

TÁMOP JEGYZET PÁLYÁZAT

Képzés- és tartalomfejlesztés, képzők képzése, különös tekintettel a matematikai, természettudományi, műszaki és informatikai képzésekre és azok fejlesztésére
(Projektazonosító: TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2010-0075)

BURKOLT TETŐK

A BME Építészmérnöki Kar hallgatói számára, elsősorban az ÉPSZ8 tantárgy anyagához

készítette: BME Építészmérnöki Kar
Épületszerkezetek Tanszék
tanszékvezető: Dr. Becker Gábor egyetemi tanár

témafelelős: Dr. Dobszay Gergely egyetemi docens
kidolgozó: Dr. Dobszay Gergely egyetemii docens
Horváth Sándor egyetemi adjunktus
Kapovits Géza tudományos segédmunkatárs

belső lektor: Reisch Richárd

külső lektor: Dr. Zoltán Erzsébet Szeréna habil PTE PMMIK

TARTALOMJEGYZÉK

- 1. BEVEZETÉS, A BURKOLAT TETŐ FOGALMA, JELLEMZŐI**
- 2. LEHETSÉGES VAGY KÍSÉRLETI RÉTEGRENDEK ELEMZÉSE**
 - 2.1. Ragasztott kőburkolat problémája**

- 2.2. Ragasztott kőburkolat drénbetonon
- 2.3. Sínrendszerre szerelt kerámia burkolat
- 2.4. Részlegesen egymásra takaró kőburkolat teljes felületű alátámasztással
- 2.5. Lőttbeton tető maghőszigeteléssel
- 2.6. Nagytáblás burkolat acél vázon
- 2.7. Fóliával, feszített hálóval burkolt tetők
- 2.8. Ferde zöldtetők
- 2.9. A burkolt tetők csoportosítása

3. A BURKOLT TETŐK MŰKÖDÉSE, SAJÁTOS IGÉNYBEVÉTELEI ÉS RÉSZLETEI

- 3.1. A csapadékvíz levezetése
- 3.2. A burkolt tető statikai működése
- 3.3. A burkolt tetők hő- és páratechnikai működése
- 3.4. Építés közbeni folyamatok
- 3.5. Üzemeltetési és karbantartási kérdések
- 3.6. Sajátos igénybevételek

4. BURKOLT TETŐK RÉSZLETKÉPZÉSEI

5. BURKOLT TETŐK MEGVALÓSULT PÉLDÁI

- 5.1. Burkolt tetők példái
- 5.2. A burkolt tetők saját tervezési példái
 - 5.2.1. Füleky-Borászat, Bodrogkeresztúr 2009.
 - 5.2.2. Erzsébet-szálló és Gyógyfürdő, Paks 2007.

6. BURKOLT TETŐK TERVEZÉSE

- 6.4. A burkolt tetők épületszerkezeti tervezési algoritmusa
- 6.5. A burkolt tetők épületszerkezeti követelményrendszere

7. ÖSSZEFOGLALÁS

8. IRODALOMJEGYZÉK

Függelék: A burkolt tetők világépítészeti és hazai tervezési példái, valamint történeti előzményei, előképei

1. BEVEZETÉS: A BURKOLT TETŐ FOGALMA, JELLEMZŐI

A burkolt tetők a korunkban megjelent egyik új építészeti tendencia műszaki megvalósulása. Ez az építészeti tendencia az épületeket egy homogén tömbként kezeli. A tendencia építészet-elméleti magyarázatával ez a jegyzet nem kíván foglalkozni, csupán rögzíti annak formálási, anyaghasználati következményeit, és levonja annak műszaki tanulságait. A későbbiekben hivatkozott világépítészeti példák bemutatásával, és a történeti előképekkel az 5. fejezet foglalkozik.

A legtöbbször megjelenő tulajdonságok, melyek az épületeket és annak műszaki megoldásait megkülönböztetik a „hagyományos”, „házszerű” épületektől:

- A tetőt olyan anyagokkal burkolják, melyek nem alkalmasak, vagy önmagukban nem képesek a csapadékvíz elleni védelem ellátására (pl. I. Függelék: 2, 7, 44. mintaépület). Ez különbözteti meg a burkolt tetőket a tetőfedésektől, utóbbinál az épület külső megjelenését adó anyag, „kéreg” egyúttal a csapadékvédelmet is biztosítja, míg a burkolt tetőknél ez sok esetben nem lehetséges. Máskor a felhasznált anyagok nem tartósak az épület egész tervezett élettartamához viszonyítva (pl. 4, 22, 32. mintaépület).
- A tető és a homlokzat nem különül el élesen, a felületek „átfordulnak” egymásba, nincs határozott ereszvonál, vagy ha van, ott nem jelenik meg ereszcsonna, az él nem vízszintes, hanem tetszőleges, szabadon formált (pl. 3, 5, 16, 17. mintaépület).
- Az épület megjelenésében meghatározó külső héj nem folytonos, toldása nem átfedéssel, hanem tompa ütközéssel történik, így a csapadékvíz jelentős részben a burkolat alá jut. Ezért minden esetben vízhatlan alátét szigetelésre, „második héjra” van szükség (8, 23, 29, 36. mintaépület). Az anyagtoldás, a fugarajzat az építészeti célnak van alárendelve.
- A felületek lejtését nem a vízlevezetés szempontjai döntik el, mint a hagyományos tetőknél, hanem tetszőlegesen, szabadon formáltak (1, 7, 9, 13, 20. épület). A lejtés helyenként akár nulla is lehet, és ugyanazzal az anyaggal, toldásrendszerrel van kialakítva a hajlásszögtől függetlenül (ez is ellentétes a hagyományos épületszerkezeti felfogással).
- Az építészeti tendencia sok olyan példát is felmutat, ahol az épület extrém méretei okoznak különleges épületszerkezeti problémát: a gigantikus épületek olyan méretű vízgyűjtő felülettel rendelkeznek, ahol a hagyományos vízlevezetési szerkesztési elvek már nem igazak, a nagy hosszon feltorló víz a megfelelő lejtés ellenére a burkolat alá juthat (12, 19, 27, 34, 37. épület).

Alábbiakban foglaljuk össze azokat a jellemzőket, melyek a tömegformálástól az anyaghasználaton át a részletképzésig különösen érdekessé teszik a burkolt tetős épületek műszaki megoldásait:

tömegformálás:	Többszerű, egyszerű geometriai alapformák, mértani test, vagy organikus, biomorf
szerkesztési módszer	addíció, csomósítás, transzláció. a megszokott, tektonikus irányok, függőleges és vízszintes elvetése
anyaghasználat:	szinte bármi lehet, a látvány határozza meg, azonos a homlokzattal, műszakilag „alkalmatlan” anyagok is.

toldások.	tompá ütközés, a fugarajzat önálló szereppel bír
hajlásszög:	független az anyagtól, változó, szélsőséges, átlós, íves, inflexiós, kétirányban görbült
élek	nincsenek határozott élek, gerinc, eresz vagy éppen nagyon éles, kristályszerű törések
vízlevezetés:	rejtett, sem eresz, sem ejtővezeték nem jelenik meg, belső vagy burkolatba rejtett
nyílások	szabálytalan, perforáció jellegű, öntörvényű, síkba simuló
áttörések	kevés, kerülendő, lehetőleg síkban tartott
részletképzések	a megszokott, funkcionális eredetű részletek kerülése, végletes (ám látszólagos) egyszerűség
lépték	nagy léptékű, illetve egészen kis léptékű épületek, a lépték, illetve az azt meghatározó tagolások, ritmus hiánya.

1. táblázat: A burkolt tetős épületek jellemzői

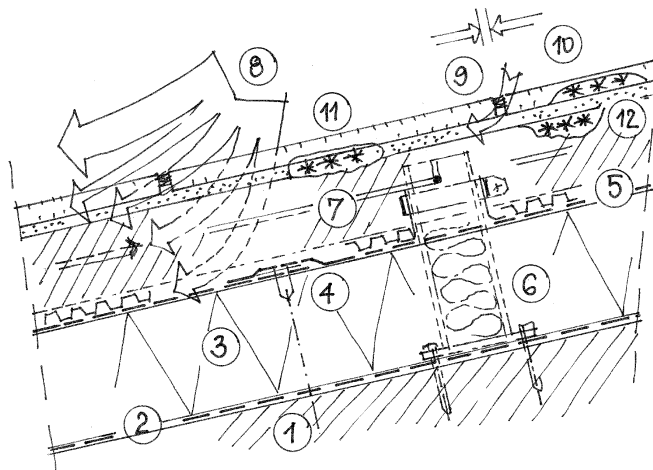
Mindezek alapján már előre sejthető, hogy a burkolt tetők nem oldhatók meg a hagyományos épületszerkezeti „tudás”, szerkesztési elvek alapján. A szerkezetre ható igénybevételek magasabbak, mint a homlokzatoké, de a tetőknél megszokott rétegrendek sem alkalmazhatók változtatás nélkül.

2. LEHETSÉGES VAGY KÍSÉRLETI RÉTEGRENDEK ELEMZÉSE

Ez a fejezet nem kíván kész megoldásokat adni, mert az igények, a „bemenő paraméterek” sokfélesége miatt egyetlen példa sem alkalmazható ellenőrzés változtatás nélkül. Az alábbi példák inkább gondolat-kísérletek (bár megépült példák is vannak közte), céljuk a konstrukciós gondolatmenet bemutatása, a működés megértése. A példák gondolkodás nélküli átvételéből származó problémákért a szerzők semmilyen felelősséget nem tudnak vállalni.

2.1. Ragasztott kőburkolat problémája

A kővel burkolt tető korunk egyik legkedveltebb „egyedi hatású” tetőmegoldása. A tervező a megoldások keresése során először analógiákat keres, az első vázlat a kővel burkolt teraszok egyszerű megdöntésével alakul ki. A látható szerkezet azonban nem problémamentes, mivel a teraszburkolat saját súlyánál fogva nem csúszik le a felületről, míg a megdöntött felületen a burkolat aljzatául szolgáló vasalt beton kérget egyedi, rozsdamentes acél konzolokkal le kell horgonyozni. A ferde felületen a szigetelés, a drénezés, és a friss beton is megcsúszhat, tehát kivitelezési gondokkal kell szembenézni (zsaluzás felülről is). Ezenkívül a ragasztóanyagra a szokásosnál nagyobb nyíróerő hat, és a tapadásnak is ellenőrzött, méretezett módon kell a burkolatot megfogni, hiszen a burkolat lecsúszása életveszélyt okoz. A kőburkolat anyagán, fugáin át víz juthat a burkolat alá. Hiába van a vasalt beton alatt drénezés, ha a beton vízzárósága miatt a víz nem jut le odáig. Ha nem szűrőbetonból készül ez a vasalt kéreg (ami viszont a a vasbetétek korrózióállóságát nem biztosítja, így korracél vasalás lesz szükséges), akkor a víz a burkolatban, a ragasztórétegben, vagy a betonban reked, és előbb-utóbb felfagyást okozhat. (bár meg kell jegyezni, hogy a ferde felületen a víz lefolyik, így vízterhelése kisebb, mint a terasztetőé). Előnye viszont a rétegrendnek, hogy a burkolat kiosztásában nagyfokú szabadságot biztosít, mindössze annyi a megkötés, hogy a hőmozgást biztosító fugarendszernek ugyanott kell lenni, mint a beton dilatációjának (együttdolgozó mezők). Természetesen minden egyes mezőt önállóan rögzíteni kell, a rögzítő konzolok a kisebb hővezetési tényező miatt célszerűen rozsdamentes anyagúak, ez jelentősen növeli a szerkezet költségeit. Összegzésül ez a rétegrend jó példa arra, hogy az első gondolat, az analógiák alapján történő konstruálás nem hozza meg a várt eredményt, a szerkezet több szempontból is kritikus, nem tartós, emellett nehezen kivitelezhető és drága.

