Keszthelyen
Globál sugárzás (Joule/cm2)
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
Jan
Febr
Márc
Ápr
Máj
Jún
Júl
Aug
Szept
Okt
Nov
Dec
hónap


Globálsugárzás legnagyobb órás értékei havonként
Jan
Febr
Márc
Ápr
Máj
Jún
Júl
Aug
Szept
Okt
Nov
Dec
Globálsugárzás (Joule/cm2)
400
350
300
250
200
150
100
50
0
nap



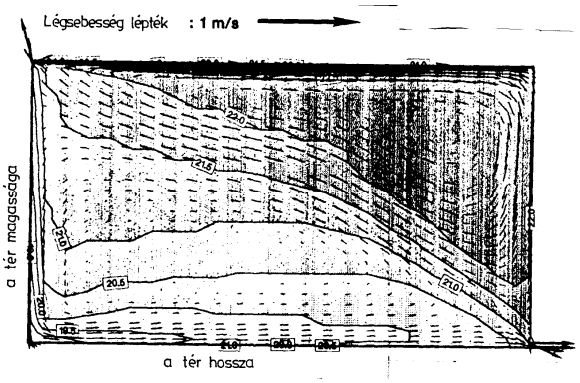
F- 39. Az FL4 és IGU üvegeken átjutó és reflektált globálsugárzás értékei a mérések szerint

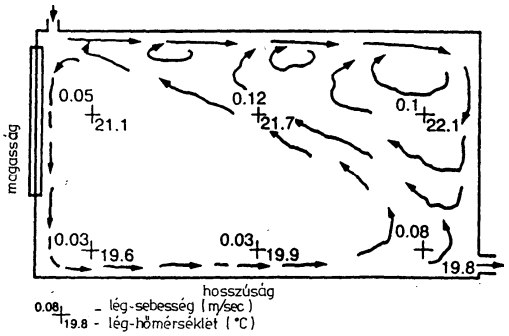




F-40
A becsült sebesség-vektorok a szélső irodában izotermikus áramláshoz (Awbi,1992)

F- 41
A becsült izovelek összehasonlítása a mért sebességekkel (*) a szélső irodában az izotermikus áramláshoz (m/sec) (Awbi,1992)

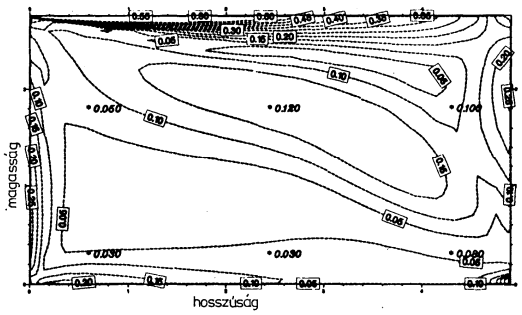




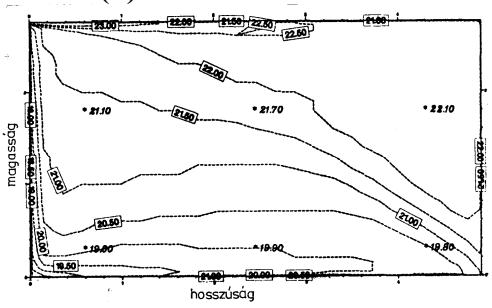
F-42
A becsült sebességvektorok (m/sec) és izotermák (C^o) a szélső irodában. Fűtéshez. (Awbi,1992)

F-43
A megfigyelt áramlási helyzet a széleken . Fűtéshez.

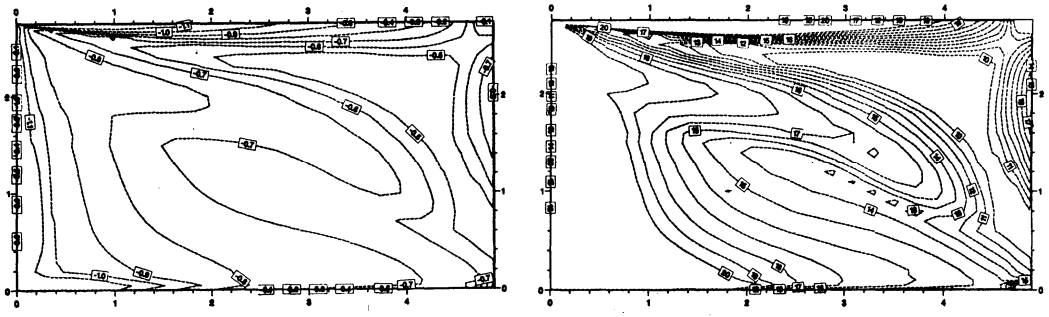
(a) légsebesség /m/sec/



(b) hőmérséklet /C^o/

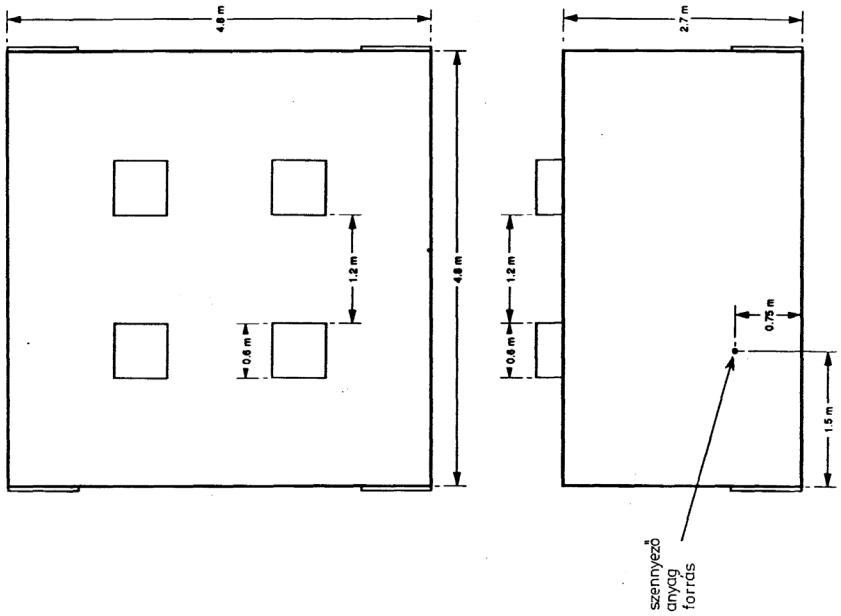


F-44 A becsült izovelek és izotermák összehasonlítása a mért sebességekkel és hőmérsékletekkel a szélső irodában. Fűtéshez (Awbi,1992)

