

Üveg az építészetben
előadás

PANKHARDT Kinga
főiskolai docens
DE MFK Építőmérnöki Tanszék
Építőanyagok Laboratórium
kpankhardt@yahoo.com

TARTALOM



1. Az üveg mint építőanyag
 - 1.1 Hőtechnikai tulajdonságok
 - 1.2 Mechanikai tulajdonságok
2. A tartószerkezet kialakítása
 - 2.1. „Hagyományos” tartószerkezetek
 - 2.2. Modern, filigrán tartószerkezetek
3. Pontmegfogásos szerkezetek
4. Esettanulmányok
5. Üveg hibák

CRISTALL PALACE
Joseph Paxton (1801-1865)
71540 m²

Modern, mai építészet

Kunsthau, GRAZ.
2000, Peter Cook and Colin Fournier

Az üvegyártás

Üvegek fő alkotói (pl. borszilikátüveg)

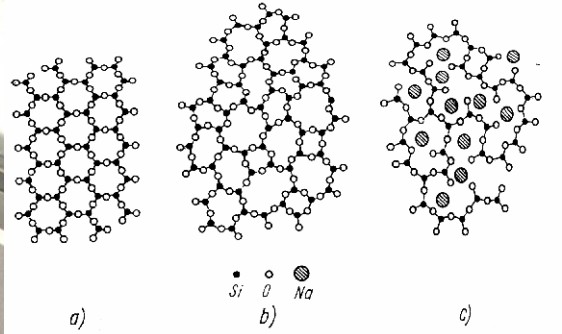
Kvarc	(SiO ₂)	70% - 87%
Bór-trioxid	(B ₂ O ₃)	7% - 15%
Nátrium-oxid	(Na ₂ O)	1% - 8%
Kálium-oxid	(K ₂ O)	1% - 8%
Tímföld	(Al ₂ O ₃)	1% - 8%

Üveg alapanyagai

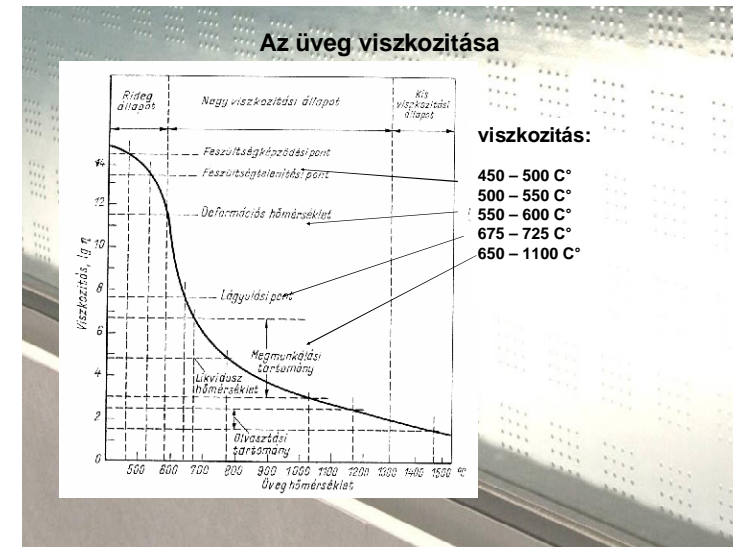
Az üveg hálózatképző és módosító alapanyagainak szerepe

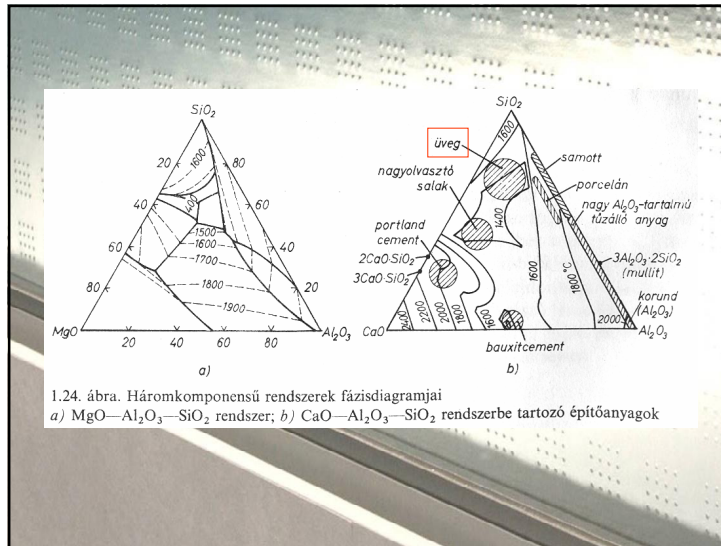
Alapanyag	Alapanyag szerepe	Az üvegolvadáshoz felhasznált anyag
SiO ₂	Az üveg legfontosabb alapanyaga	Tiszta kvarchomok. Szemcseméret 0,1-0,5 mm. Vas-oxid-tartalma táblaüveghez 0,2 m%-nál, tükörüveghez 0,01 m%-nál kisebb
Na ₂ O	Csökkenti az olvadék viszkozitását, lényegesen csökkenti az olvadási hőmérsékletet, rontja mechanikai tulajdonságait	Na ₂ CO ₃ , Na ₂ SO ₄ + koks, NaNO ₃
K ₂ O	Javítja a presehetőséget, szebbé teszi a felületet	K ₂ CO ₃ , KNO ₃
CaO	Javítja a mechanikai tulajdonságot, nagyobb mennyiségben adagolva viszkozitáscsökkentő	Márványliszt, mészkő, dolomit
MgO	Gátolja a kristályosodást, javítja a kémiai ellenállást	Dolomit
B ₂ O ₃	Csökkenti az olvadék viszkozitását és kristályosodási hajlamát, javítja korrózióállóságát	Bórsav és vízmentes borax
ZrO	Javítja az üveg mésszel szembeni korrózióállóságát	
Al ₂ O ₃	Minden üvegben bizonyos mennyiségben megtalálható. Csökkenti a kristályosodási képességet és javítja a mechanikai tulajdonságot	Földpát, fonolit, Al(OH) ₃

SZILIKÁT képződés, 600-800 °C:
 $Na_2CO_3 + SiO_2 \rightleftharpoons Na_2SiO_3 + CO_2$
 $CaO + SiO_2 \rightleftharpoons CaSiO_3$
 $2NaSO_4 + C + 2SiO_2 \rightleftharpoons 2Na_2SiO_3 + 2SO_2 + CO_2$



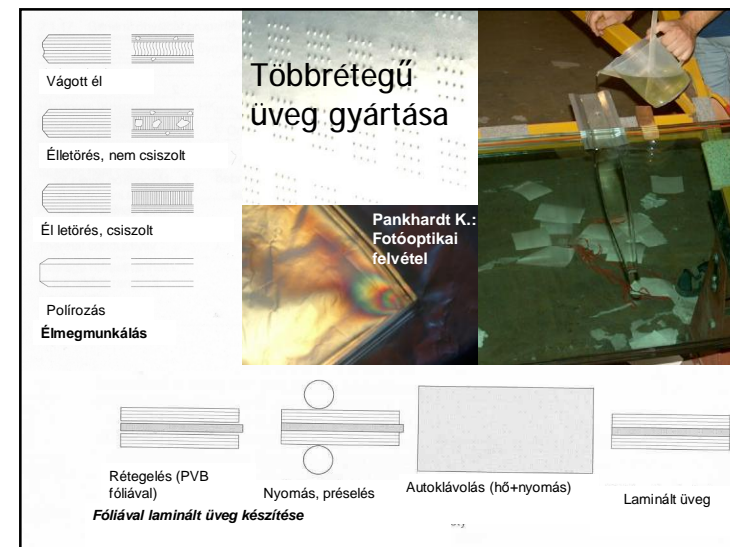
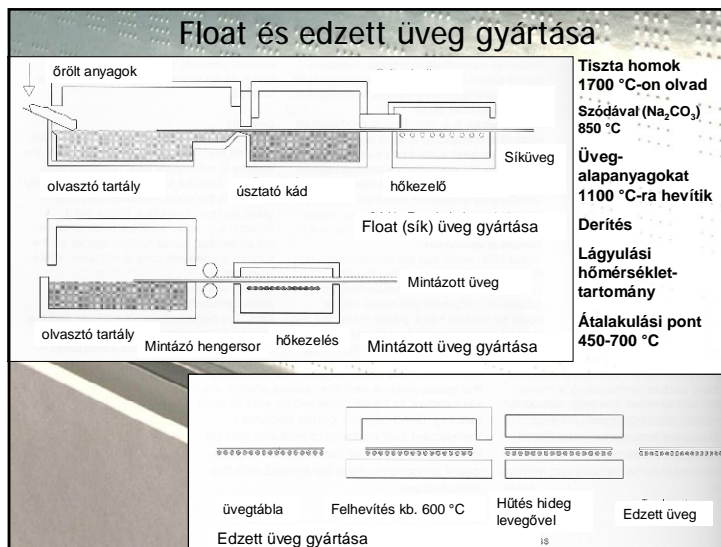
a) b) c)





Az építészetben használt üvegfajták, felhasználási területük és alkotói

Üvegfajta		Fő alkotói	Felhasználási területe
jele	neve		
A-üveg	Alkálikus üveg	SiO ₂ + Na ₂ O és/vagy K ₂ O + CaO és/vagy MgO	Húzott, hengerelt és sajtolt síküveg, üvegszál bitumenes fedéllemezhez
E-üveg	Semleges üveg Borosilikát üveg	SiO ₂ + CaO és/vagy MgO + B ₂ O ₃	Finomüvegszál erősített műanyagokhoz, hőszigetelő anyagokhoz
	Kvarcüveg	SiO ₂	Különleges feladatokhoz
	Cirkonüveg	SiO ₂ + ZrO	Finomüvegszál szálerősített betonhoz