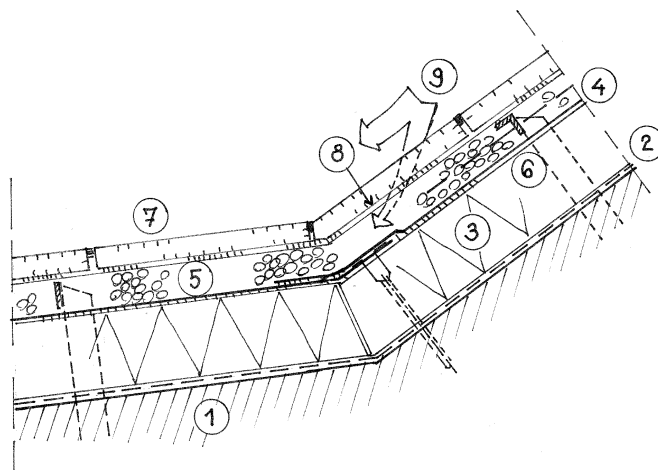


1. ábra: Ragasztott kőburkolat problémája

1-ferde vasbeton földém; 2-párazáró szigetelés; 3-lépésálló hőszigetelés; 4-vízhatlan lemezes szigetelés átfedésekben mechanikai rögzítéssel; 5-szűrőfátyollal kasírozott felületszivárgó domborlemez; 6-lecsúszás elleni rozsdamentes acél csőkonzol hőszigeteléssel kitöltve; 7-felső beton kéreg lecsúszás elleni vasalása; 8-a csapadékvíz túlnyomó része a külső felületen folyik, kisebb része a burkolatba, a burkolat alá, a beton kéregbe jut, a szivárgóba jutó víz mennyisége jelentéktelen; 9-mozgási hézag, vízbejutás a fugákon át; 10-kifagyás a kőlapok alsó felületén; 11-a ragasztóhabarcs felfagyása; 12-a felső beton kéreg kifagyása

2.2. Ragasztott kőburkolat drénbetonon

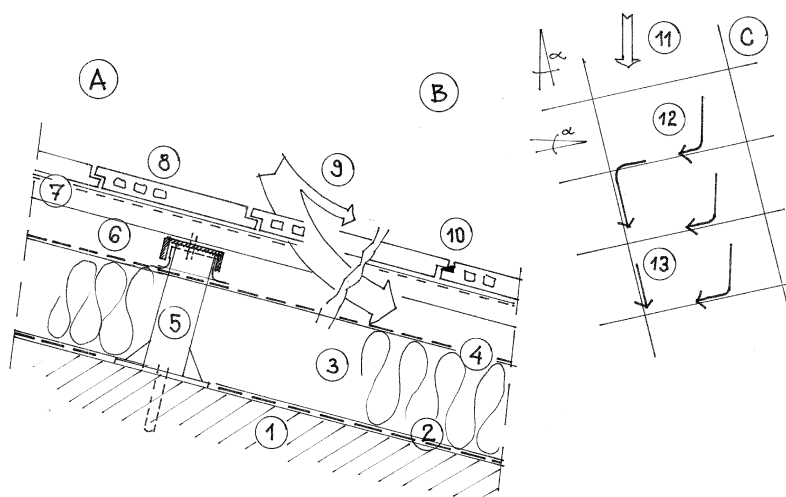
Az előző gondolat továbbfejlesztéseként olyan szűrőbeton aljzat is készíthető, amely egyesítve az előző példa két külön funkcionális rétegét, nagy hézagterfogatával képes a felületszivárgó feladatát is ellátni. Ebben az esetben az aljzat nem vasbeton lemezként működik, ahol a lemez vasalása akár húzóerőt is felvehetett (karcsú keresztmetszet, kedvező statikai működés), hanem a réteg vastagságába belerejtett sínek, kalodák segítségével meg van támasztva. Az ilyen beton kötőanyaga némely esetben nem is cement, hanem vízáteresztő műgyanta. A beton rétegben nyomerő ébred, ezt figyelembe kell venni az aljzat és a burkolat dilatációs mezőinek kiszervezésekor. A rétegrend előnye, hogy a víz gyorsan eltávozik, a kőburkolat alulról is száraz, fagymentes marad. Figyelemre méltó, hogy a kivitelezhetőség érdekében olyan vízszigetelést kell választani, amely a rajta való munkavégzést mechanikai sérülés nélkül elviseli (pl. bitumenes vastaglemez kedvezőbb, mint lágy PVC). Ebben nagy szerepe van az alakváltozásoktól mentes, nagy szilárdságú hőszigetelésnek (pl. habüveg). A rétegeket ragasztással és mechanikai rögzítéssel is el kell látni, elsősorban a kivitelezés közbeni megcsúszás ellen. Összegzésül: az analóg példa hibáinak, esetleges tönkremeneteli módjainak megértése után, annak továbbfejlesztésével már jóval kedvezőbb (és takarékosabb) rétegrend érhető el, bár az így nyert műszaki megoldás nem mindig alkalmazható (extrém hajlásszögek, vagy lejtéshosszak), és az egyes rétegek, anyagok követelményei nehezen méretezhetők.



2. ábra: Ragasztott kőburkolat drénbetonon

1-ferde, törtsíkú vasbeton födém; 2-párázáró szigetelés; 3-lépésálló hőszigetelés; 4-vízhatlan lemezes szigetelés átfedésekben mechanikai rögzítéssel; 5-vízáteresztő drénbeton; 6-rozsdaementes acél kalodák és konzolok a lecsúszás ellen; 7-kőlap burkolat; 8-vízáteresztő (foltonkénti) ragasztás; 9-a csapadékvíz kisebb mennyisége a burkolat alatt folyik le

2.3. Sínrendszerre szerelt kerámia burkolat



3-4.. ábra: Sínrendszerre szerelt kerámia burkolat

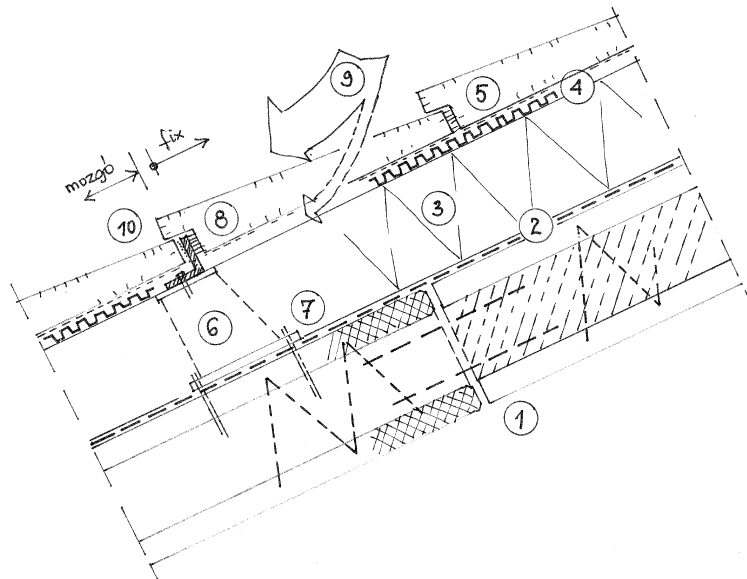
1-ferde vasbeton födém; 2-párázáró szigetelés; 3-lépésálló hőszigetelés; 4-csapadék elleni lemezes szigetelés; 5-rozsdaementes acél csőkonzol; 6-szigetelés fölvezetése a szelemenek alatt; 7-burkolat tartó sínrendszer; 8-nagyelemes kerámia burkolat; 9-a csapadék túlnyomó része a burkolat alá jut; 10-kedvezőtlen hézagképzés, a víz a hézagban reked; 11-a felület esésvonalára; 12-a lejtés szögét zár be a burkolat hézagrajzával; 13-a ferde hézagrajz kivezeti a vizet a fugákból;

A ragasztott rendszerekkel szemben a sínrendszerre szerelt burkolat merőben más gondolatmenetet mutat be, a homlokzatburkolatokkal mutat rokonságot. Látható, hogy a lábakra állított háttérváz (alumínium, vagy rozsdamentes acél) gyakorlatilag formai függetlenséget biztosít az épület tömegétől. Ebben kulissza-jellegben hatalmas építészeti lehetőségek rejlenek, egészen a szabadon, organikusan formált külső kéregig. Azonnal észrevehető, hogy a száraz rakásmód miatt a szerkezetben a csapadékvíz nem reked meg, ez a burkolat fagyállóságát javítja. Súlyos különbség a homlokzatokhoz képest, hogy míg ott a burkolat síkjára merőlegesen ható erő minimális (szélnyomás és -szívás), addig itt az önsúlyból, a hőteherből és a karbantartásból is ilyen igénybevétel ébred. Ezért a normál burkolati vastagság esetleg nem is felel meg, a sínrendszert sűríteni kell (ez igen megdrágítaná a szerkezetet), vagy a burkolat vastagságát, inerciáját kell növelni (ezt célozza a bemutatott üreges elem).

Figyelemre méltó, hogy az elemek toldásánál a tetőfedéseknél megszokott részleges átfedés jelen

esetben hátrány, hiszen némi víz a fugarendszerben marad. Célszerűbb az alulról ráfedés, mely esztétikailag is kedvezőbb, vagy a fugarendszer oldalirányú elforgatása, de mindkét esetben nyilvánvaló, hogy a víz teljes mennyisége a burkolat alá jut. A burkolat alatti vízlevezetés tehát szigorúan vízhatlan szigeteléssel (melyet a lábakra egyenértékűen fel kell gallérozni), és méretezett keresztmetszetekkel történhet. Ezt a zónát meg kell védeni az elszennyeződéstől, nehogy a burkolat alatt közlekedő víz valahol visszatárlódjon. Összegzésül a szerkezet előnye a tartósság, az átlátható működés. Hátránya viszont a sínrendszer nagyobb helyigénye, a vastag és drága burkolat, valamint a vízlevezető rész korlátozott ellenőrizhetősége és tisztíthatósága.

2.4. Részlegesen egymásra takaró kőburkolat, teljes felületű alátámasztással.



5. ábra: Részlegesen egymásra takaró kőburkolat

1-ferde, "kompakt" vasbeton födém; 2-vízhatlan (bevonat-)szigetelés; 3-nulla vízfelvételű hőszigetelés; 4-közvetlenül terhelhető felületszivárgó réteg; 5-részlegesen átfedő kőburkolat; 6-rozsdamentes acél pengekonzol; 7-tömített (szorítóperemes) rögzítés; teherátadó (keménygumi) kapcsolat; 9-a csapadékvíz túlnyomó része a külső síkon folyik; 10-mozgó táglási hézag

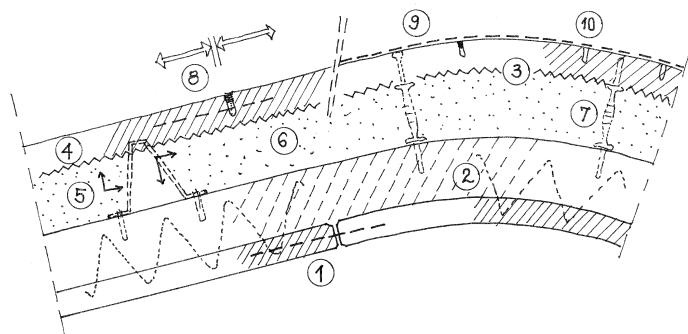
A burkolat fagyállóságának, és az alájutó víz levezetésének javítását szolgálhatja a szárazon, közvetlenül drénrendszerre fektetett, részleges átfedésű burkolat. A lecsúszás ellen a 4-5 soronként elhelyezkedő kiváltó rendszer támasztja meg a burkolatot, melynek elemei nyomóerőket adnak át egymásnak, így a közöttük lévő kapcsolatot erre kell mérten. Az egyes mezők lefelé nem, hanem csak fölfelé végezhetik a téli-nyári hőmozgást, a kiváltó sín alatt megfelelő méretű rugalmas hézagot kell biztosítani. A burkolat lépésálló felületszivárgóra van elhelyezve, mely a kiváltók alatt is folytonos. Mivel a burkolat alá sokkal kevesebb víz jut, mint az előző példákban, kevésbé kell tartani a rétegrend „befülledésétől”, így az előzőekkel szemben itt fordított rétegrendű szigetelést is alkalmazható. Hiába kis vízfelvételű ugyanis a fordított rétegrendekben használt extrudált polisztirol hőszigetelés, ha rendszeresen jelentős mennyiségű vízzel telített a rétegrend, és kiszáradása gátolt, akkor már számolni kell némi vízfelvétellel, és a hővezetési tényező is megváltozik. Itt azonban csak ritkán, kis mennyiségű víz jut a burkolat alá. A vízszigetelés közvetlenül a födémre ragasztható, az extrudált hőszigetelést kivitelezés közbeni megcsúszás elleni szintén ragasztással kell rögzíteni. Összegzésül: a rétegrend előnye az egyszerűsége, a kevés réteg, a kis vastagság és kis önsúly. Hátránya viszont, hogy az ereszt részletnél mindkét síkon (a burkolat, és az alsó szigetelés) egyaránt meg kell oldani a víz kivezetését, mégpedig egymástól igen távol eső síkokon, ami megnehezíti annak esztétikus kialakítását.

2.5. Lőttbeton tető maghőszigeteléssel

A látszóbeton korunk egyik legizgalmasabb kísérlete, annak tetőn való megjelenése viszont súlyos kérdéseket vet föl. A beton ugyanis már a készítés pillanatában hajszáltrepedésekkel teli, így nem alkalmas önmagában a csapadékvédelem ellátására. Még a vízzáró beton definíciója is mindössze annyit köt ki, hogy az átnedvesedés mértéke és a kiszáradás sebessége olyan arányban állnak egymással, amelyben mindig marad a betonrétegen belül egy száraz zóna, melynek nem változik a nedvességtartalma. A vízzáróság tehát nagy vastagsággal érhető el, ami a tetőn elképzelhetetlen. Hozzájárul még a problémához, hogy a legfelső beton kérget a hőmozgások biztosítására méretezett hézagrendszerrel kell ellátni, ami sok építész szerint ellentétes a homogén betonfelület elképzelt megjelenésével. Ennek ellenére az építész szakma nem mondott le erről a lehetőségről, bár a kisebb, és hőszigetetlen tetők kevésbé kockázatos teret adnak a próbálgatásnak, mint a nagyfelületű, lakóteret határoló, tehát maximális követelményeket támasztó tetőszerkezetek. A szerkezet a maghőszigeteléses falszerkezet analógiája, azonban a szabálytan, például íves felületek esetén (ahol a beton felület szabad formálhatósága igazán előnyt jelentene) a szokásos extrudált hab hőszigetelés nem alkalmas (túlágosan merev, a formát nem követi), helyette szabadon formálható, pl. PUR hőszigetelést találunk. A fűjt hab hőszigetelésre, az előre elhelyezett konzolok segítségével hordozó réteget, vasalást kell elhelyezni, a beton réteg leginkább lőttbetonként kerülhet a helyére. Még különlegesebb konstrukció, ha a külső kéreg készül előbb, melynek feltétele az előre elkészített, távtartókkal szerelt második zsaluzó héj, amely terpesztett acéllemezből, vagy más, a lőttbeton felső kéreg fogadására alkalmas anyagból kell készülnön. A hőszigetelés ebben az esetben ún. „öntőhab” formájában kerül beépítésre, melynek hézagmentesen kell a rendelkezésre álló üreget kitöltenie.