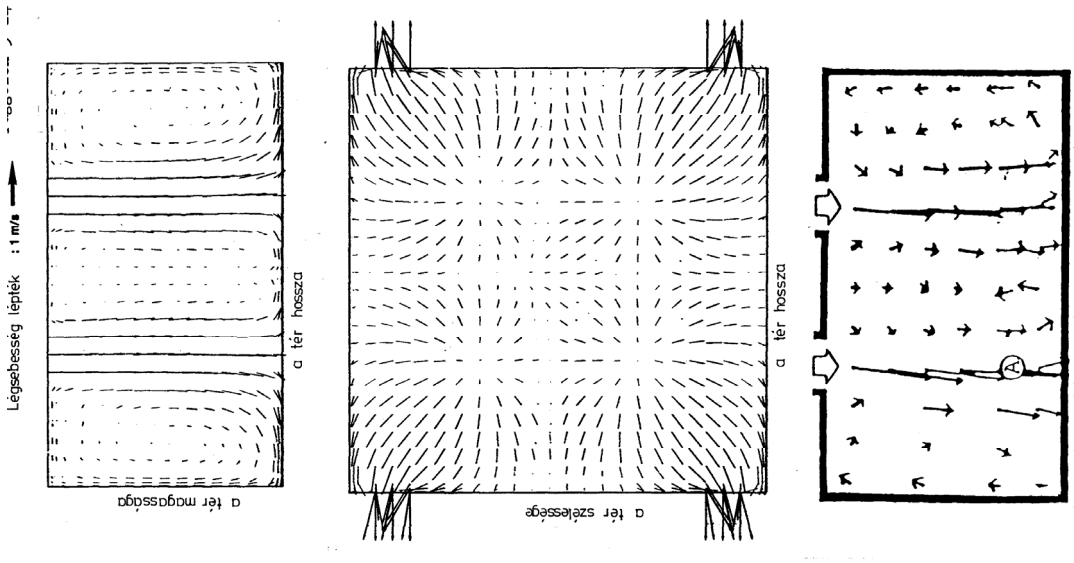


(a) a várható hőérzeti érték /PMV/ **(b) a kedvezőtlen hőérzet várható százalékos valószínűsége / % / /PPD/**

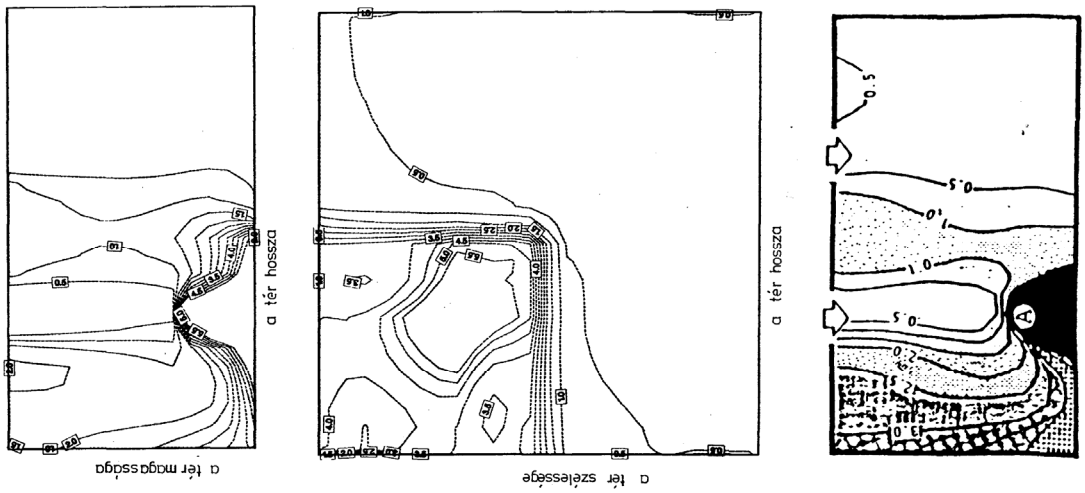
F-45 A PMV és PPD a szélső irodában. Fűtéshez. (Awbi,1992)



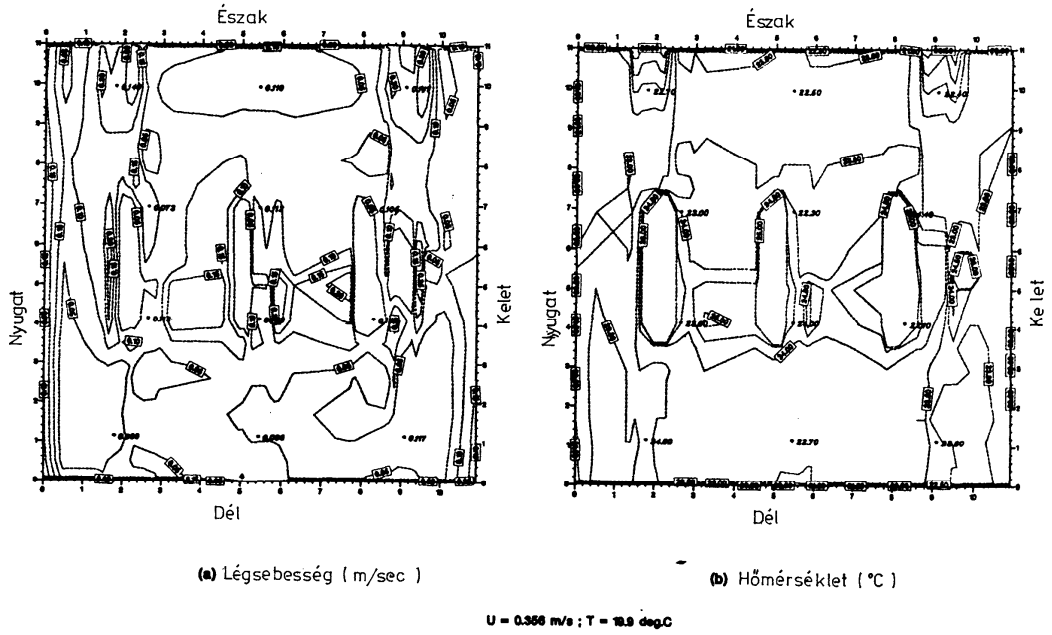
F-46
A tiszta tér alaprajza és metszete (Awbi,1992)



F-47
A becsült és kisérleti sebességvektorok a tiszta térben (Awbi,1992)
a./ a befúvások keresztüli függőleges síkban a becsült helyzet
b./ a padló felett 0,3 m.-re lévő vízszintes síkban becsült helyzet
c./ a befúváson keresztüli függőleges síkban a kisérlet eredménye