Tervezési paraméterek

Float üvegek

$v = 4,5,6,8,10,12,15,19,24$ mm

Táblaméret: 3210 × 6000 mm (Jumbo)

Edzett üvegek

Magyarországon: 2080 × 3800 (4 m felett 2004-től)

Európában: 2440 × 5600 mm

Járható üvegfelület, ragasztott edzett

Átlagosan $v = 30-37$ mm, felépítés: min. 3 réteg, szélesség: kb. 1 m

Pl.: 1×1 m, 3×10 mm üvegtábla súlya: 75 kg

- az adatok tájékoztató jellegűek, minden teherhordó üvegtábla statikailag méretezendő

Követelmények

Energetikai kívánalmak

- Fokozott terhelések, erőhatások
- Tűzvédelmi követelmények
- Optikai tulajdonságok
- Újrahasznosíthatóság, környezetvédelem

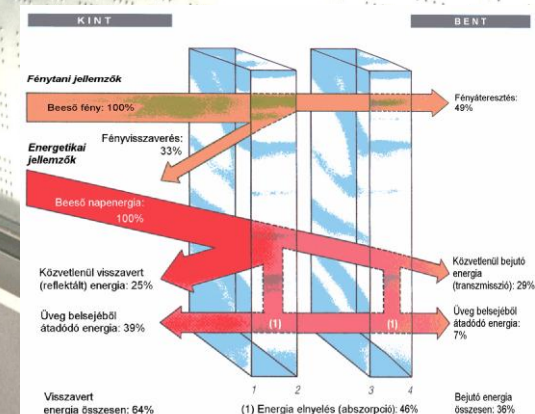
HŐTECHNIKAI TULAJDONSÁGOK

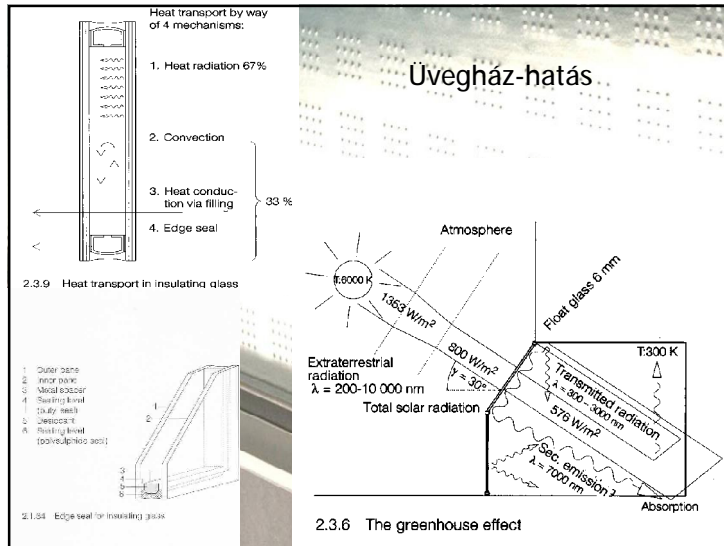
ÁBRA

k- tényező = hőátbocsátási tényező W/m^2K

- egyrétegű üvegezés ($k \sim 5,4$ W/m^2K)
- többrétegű üvegezés ($k \sim 1,6$ W/m^2K)
- **NAPVÉDELEM**
 - színezett üvegek
 - bevonatos üvegek
 - alacsony k-értékű üvegek
 - alacsony g-értékű üvegek

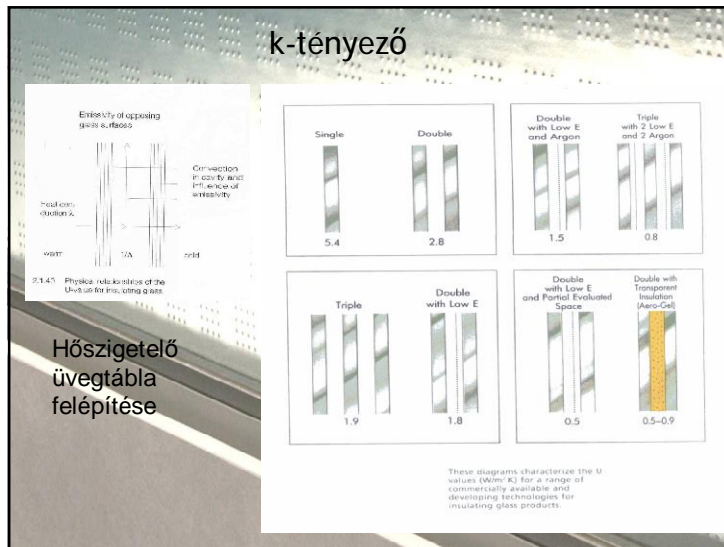
Az üveg hőtechnikai jellemzői





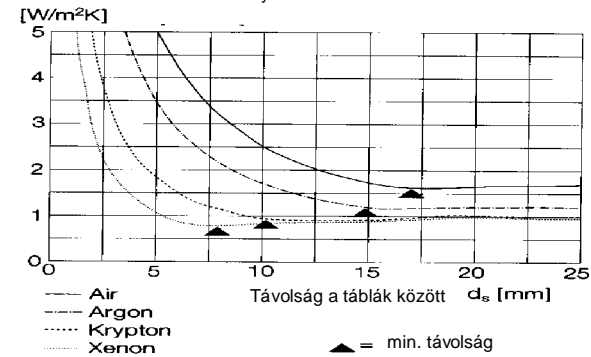
Az üvegszerkezetek hőátbocsátási tényezőjét befolyásoló tényezők

- Hőszigetelő üvegezés felépítése:
 - Távtartó/légrés szélessége
 - Légrést kitöltő anyag (levegő/gáz/egyéb)
 - Üvegezés 2-3 ill. több rétegű
- Keretszerkezet anyaga
- Fóliázott felület az üvegezési rétegrenden belül
- Fólia optikai tulajdonságai (reflexió)
- Üveg összetevői (pl. színes üvegek)



Hőátbocsátási tényező befolyásoló paraméterek

Konvekciós hőátbocsátási tényező



Konvekció 2 üvegtábla között, levegő ill. különböző gáztöltéssel, változó távtartó méret esetén



Hőátbocsátási tényezőt befolyásoló paraméterek

Bevonatok hatása a k-tényezőre, variációk az elhelyezésére

	Bevonat nélküli üveg	„low-e” Külső oldali bevonat	„low-e” Belső oldali bevonat
Vastagság (mm)	4	4	4
Hővezetés	0.83	0.79	0.79
g-érték	0.85	0.811	0.808
Fény Áteresztés	0.89	0.84	0.88
Fény Visszaverés kívül	0.081	0.1	0.081
Energia visszaverés kívül	0.075	0.13	0.075
Árnyékolási-tény.	1.0	0.95	0.94
k-érték (W/m²K)	5.63	5.34	3.8

Üveg bevonatolása

THE GLASS WITH A LOW-E HARD COATING

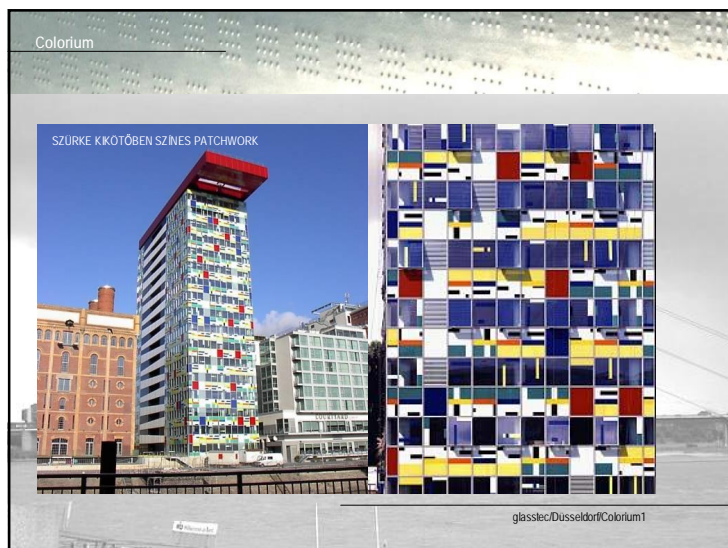
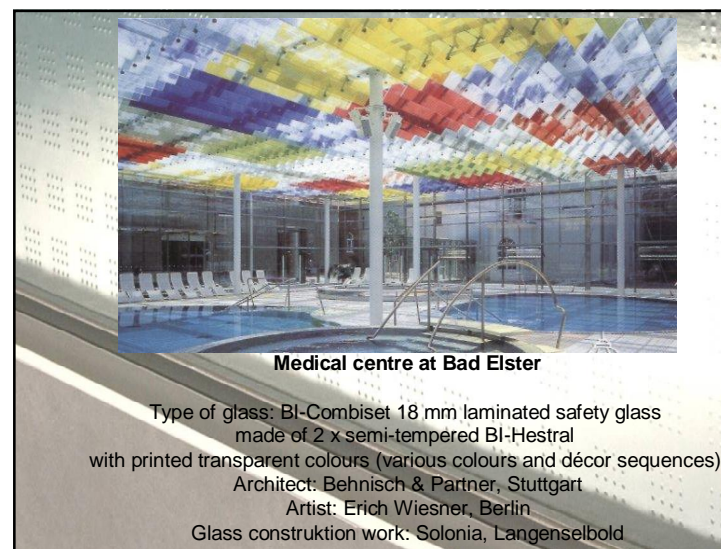
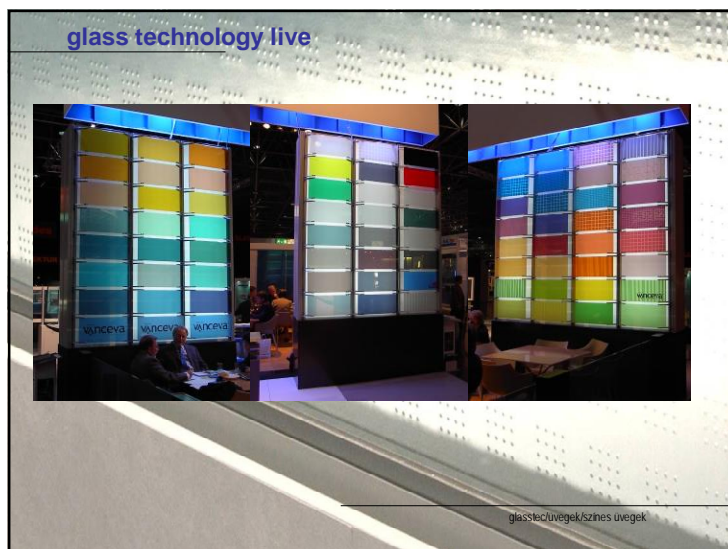
DESCRIPTION
The low-E coating is a transparent dielectric consisting of a series of thin dielectric layers coated with a metal oxide coating.