Minél vékonyabb a felső beton kéreg, annál érzékenyebb a hőmozgásra, melynek nem megfelelő kezelése a vízzáróság rovására megy. Ezért tervezett módon, kirekesztett és befűrészelt hézagrendszert kell létrehozni, melyet rugalmas hátúrképzéssel és UV-álló tömítéssel kell ellátni. Problémát okoz, hogy ezek a tömítések a mai fejlett technika ellenére sem tekinthetők örök életűnek, élettartamuk kisebb, mint a kéreg tervezett élettartama, ezért időszakos cseréjüket be kell tervezni az épület üzemeltetésébe. A felső kéreg alakváltozásainak korlátozása némileg csökkenthető az összekötő konzolok különleges kialakításával, különösen fontos, hogy a kéreg nemcsak saját síkjában, hanem arra merőlegesen is alteráló mozgást végez. Ezzel a módszerrel sem lehet azonban a mozgási hézagokról lemondani, legfeljebb kis mértékben ritkítani.

Összegzésül elmondható, hogy a (külön vízszigetelés nélküli) látszóbeton tetőt a mai technikai mellett is csak szigorú feltételek mellett, elsősorban korlátozott méretekben lehet alkalmazni. A probléma egyszerű feloldását jelentheti a látszóbetonnal színben és struktúrában nagyon hasonló rugalmas bevonatszigetelések alkalmazása, mely a betonnal együttműködve együtt teljesíti a csapadékvédelem feladatait.

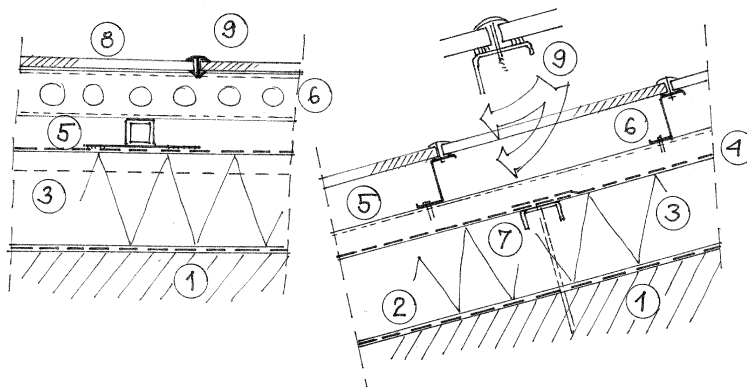


6. ábra: Lőttbeton tető maghőszigeteléssel

1-ferde és íves zsaluzó kéregpanel; 2-helyszíni betonozás (felső zsaluzattal); 3-terpesztett lemez "zsaluzat" a felső beton fogadására; 4-fagyálló, acélszál erősítésű lőttbeton kéreg, korlátozott zsugorodási repedésre méretezve; 5-többirányú erőfelvételre kialakított acél támaszok; 6-utólagos "öntőhab" hőszigetelés; 7-kompozit összekötő elemek; 8-mozgási hézag tartósan

rugalmas, UV-álló tömítéssel; 9-rugalmas, UV-stabil bevonatszigetelés beton hatású megjelenéssel; 10-sűrített táglási hézagrendszer

2.6. Nagytáblás burkolat acél vázon

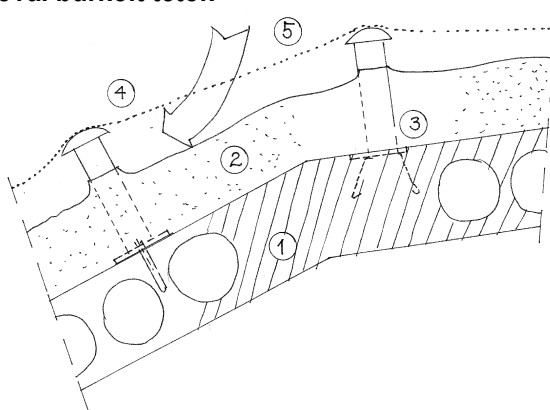


7-8. ábra: Nagytáblás burkolat acél vázon

1-ferde vasbeton födém; 2-párazáró bevonatszigetelés; 3-lépésálló hőszigetelés; 4-műanyaglemez csapadékvíz szigetelés; 5-ráhegesztett "zsebes" szigetelő profil, benne vezetett zártszelvény lizénával; 6- perforált burkolattartó bordaváz; 7-hőszigetelésbe süllyesztett U-szelemenek; 8-nagytáblás burkolat; 9-ragasztott vagy leszorító profilos rögzítés, bepattintható hézagtakaró idom

Egyre több gyártó ismeri fel a nagyléptékű burkolatokban rejlő építészeti lehetőségeket, és reagál valamilyen termékkel, vagy rögzítési rendszerrel ezekre az igényekre. A bemutatott többirányú sínrendszer a magastetős szerkesztési logika mentén alakult ki: A vízszigetelésre fölfekvő lizéna a kontraléc analógiája. A speciális, vízszigetelő műanyagból készített „zsebes” profil jól hegeszthető az alátét vízszigeteléshez. Rögzítése a keményhab hőszigetelésbe vágódó U-profilokhoz (önmetsző csavarozással) történik, kielégítve ezzel az alátéthéjazatokra vonatkozó irányelvekben foglalt, „a vízszigetelés síkjából kiemelt” rögzítések követelményeit. Alternatívaként kisebb, szimmetrikus épületeknél a lizéna átvethető a gerinc fölé is, függesztett, húzott módon, ezáltal egyáltalán nem kellene a vízszigetelés átszúrásával foglalkozni, hacsak nem a könnyű burkolatra ható szélszívás miatt nem. A nagytáblás burkolat szegecselve, csavarozva, vagy ragasztva kerülhet a perforált (így az átszellőzést megengedő) szelemen rendszerre. A táblák toldása nyitott hézaggal, esetleg bepattintható takaróléccel történhet, az utóbbinak nagy szerepe van a burkolat alatti zóna elszennyeződésének megakadályozásában, az ugyanis a vízlevezető utak eltömődéséhez, torlóvíz kialakulásához, így beázáshoz vezetne. Összegzésül: a nagytáblás burkolatok „emeletes” alsó vázrendszere jelentős helyigénnyel, ugyanakkor a teherbíró hőszigetelésre támaszkodó, tehát egyszerű, könnyű rétegrenddel rendelkezik. Problémát a könnyű táblák saját síkjára merőleges hajlító igénybevétele (pl. hó), az alsó légréteg elszennyeződése, a légrétegben kialakuló túlzott huzathatás (és tűzterjedés) okozhat.

2.7. Fóliával, feszített hálóval burkolt tetők



9. ábra: Fóliával, feszített hálóval burkolt tetők

1-üregkönnyítésű, ferde és törtsíkú vasbeton födém; 2-szórt technológiájú, multifunkcionális (hő- és vízszigetelő) réteg; 3-rozsdamentes acél támasztó lábak; 4-önbeállló "gombafejek"; 5-feszített háló vagy fólia "burkolat"

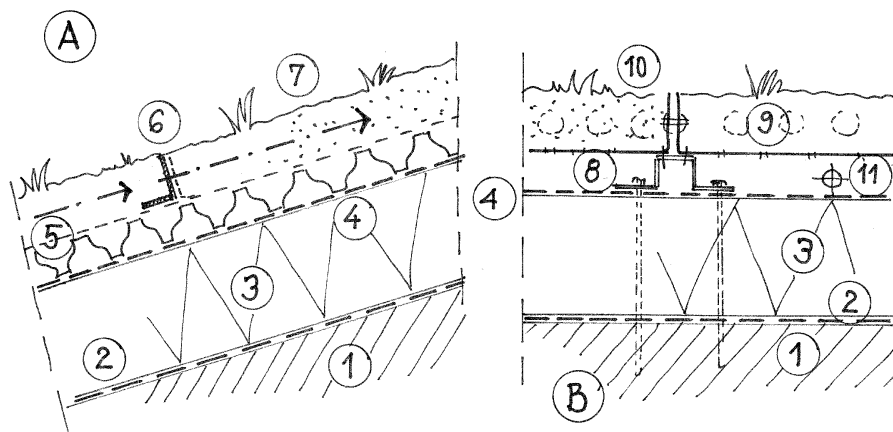
A vékony, hártyszerű burkolatok közös jellemzője, hogy a stabilitás érdekében térbeli geometriával, térelemként, vagy nyeregfelületként (mindkét irányban megfeszített) kell létrehozni. Ez jelentősen behatárolja az építészeti formálási lehetőségeket, mégsem lehet eltekinteni ettől. Nagy különbség van az áttört rácsok, terpesztet lemezek, hálók, valamint a fóliák, ponyvák között, mivel előbbiek esetében az áttörtségtől függően a szélnyomás-szélszívás kiegyenlíthető a hártya külső és belső oldalán, ezért kevésbé érzékeny a fenti problémára, míg a fóliákat a szél könnyen megemeli, berezgeti, elszakítja. Ezzel ellentétben az áttört felületek nemcsak a vizet, hanem a szennyeződést is átengedik, az alatta lévő réteget vízhatlan szigeteléssel, a szerelési zónát pedig tisztathatóan kell kialakítani (pl. nagynyomású vízzel), míg a fóliák elláthatják a csapadékvédelem feladatát is. Előbbieknél a víz útja tervezetten, de rejtetten megoldható, utóbbiaknál a víz útját a felület geometria határozza meg, az ebből eredő építészeti kötöttségekkel együtt.

A fentieket szemléltető gondolat kísérletben a hőszigetelést multifunkcionális (hő és vízszigetelés szerepét egyaránt ellátó) fűjt hab hőszigetelés látható, amely a felső hártát tartó lábakra egyszerűen felgallérozható. A lábak önbeálló fejekkel, gombokkal vannak ellátva, de a hártya megfeszítését nem itt, hanem a szélek, peremek mentén külön meg kell oldani.

Összegzésül: a vékony, és áttört burkolatok hárták különleges feladatot jelentenek, a felületi geometria nem mentes a formai kötöttségektől, és külön gondot, jelentős költséget okoz annak megfeszítését szolgáló részletek kialakítása, különös tekintettel a megfeszített anyagok későbbi ernyedésére is.

2.8. Ferde zöldtetők

A zöldtető önmagában is a burkolt tető egyik előképe, hiszen a felső, a megjelenést szolgáló anyag nem azonos a csapadékvíz elleni védelmet ellátó réteggel. A ferde felületen való alkalmazása pedig vízlevezetési és rögzítési problémákat okoz. Az „A” verzió esetében a felületszivárgó drénlemezre ömlesztett termőréteg lecsúszás elleni védelmét a rozsdamentes acél vagy impregnált fa anyagú „kalodázás” oldja meg, amely felsőbb épületrészekhez felkötve is rögzíthető (függesztett, tehát karcsú, olcsó megoldás lehet). Természetesen ez a megoldás csak kisebb hajlásszög esetén alkalmazható, mert a termőréteg eróziója nehezen akadályozható meg. A „B” verziónál a termőközeg és előnevelt növényzet előre elkészített, és később cserélhető tálcákban, alátét sínrendszerre szerelt „készelemként” kerülhet a tetőre. Különösen meredekebb hajlásnál van létjogosultsága ennek a nem teljesen természetes, ám annál hatásosabb megoldásnak, a termőközeg vékony voltát a tálcák alá beépített öntőrendszerrel a célba juttató tápoldattal lehet ellensúlyozni. Összegzés: a bemutatott rétegrendek jól érzékelteti azt a mai gondolkodást, amely szerint nincs lehetetlen az építészeti formálásban, de a végeredmény sok esetben túlbonyolított, nem igazán ösztönös, és valójában nem tartós. A megoldásokat mégsem szabad lenézni, hiszen olyan fontos műszaki gondolatokat tartalmaznak, melyek a burkolt tetők működésének megértését, a helyes koncepció kialakítását nagymértékben elősegítik.



10.-11. ábra: Ferde zöldtetők

A-kishajlású zöldtető ömlesztett, kalodázott termőközeggel; B-magasabb hajlásszögű zöldtető előnevelt növénytálcákkal; 1-ferde vasbeton födém; 2-párazáró szigetelés; 3-lépésálló hőszigetelés; 4-gyökérálló csapadékvíz elleni lemezes szigetelés; 5-vízmeztartó és felületszivárgó domborlemez, szűrőfátyol védelemmel; 6-magasabb épületrészhez vagy gerinchez felkötött rozsdamentes acél kalodarendszer; 7-termőközeg ideiglenes (elkorhadó) megcsúszás elleni háló betéttel; 8-magasabb épületrésztől, gerinctől függesztett kalapprofilú lizénarendszer; 10-előnevelt, cserélhető "növénytálcák"; 10- oldható mechanikai rögzítés a lizénához és egymáshoz; 11-csepegtető öntöző és tápanyag-ellátó csőrendszer

2.9. A burkolt tetők csoportosítása

A fenti példák messze nem tükrözték valamennyi lehetséges megoldást, annál is inkább, mert a fejlődés nem áll meg, a kiapadhatatlan alkotó kedv újabb és újabb igényeket és megoldásokat szül. A burkolt tetők csoportosítása tehát a szakma pillanatnyi helyzete alapján készült, és nem történhet önmagában az anyagfajta szerint, hiszen a működési jellegzetességek, szerkesztési elvek szempontjából ugyanennyire, ha nem inkább meghatározó lehet az elemméret amely szorosan összefügg a rögzítés módjával is. Az alábbiakban tehát egy olyan vegyes rendszert mutatunk be, amely figyelembe veszi mindhárom szempontot, fő- alcsoportokba, és azon belül variációkra bontja e lehetséges megoldásokat.