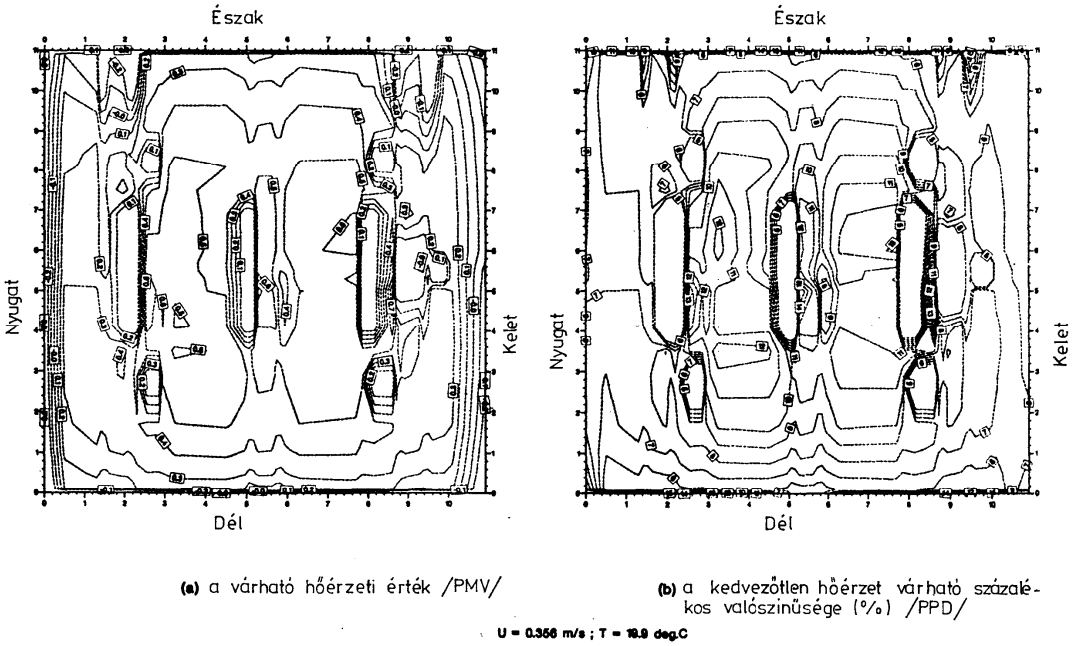
F-48
Becsült és kisérleti koncentráció-kontúrok a tiszta térben (Awbi,1992)
a./ a befúváson keresztüli függőleges síkban becsült helyzet
b./ a padló feletti 0,3 m.-en lévő vízszintes síkban a becsült helyzet
c./ a befúváson keresztüli függőleges síkban a kisérleti eredmény



F-49

A becsült izovelek és izotermák összehasonlítása a mért sebességekkel és hőmérsékletekkel (Awbi,1992)

(*) vízszintes síkban (0,9 m.-re a padló síkja felett) a tanteremben



F-50

A PMV és PPD kontúrjai a vízszintes síkban (0,9 m.-re a padló síkja felett a tanteremben (Awbi,1992)

F-51.

1. ARCHIPAK-QBALANCE "felhasználói modell"
(Szokolay, S.V., 1992)

E modell célja az épületek **állandósult állapotú** termikus teljesítményének az értékelése. 24 órás átlagok szerint dolgozik a szoláris, belső hőnyereségekre és a szellőzésre vonatkozóan, belső és külső hőmérsékleteket a napi középszinten állandónak feltételezve.

Az épület leírását a BUILDSUB egységgel hozza létre a program a BUILDINPUT művelettel. Az összes input adatot egy file-ban tárolja, melynek 8-karakteres adott neve van, a -.BLD kiterjesz-téssel.
Az épület térfogatát előre ki kell számolni és bevinni az óránkénti légcsere-számmal együtt (nach). Ebből a szellőzési hőveszteség (qv) számítható a CALC1-ben az alábbi szerint: **qv = vol*nach/3.**

Az **A*U** szorzatok összegét (sumqc), a CALC1 hozza létre, és a **qv-t hozzáadja**. Így megkapjuk az épület **fajlagos hőveszteség-**értékét **(q)** W/K-ben.

A szoláris **nyereségek** összegét (sumQs) a CALCSOL hozza létre és a manuálisan bevitt átlagos belső hőnyereség értékét ehhez adja hozzá, így megkapjuk **a Qsi-t, a teljes nyereséget**.

A CALC2-ben a **semleges hőmérséklet** az Auliciems-kifejezésből kapható: **Tn =17,6+0,31*To,** mint belső tervezési hőmérséklet (Auliciems: Psycho-Physiological criteria for global thermal zones of building-design 1982). To = külső hőmérséklet . Az értékek manuálisan bevihetők.
Az **egyensúlyi pont hőmérséklete** (az a külső hőmérséklet, amelynél a belső tér hővesztesége ugyanannyi mint a hőnyeresége) megadható mint:
Tb = Tn-(Qsi/q). Ez az érték a fok-órákra vonatkozó **alaphőmérsékletként** van adaptálva

A havi fűtési igény: Htg = q*Kh.

A fűtőberendezés szükséges kapacitása: a **Tb és a külső tervezési hőmérséklet közötti hőmérséklet-különbség** (a külső tervezési hőmérséklet a hónap minimumának középértéke) **és a fajlagos hőveszteségi érték szorzata: HC = (Tb-Tmin)*q.**

A YEARRUN művelet megismétli ezeket a számításokat mind a 12 hónapra és összesít.
Bármelyik havi vagy éves futtatás után az output közli, hogy a **Htg** az **állandóan használt** épület **fűtési igényét** jelenti és kérdezi, hogy a nem-folyamatos fűtés

esetén korrekció szükséges-e.
Ha igen, számos kérdést vet fel a használat idejére az épület, valamint a berendezések jellemzőire vonatkozóan és ezután a korrigált értéket állítja elő.

Ezek a korrekciós kifejezések az IHVE Guide (1970)-en alapulnak. Ha kérik, a SHOWCONTENT művelet kiírja a meglévő file-t és az EDIT3 művelet lehetővé teszi ezen file-on belül bármely tétel megváltoztatását.

Ha egy grafikus output is szükséges, a program hívja a GRAFIKON egységet.

A hőáramlást, a külső hőmérséklet függvényében grafikonon ábrázolja, összegzéssel. Ha az épület módosítása szükségessé válik, (azaz egy ismételt futtatás), akkor ez az összegző sort és a grafikon koordinátáit tárolja a program és a következő grafikon elkészültekor az előző eredmények pontozott vonallal lesznek jelölve.

2. A CLIMDATA adatbank

Ez egy viszonylag rövid modell, funkciója a klíma adat-file-ok létrehozása és szerkesztése. Ezeknek lehet valamilyen neve (8 karakterig), általában a helység neve és kapja a -.CLM kiterjesztést.
Mindegyik file tartalmazza az alábbi paraméterek havi középértékeit:

1 Tmax = maximális hőmérséklet középértéke (^oC)
2 Tmin = minimális hőmérséklet középértéke (^oC)
3 Tsd = a napi középhőmérsékletek standard eltérése (K)
4 RHam= relatív nedvesség-tartalom a reggeli órákra (%)
5 RHpm= relatív nedvesség-tartalom a délutáni órákra (%)
6 Rain = havi összes csapadék (mm)
7 Irad = napi összes besugárzás-átlag a hóra vonatkoztatva vízszintes felületre (Wh/m^2,nap)

Magyarországra vonatkozó új file létrehozásához, az értekezés M.3. Mellékletében található meteorológiai adatgyűjteményből nyerhetők az adatok.