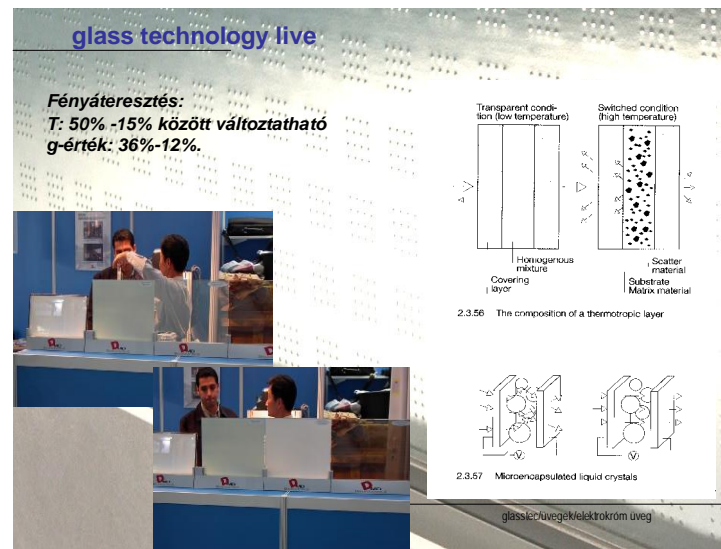
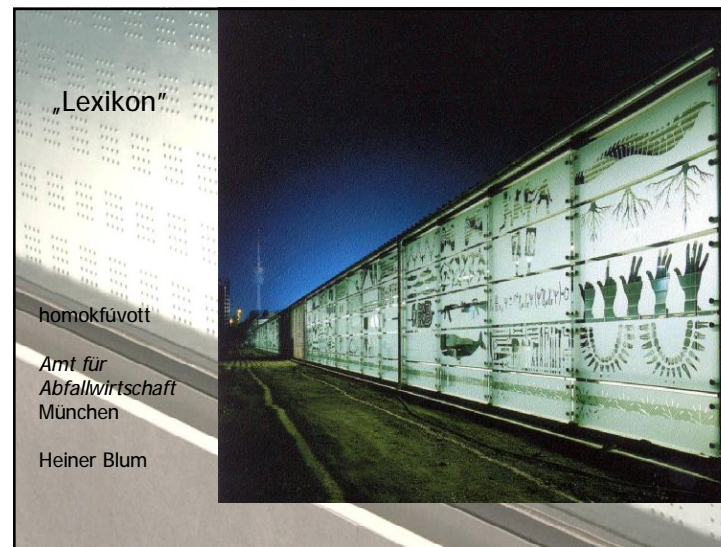
PROCESS
The coating is applied by sputter evaporation upon a substrate of float glass or insulating glass unit. The coating is applied to the inner surface of the glass, to prevent its abrasion.

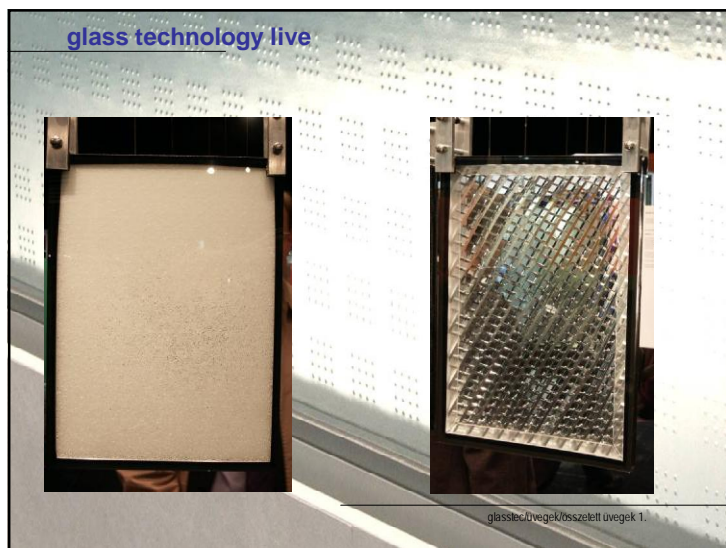
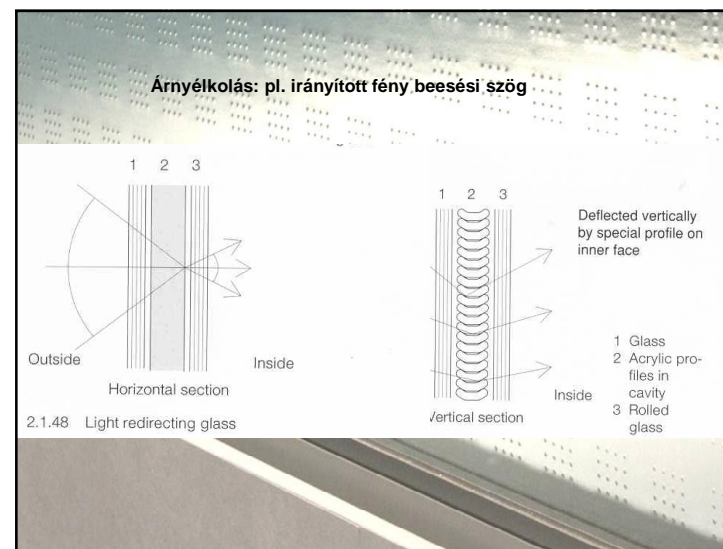
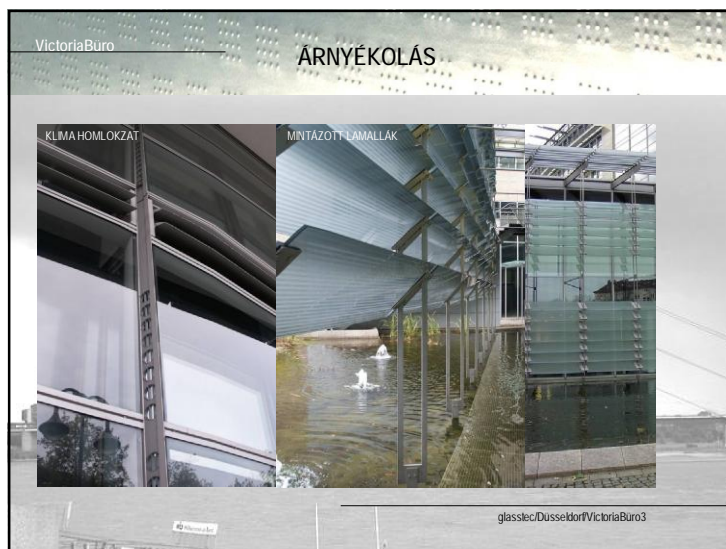


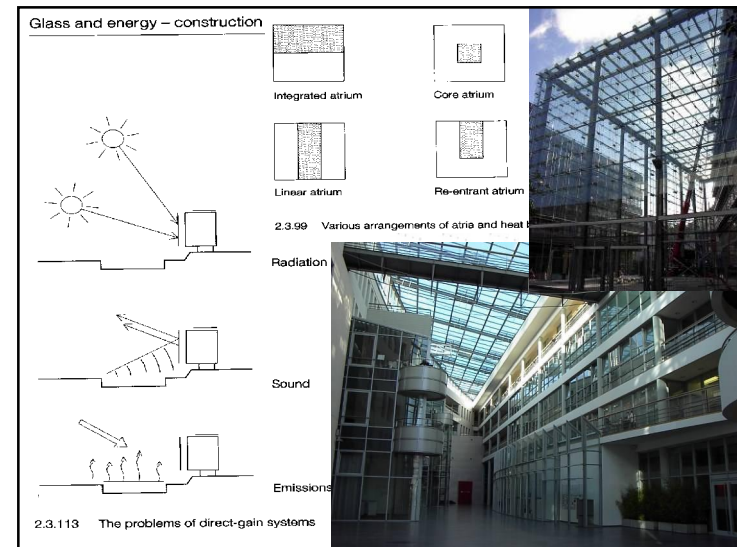
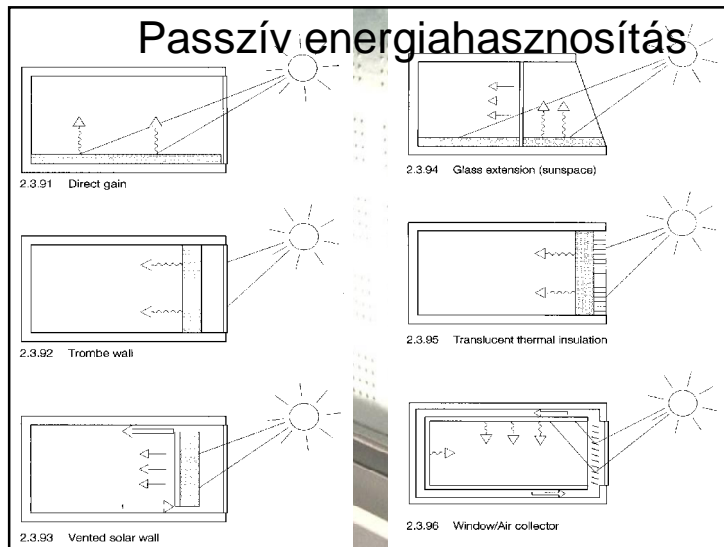
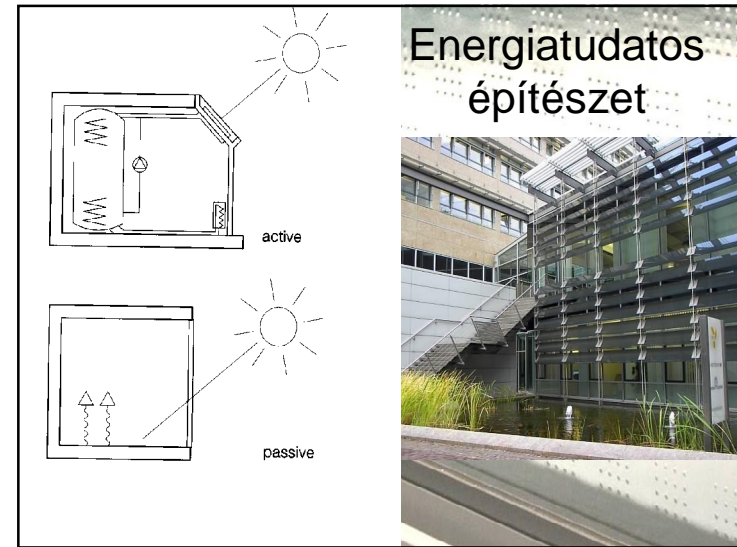
Az üvegek színezése, bevonatolása