2. táblázat: A burkolt tetők csoportosítása

Főcsoport		Alcsoport		Variációk
A	Kőlap burkolatok	A1	Ragasztott lapok	aljzatbetonra ragasztott kőlap ragasztás drénbetonon ragasztás a szigetelésre
		A2	Szerelt rögzítésű	pontszerűen rögzített acél profilvázra kiváltott aljzatra fölfekvő sínrendszer
		A3	Szárazon fektetett	szemcsés aljzatra fektetett szivárgólemezre fektetett trapéz vagy hullámlemezen rácsos aljzatra rögzített
B	Beton, vasbeton	B1	Monolit beton	szivárgólemezre betonozott vízáteresztő betonból vízzáró betonból (feszített)
		B2	Előregyártott kéregpanel	teljes felületen fölfekvő kiváltott, légréses
C	Kerámialap burkolatok	C1	Aljzatra ragasztott	vízáteresztő aljzatbetonra közvetlenül vízszigetelésre hőszigetelésre ragasztva
		C2	Sínrendszerre szerelt	nagyelemes burkolat profilvázon
D	Kiselemes burkolatok	D1	Ágyazóhabarcsra fektetve	fagyálló klinkertégla beton térkő
		D2	Szemcsés, zúzalék aljzaton	kiskockakő fakocka burkolat
E	Nagytablás burkolatok	E1	Sínrendszerre szerelt	lamellás, farács burkolatok napelemekkel burkolt tető fémkazettás és szendvicspanelek
		E2	Ragasztott, hegesztett	mesterséges építőlemez hegesztett acéllemez
		E3	Pontszerűen rögzített	edzett üveglap burkolat
F	Korcolt fémlemez	F1	Elégtelen lejtésű burkolat	alátét-szigeteléssel

				kompakt, magashullámú
G	Ömlesztett anyagok	G1	Műgyanta kötésű	kavics burkolatú tető
		G2	Kazettás rögzítésű	kishajlású, extenzív zöldtető
		G3	Tálcás rögzítésű	meredek, intenzív zöldtető
H	Kérgezett felületek	H1	Vékonybevonatok	bevonatszigetelés betonon
		H2	Vastagbevonatok	vakolt jellegű felületek
		H3	Multifunkciós anyagok	szórt hő és vízszigetelés
I	Hártyaszerű burkolatok	I1	Térelmek, karosszéria	műanyag, fém, finombeton elemek
		I2	Hálók, perforált lemezek	fémháló, fa és fémtáblák
		I3	Feszített fóliák	ponyvaépületek

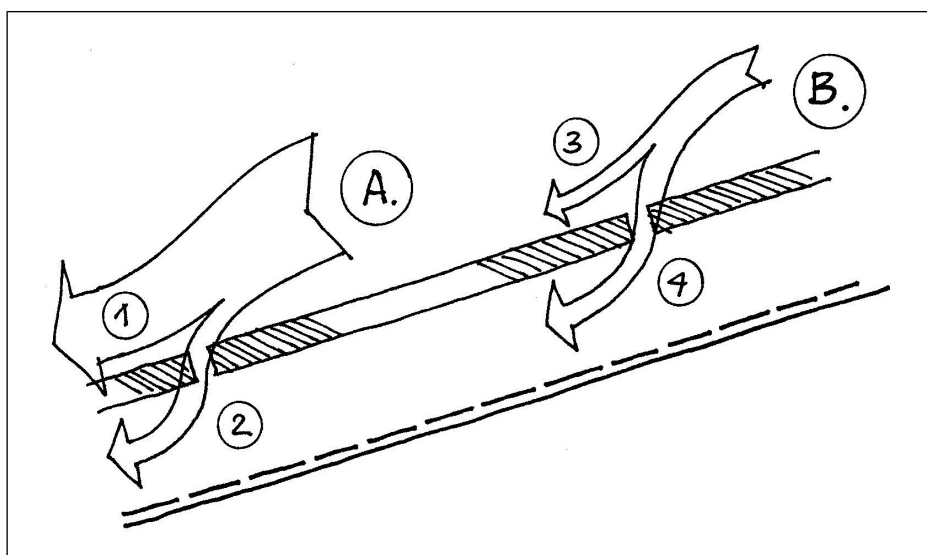
3. A BURKOLT TETŐK MŰKÖDÉSE, SAJÁTOS IGÉNYBEVÉTELEI ÉS RÉSZLETEI

Az alábbi felsorolás az ezzel foglalkozó Tanszéki kutatás eredményei közül csak a legfontosabbakat összegzi. Terjedelmi okokból nincs mód az összes tapasztalat átadására, az alábbiak inkább csak példák arra, hogy a burkolt tetők sajátos működésének megértése a jó koncepció felvételének legfontosabb feltétele.

3.1. A csapadékvíz levezetése

A többszintű vízlevezetés

Mint az már látható volt, a burkolt tetők többségénél a víz részben a burkolat alá jut. Ennek mértéke függ a toldások módjától, az elemmérettől, a hajlásszögtől, és a vízlevezetési hosszától. A nagy zivatarok esetén feltorlódnó víz nyomást fejt ki a burkolat fugáira, de a felgyorsuló víz át is csaphat akár a nyitott fugák fölött is, míg a lassú, áztató eső teljes mennyiségben leszivárog. Ebből a nyitott fuga ún. önszabályozó jellegét figyelhetjük meg: azonos kialakítás esetén a csapadék jellegétől függetlenül bizonyos határok között a burkolat alá jutó víz nagyságrendileg azonos.



12. ábra: Az önszabályozó nyitott fuga

A–heves zápor, B–csendes eső, $A \gg B$, $1. \gg 3.$, $2. \approx 4.$

A burkolat alá jutó víz mennyisége döntő a burkolat alatti rés, drénréteg megválasztása, a burkolat és az alsó rés öntisztulása, és az ereszkialakításra nézve. Az egyes rétegrendek összehasonlítására bevezethetjük a többszintű vízlevezetési mérőszámot (továbbiakban TVSZ), amely a burkolat fölött és alatt folyó víz mennyiségének hányadosa. Erre vonatkozólag nincsenek kísérleti eredmények, amelyekből egy-

egy burkolt tető működése azonnal kiolvasható lenne, ez az érték mindössze a működés megértésére, az egyes szerkezetek összehasonlítására, a tendenciák felvételére alkalmas. Figyelemre méltó segítség emellett a vízzáróság, vízhatlanság kategóriáinak a jelenlegi szabályozásnál finomabb megfogalmazására.

Néhány példa a TVSZ becsült értékeire:

3. táblázat: A TVSZ értelmezése és becsült értékei

Burkolat példa	Q _{felül}	Q _{alul}	TVSZ	vízzáróság
bevonat-szigetelésű tető	97%	3%	>30	vízhatlan
látszóbeton	95%	5%	10-20	fokozottan vízzáró
vízáteresztő fugázású kőlap	85%	15%	5-10	gyengén vízzáró
vízáteresztő beton	75%	25%	3-5	enyhén vízáteresztő
kerámialap, bepattintható fugaprofillal	65%	35%	2-3	"
száraz fugázású téglá vagy térkő	55%	45%	1-2	"
profilozott nagyeleemes kerámia	45%	55%	0,5-1	vízáteresztő
vastag kőburkolat szorított fugával	35%	65%	0,3-0,5	"
nagytablás szálcement nyitott fugával	25%	75%	0,2-0,3	"
tálcás rögzítésű zöldtető	15%	85%	0,1-0,2	„nyitott”
farács burkolatok	5%	95%	<0,1	"

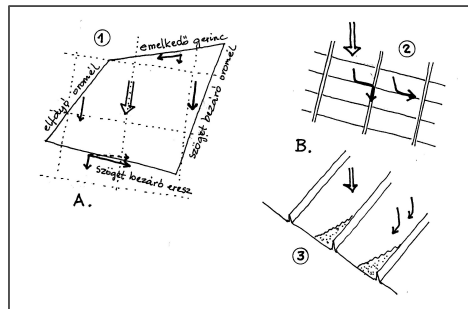
A TVSZ értékek lehetséges tanulságait mutatja be a következő táblázat:

4. táblázat: TVSZ értékek tanulságai

- az 1 érték esetén ugyanannyi víz folyik a külső síkon, mint alatta,
- az 1 alatti értékek esetén a burkolatnak csak árnyékoló, védő szerepe van,
- a 0,5 alatti értéknél elképzelhető felső sík vízlevezetésének elhagyása,
- 0,2 érték alatt a hó és jég lecsúszásának veszélye is elhanyagolható,
- a 3-as érték fölött az alátét szigetelés vízhatlan követelményű, de elképzelhető, hogy a szigetelés síkjáról nem gyűjtjük külön össze a vizet, hanem azt (megfelelő homlokzati kialakítás esetén) a homlokzati rétegrendbe engedjük,
- az ÉMSZ irányelv hatálya körülbelül a >10 csoportnak felel meg,
- a lapostetők jellemzően >30-as értékkel jellemezhetők,
- a felső síkon 100 % kísérletileg nem mérhető (TVSZ végtelen), a felület nedvesedése, a szennyeződések vízfelvétele, a párolgás miatt az összes vízmennyiség sohasem jut el az ereszcatornáig,
- ugyanígy nem gyűjthető össze a teljes vízmennyiség a szigetelés síkján sem (TVSZ≠0), a burkolat vízfelvétele, a párolgási veszteség miatt,
- a rétegrendek többsége kétszintű vízelvezetésű, „többszintűnek” valójában csak a fordított rétegrendek működése nevezhető, azonban így szemléletesebb.

Az átlós lejtésű és az extra lejtéshosszú tetők.

Az átlós lejtésnek két fajtája létezik: a tető élével szöget bezáró lejtés, illetve a burkolatnak a lejtéshez képest elfordított fugarendszeré. Az átlós lejtés igen elterjedt szerkesztési és formálási módszer a burkolt tetős épületek között, és hatalmas épületszerkezeti jelentőséggel bír. A lejtéssel szöget bezáró eresztél automatikusan biztosítja az ereszvonala lejtését, eltűnhet tehát az építészek által sokszor kifogásolt, a héjazat alsó éle és az ereszcatorna között megnyíló rés. A túlzott eltérés esetén viszont a lejtés túl nagy lesz, a víz az ereszcatornában felgyorsul, és az épület sarkánál túl nagy lendülettel érkezik. A szöget bezáró orom éltől elfolyik a víz, vagy ellenkezőleg, rendkívül nagy vízmennyiség gyűlhet össze, mely az oromélen átbukva veszélyezteti az arra járókat.

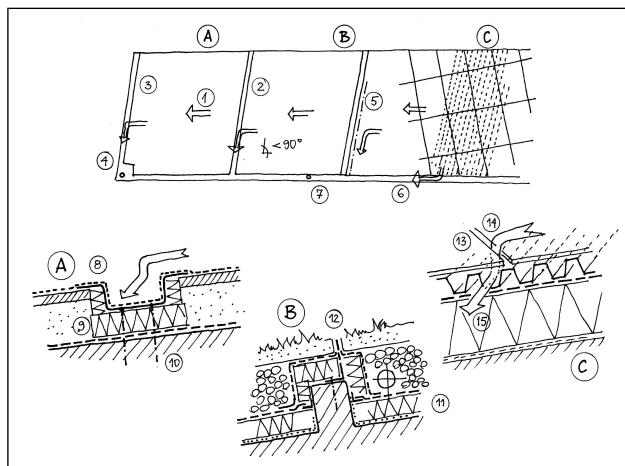


13.,14.,15. ábra: Az átlós lejtés két fajtája

A–a tetőfelület szegélyeivel szöglet bezáró lejtés, B–a burkolati raszterrel szöglet bezáró lejtés, 1–az átlós lejtés fogalmai, 2–a burkolat fugái megvezetik a víz útját, 3–a szöglet bezáró állókorcok mögött víznyomás alakul ki.

A lejtéssel szöglet bezáró burkolati raszter zárt, kiemelt fugák esetén megtereli, megvezeti a vizet, csökkenti az oromélek terhelését, míg nyitott fugák esetén oldalirányban vezeti, lecsapolja, tehermentesíti a felületet, ezáltal javítja a burkolat fagyállóságát. .

Az extrém lejtéshossz a vízmennyiség feltorlódásával akkor is víznyomást okozhat, ha egyébként a lejtés és a burkolat anyaga, toldásai összhangban lennének egymással. A felgyorsuló víz az eresznél túlcsap, dinamikus terheléssel akár tönkre is teheti az ereszcsonát. Az extrém vízmennyiség többszöri közbenső lecsapolásáról többféle módon, de mindenképpen gondoskodni kell.

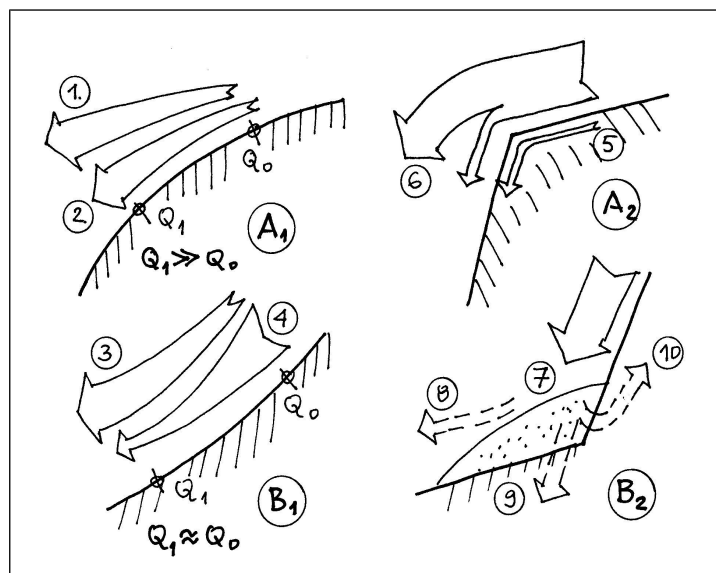


16.,17.,18.,19. ábra: A lejtéshossz csökkentése, a víz harántirányú terelése

A–besüllyesztett terelőhornyok, B–rejtett vízgát, C–haránt lejtésű szivárgórég (trapézlemez), 1–általános lejtés, 2–szöglet bezáró besüllyesztett horony, 3–szöglet bezáró ereszhorony, 4–nagy térfogatú üst és víznyelő, 5–vízgát előtti rejtett dréncsatorna, 6–hosszanti peremcsatorna, 7–közbenső víznyelő (opcionális), 8–besüllyesztett horony acéllemez vértézése, 9–nagy szilárdságú hőszigetelés, 10–rögzítés, 11–a rejtett dréncsatorna, 12–a zöldtető eltakarja a vízgátat, 13–nagytablás burkolat, 14–nyitott hézagon lecsapolt esővíz, 15–trapézlemez által kivezetett vízmennyiség.