3. SUNCALC "felhasználói" modell

A modell maga a szolár-geometriai számításokra használható. A SOLRAD egység (a SUNCALC-al van kapcsolatban) végzi a napsugárzási számításokat.
Egy adott dátumra a szoláris deklinációt külön referenciában megadott kifejezés szerint számolja a program.
A különböző szögekre az alábbi jólismert kifejezések használatosak:

óra-szög: HRA= 15*(hr-noon) , noon=12
mivel a Föld óránkénti szögelfordulása 360/24 = 15 ^{o}, az óraszög minden órára
15°, a délkörtől számítva. Így a HRA délelőtt negatív pl.:
9 órakor HRA = 15*(9-12) = -45° és

délután 2 órakor : HRA = 15*(14-12)=30°
magassági szög: ALT = arcsin(sinLAT*sinDEC+cosLAT*cosDEC*cosHRA)
azimut szög : AZI = arccos[(cosLAT*sinDEC- sinLAT*cosDEC*cosHRA)/ /cosALT] , vagy:
AZI = arcsin((cosDEC*sinHRA)/cosALT), ahol:
földrajzi szélesség: LAT = (déli negatív)
deklináció: DEC
noon = 12, a helyi időhöz és az időkiegyenlítéshez igazítva.

A CALENDAR művelet (a TIMESUB egységben) kéri a dátum bevitelét és kiszámolja a nap-számot (NDY=1-365).
Ha a helyi idő lett kiválasztva, kérni fogja a referencia-, és a helyi hosszúságot majd a 12 dél-idő minden egyes fokkülönbségéhez 4 percet illeszt. /Az időkiigazítás rendszerint 1 óra minden 15 hosszúsági fokra, Greenwichtől mérve. Mivel 1 óra = 60 perc, a Nap látszólagos elmozdulása: 60/15 = 4 perc, minden hosszúsági fokra./ (LONG - ref LONG)/15 (a megállapodás szerint a kelet +, és a nyugat -).

Ha az árnyékszög is szükséges, a program kérdezi a fal tájolását (ORI), akkor:
vizszintes árnyékszög: HSA= AZI-ORI (néhány ellenőrző rutinnal)
függőleges árnyékszög: VSA=arctan[(sinALT/cosALT)/cosHSA]

Az ellenőrző rutinok:
ha 90° < abs|HSA| < 270°, akkor kiírja a *-ot, mivel a nap a homlokzat mögött van.
ha HSA > 270°, akkor a HSA = HSA-360°
ha HSA < -270°, akkor a HSA = HSA+360°

Ha az idő egy adott napra és órára választott, akkor a ONEHOUR művelet kerül végrehajtásra. Ha az "adott dátum, összes óra" a választott, akkor a DAYROUTINE megy, és ha az "adott dátum az összes 12 hónapra" választás van, akkor a YEARROUTINE fut le, amely viszont hívni fogja a DAYROUTINE-t minden hónapra.

A program legnagyobb része a kiírások és a képernyő-kijelzések formázása.
SOLRAD felajánl három választást idő-alapon:

I. egy adott dátum,
II. egy adott hónap átlag-napja, vagy
III. mindegyik hónap átlag-napja.

Az adott adatok a részletesség négy szintjén lehetnek:

a. napi, globális vízszintes besugárzás,
b. ugyanaz, de különválasztva a direkt és diffúz komponenseket,
c. óránkénti globál besugárzási értékek,
d. a direkt és diffúz komponensek óránkénti értékei.

Négy fajta output hozható létre:
1. óránkénti vízszintes direkt és diffúz besugárzás,
2. óránkénti globál besugárzás függőleges falakra (max. 4),
3. ugyanez egy ferde felületre,
4. napi globális besugárzás egy ferde felületre.

A SELECTDATE művelet megadja a nap-számot és kiszámolja a dél-hozzáigazítást.

A DAYSPILT művelet szétválasztja a napi globális vízszintes besugárzást **direkt és diffúz** komponensekre. E módszer lényege, hogy az arra a **napra vonatkozó földkörüli sugárzást** számol a program és **ezzel osztja el az adott napi besugárzás-mennyiséget**.

A hányados a: **"légkőr-tisztasági index",** amelyet a CLEARNESS művelet hoz létre.

Ha rendelkezésre állnak az óránkénti globál-besugárzás értékek, akkor az HOURSPLIT művelet szétosztja ezeket direkt és diffúz komponensekre. A besugárzás áthelyezhető függőleges felületekre a VERTRAD művelettel és a ferde felületekre a TILRAD-dal.

Ha az egész évre vonatkozó futtatás a feladat, akkor a YEARRAD művelet lesz végrahajtva

A program többi része a különböző kiírások és képernyő outputok formázását szolgálja.

A fentieknek megfelelően a magyarországi helységek földrajzi koordinátái szerint az adott épületre beeső sugárzási adatok számíthatók és beilleszthetők.

4. Az ELEMDATA adatbank

Amikor egy új bevitel készül, minden egyes réteg vastagságát és az anyag kódszámát be kell vinni. A program kiszámolja az elem hőtani tulajdonságait.
Magastetők esetén a ferde rétegek megnövelt felületű területével kell számolni. Az eredmények a vízszintes vetületi felület szerint vannak megadva.
A padlók sokkal változatosabb feltételeket mutatnak: egy szellőztetett réteg feletti, vagy talajon fekvő padló. Ez utóbbinak különböző alkategóriái vannak: négy éle a külső térrel érintkezik, két párhuzamos vagy két határos él érintkezik a külső térrel.

A file-t lehet szerkeszteni, hozzáadni valamit, vagy kiíratni teljesen vagy részeiben.
Az ELEMDATA adatbankba illeszthetőek bele a különböző magyar épületszerkezetek a vonatkozó paramétereikkel, így az üveg térelhatároló

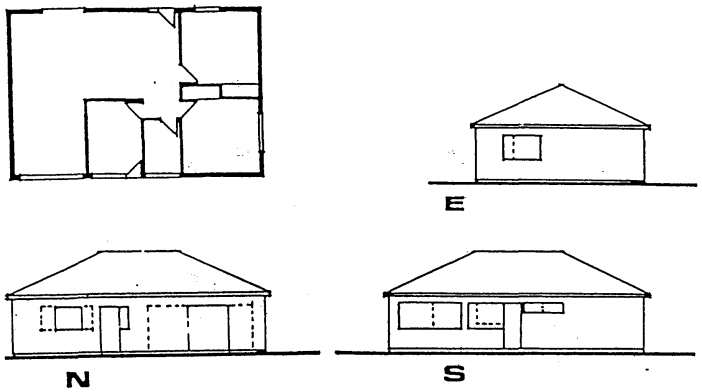
szerkezetek (ablakok, stb.) is.

5. MATDATA adatbank

A modell funkciója a MATERIAL.DAT file létrehozása és kezelése. Minden egyes anyag egy rekord lesz ("material") a file-ban ("MatFile").
A MATERIAL.DAT adat-file az ELEMDATA program alapjául szolgál, az épület-elemek hőtani adatainak számításakor és tárolásakor.
Az adatokat manuálisan kell bevinni.. A file szerkeszthető, vagy kiírható.

A MATDATA adatbankba illeszthetőek bele a különböző magyarországi forgalomban lévő és a továbbiakban megjelenő új építészeti üveganyagok vonatkozó paraméterei is.