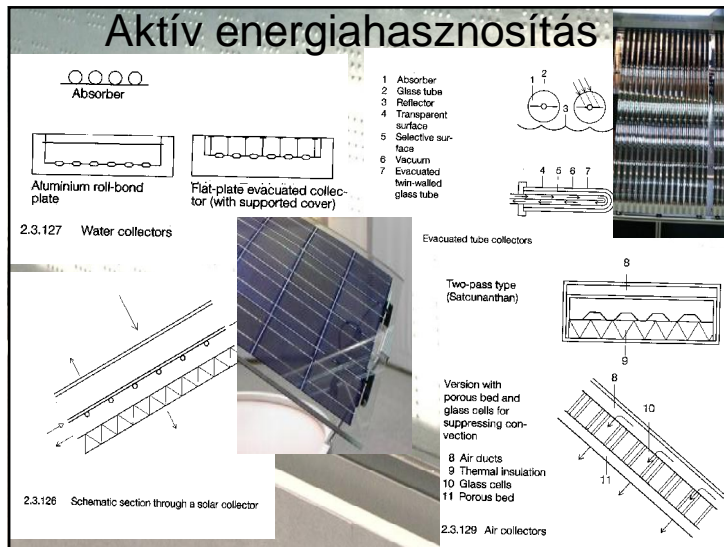
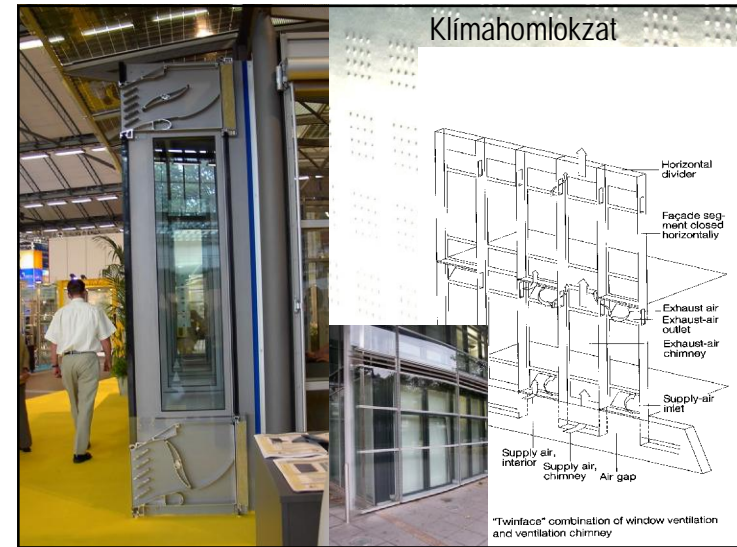
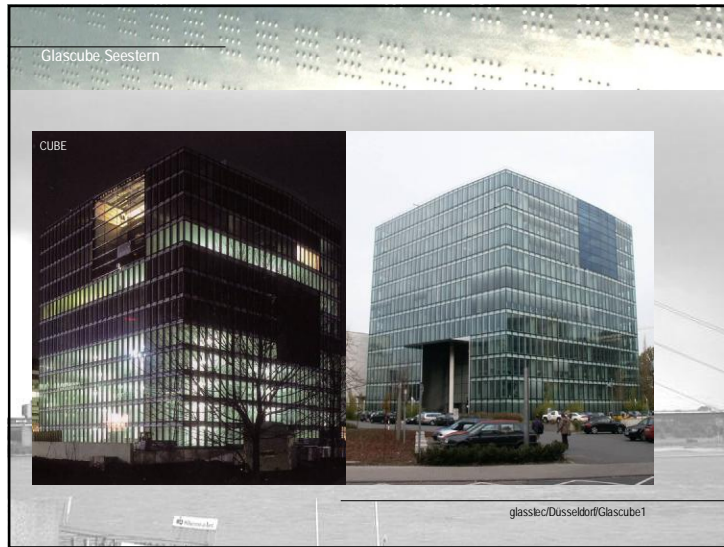
- Anyagában színezett (fénoxidok)
- Fémes (felületre gőzölt)bevonatok
- Fóliás
- Színes lamináló gyanták
- Homokfúvás
- Savmaratással
- Homokfúvás+savmaratás
- Porcelán(keramikus)bevonatok







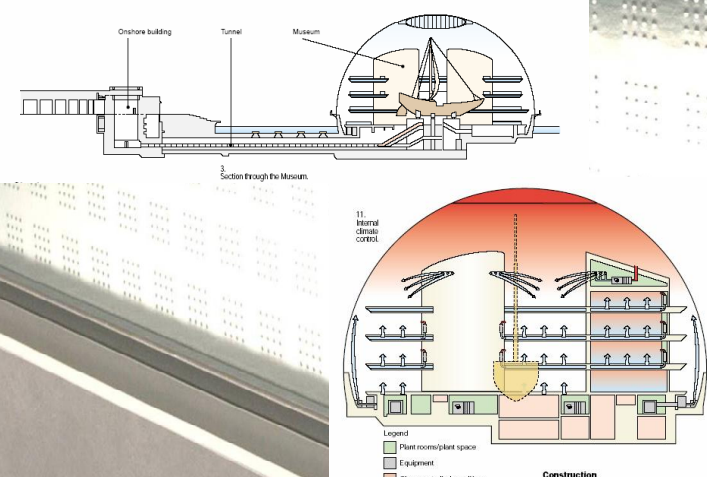
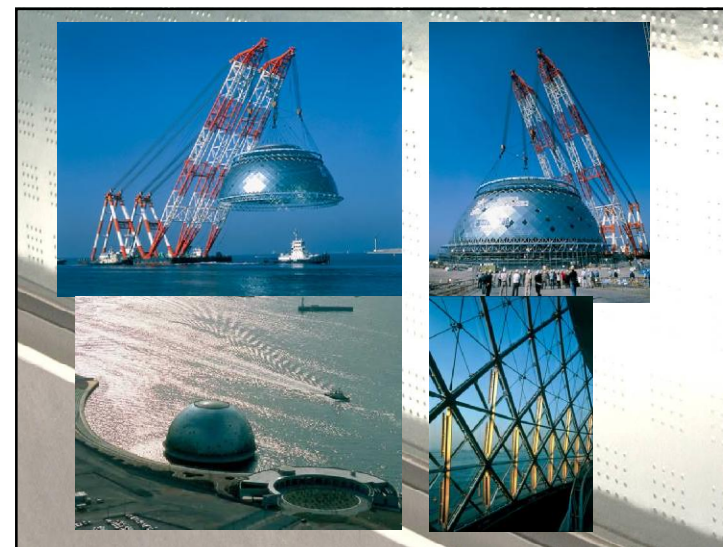




**BAYERISCHE LANDESBANK
SAINT GOBAIN GLASS SOLAR**
538m² aktív napelemek által termelt
45,000 kWh.
Integrálva: üvegezési rendszerben.
Tető, üvegfal,



FLORIADE, SHELL-SOLAR
19,383 db napelem
26,110m² tető felületen.



Section Through the Museum.

11 Internal climate control.

Legend

- Plant rooms/plant space
- Equipment
- Close controlled conditions

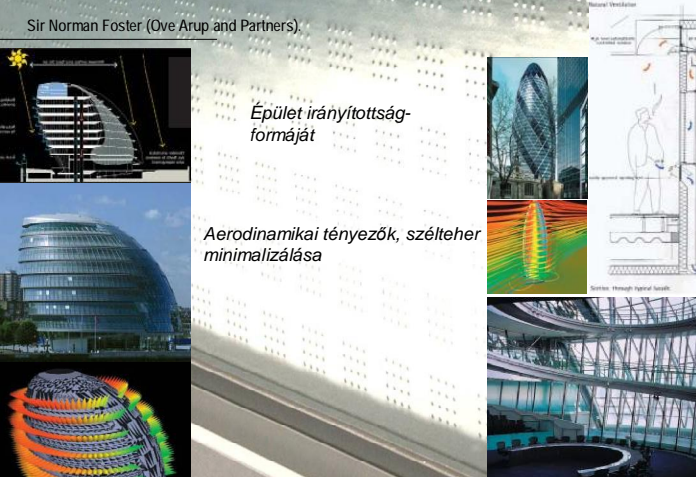
Construction

6 automatizált fűtő/hűtő rendszer, páramentesítéssel.