A víz útja a változó hajlású, többszörösen tört felületű tetőkön

A lejtés növekedésével a víz gyorsul, csökkenésével lassuló mozgást végez. Mindezt összegezve a hó és a szennyeződés lerakódásának szempontjaival érthető, hogy az építészeti forma következményeivel mindenképpen számolni kell.



20.,21.,22.,23. ábra. A hajlásszög változásai

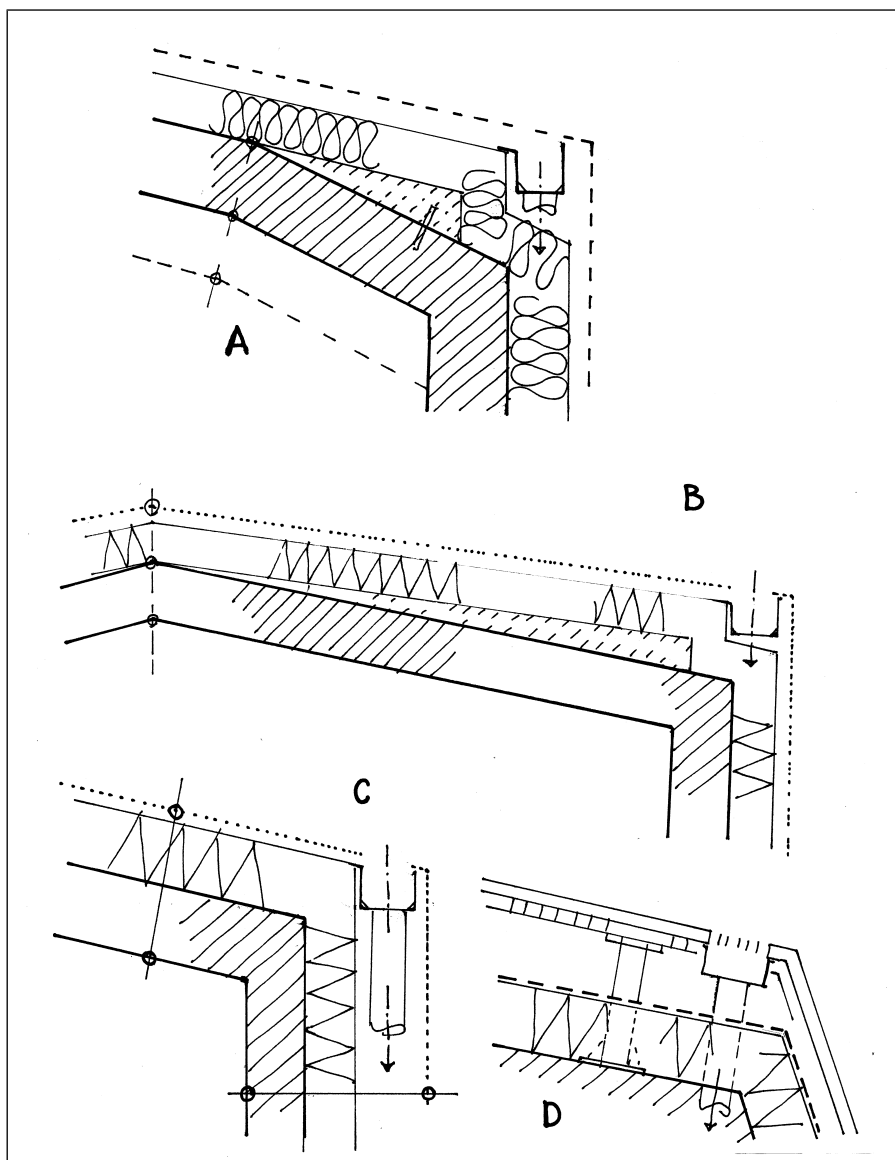
A1–konvex íves felület, A2–konvex szögtöréses felület, A2–konkáv íves felület, B2–konkáv törés, 1–növekvő vízmennyiség, 2–növekvő sebesség, 3–növekvő vízmennyiség, 4–csökkenő sebesség, 5–tapadó vízfolyás, 6–elszakadó vízmennyiség, 7–torlónyomás, dinamikus hatás, 8–lassú elfolyás, 9–víznyomás, beázás, 10–freccsenés, felszívódás

A nulla lejtés problémája: annak ellenére, hogy a víz nem áll meg a tetőn, a gyenge lejtés miatt a víz eltávozás lelassul, az arra érzékeny anyagokban megindul egy beszívódási, illetve ozmotikus só kiválási folyamat. A pangó víz páratechnikai gátat képez a rétegrend külső oldalán, szennyeződések rak le, amely a tető elmohásodásához vezet, akadályozza az elképzelt anyag és felületi struktúra esztétikai érvényesülését.

A burkolati anyagokba beszívódott víz eltávoztása nemcsak a felső réteg kiszáradásával, hanem lefelé, a burkolat aljzata felé is lehetséges, ha nem kontakt ragasztott burkolatról van szó. Azon rétegrendek, rögzítési módok kifejlesztését melyek a burkolatok alsó kiszáradását segítik, az erről szóló kutatás egyik leghasznosabb eredményének tekintjük, és igen nagy jelentőséggel bírnak a burkolt tetők esetében, Természetesen a kontakt ragasztás helyett a lecsúszás ellen más módon, de védekezni kell, erről részletesebben a rögzítési módoknál lesz szó.

Az eresz problematikája

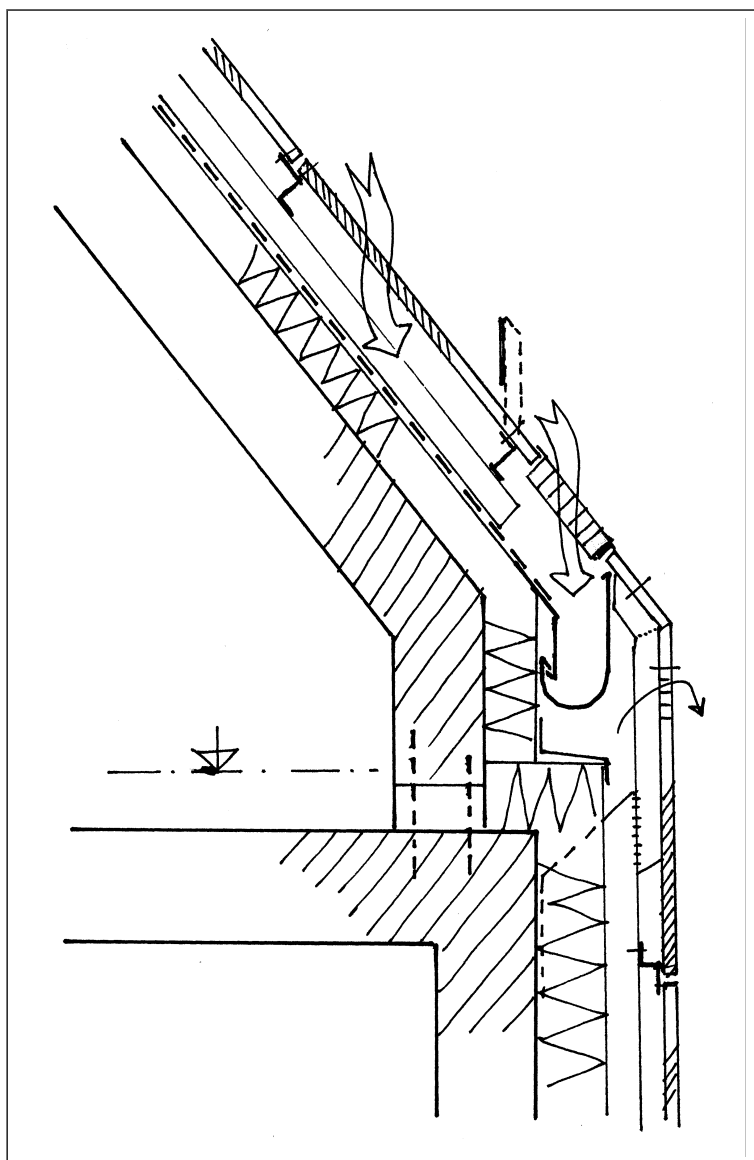
Az ismert példák legtöbbször az eresz és ejtővezeték eltüntetése az épület homogenitásának határozottan egyik legjellemzőbb következménye. A burkolt tetők legtöbbször külső vízlevezetésűek, mivel a tetőfelület látványa csak így érvényesül kívülről nézve. Az eresz eltüntetésének leggyakoribb módja annak elrejtése, besüllyesztése. Tekintettel arra, hogy a burkolt tetők felületén lejtési okokból jóval több víz is összegyűlhet, mint hagyományos tetők esetében, érthető, hogy a rejtett eresz helyigényének biztosítása nem is egyszerű feladat, és semmiképpen nem történhet a hőszigetelés vagy a légrés folytonosságának rovására. A helyigény biztosítása legtöbbször csak a tartószerkezet bizonyos mértékű „erőszakolásával” lehetséges, és az eresz hosszirányú lejtésére is szükség van.



24.,25.,26.,27. ábra: A besüllyesztett eresz helyigényének biztosítása

A–a vasbeton szerkezet „letörésével”, B–gerinctől indított ékalakú rábetonozással, C–a homlokzati rétegrend felvastagításával, D–tető rétegrend felhízalásával

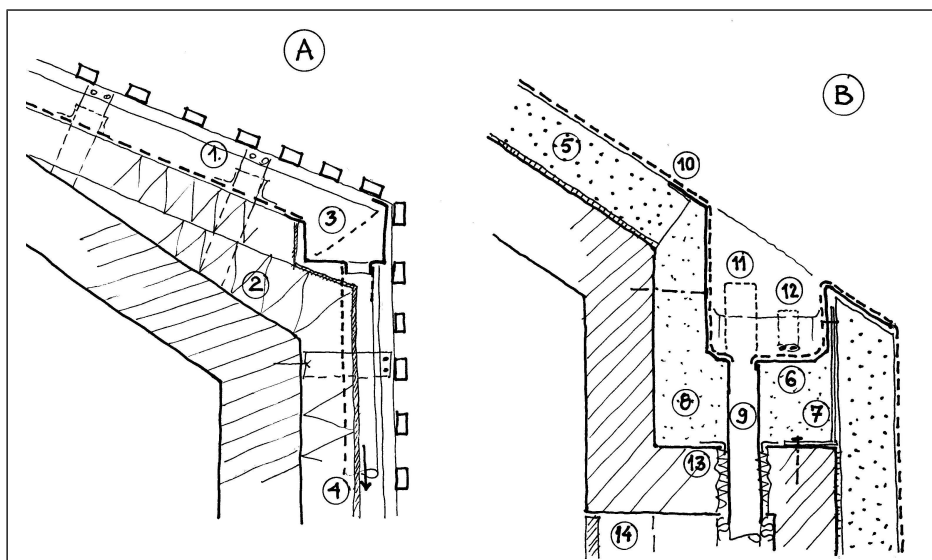
A rejtett eresz mindig kényes kérdés, mert annak hibája nem, azonnal vehető észre (az okozott kár emiatt nagyobb lehet), javítása, tisztítása bonyolultabb, egyedi részletmegoldásokat kíván. Problémát okoz továbbá, hogy a formai okokból elhagyott hófogók miatt a megcsúszó hótömeg, vagy jégkéreg és a nagy lendülettel érkező nagyobb mennyiségű víz a besüllyesztett csatornán könnyen átcsap, veszélyeztetve ezzel az utcán járókat. E problémákat foglalja össze a rejtett ereszcsonna egyik innovatív részletpéldája.



28. ábra: A rejtett ereszt egy lehetséges példája

A nyitott és a zárt burkolat eltérő ereszkialakítása

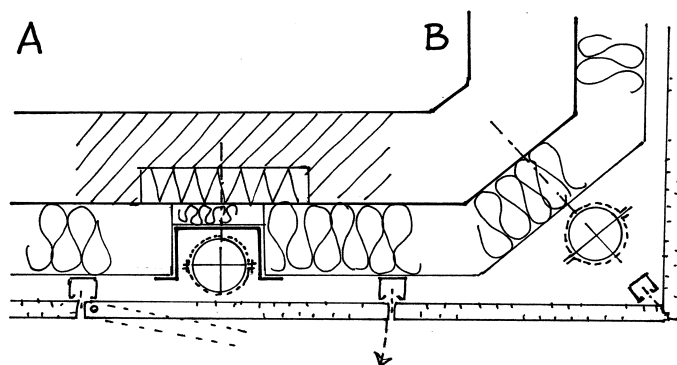
Attól függően, hogy a víz a burkolat felületén vagy az alsó szigetelésen folyik-e inkább, eltérő az ereszt pozíciója is. Szélsőséges esetben mindkét síkról egyenértékűen meg kell oldani a víz összegyűjtését és elvezetését. Ebből a szempontból kedvezőbbek a rácsos, áttört burkolatok, ahol az eresznél csak az alsó síkon kell vízteleníteni, és nem kell tartani a hó és jég lecsúszásától, azonban az alsóbb sík miatt az ereszcsonna is eleve lejjebb kerül, így annak helyigénye csak igen körülményesen biztosítható.