A Magyarországra alkalmazott ARCHIPAK – QBALANCE számítógépes szimulációs modell alkalmazásának bemutatása az alábbi minta-épületre készült.



F-52. Minta-épület keleti (E), északi (N), déli (S) homlokzatai és alaprajza

Budapest klimatikus adatai
47,5 északi szélességi fok

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
TMax:	1.7	4.4	10.8	16.5	22.4	25.6	27.9	27.4	23.1	16.1	8.1	3.4	degC
TMin:	-3.2	-2.1	2.0	6.4	11.1	13.9	16.1	14.9	11.8	7.1	2.6	-0.8	degC
Tsd:	1.5	1.8	2.0	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	2.5	2.1	1.6	1.4	K
RHam:	85	81	74	69	69	68	66	68	74	81	86	87	%
RHpm:	75	71	64	59	59	58	56	58	64	71	76	77	%
Rain:	39	39	43	52	69	67	50	48	45	54	61	50	mm
Irad:	903	1678	2935	4267	5484	5900	5742	5000	3700	2322	1200	774	Wh/m2

Üveg és keretszerkezet adatok

code number	name	U-val W/m2K	adm. W/m2K	sgf. -	asgf1 -	asgf2 -
190	roof glazing, single clear 6 mm glass	6.60	6.60	0.76	0.64	0.47
191	roof glazing, single body tinted glass	6.60	6.60	0.52	0.47	0.38
192	roof glazing, double, clear + clear glass	4.60	4.60	0.64	0.56	0.42
193	roof glazing, double: body tinted + clear	4.60	4.60	0.40	0.37	0.30
194	horiz.laylight + skylight or lantern	3.80	3.80	0.64	0.56	0.42
195	bp-ordinary, 6 mm, alu.frame	5.34	5.34	0.76	0.64	0.47
196	bp-hungaropane/DUTEP fa keret	2.73	2.73	0.64	0.56	0.42

Falszerkezet adatai

code number	name	U-val W/m2K	adm. W/m2K	tlag hour	decr. -	abs. -
200	brick, single skin, 105 mm unplastered	3.28	4.26	2.56	0.87	0.50
201	brick, single skin, 220 mm unplastered	2.26	4.70	6.05	0.54	0.50
202	brick, single skin, 335 mm unplastered	1.73	4.73	9.43	0.29	0.50
203	brick, single skin, 105 mm + 13 plaster	3.02	4.14	2.99	0.83	0.50
204	brick, single skin, 220 mm + 13 plaster	2.14	4.51	6.49	0.49	0.50
205	brick, single skin, 335 mm + 13 plaster	1.65	4.51	9.87	0.26	0.50
206	brick, single skin, 105 mm + 13 LW plast.	2.59	3.31	3.06	0.82	0.50
207	brick, single skin, 220 mm + 13 LW plast.	1.91	3.57	6.61	0.46	0.50
208	brick, single skin, 335 mm + 13 LW plast.	1.52	3.57	9.98	0.24	0.50
209	brick, single skin 220 +25 cav + 10 plbd.	1.46	2.36	7.07	0.39	0.50
260	105 brck +cav +100dense c.block +13LWpls	1.59	4.25	8.00	0.31	0.60
261	105brck +cav +50EPS +100dense bl+13LWpls	0.49	4.39	9.44	0.20	0.60
262	105brck +50UPfoam +100dense block+13LWpl	0.59	4.38	9.25	0.21	0.60
263	105brck +cav +100LWblock +13LWplaster	0.92	2.16	7.12	0.54	0.60
264	105brck +cav +50EPS +100LWblock +13LWpls	0.40	2.39	8.78	0.40	0.60
265	105brck +50UPfoam +100LWblock +13LWplast	0.46	2.36	8.50	0.42	0.60
266	100dense block +cav +105brck +13LWplster	1.49	3.34	7.91	0.40	0.50

F- 53. Kiindulási adatok

Job: BP-RUN1. - Location: BUDAPEST month: JAN.

	No 1	ORI 2	Len 3	W/H 4	A 5	grp.code 6	7	U 8	A.U 9	sgf 10	Rso 11	abs 12	Gav 18	Qs 19
1:	10	-1	12.00	8.00	96.00	4	32	0.79	75.6	-	-	-	0	0
2:	20	180	12.00	2.40	12.66	2	05	1.65	20.9	-	0.06	0.50	70	44
3:	21	180	5.00	2.10	10.50	1	95	5.34	56.1	0.76	-	-	70	558
4:	22	180	0.30	1.20	0.36	1	95	5.34	1.9	0.76	-	-	70	19
5:	23	180	0.80	2.10	1.68	2	94	3.00	5.0	-	0.06	0.50	70	11
6:	24	180	3.00	1.20	3.60	1	95	5.34	19.2	0.76	-	-	70	191
7:	30	90	8.00	2.40	17.04	2	05	1.65	28.2	-	0.06	0.50	25	21
8:	31	90	1.80	1.20	2.16	1	95	5.34	11.5	0.76	-	-	25	41
9:	40	360	12.00	2.40	24.34	2	05	1.65	40.2	-	0.06	0.50	13	15
10:	41	360	1.00	0.50	0.50	1	95	5.34	2.7	0.76	-	-	13	5
11:	42	360	0.80	2.10	1.68	2	94	3.00	5.0	-	0.06	0.50	13	2
12:	43	360	0.60	1.80	1.08	1	95	5.34	5.8	0.76	-	-	13	10
13:	44	360	1.00	1.20	1.20	1	95	5.34	6.4	0.76	-	-	13	12
14:	50	270	8.00	2.40	19.20	2	05	1.65	31.7	-	0.06	0.50	25	24
15:	60	-1	12.00	8.00	96.00	3	62	0.55	52.4	-	0.04	0.60	38	-99

volume = 230.4 m3 (W/K) qc = 362.8 (W) 853
air ch.= 2.0 qv = 153.6 Qi = 240
q = 516.4 Qs+i = 1093

Külső min. középhőmérséklet = -3.2 C°
Belső tervezési hőmérséklet = 18.5 C°
Igényelt fűtési kapacitás = 10112 W
Egyensúlyi (bázis) hőmérséklet = 16,4 C°
Havi hőfokhíd = 12748 Kh
Fűtési szükséglet januárra = 6582.5 kW

Job: bp-run2. - Location: BUDAPEST month: JAN.