Sir Norman Foster (Ove Arup and Partners).

Épület irányítottság-formáját

Aerodinamikai tényezők, szélteher minimalizálása



Tűzvédelmi követelmények

ARCHITECTS
sauerbruch hutton
architekten
STRUCTURAL
ENGINEERING
Leonard Andrá und
Partner

Függ:
az üvegtábla
• vastagságától
• minőségétől
• a fény beesési
szögétől

Optikai tulajdonságok

Fokozott terhelések, erőhatások

ÉPÍTÉSZ
sauerbruch hutton architekten
SZERKEZETÉPÍTŐ
Leonard Andrá und Partner

- Ütésállóság
- Golyóálló üvegezés

Energetikai kivánalmak

Újrahasznosíthatóság, környezetvédelem

- 100%-osan újrahasznosítható,
- minőség romlás nélkül
- elméletileg „végtelenszer”

Mechanikai tulajdonságok

Rugalmassági modulus (E)	$7,2 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$
Nyírási rugalmassági modulus (G)	$3,0 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$
Poisson-tényező	0,22
Hőtágulási tényező	$88 \cdot 10^{-7} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
Sűrűség	$2,5 \text{ g/cm}^3$
Névleges hajlítószilárdságok	
Normál síküveg	40-45 N/mm²
Hőkezelt üveg	80-90 N/mm²
Edzett üveg	140-170 N/mm²

Edzett és hőkezelt üvegek

- Kémiaailag kezelt üveg
- Hőkezelt üveg
- Edzett üveg

Edzett üveg jellemzői

- nyomás, húzás +

Prestress
Feszültség eloszlás, edzett üvegben

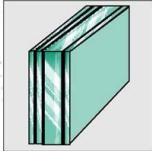

Törésképek,
a) Normál üvegek, b) hőkezelt üvegek, c) edzett üvegek

2.1.24 Stress distribution in the glass surface upon loading

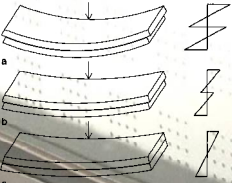
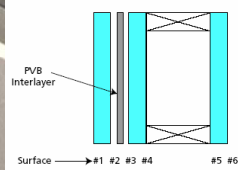
Jelenség bemutatása

Testing of toughened laminated glass specimens
Products of RÁKOSY GLASS Ltd.
K. PANKHARDT- Dr. S. G. NEHME -Dr. Gy.L. BALÁZS


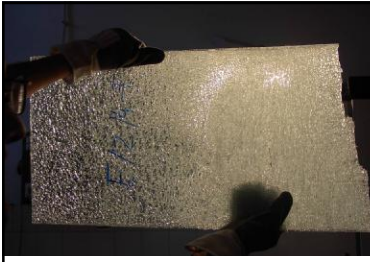
Laminált, többrétegű üvegek



Ragasztóanyag:
-gyanta
- fólia



PVB Interlayer
Surface → #1 #2 #3 #4 #5 #6



Edzett és hagyományos float üveg vizsgálata
Rákossy Üveg Kft. termékei
BME Építőanyagok és MG. Tsz.-en
Pankhardt Kinga- Dr. Salem G. Nehme

TÖRÉSKÉPEK

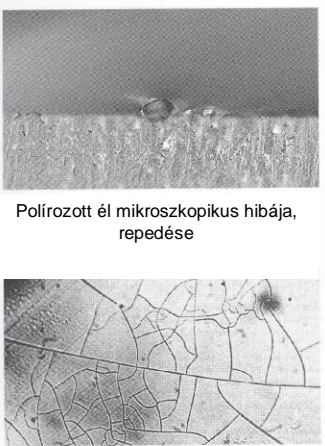


Edzett és laminált üveg vizsgálata
Rákossy Üveg Kft. termékei
BME Építőanyagok és MG. Tsz.-en
Pankhardt Kinga - Dr. Salem G. Nehme

GYAKORLATI MEGVALÓSULÁS



Szilárdság-Tartósság



Polírozott él mikroszkopikus hibája, repedése

Griffith-féle repedések, az üvegfelület kilúgozódása, kültérben

Distribution of surface damage for a) new glass, b) weathered glass, c) glass with inherent damage.

< 0,01 mm,	45 MPa
0,01 mm,	40 MPa
0,02 mm,	35 MPa
0,05 mm,	30 MPa
0,10 mm,	25 MPa
> 0,10 mm,	20 MPa

2. A tartószerkezet kialakítása

- Az üveg építészeti alkalmazása
 - FÉNYJÁTÉK (reflexiós üvegek alkalmazása)
 - ÚJ TÖREKVÉSEK:
 - transzparencia, áttetszőség („víztiszta” üvegek alkalmazása)
 - a tartószerkezet elrejtése,
 - filigrán, könnyed megjelenés

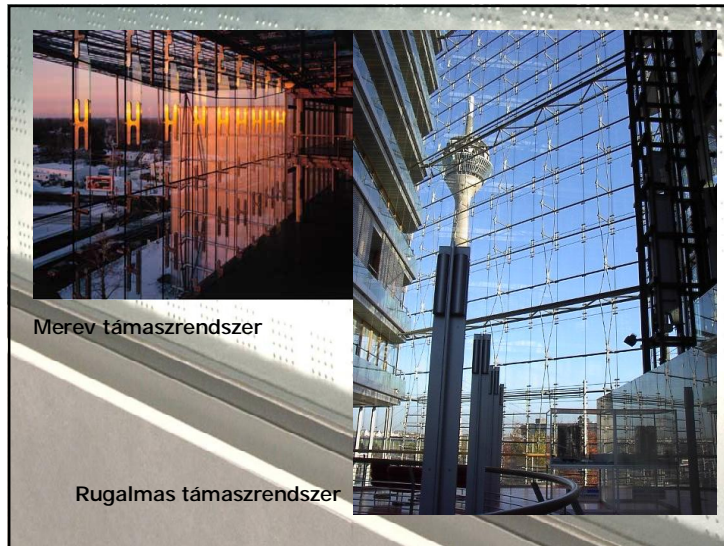
TARTÓSZERKEZET ↔ ÜVEG

Teherhordó szerkezeti rendszer

- I. Fő támasztó szerkezet
- II. Köztes támasz
- III. Mechanikus rögzítés
- IV. Az üveg

I. Fő támasztó szerkezet

- Oszlop-gerenda
- Oszlop
- Rácsos tartórendszer
- „merev” kötélrendszer
- „félmerev” kötélrendszer
- „lágú” (elmozdulást engedő) kötélrendszer



2.1. „Hagyományos” tartószerkezetek

- **HAJLÍTOTT SZERKEZETEK (OSZLOP-GERENDA)**
 - függőleges bordázat
 - oszlopok
 - rácsos-tartók
 - kombinált: oszlop-gerenda

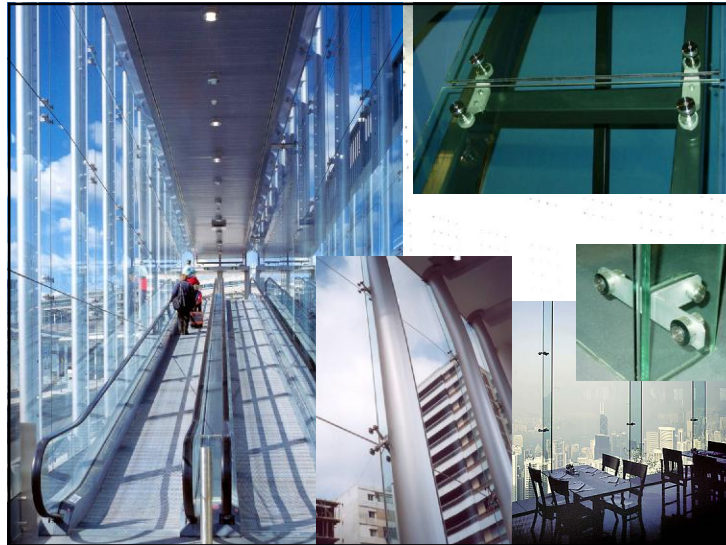


Pontmegfogásos üvegfalak tartószerkezeteinek vázlatos áttekintése:

1. **Hajlított tartók** (normál-erő, nyíróerő és hajlítónyomaték igénybevételű elemek): a tartók felveszik a függőleges és a vízszintes irányú terheket is:

bordák (akár üvegből) oszlopok rácsostartók

Továbblepés: vízszintes síkú tartók alkalmazása, ill. ezek kombinálása a függőleges síkúakkal



2.2. Modern, filigrán tartószerkezetek

- HÚZOTT (NYOMOTT) ELEMEKBŐL (KÖTÉLSZERKEZETEK)
 - feszítőmű - épületen belül
 - homlokzatot közrefogó
 - homlokzaton kívül
 - födémhez rudakkal merevített homlokzat
 - „lágý” homlokzat (elmozduló)

2. Húzott (nyomott) elemekből építkező tartók (csak normál-erő igénybevételűek): a tartók csak tengely irányú erőket tudnak felvenni:

a. Független síkú tartószerkezeti kialakítások változatai:

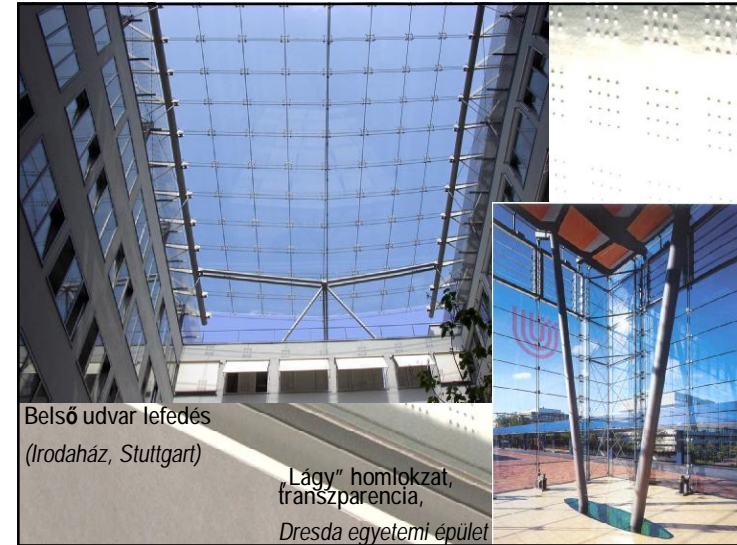
a "klasszikus" feszítőmű, az épületen belül homlokzati síkot közrefogó feszítőmű homlokzati síkon kívüli feszítőmű