29.-30. ábra: Nyitott és zárt burkolat eresztési problémái

A – áttört burkolatú tető rejtett eresze, B – bevonat-szigeteléses tető vápája, 1–változó méretű burkolattartó lábak, 2–ékalakú kemény hőszigetelés, 3–acéllemez eresztési rugalmas dilatációs betétekkel, szennyfogó ráccsal, 4–homlokzati hőszigetelés „dryvit” kérgézése, 5–extra kemény hőszigetelés (habüveg) teljes felületen ragasztva, 6–acéllemez „zsaluzat”, tompa ütközésekkel, hajlatokkal, 7–acéllemez vendégfal, 8–helyszíni poliuretánhab kitöltés, 9–előre behegesztett csőcsomók, 10–átfedés rugalmas hordozófilccel, 11–magasított lombkösár, 12–csatornafűtés, 13–párazáró gallér, hőszigetelő csőhéj, 14–segédpillér, üregtakarás

Az ejtővezeték elrejtésére mutat néhány példát a . ábra. Álláspontunk szerint a maghőszigeteléses rétegrendszer hőszigetelésébe nem célszerű eresztécsatornát rejtetni, ha annak élettartama kevesebb, mint a tartószerkezeté, mert meghibásodása esetén a cseréje megoldhatatlan, és látható jelek nélkül okozhat tartószerkezeti károkat. Szerencsésnek mondható az átlós lejtés kombinációja a rejtett ejtő vezetékekkel, hiszen amúgy is az épületsarkon gyűlik össze a víz, és ott a hőszigetelés megsértése nélkül általában kialakítható a levezetéséhez szükséges hely.

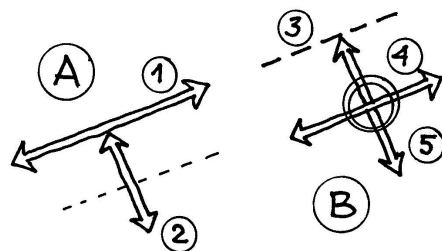


31. ábra: A homlokzatburkolat mögé rejtett ejtővezeték

A–a szerkezetbe előre beépített kiegészítő hőszigeteléssel, kifordítható burkolati elemmel, B–épületsarkon, a szerkezet lecsapásával

Áttörések: az áttörések közül legfontosabb a felső burkolati kérget tartó konzolok és a vízszigetelés viszonya. Ez a kérdés a burkolt tetők és a tetőfedések közötti legfontosabb különbséget feszegeti. Amíg ugyanis a tetőfedéseknél a csapadékszűrő héjazatot tartó segédváz takart, víztől védett helyzetben van, addig a burkolt tetők többségénél a felső kérget tartó váz konzoljai rendre átszúrják az elsődleges csapadékvédelmet biztosító alátét szigetelést. Az irányelvek szerint előnyben kell részesíteni a vízfolyás síkjából kiemelt kapcsolatokat, gallérozásokat. Ugyanakkor fontos mérlegelési kérdés, hogy milyen sűrűn kell ezt a kényes részletet megoldani, ugyanis a konzolok ritkítása a felső kiváltó rendszer erősítését, vastagítását, így a szerkezet drágulását vonja maga után. A konzolok sűrítése viszont az áttörések

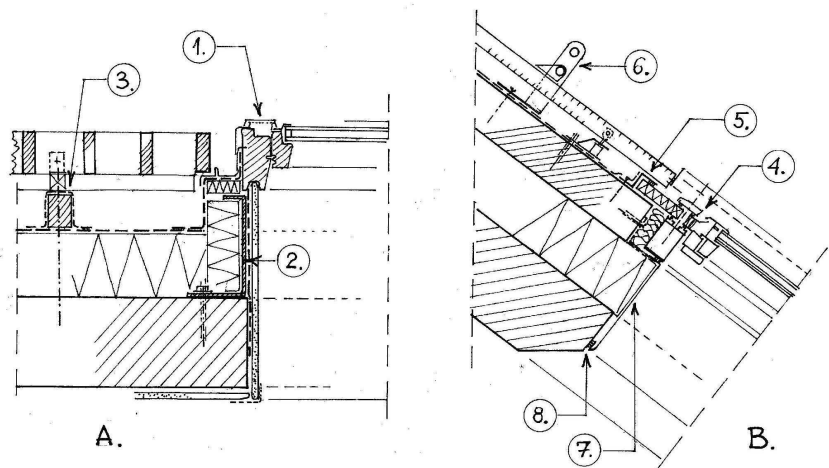
számát, a beázás fokozott kockázatát jelenti.



32.-33. ábra: Tetőfedések és burkolt tetők különbsége

A–tetőfedések, vízzáró tetők alapelve, B–burkolt tetők funkció keresztezése, 1–elsődleges vízzárás, 2–rögzítés, másodlagos vízzárás, 3–vizuális burkolati sík, 4–elsődleges vízzárás, 5–rögzítés, funkció kereszteződés

A tetőablakok, felülvilágítók esetében figyelemmel kell lenni arra, hogy a vízlevezetési koncepciónak, a TVSZ-nek megfelelően az áttörés, vagy annak szegélyezése a víz útját megváltoztatja, azt síkváltásra, irányváltásra kényszeríti. A nyílászárót a vízfolyás síkjába célszerű elhelyezni, különben ez alatt vízszárat, vagy e fölött vízgátat hozunk létre. Előnyös lehet a nyílászáró elfordítása a lejtéshez, raszterhez képest, mert ekkor annak szegélye mentén automatikusan létrejön a víz oldalirányú elterelése.

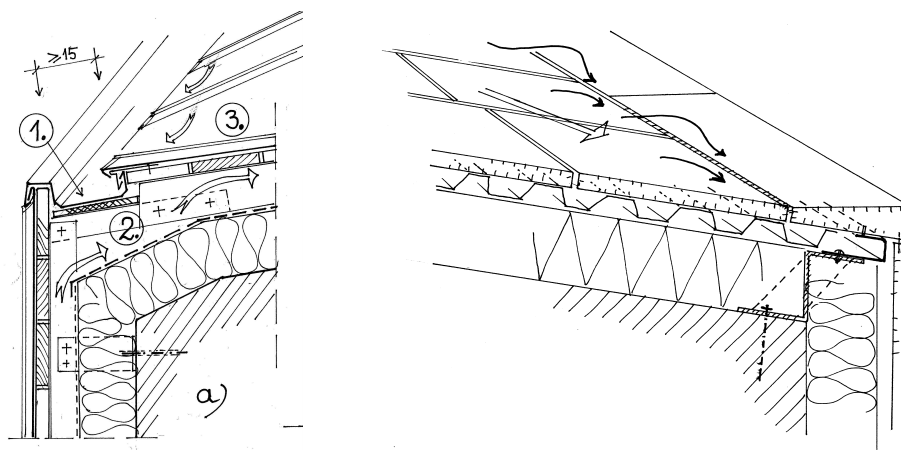


34.-35. ábra: Hagyományos faablak és fémanyagú bevilágító beépítési példája

A–hagyományos tetősíklablak farácsos burkolt tetőben; B–alumínium bordás üvegtető maghőszigeteléses vasbeton, szerelt kőburkolatú magastetőben; 1–faanyagú tetősíklablak; 2–horganyzott acél magasító keret, párazárás; 3–szigetelés átvezetése burkolattartó borda fölött; 4–alu profilrendszerbe épített tetősíklablak; 5–Z-profilú keretezés, a bevonatszigetelés rávezetésével; 6–hófogó cső és jégtörő ék; 7–porszórt alumínium nyílásbéllet; 8–párazáró tömítés.

Szegélyek és oromélek

Akár a burkolat felső felületén, akár alatt közlekedik a víz nagyobb része, gondoskodni kell arról, hogy az oroméleken a víz a szél vagy az átlós lejtés hatására ne bukasson ellenőrizetlenül a homlokzatra. Ezt szolgálhatja az él megdöntése, vagy a burkolat alattii rejtett oromszegély.



36.-37. ábra: Burkolati és rejtett oromszegély példája

A–szöget bezáró korcírány által megvezetett víz problémája, B–trapézlemezre helyezett kőburkolat döntött szegélye és rejtett oromszarnája, 1–besüllyesztett folyóka, csatornafútéssel, beszellőzés átvezetése a sarok letörésével, 3–lejtéssel szöget bezáró korcírány

Az ereszt nélküli tető

Akár mennyire kedvelt és igényelt motívum az ereszt teljes elhagyása, ezt a víz túlbukása, a hó lecsúszása, a tetőn időszakosan keletkező vékony jégréteg lezuhanása miatt csak rendkívül ritka esetben, szigorú feltételek együttállása esetén lehet megengedni. A legfontosabb a tetővel határos homlokzat áttörtsége (nyílásai) és az előtte elterülő terep használata, elkerítése. Lehet a veszélyt csökkenteni (pl. a tető kőburkolatára „ragasztott” jégtörőkkel, vízterelőkkel, a tetőfelület időszakos fűtésével, pl. 47. mintaépület, a felület érdesítésével, stb.) de megszüntetni nem lehet, ezért a hétköznapi gyakorlatban kerülendő az ereszt elhagyása.

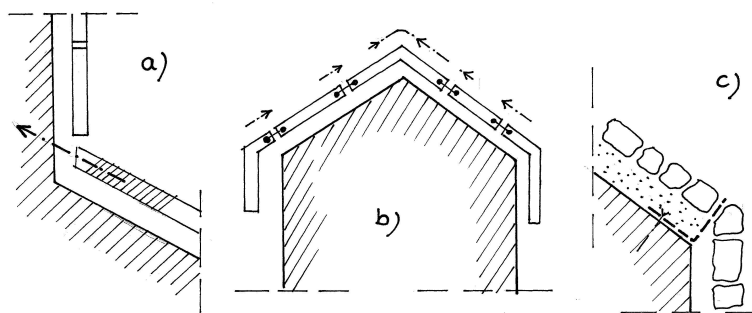
3.2. A burkolt tető statikai működése

A legfontosabb kérdés a felső burkolat (illetve aljzat szerkezetének) lecsúszás elleni rögzítése. Ki kell emelni, hogy a rögzítés módja és a burkolatban ébredő feszültségek, igénybevételek alapvetően függenek a rögzítési rendszertől, és lényegesen eltérhetnek a homlokzatburkolatok igénybevételeitől. Ebből a szempontból a két főcsoport:

- a légréses, szerelt jellegű
- és a kvázi teljes felületen fölfekvő burkolatok

A két rendszer közötti legfontosabb különbség, hogy az előbbi már a saját súlyából is a síkjára merőleges igénybevételt kap. Tipikus példája ennek a pontszerűen rögzített kőburkolat átfordulása a tetőre, vagy a nagytáblás szálcement burkolatok sínre rögzítése. Számos hátránya miatt (vastagság növekedése vagy sűrűbb és drágább rögzítés, kapcsolások kiszakadás, stb.) ezt nem tekintjük a burkolt tetők legelőnyösebb rögzítés módjának.

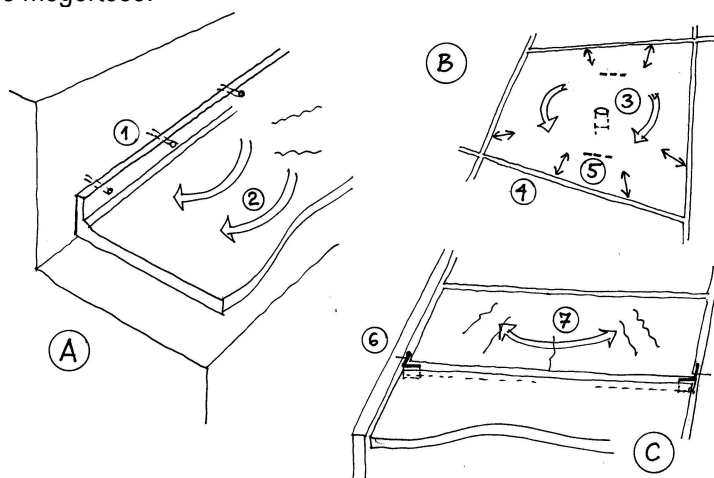
Meg kell említeni a vékony hárták, térelem, alsó légréses rögzítéseit is, ahol hajlítás ugyan nem ébred a burkolatban, de a rögzítés egyéb kérdései (feszítés, bonyolult peremkialakítás) miatt speciálisnak tekinthetők.



38.,39.,40. ábra: Teljesen fölfekvő, tisztán húzott vagy tisztán nyomott burkolati rögzítések

A–felkötés magasabb épületrészhez, B–átvetés geinc fölött, C–megtámasztás eresz mentén

A kvázi teljes felületen fölfekvő burkolat a kontakt, ragasztott burkolat alternatívája, szintén az erre vonatkozó fejlesztőmunka egyik leghasznosabb eredménye lett. A fölfekvés mértéke tegye lehetővé a burkolat síkjára merőleges hajlító erők elhanyagolását, de ne akadályozza annak alsó felületén a vízlevezetés, a kiszáradás folyamatait. A ragasztott, kontakt burkolatokkal szemben a lecsúszás elleni rögzítés gerinc menti felfüggesztéssel, eresz menti megtámasztással, vagy pontszerű megfogással történik. A rögzítések az elemmérettől, felülettől függően sűríthetők vagy növelhetők. Az első esetben a burkolatban (vagy annak aljzatában) csak húzás ébred (igen gazdaságos működés), a másodikban csak nyomás (speciális elemkapcsolatokat kíván, nehogy az elemek kiugorjanak a „nyomott rúdláncként” működő sorolásukból), a harmadikban pedig faltartó-szerű (tehát a saját síkjában nyírást, csavarást, hajlítást elviselő lemezeket hozunk létre (nagyelemes burkolatok, látszóbeton felületek, oldalról megfogott burkolatok). Természetesen vegyes rendszerek is léteznek, a megértéshez azonban elég e néhány alappélda és működés megértése.