	No 1	ORI 2	Len 3	W/H 4	A 5	grp.code 6	7	U 8	A.U 9	sgf 10	Rso 11	abs 12	Gav 18	Qs 19
1:	10	-1	12.00	8.00	96.00	4	32	0.79	75.6	-	-	-	0	0
2:	20	180	12.00	2.40	12.66	2	05	1.65	20.9	-	0.06	0.50	70	44
3:	21	180	5.00	2.10	10.50	1	96	2.73	28.7	0.64	-	-	70	470
4:	22	180	0.30	1.20	0.36	1	96	2.73	1.0	0.64	-	-	70	16
5:	23	180	0.80	2.10	1.68	2	94	3.00	5.0	-	0.06	0.50	70	11
6:	24	180	3.00	1.20	3.60	1	96	2.73	9.8	0.64	-	-	70	161
7:	30	90	8.00	2.40	17.04	2	05	1.65	28.2	-	0.06	0.50	25	21
8:	31	90	1.80	1.20	2.16	1	96	2.73	5.9	0.64	-	-	25	34
9:	40	360	12.00	2.40	24.34	2	05	1.65	40.2	-	0.06	0.50	13	15
10:	41	360	1.00	0.50	0.50	1	96	2.73	1.4	0.64	-	-	13	4
11:	42	360	0.80	2.10	1.68	2	94	3.00	5.0	-	0.06	0.50	13	2
12:	43	360	0.60	1.80	1.08	1	96	2.73	2.9	0.64	-	-	13	9
13:	44	360	1.00	1.20	1.20	1	96	2.73	3.3	0.64	-	-	13	10
14:	50	270	8.00	2.40	19.20	2	05	1.65	31.7	-	0.06	0.50	25	24
15:	60	-1	12.00	8.00	96.00	3	62	0.55	52.4	-	0.04	0.60	38	-99

volume = 230.4 m3 (W/K) qc = 312.1 (W) 721
air ch.= 2.0 qv = 153.6 Qi = 240
q = 465.7 Qs+i = 961

Külső min. középhőmérséklet = -3.2 C°
Belső tervezési hőmérséklet = 18.5 C°
Igényelt fűtési kapacitás = 9146 W
Egyensúlyi (bázis) hőmérséklet = 16,4 C°
Havi hőfokhíd = 12788 Kh
Fűtési szükséglet januárra = 5955.5 kWh

F-54. Az épület input és output adatai 1 és 2 esetekre

Job: BP-RUN3. - Location: BUDAPEST month: JAN.

No	ORI	Len	W/H	A	grp.code		U	A.U	sgf	Rso	abs	Gav	Qs
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	18	19
1: 10	-1	12.00	8.00	96.00	4	32	0.79	75.6	-	-	-	0	0
2: 20	180	12.00	2.40	12.66	2	63	0.92	11.6	-	0.06	0.60	70	29
3: 21	180	5.00	2.10	10.50	1	95	5.34	56.1	0.76	-	-	70	558
4: 22	180	0.30	1.20	0.36	1	95	5.34	1.9	0.76	-	-	70	19
5: 23	180	0.80	2.10	1.68	2	94	3.00	5.0	-	0.06	0.50	70	11
6: 24	180	3.00	1.20	3.60	1	95	5.34	19.2	0.76	-	-	70	191
7: 30	90	8.00	2.40	17.04	2	63	0.92	15.6	-	0.06	0.60	25	14
8: 31	90	1.80	1.20	2.16	1	95	5.34	11.5	0.76	-	-	25	41
9: 40	360	12.00	2.40	24.34	2	63	0.92	22.3	-	0.06	0.60	13	10
10: 41	360	1.00	0.50	0.50	1	95	5.34	2.7	0.76	-	-	13	5
11: 42	360	0.80	2.10	1.68	2	94	3.00	5.0	-	0.06	0.50	13	2
12: 43	360	0.60	1.80	1.08	1	95	5.34	5.8	0.76	-	-	13	10
13: 44	360	1.00	1.20	1.20	1	95	5.34	6.4	0.76	-	-	13	12
14: 50	270	8.00	2.40	19.20	2	63	0.92	17.6	-	0.06	0.60	25	16
15: 60	-1	12.00	8.00	96.00	3	62	0.55	52.4	-	0.04	0.60	38	-99

volume = 230.4 m3 (W/K) qc = 308.7 (W) 818
air ch.= 1.0 qv = 76.8 Qi = 240
q = 385.5 Qs+i = 1058

Külső min. középhőmérséklet = -3.2 C°
Belső tervezési hőmérséklet = 18.5 C°
Igényelt fűtési kapacitás = 7308 W
Egyensúlyi (bázis) hőmérséklet = 15,8 C°
Havi hőfokhíd = 12281 Kh
Fűtési szükséglet januárra = 4734,2 kWh

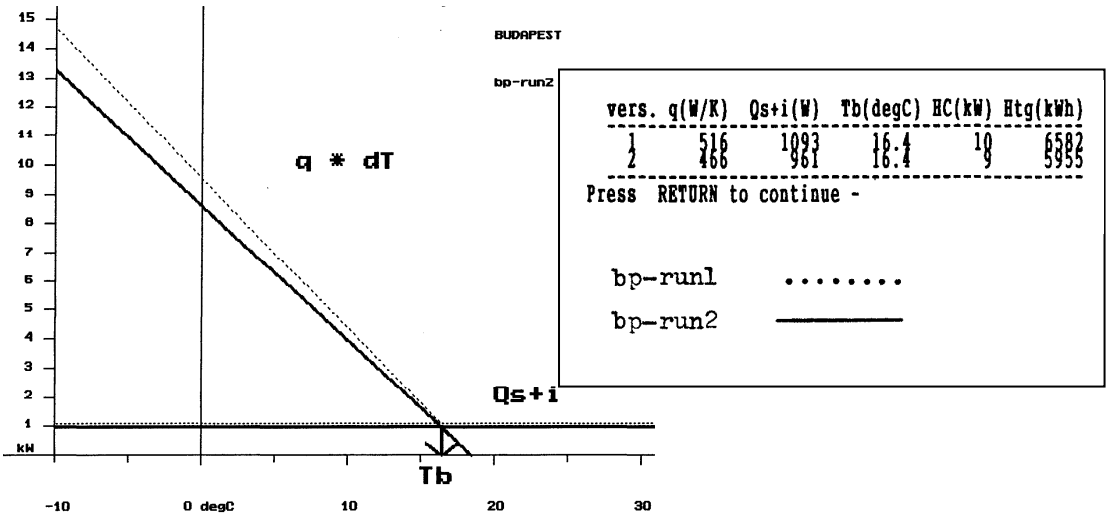
Job: bp-run4. - Location: BUDAPEST month: JAN.

No	ORI	Len	W/H	A	grp.code		U	A.U	sgf	Rso	abs	Gav	Qs
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	18	19
1: 10	-1	12.00	8.00	96.00	4	32	0.79	75.6	-	-	-	0	0
2: 20	180	12.00	2.40	12.66	2	63	0.92	11.6	-	0.06	0.60	70	29
3: 21	180	5.00	2.10	10.50	1	96	2.73	28.7	0.64	-	-	70	470
4: 22	180	0.30	1.20	0.36	1	96	2.73	1.0	0.64	-	-	70	16
5: 23	180	0.80	2.10	1.68	2	94	3.00	5.0	-	0.06	0.50	70	11
6: 24	180	3.00	1.20	3.60	1	96	2.73	9.8	0.64	-	-	70	161
7: 30	90	8.00	2.40	17.04	2	63	0.92	15.6	-	0.06	0.60	25	14
8: 31	90	1.80	1.20	2.16	1	96	2.73	5.9	0.64	-	-	25	34
9: 40	360	12.00	2.40	24.34	2	63	0.92	22.3	-	0.06	0.60	13	10
10: 41	360	1.00	0.50	0.50	1	96	2.73	1.4	0.64	-	-	13	4
11: 42	360	0.80	2.10	1.68	2	94	3.00	5.0	-	0.06	0.50	13	2
12: 43	360	0.60	1.80	1.08	1	96	2.73	2.9	0.64	-	-	13	9
13: 44	360	1.00	1.20	1.20	1	95	5.34	6.4	0.76	-	-	13	12
14: 50	270	8.00	2.40	19.20	2	63	0.92	17.6	-	0.06	0.60	25	16
15: 60	-1	12.00	8.00	96.00	3	62	0.55	52.4	-	0.04	0.60	38	-99

volume = 230.4 m3 (W/K) qc = 261.2 (W) 688
air ch.= 1.0 qv = 76.8 Qi = 240
q = 338.0 Qs+i = 928