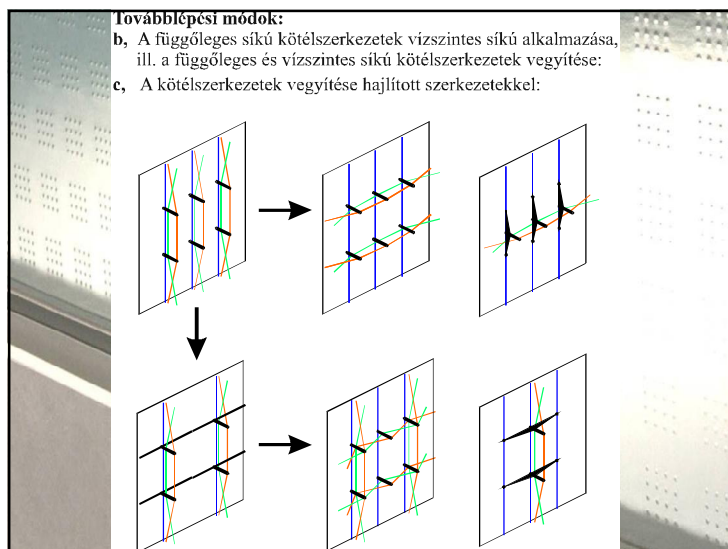
épület előtt szabadon álló feszítőmű szélszélvára az épület födémeihez kikötött homlokzat az épület födémeihez rudakkal kimerevített homlokzat

Jelmagyarázat, a szerkezeti elemek színei:

- (kék) - független (↓)erő felvétele: ábrázolt kötélekkel
- (piros) - vízszintes (←)erő, szélszélvára felvétele: húzott kötélekkel
- (zöld) - vízszintes (←)erő, szélszélvára felvétele: húzott kötélekkel
- (vastag) - húzónyomó csomópont (↔): rudak

ún. "lágý" kötélrendszerrel kialakított homlokzat, mely a szél hatására nagymértékben elmozdul. (Szerkezeti megoldás a többi szerkezettel lényegesen eltér.)





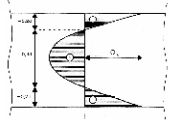
I. Pontmegfogásoknál alkalmazott üvegek

A felhasznált üveg lehet:

- Egyrétegű vagy többrétegű laminált
- Hőszigetelő

Teherbíró üvegezéshez csak edzett üveg használható

Feszültségeloszlás az edzett üvegben
felületi feszültség: 140-170 MPa
belső feszültség: felületi/2



Az üvegben lévő feszültség függ:

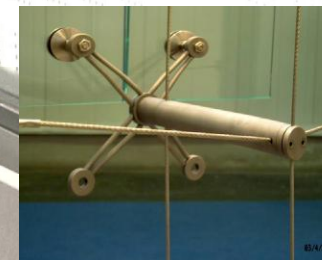
- Az üveg alakjától
- Az erő fajtájától (koncentrált, megoszló), nagyságától, időtartamától, terhelési sebességétől
- A megfogás típusától
- Megfogók számától, helyzetétől
- A lyuk méretétől, fajtájától, minőségétől
- Teherátadó anyag tulajdonságaitól

Üvegfajta	ÖNORM B3721 N/mm ²	EN Fejfeletti üvegezésnél (víszintes) N/mm ²	EN Függőleges üvegezésnél N/mm ²	DIN 1249 1. és 10. rész N/mm ²
Ablaküveg (floatüveg)	30 (12)	12	18	30
Öntött üveg (ornamensüveg, dróttal erősített ornamensüveg, csiszolt üveg)	20 (8)	8	10	
Húzott oldalán bevonatos 1 rétegű edzett üveg	50 (20)	50	50	50
1 rétegű edzett üveg		30	30	
Többrétegű üveg ablaküvegből	30/rétegszám	15		
Többrétegű üveg ablaküvegből		25		
Többrétegű üveg edzett üvegből	50/rétegszám			
Hőkezelt üveg				40

Az üveg tervezési szilárdságai. 60° feletti hajlásszöget figyelembe véve. ()-ben a 60° alatti értékek

II. Köztes támasz

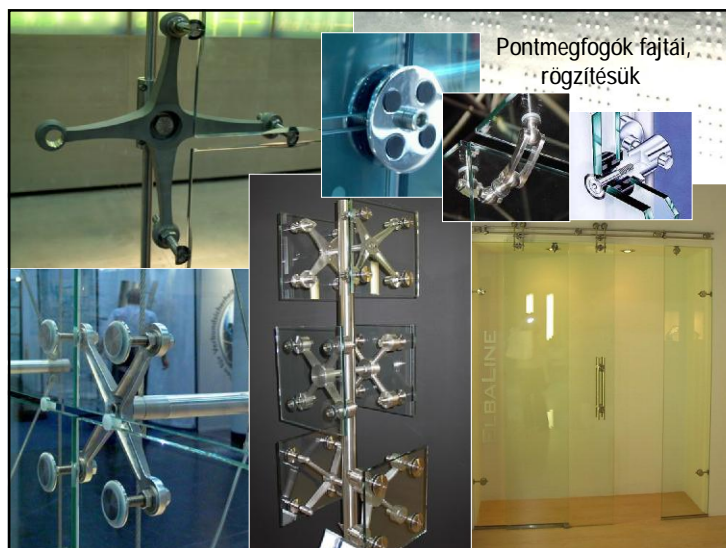
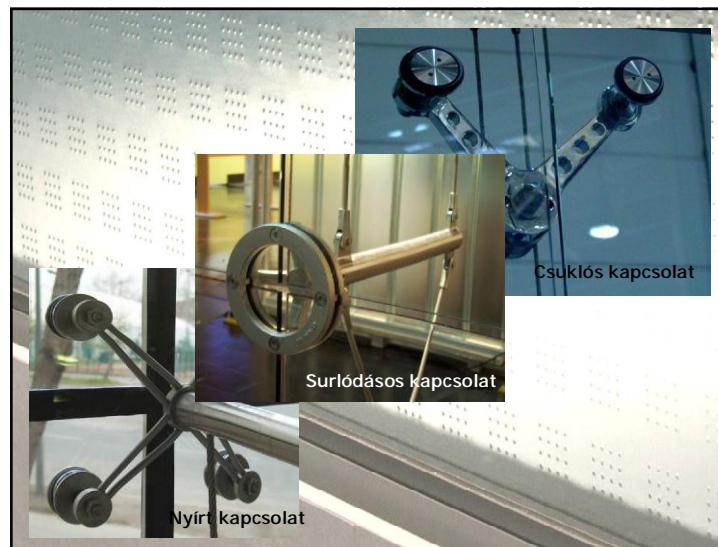
A köztes támasz közvetíti a terheket a mechanikus rögzítésről az elsődleges tartószerkezetre



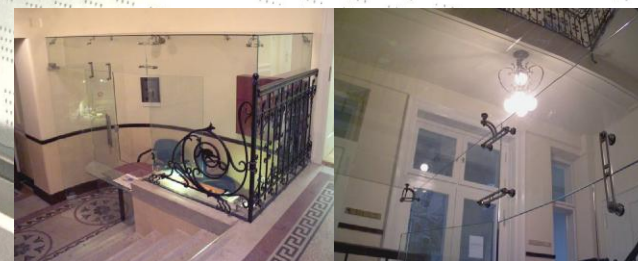
III. Mechanikus rögzítés

A mechanikus rögzítés feladata:

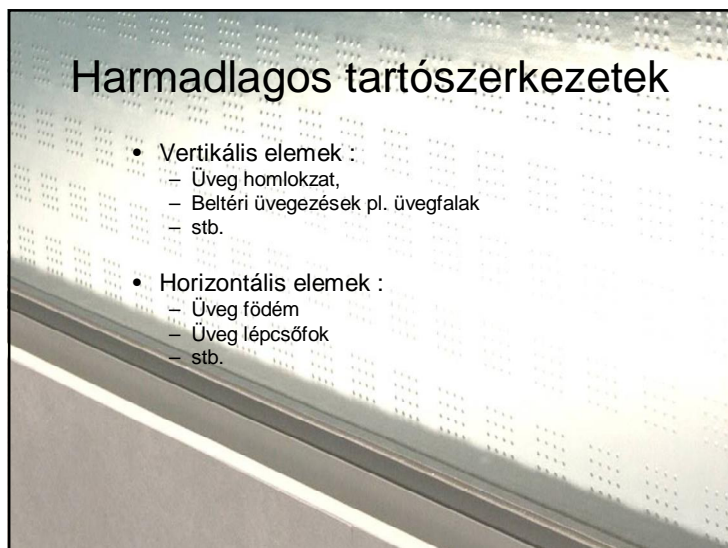
- Az üveg tartása
 - Az üveg önsúlyának és a rá ható oldalirányú erőknek az átadása a köztes támaszra
- Nyírt kapcsolat
 - Csuklós kapcsolat
 - Súrlódásos kapcsolat