41.,42.,43.. ábra: A teljes fölfekvésű, lemezjellegű megfogások nyírást, hajlítást okoznak

A–oldalél mentén, aszimmetrikusan megfogott lemez, B–pontszerűen rögzített lemez, C–sarkain megtámasztott előregyártott látszóbeton burkolat, 1–koszorú jellegű felperemezés, merev konzolok a szigetelés síkja fölött, 2–faltartó-szerű igénybevétel, 3–a pontszerű konzol fixpontot jelent, 4–hőtágulás a fixponttól távolodik, 5–elfordulás elleni acélpengék, 6–sarkok menti megtámasztás, 7–faltartószerű igénybevétel

Alakváltozások, hőmozgás, dilatáció

Már említettük, hogy a burkolatokat saját síkjukban és arra merőlegesen is különböző erőhatások érik. A legérdekesebb ezek közül a hőmozgás, amely elsősorban a téli nyári hőmérséklet változásból (hőtágulás), de másrészt a burkolat alsó és felső zónájának eltérő hőmérsékletéből (felhajlás, kardosodás, „bimetál-jelenség”) ébred. Ez a jelenség a vastagabb, nagy felületű (pl. beton) burkolatok tipikus igénybevétel. A másik ilyen ok a burkolat rögzítéséből származó, annak síkban ható húzó vagy nyomó igénybevétel, mely adott esetben a hőmozgással azonos vagy ellentétes irányba is hathat. Alapvető kérdés, hogy ezeket a jelenségeket a tervezőnek el kell fogadnia és ismerni kell, a burkolat mozgási hézagait tervezetten, az építészeti és épületfizikai szempontokat összehangolva, az építész tervezőnek kell meghatározni, mert a nem várt alakváltozások tönkreteszhetik a burkolatot, vagy csak a megálmodott építészeti hatással súlyosan ellentétes következményekhez vezet (pl. a kivitelező önkényesen fogja kiosztani).

A síkra merőleges erőkhöz tartozik még a szélszívás, amely különösen a könnyű és az áttört, nagy légréses burkolatok esetén, okozhat nem várt következményeket. A furcsa, deviáns formájú épületek, íves, konkáv, tömegek nehezen méretezhetők ökölszabályokkal. A nehéz burkolatú, légrés nélküli, kompakt rétegrendek ebből a szempontból kedvezőbbnek tekinthetők.

3.3. A burkolt tetők hő és páratechnikai működése

A felső burkolati kérget tartó, a hő és vízszigetelést áttörő (acél) konzolok hőhíd hatása miatt a rétegrendek hőátbocsátási tényezője nem vezethető le ezek figyelembe vétele nélkül. Ez ellen védekezni csak a konzol anyagával (rozsdamentes acél kisebb hővezetési tényezője), és a vastagság „túlméretezésével” lehet.

Szerencsés viszont, hogy a nehéz burkolatú rétegrendek (és az azt alátámasztó, legtöbbször vasbeton ferdefödém) nyári hőcsillapító hatása jelentős lehet, így az éves energiamérleg akár még kedvezőbben is alakulhat, mint a hagyományos faszerkezetű magastetőké.

A burkolt tetők páratechnikai érdekessége kvázi teljes felületen fölfekvő burkolatoknál jelentkezik. A burkolat alatti, korlátozott méretű, általában nem, vagy csak korlátozott mértékben átszellőző, nagy ellenállású szivárgó rés a rétegrendbe jutó (belülről, páradiffúzióval, vagy még inkább a csapadékból lejutó) nedvesség kiszáradását csak korlátozottan, időben elhúzódva biztosítja. Ez a rétegrend a páratartalom, relatív nyomás megnövekedéséhez, a rétegrend „befülledéséhez”, az ott lévő anyagok vízfelvételének növekedéséhez, hőszigetelési képességük csökkenéséhez, a szerves anyagok korhadásához, esetleg korrózióhoz vezethet. Jól látható, hogy a szerkezet nem sorolható sem a hagyományos értelemben vett „kéthéjú”, átszellőztetett hidegtető”, sem pedig az „egyhéjú melegtető” kategóriájához, hanem valahol a kettő között elhelyezkedő, új szerkezetcsoporthoz jött létre, melyet jobb híján „félmeleg” vagy „másfél-héjú” szerkezetnek nevezhetünk. Ennek részletes épületfizikai kutatása még a jövő feladata.

Meg kell említeni, hogy az erőteljesen átszellőztött tetők minden előnye (a nedvesség gyors eltávozás, nyári hőcsillapítás) ellenére a légrésben terjedő tűz kockázata a burkolt tetők esetében igen jelentős (tetőablakokon át). Esetenként a légrés megszakítására is szükség lehet.

3.4. Építés közbeni folyamatok

Az elemzett rétegrendek egyik fontos kivitelezési problémája a ferde betonfödémek készíthetősége. Minthogy a légrés nélküli, egymásra épült, kontakt burkolatú rétegrendekben semmiféle vagy nagyon csekély utólagos méretkorrekciós lehetőség van, a felületi pontosság követelménye igen erős lehet. Ezekben az esetekben nemcsak az erős lejtésű, hanem a kishajlású felületek esetében is szükség lehet felső oldali zsálizatra. Ez a probléma kevésbé jelentős a légréses, lábakra vagy sínrendszerre állított rendszereknél,

Fokozottan érdekes a betonfödém készítése az íves felületeknél, illetve ott nemcsak a vasbeton, hanem a rákerülő rétegek megválasztása is csak annak figyelembe vételével történhet, hogy ráfeszíthető-e az adott anyag a kívánt íves felületre. Amíg a lágyabb anyagok könnyebben alakíthatók, addig ezek éppen emiatt nem felelnek meg a lépésállósági, követelményeknek.

További érdekes üzemeltetési kérdés a ferde felületen való munkavégzés, az elkészült szerkezetek taposása, amely inkább a rétegenként ragasztott anyagokat teszi alkalmazhatóvá, mint a szárazon fektetett, mechanikailag rögzített rétegeket (gyűrődés, megnyúlás, ráncolódás)

3.5. Üzemeltetési és karbantartási kérdések

A legfontosabb a tető megközelíthetősége, mivel a burkolt tető látványát nem szakíthatja meg a szokásos járórács, stb. A könnyű és szerelt burkolatok esetében a karbantartás nem okozhat a síkra merőleges többlet igénybevételt. Éppen ezért a burkolt tetők jelentős része csak nagy költséggel, kosaras emelőről karbantartható és távolról, nagynyomású vízsugárral tisztítható.

Az áttört burkolatok, tompa ütközésű, nyitott fugák miatt nemcsak víz, hanem szennyeződés is nagy mennyiségben jut a burkolat alá. Fontos üzemeltetési feladat hogy ezt a szennyeződést rendszeresen eltávolítsák a szerkezetből, ellenkező esetben a vízelvezetési útvonalak eltömődnek és a víz visszatárolódik. Ezen kívül gyomok és rovarok telepedhetnek meg a szerkezete rejtett részeiben.

3.6. Sajátos igénybevételek

A működési kérdések áttanulmányozásával meggyőződhattunk róla, hogy a burkolt tetők sajátos igénybevételeit okozó környezeti hatások valójában nem különböznek a homlokzatok, magas vagy kishajlású tetők et érő hatásoktól, mégis az általuk okozott igénybevétel nagyságrenddel nagyobb problémát okozhat, mint a homlokzatok, magas vagy terasztetők esetében. Ez az oka annak, hogy a hagyományos szerkesztési elvek változtatás nélküli alkalmazása általában véve nem vezet jól működő műszaki megoldásokhoz. Hozzá kell még tenni, hogy némely igénybevételt éppen a burkolt tető sajátos rétegrendje okoz, ilyen például a burkolat alá beengedett vízzel bejutó szennyeződés lerakódása, így az alsó rés eltömődése.

A másik fontos észrevétel, hogy az igénybevételek nem olvashatók ki egyszerűen szabványokból, szakirodalomból, sőt az esetek egy részében nem is számszerűsíthetők.

Nehéz megítélni például a ferde felületen már elkészült szigetelés kivitelezés közbeni taposásából származó nyíró, csúsztató, szakító igénybevételeket. Például amíg jól méretezhető egy látszóbeton burkolat hőmérsékletváltozásából származó igénybevétel, mely annak fugaképzésére, a tömítésre hat, addig igen nehéz megítélni az egyenetlen felmelegedésből a betonra ható, a saját síkjára merőleges igénybevételeket (bimetál-hatás, felhajlás), mely alteráló volta miatt előbb utóbb átmenő repedéseket okozhat. Szintén nehezen ítéltethők meg a korlátozottan átszellőző légrésekben kialakuló párányomás, és az ebből származó igénybevételek, vastagabb légrés esetén pedig a kürtőhatásból származó huzathatás, mely a szigetelések rögzítését veszi igénybe. A példák hosszasan folytathatók lennének, sajnálatos módon sem a szakirodalom, sem tankönyvek nem tartalmaznak elég széleskörű „adatbankot”, amely mentesítené a tervezőt, konstruktort saját adatbázis létrehozásától, folyamatos bővítésétől.

Összegzésül elmondhatjuk, hogy különös gondossággal kell eljárni a tervezés elején felveendő paramétereknél, mert elég akár csak egy igénybevétel figyelmen kívül hagyása ahhoz, hogy a szerkezet működésképtelen legyen, vagy a tervezett élettartamot jóval megelőzően tönkremenjen.

4. BURKOLT TETŐK RÉSZLETKÉPZÉSEI

A burkolt tetők részletképzései a legtöbb esetben egyediek. A működés során leírt problémákra az ott bemutatott néhány részlettel arra igyekeztem példát adni. Ezek a részletek nem tipizálhatók, hiszen túl sok paraméter, túl sokféle együttállása határozza meg ezek kialakítását. A legjobb példa erre a burkolat felső síkján, vagy az alátét szigetelés síkján folyó esővíz, amelynek következtében az ereszcsontránál a burkolat, vagy az alátét-szigetelés síkjához kell rendelni, esetleg mindkét síkon gondoskodni kell a csapadék megfelelő összegyűjtéséről.

Minden esetben segítséget jelent a hagyományos funkcionális részletek tanulmányozása, megértése, hiszen ezek a maguk korában mindig a legegyszerűbb, leggazdaságosabb megoldások voltak (másképp nem épültek volna ilyen nagy számban). A következő lépés az eltérő körülmények, sajátos bemenő paraméterek felismerése, és a működési koncepció felvétele. Csak ezután kerülhet sor a részletek megtervezésére. Nincs a burkolt tetőknek olyan részlete, melyet az ellenőrzésből ki lehetne hagyni, amely rutinból beemelhető lenne. Tudomásul kell venni, hogy a burkolt tető egy összefüggő rendszer, melynek minden részlete visszahat a működésen keresztül a többi részletre is.

5. BURKOLT TETŐK MEGVALÓSULT PÉLDÁI

5.1. A burkolt tetők példái

A függelékben megadjuk a burkolt tetős épületek néhány jellemző világépítészeti, és néhány megépült hazai példáját. Ezek az épületek megtekinthetők az irodalomjegyzékben közreadott hivatkozásokon, számos fotó található az interneten, jelen jegyzet terjedelmében fotókat nem tudunk közreadni. A tendencia már az 1990-es években megjelent, de igazi robbanásszerű elterjedése az ezredforduló táján következett be.

Az első „burkolt tetőnek” Renzo Piano oszakai repülőterét tekinthetjük. A légikikötő fogadócsarnoka egyetlen lendülettel, hatalmas ívvel kezeli a funkció hatalmas térigényét. A nagytáblás rozsdamentes acéllemez tetőfedés alatt teljesértékű szigetelés van, a hajlásszög folyamatosan változó, helyenként nulla. Kézenfekvő, hogy a nagyléptékű építmények méretüknél fogva nem hozhatók kapcsolatba a hagyományos értelemben vett „ház” archetípusával, ennek formai jegyeivel, tömegkezelésükkel is új utat kerestek. A nagy tömeg vizuális befogadásának reális lehetősége, hogy azt egy gesztussal fogjuk össze. Ilyen megjelenésű és léptékű térlefedés a pekingi Arts Centre (P. Andreu). Ezt a szerkesztést tanulmányaiban Ekler D. nevezte elsőként homogén épületnek, és a nagyítással, mint tervezői módszerrel indokolta. Példájában a kavics felnagyítása az eredete a Budapesti Sportaréna íves, tojásformájú, fémlemez burkolatú lefedésének

A nagy felület kezelésének eszközei láthatók az amszterdami Zuiderhof épületén is. A felület megdöntése és a szokatlan anyaghasználat (homlokzati kerámia) teszi izgalmassá a megoldást. A nagy felület kérdésére Toyo Ito krematóriuma, a Mecanoo taiwani művészeti központja, vagy a stuttgarti Porsche-múzeum a választ a tető hullámoztatásában vagy többszörös finom megtöréseiben találja meg, következésképpen elszakadnak a hagyományos tető rétegrendjeitől.

Érdekes módon a kis épületek jelentik azt a másik kört, ahol a homogenitás megjelenik. Éppen arról van szó, hogy az épületen „nem fér el” sokféle anyag vagy motívum. Ladinger tiszta beton kioszkja, Bates Maher meditációs kabinjai, vagy a térelemes házak ezt példázzák. Japánban, ahol a kicsinyiségben rejlő érték fontos, a lakóházak kínálóznak erre a tömegkezelésre (Tetsuo Kondo, Kiwako Kamo, Yasuhiro Yamashita lakóépületei). Ugyanebbe a vonulatba illeszkedik az osztrák Landerl nagytáblás bukolatú lakóháza, és a kaliforniai Johnston Marklee ház. Múther „lakókapszulája” a korábbi évtizedek „sci-fi” hangulatában készült, a homogén formálás magától értetődik.