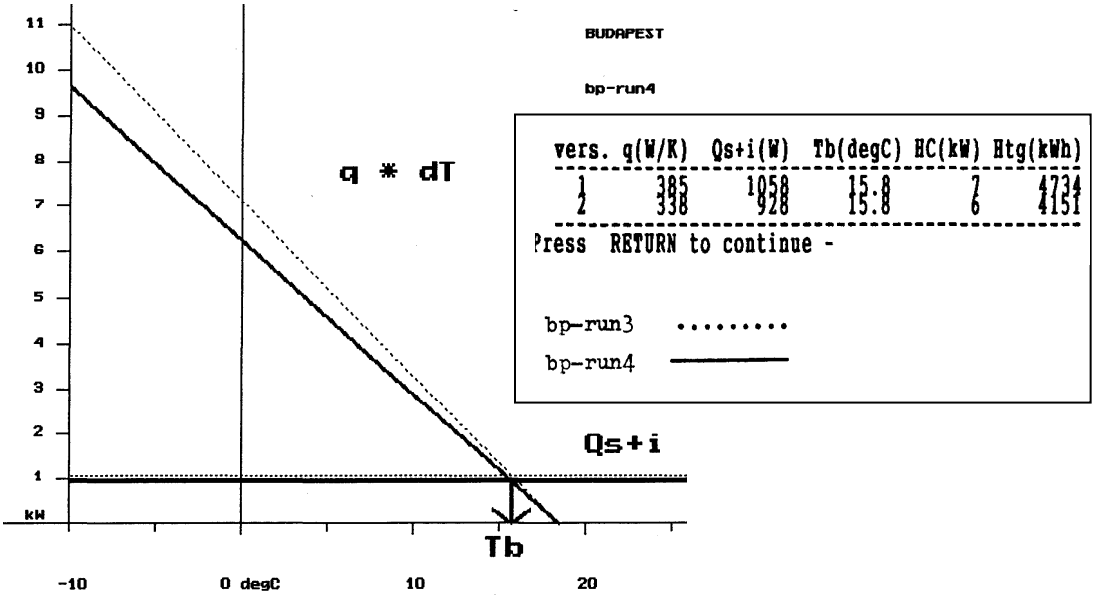
Külső min. középhőmérséklet = -3.2 C°
Belső tervezési hőmérséklet = 18.5 C°
Igényelt fűtési kapacitás = 6407 W
Egyensúlyi (bázis) hőmérséklet = 15,8 C°
Havi hőfokhíd = 12280 Kh
Fűtési szükséglet januárra = 4150,7 kWh

F-55. Az épület input és output adatai a 3 és 4 esetekre



F-56.

Az épületre vonatkozó output-ok grafikonja 1 és 2 esetre



F-57.

Az épületre vonatkozó outputok grafikonjai 3 és 4 esetre

F-58.
PMV várható hőérzeti érték meghatározásának szimulációs modellje

1. Mintapélda

```
A VIZSGALANDO FELULET :

1. TOMOR
2. TRANSZPARENS
3. PROGRAM VEGE

Irjon 1-et tomor felulet vizsgalatahoz,
      2-ot transzparens felulet vizsgalatahoz :
```

```
A TOMOR FELULET FAJTAJA :

1. KULSO FAL
2. TETOSZERKEZET
3. TALAJON FEKVO PADLO
4. BELSO TERREL ERINTKEZO SZERKEZET

A tomor felulet fajtajanak a sorszama :
```

```
TOMOR KULSO FAL-FELULET VIZSGALATA - ADATOK:

TB belso leghomerseklet                  (C):   20
TK kulso leghomerseklet                  (C):   -15
AB belso felulet hoatadasi tenyezoje   (W/m2K):  8.00
AK kulso felulet hoatadasi tenyezoje   (W/m2K):  24.00
D1 1. reteg vastagsaga                   (m):   0.05
D2 2. reteg vastagsaga                   (m):   0.36
D3 3. reteg vastagsaga                   (m):   0.02
L1 1. reteg hovezetesi tenyezoje       (W/mK):  0.14
L2 2. reteg hovezetesi tenyezoje       (W/mK):  0.39
L3 3. reteg hovezetesi tenyezoje       (W/mK):  0.81
FA a kulso falfelulet terulete           (m2):  24.0
AU transzparens szerkezet teljes felulete (m2):  4.5

AKARJA-E AZ ADATOKAT VALTOZTATNI? (I/N):
```

```
Ez hanyadik tomor kulso fal-felulet vizsgalata?
1. Elso
2. Masodik
3. Harmadik
4. Negyedik

Irja be a tomor kulso fal-felulet sorszamat :
```

A TOMOR KULSO FAL FELULETEK ADATAI :

A felulet sorszama	Hoatbocsatasi tenyezo (W/m2K)	Belso felulet homerseklete (C)
1.	0.680	17.027
2.	0.409	18.212
3.	0.680	17.027
4.	0.680	17.027

Tovabbi lepes :
1. Program vege
2. Mas felulet vizsgalata
3. PMV szamitasa

Irja be a kivant lepes sorszamat :

A TOMOR KULSO FAL FELULETEK ADATAI :

A felulet sorszama	Hoatbocsatasi tenyezo (W/m2K)	Belso felulet homerseklete (C)
1.	0.680	17.027
2.	0.680	17.027
3.	0.680	17.027
4.	0.680	17.027

Tovabbi lepes :
1. Program vege
2. Mas felulet vizsgalata
3. PMV szamitasa

Irja be a kivant lepes sorszamat :

UVEGSZERKEZETEK :

Kod	Megnevezes	Naptenyezo	K-ertek levego (W/m2K)
1.	6 mm-es uveg, napvedo bevonattal a 2. feluleten	: 19	4.1
2.	6-12-6mm uveg, napvedo bevonattal a 2. feluleten Low-E bevonattal a 3. felulete	: 12	1.7
3.	6-12-6mm uveg, Low-E bevonattal a 3. feluleten	: 65	1.7

Adja meg a kivalasztott szerkezet sorszamat :

SZOLARIS NYERESEG-TENYEZOK SZAMERTEKEI :