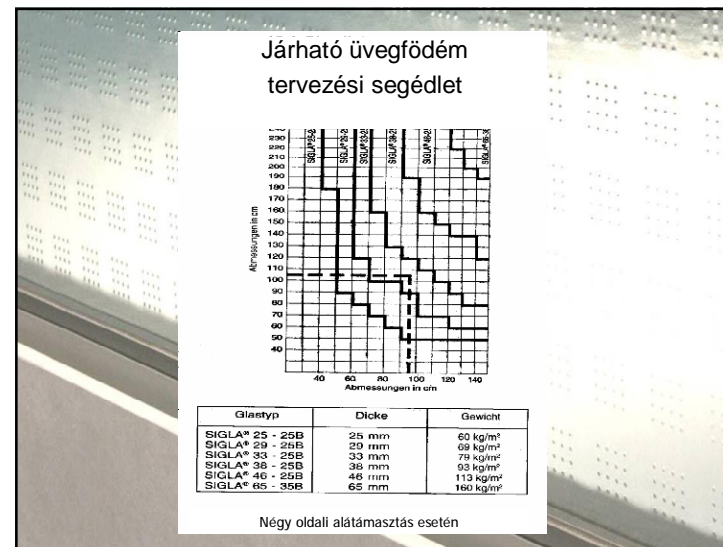


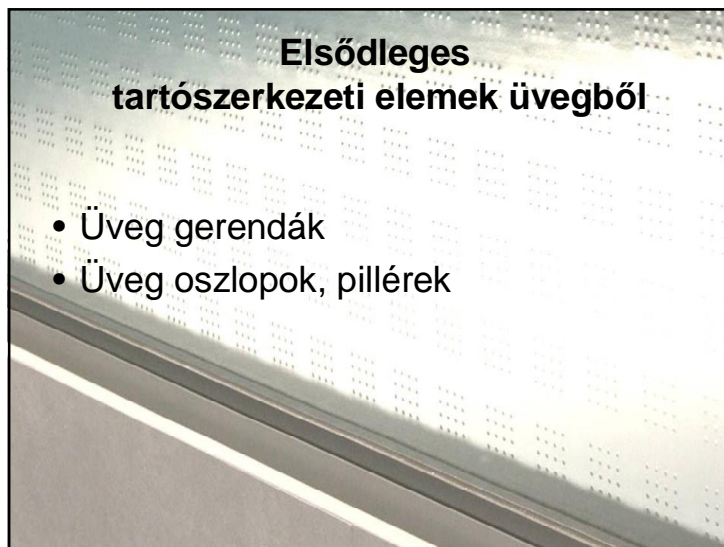
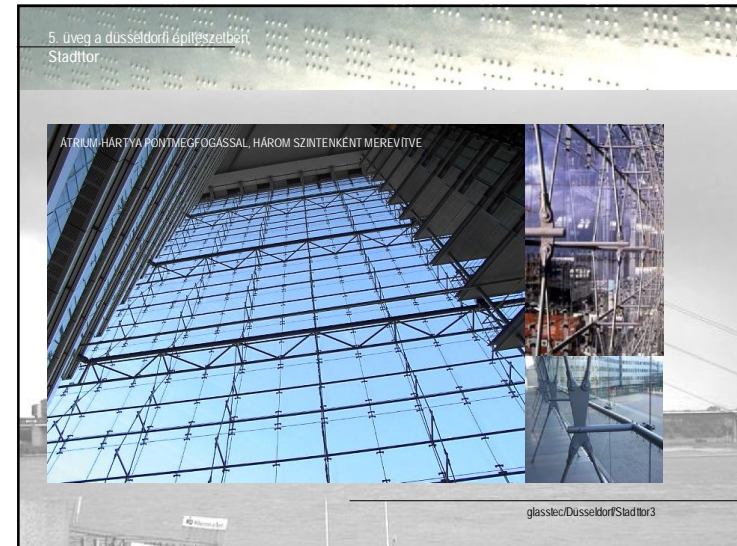
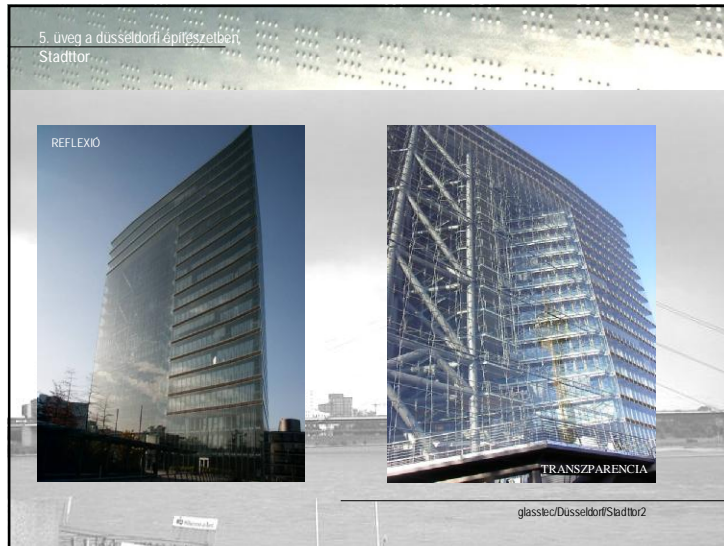
Beltéri üvegszerkezetek

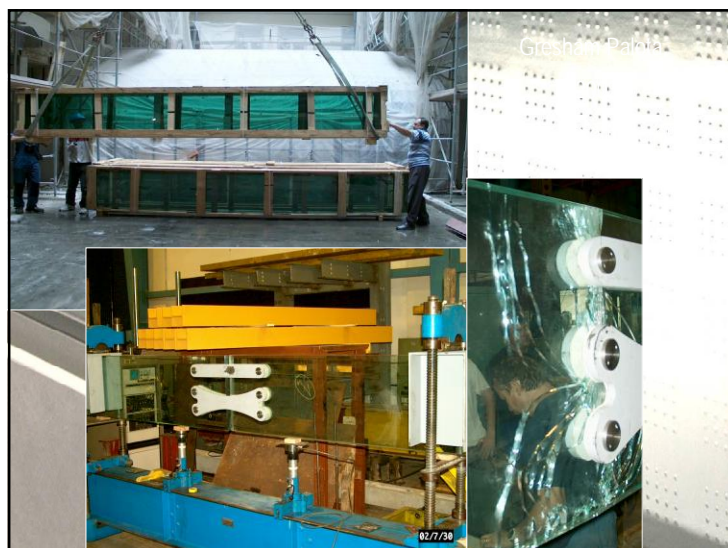
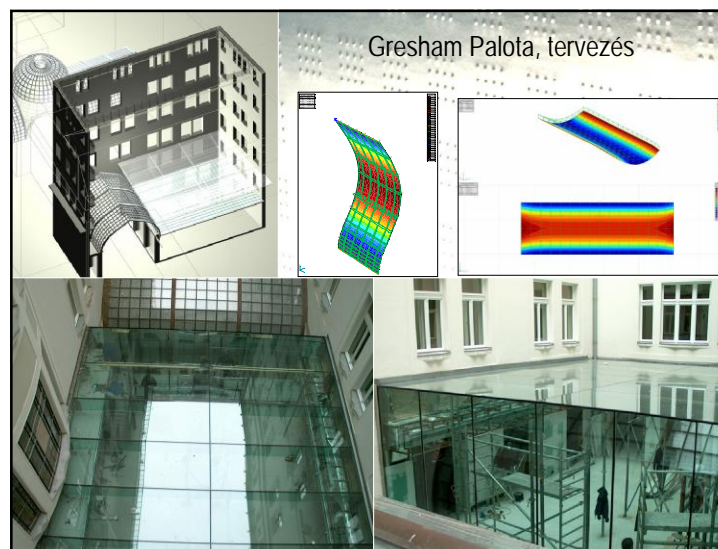
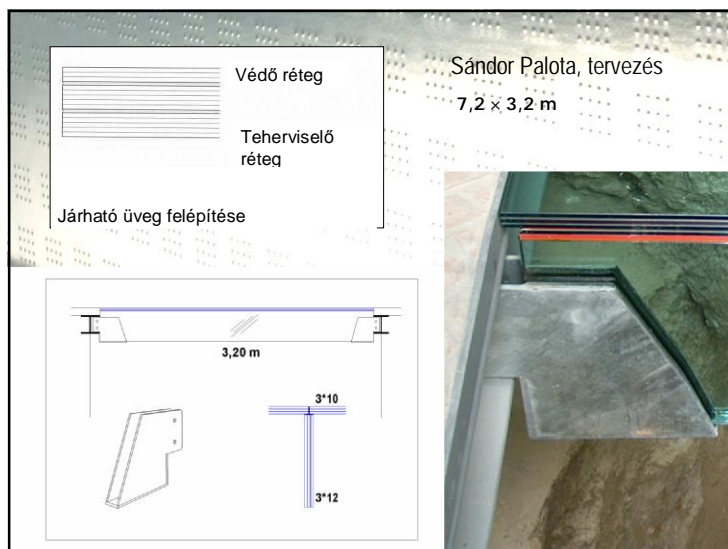


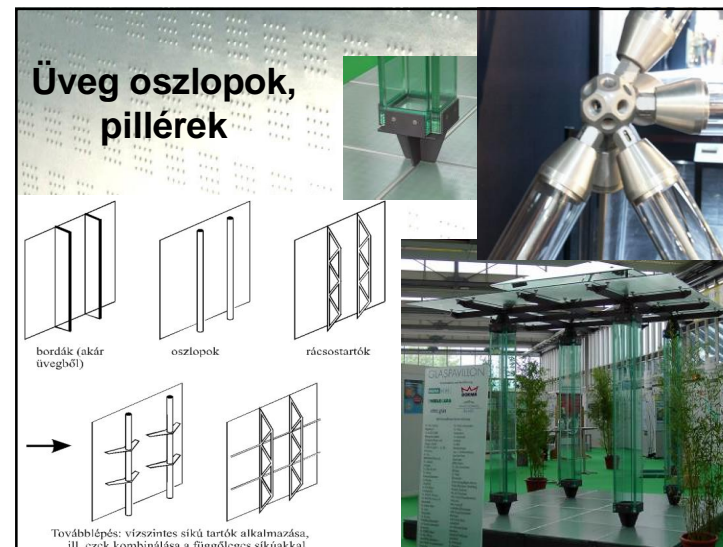
Fővárosi Ügyészség, Üvegporta













Üveghibák

- Nikkel-szulfidos zárványok
- Hőmérséklet változás okozta törés
- Hőfeszültség
- Illesztések, dilatációs hézag
- Szerkezeti elemek korróziója
- Kémiai korrózió
- Anyagok összeférhetlensége

Nikkel-szulfidos zárványok, az üveg anyaghibája


Megoldás:
heat-soak teszt

100µm

Hőmérsékletváltozás okozta törés


Megoldás:
Pl. Kisebb lokális érintkezési felületek

Hőfeszültség

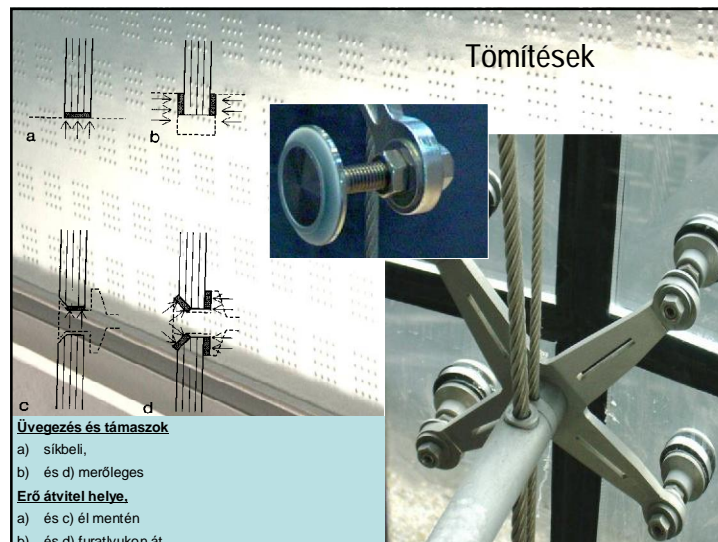


Megoldás:

Edzett és hőkezelt üvegek alkalmazása, rugalmas tömítők



Tömítések



Üvegezés és támaszok

a) síkbeli,
b) és d) merőleges

Erő átvitel helye.

a) és c) él mentén
b) és d) furatjukon át

Tömítési problémák



MODEM, Debrecen 2007

Illesztések, dilatációs hézag



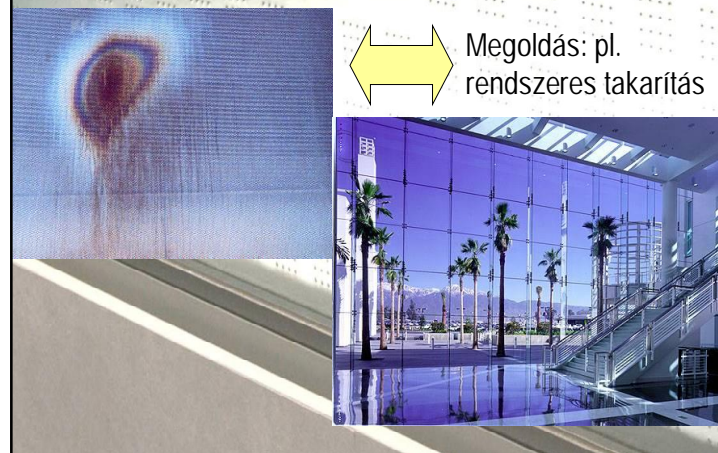
Megoldás: üveg-fém találkozásoknál tömítőanyag használata, beépítésnél ne feszüljön a keretszerkezetben

Szilikon tömítés

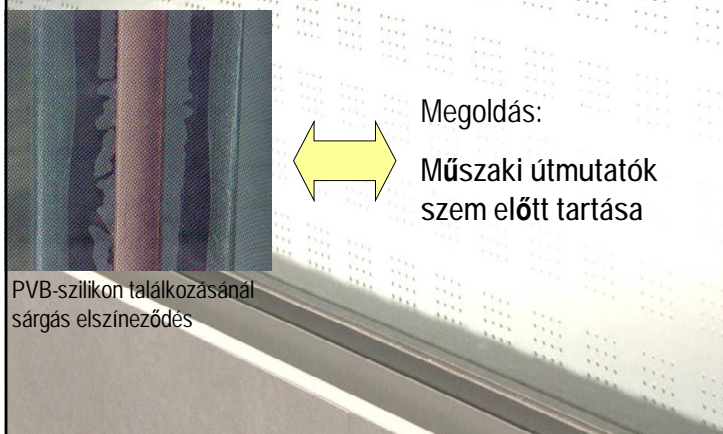
Szerkezeti elemek korróziója



Kémiai korrózió

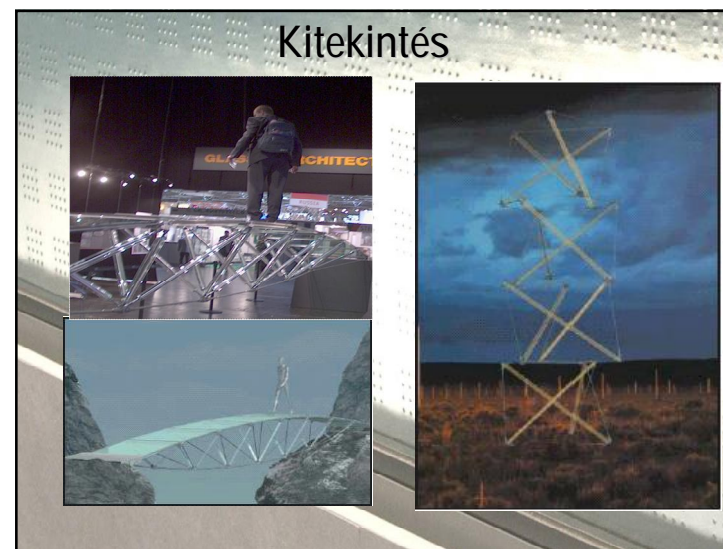


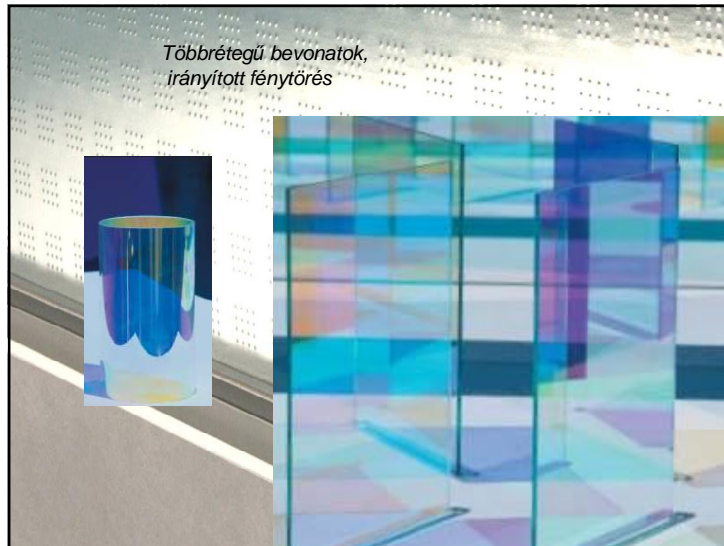
Anyagok összeférhetlensége



Beltéri üvegszerkezetek – Üveglépcső – TERVEZÉSI Hibák

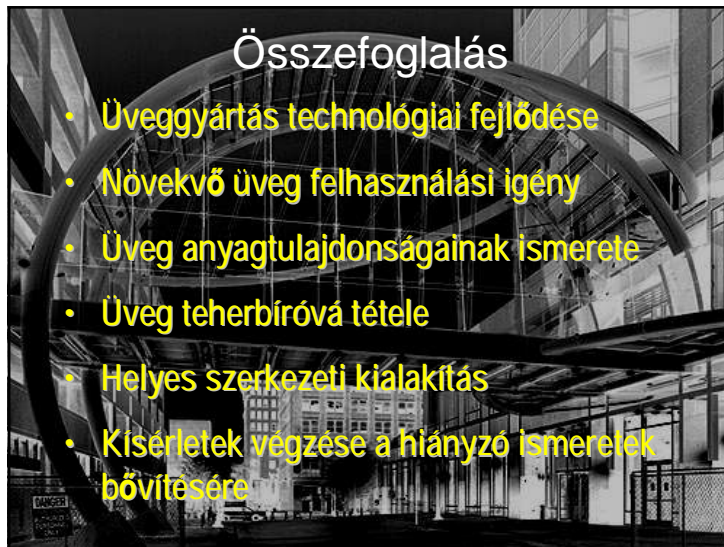






Egyéb (építési) üveg termékek

- Üvegszál erősítésű betonok
- Üvegszál(szövet) erősítésű műanyagok / kompozitok
- Glasscrete, üvegbeton
- habüvegek
- ...stb.



Irodalom

Balázs György: Építőanyagok és kémia

- » 28-29. old.
- » 63-65. old.
- » 85-87. old.
- » 387-406. old.
- » 602. old.

- **Pankhardt Kinga:** Az üveg tartórendszerek fejlődése, Alaprajz 5 sz. 2000.
- **Pankhardt Kinga:** Különleges üveg tartószerkezetek a magyar építőiparban, Építőanyag 55 évf. 2003. 3.szám 106-111. o.
- **Pankhardt Kinga - Gordon Pál:** Járható üvegfödémek Magyarországon, Interglass Üvegipari szövetség folyóirata 2002. 2 évf. 1sz. 8.o.
- **Pankhardt Kinga – Dr. Balázs L.Gy.:** Loadbearing glass structures , Periodica Polytechnika, 2004. 48/1-2. pp. 157-172.