Tajolas :	D	DK,DNY	K,NY	EK,ENY	E,Arnyekolt
arnyekolt felulet	3.5	2.4	1.9	1.4	1.0
reszben arnyekolt felulet	2.2	1.7	1.1	1.0	1.0

Valassza ki a szolaris nyereseg-tenyezot
S =

TRANSZPARENS FELULET VIZSGALATA - ADATOK :

TB belso leghomerseklet (C): 20.000
TK kulso leghomerseklet (C): -15.000
AB belso felulet hoatadasi tenyezoje (W/m2K): 8.000
N naptenyezo : 0.190
KU transzmisszios hoatbocsatasi tenyezo (W/m2K): 4.100
S szolaris nyereseg-tenyezo : 2.200
AT uveg felulet terulete (m2): 4.3
AU transzparens szerkezet teljes felulete (m2): 4.5

AKARJA-E AZ ADATOKAT VALTOZTATNI? (I/N) :

Ez hanyadik transzparens felulet vizsgalata? :
1. Elso
2. Masodik
3. Harmadik
4. Negyedik

Irja be a transzparens felulet sorszamat

A TRANSZPARENS FELULETEK ADATAI :

A felulet sorszama	Hoatbocsatasi tenyezo (W/m2K)	Belso felulet homerseklete (C)
1.	3.701	3.810
2.	3.898	2.946
3.	3.916	2.866
4.	3.905	2.916

Tovabbi lepes :
1. Program vege
2. Mas felulet vizsgalata
3. PMV szamitasa

Irja be a kivant lepes sorszamat :

PADLASFODEM FELULET VIZSGALATA - ADATOK :

TB belso leghomerseklet	(C):	20
TK kulso leghomerseklet	(C):	-15
TX padlaster homerseklete	(C):	-6.000
ABF belso felulet hoatadasi tenyezoje	(W/m2K):	10.00
AKF kulso felulet hoatadasi tenyezoje	(W/m2K):	12.00
FF padlasfodem terulete	(m2):	40.0
DF1 1. reteg vastagsaga	(m):	0.05
DF2 2. "	:	0.08
DF3 3. "	:	0.2
DF4 4. "	:	0.02
LF1 1. reteg hovezetesi tenyezoje	(W/mK):	0.93
LF2 2. "	:	0.05
LF3 3. "	:	0.65
LF4 4. "	:	0.87

AKARJA-E AZ ADATOKAT VALTOZTATNI? (I/N) :

TALAJON FEKVO PADLO VIZSGALATA - ADATOK :

TB belso leghomerseklet	(C):	20
ABP belso felulet hoatadasi tenyezoje	(W/m2K):	6.00
KE padlo kerulete	(m):	26
FP padlo terulete	(m2):	40.0
TT talaj homerseklete	(C):	0.000
LT talaj hovezetesi tenyezoje	(W/mK):	1.200
DP1 1. reteg vastagsaga	(m):	0.1
DP2 2. "	:	0.03
DP3 3. "	:	0.05
DP4 4. "	:	0.03
LP1 1. reteg hovezetesi tenyezoje	(W/mK):	1.28
LP2 2. "	:	0.05
LP3 3. "	:	0.93
LP4 4. "	:	0.174
Z padlo es talajszint kozotti magassagkulonbseg	(m):	0.5
RSZ perem hovezetesi ellenallasa	(m2K/W):	0.700

AKARJA-E AZ ADATOKAT VALTOZTATNI? (I/N):

ADATOK:

TA kornyezeti leghomerseklet	(C):	20.000
RH relativ nedvessegtartalom	(%):	65
MH metabolikus ho	(kcal/hm2):	60
ETA mechanikai hatasfok	:	0
ICL ruhazat termikus ellenallasa	:	0.3
FCL ruhazat szigetelokepessege	:	1.05

V levegoaramlas sebessege (m/sec): 0

ICL ruhazat termikus ellenallasa	:	0.3
FCL ruhazat szigetelokepessege	:	1.05
V levegoaramlas sebessege	(m/sec):	0
T1 1. fal-felulet kozepes homerseklete	(C):	17.027
T2 2. "	(C):	17.027
T3 3. "	(C):	17.027
T4 4. "	(C):	17.027
TU1 1. uvegszerk. felulet homerseklete	(C):	3.810
TU2 2. "	(C):	2.946
TU3 3. "	(C):	2.866
TU4 4. "	(C):	2.916
TP padlo feluletenek homerseklete	(C):	16.759
TF padlasfodem felulet homerseklete	(C):	19.109
F1 1. fal-felulet terulete	(m2):	19.500
F2 2. "	(m2):	12.000
F3 3. "	(m2):	21.000
F4 4. "	(m2):	13.500
FU1 1. uvegszerk. felulet terulete	(m2):	4.500
FU2 2. "	(m2):	3.000
FU3 3. "	(m2):	3.000
FU4 4. "	(m2):	1.500
FP padlo feluletenek terulete	(m2):	40.000
FF padlasfodem felulet terulete	(m2):	40.000

AKARJA-E AZ ADATOKAT VALTOZTATNI? (I/N):

KORNYEZO FELULETEK KOZEPES SUGARZASI HOMERSEKLETE

N	felulet kozepes homerseklete (C)	felulet (m2)	szorzatuk (Cm2)
1	17.027	19.500	332.027
2	17.027	12.000	204.324
3	17.027	21.000	357.567
4	17.027	13.500	229.865
5	3.810	4.500	17.145
6	2.946	3.000	8.839
7	2.866	3.000	8.598
8	2.916	1.500	4.374
9	16.759	40.000	670.353
10	19.109	40.000	764.361
osszeg:		158.000 m2	2614.597 Cm2

KORNYEZO FELULETEK KOZEPES SUGARZASI HOMERSEKLETE (TR) =

16.548 C

Az eredmenyek osszessegenek adatait akarja? (I/N).

EREDMENYEK:

Goznyomas	(Hgmm):	11.39545
Ruhazat feluleti homerseklete	(C):	31.60143
Konvektiv hoatadasi tenyezo	(kcal/hm2C):	3.78340
Kozepes sugarzasi homerseklet szamitasa	(C):	16.54808
PMV varhato hoerzeti ertek	:	-3.74827

HIDEG HOERZET (ASHRAE hoerzeti skala szerint)

KOVETKEZO FUTTATAS (I/N):

8. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Ezuton szeretném mindazoknak a köszönetemet kifejezni, akik segítségükkel, támogatásukkal hozzájárultak a dolgozat elkészüléséhez.

Köszönetet mondok témavezetőmnek Dr Farkas István professzor úrnak, valamint Dr Barótfi István professzor úrnak értékes tanácsaiért, valamint Sápi Lajosnak, a Guardian Orosházi Üveggyár igazgatójának és nemzetközi tanácsadójának, aki lehetővé tette, a témában a nemzetközi kapcsolataim kiépítését, Berencsi István Guardian Orosháza bevonósori vezetőjének, aki lehetővé tette a kutatásaimhoz szükséges üvegmérések elvégzését, és hasznos tanácsaival, és tapasztalatával hozzájárult a munkámhoz.
Végül, de nem utólsó sorban Édesanyámnak, türelméért és megértéséért.