A homogenitásban és a tömeg „deformálásában” lelik meg szerkesztési módszerüket azok az épületek, ahol a funkció nem kíván semmi „ház-szerűt”. Ravatalozó, krematórium, megvilágítást nem igénylő ipari épület, múzeumok, kiállítóterek illenek ebbe a sorba (Zaha Hadid: Ordurpgaard Múzeum, Tadao Ando: Galerie 21, OMA: Bibliotheque Seattle). Az ablaktalan ház elveszti léptékét, a belső tereket nem a funkcionális belmagasság határozza meg. A tömeget határoló felületek megdöntésével a fal és tető fogalma mosódik össze, s ez homogén anyaghasználatot kíván. Innen csak egy lépés a felületek szoborszerű formálása, megtörése, kanyargatása, az így létrejövő alkotás szoborrá, kiállítási tárggyá válik (C. Parent: Église Sainte Bernadett, UNStudio: Tea House).

Az anyaghasználatra nézve minden lehetséges. Ha a külső vizuális felület nem működik többé „tetőként”, vagyis a vízzáróság alapfeladatát nem a külső héj látja el, alátét szigetelésre van szükség. A burkolat megszabadul ettől a kötöttségtől. Így terjednek el a nyitott fugás, nagytáblás lemezek (waidhofeni Iskola), a beton vagy műkő, kerámia vagy mozaik burkolat (Kinzelbach: Multimédia pavilon). A faburkolat talán épp öregedésével, mulandóságával hat érdekesnek, izgalmasnak (R. Lorenz: Építésziroda). Az üveg eddigi térnyerése után jelentőségét talán épp az amorf tömegek burkolásában, az íves határolásokban rejlő szabadságban fogja kiteljesíteni. A kompozit anyagok, térelemek a reklámapart ötvözik az építészettel: kiállítási pavilon, rövid életű látványos épületek öltöztetése, stb. (Pawlitschko: Művészeti Pavilon, B. Wörtz: K42 Médiaház). A rövid élettartamú szerkezetnek is működnie kell, ezért rétegrendjük nem kevésbé bonyolult, mint az előzőeké.

A kőburkolat szinte a súlyának is ellentmondva kerül egy acél keretvázaz épület tetejére (Gemeindezentrum in Corpataux-Magnedens). A rozsdás acéllemez használata éppúgy divatelem, mint a nemes ötvözetek. A látszóbeton alkalmazása a tetőn a legmerészebb kísérletek egyike, és a nulla lejtés bonyolult problémáját is érinti.

A hálók, rácsok, fóliák megjelenése a transzparens épület egyfajta irányzata. Az épület vizuális burkának és tényleges térelhatárolásának egymástól való eltávolodása, ez a fajta kulissza-jelleg izgalmas, szinte színpadias, díszlet-szerű hatást rejt, de ennél mélyebb, filozofikusabb mondanivaló kifejezésére is alkalmas (Lorch: müncheni zsinagóga). Költséges játék a titánnal ötvözött, csavarodó fémburkolat Gehry bilbaói múzeumán, de az időállóságnál is fontosabb az épület reklámértéke. Így jutunk a deformációig, mint az építészeti szabadság szimbólumához, melynek organikus, sőt abszurd példáit is megtaláljuk (Schmid, Heilig: Weller-Haus).

Ez a fajta szabadság a függőleges és vízszintes egyeduralmának végét jelzi. A torontói Ontario-Museum fémmel burkolt tömege, az UNStudio Agorája az egyenes lapokkal határolt kristályszerűséget emeli motívummá, míg Niemeyer hatalmas szemmé kifeszülő múzeuma, vagy a Mecanoo biomorf épületei az íves formákat helyezik előtérbe.

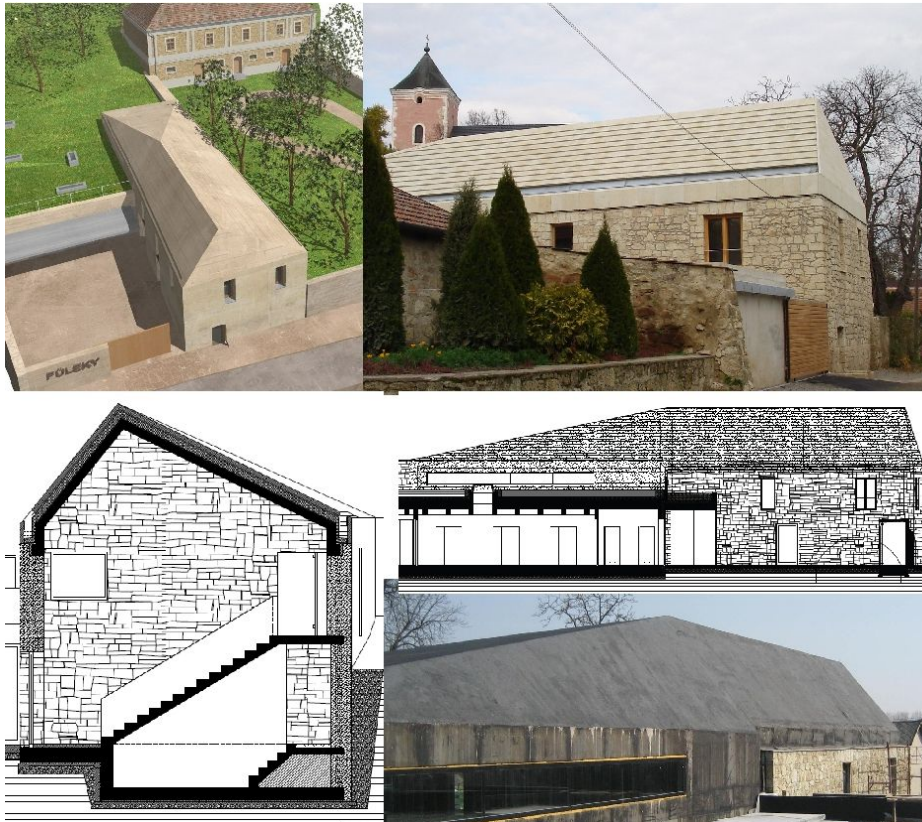
Észre kell venni azt a léptékváltást is, mely magyarázatot ad a mai feladatok újszerű kezeléséhez. Koolhaas és Scheeren pekingi TV székháza a felhőkarcolót monumentális szoborrá alakítja. Sejima és Nishizawa Rolex tanulmányi központja egyetlen hatalmas lepel, melynek tetszőlegesnek tűnő lyukasztása mellett a nulla lejtés is gondot okozhat. Érdekes a fedett de nyitott épületek kezelése is (Zaha Hadid: buszvégállomás), ahol hőszigetelési igény nincsen, de a hatalmas lejtésmentes felületek új épületszerkezeti megoldásokat kívánnak.

A nagy tömegek feladata nem csökkenti az igényt a felület finomságával, érzékenységgel kapcsolatban. A fémburkolat tervezett korcíránya (NU: Sint-Denijs), a szinte árnyékoló-szerű kerámia lamellázat (Fuksas: Mainz), a besüllyesztett csatornák (Hönger: Kollégium), vagy Libeskind típus-villájának finom anyagkezelése igényességükkel tűnnek fel.

A sor szinte végtelenül folytatható, de a fő trendek megállapításához kiválasztott ötven példa is elégséges. Ahhoz hogy jól oldjuk meg a burkolt tetők épületszerkezeti feladatát, meg kell értenünk létrejöttét, bizonyos mértékig azonosulni kell az alkotásokkal, empátiával fogadni ezek különös igényeit. Csak így lehet szétválasztani az alkotás lényegéhez tartozó kötöttségeket, és a lényegesnek tűnő, de valójában szabadon befolyásolható momentumokat. Az a kérdés, hogy milyen társadalmi vagy technológiai környezet tette lehetővé a „burkolt tetős” szerkezetek kialakulását, miért éppen a mostani évtizedben, miért nem előbb vagy később kapott ilyen jelentőséget, milyen feltételek vagy körülmények játszhattak ebben döntő szerepet, nem épületszerkezeti kérdés, ezért nem képezi e jegyzet tárgyát.

5.2. A burkolt tetők saját tervezési példái

A függelékben felsorolt hazai épületek közül kettőt választottunk ki, melyek épületszerkezeti megoldásai a koncepciótól a kiviteli tervig az Épületszerkezeti Tanszék oktatói magánmegbízás keretében készítették. Feltűnő, hogy a sokféle anyag közül (a külfölddel ellentétben) itthon a kőburkolat a legnépszerűbb. Visszatérő szándék mutatkozik a látszóbeton alkalmazására, azonban egyelőre a technológiai kockázatok elrettentik a tervezőket realizálásától. A bevonatok alkalmazásával szemben erős ellenérzés tapasztalható.



1.,2.,3.,4.,5. kép: A Füleky Borászat látványterve, metszetei és építés közbeni fotói

5.2.1. Füleky-Borászat, Bodrogheresztúr, 2009.

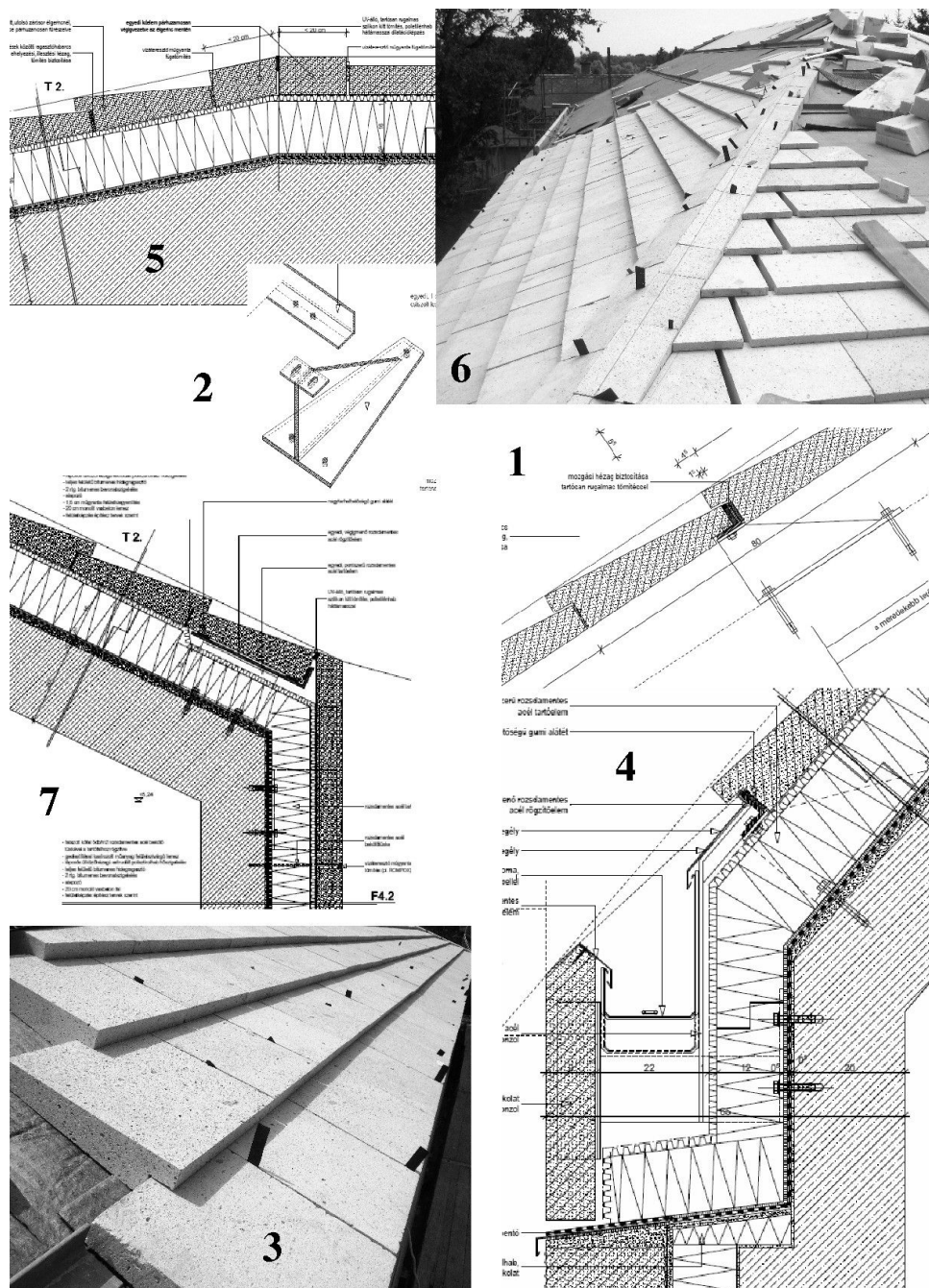
Építész tervezők: Félix Zsolt, Fialovszky Tamás

Épületszerkezetek: Dobszay Gergely, Kapovits Géza (Flat-Net Line Bt.)

Az épület a meglévő, történeti értékkel bíró kisebb méretű, rakott kőfalas ház léptékét őrzi meg, értékeit integrálja a korszerű új épületbe. Az üzemi tereket a föld alá helyezték el, a föld fölé csak egy kötömbként megjelenő, helyi kővel burkolt homlokzatú és tetejű tömeg nő ki.

Az épületszerkezeti koncepcióalkotásnál két tényező bizonyult meghatározónak. A jellegzetesen lyukacsos mádi kő nem vízzáró, tetőfedésre nem alkalmas, biztosítani kell az átjutó víz alátét-szigetelésen történő levezetését. Fontosak továbbá a tető kis méretei. A kőlapok ragasztását hamar elvetettük, a vízáteresztő burkolat alatti felfagyás veszélye miatt. Döntőnek láttuk a kőanyag gyors kiszáradásának biztosítását. A légréses rakásmódok közül a pontszerű vagy sínes rögzítést is elvetettük, a gyenge kőanyag hajlító igénybevétele miatt. Így jutottunk a szárazon, drénlemezre való fektetéshez. A lecsúszás elleni, ereszmenti sínes megtámasztással a kőlapok csak csekély nyomóerőt adnak át egymásnak, mely teherátadó fugaképzést kíván. Az így kialakuló együttműködő mezők hőmozgása a tető kis méretei miatt csekély, kezelhető.

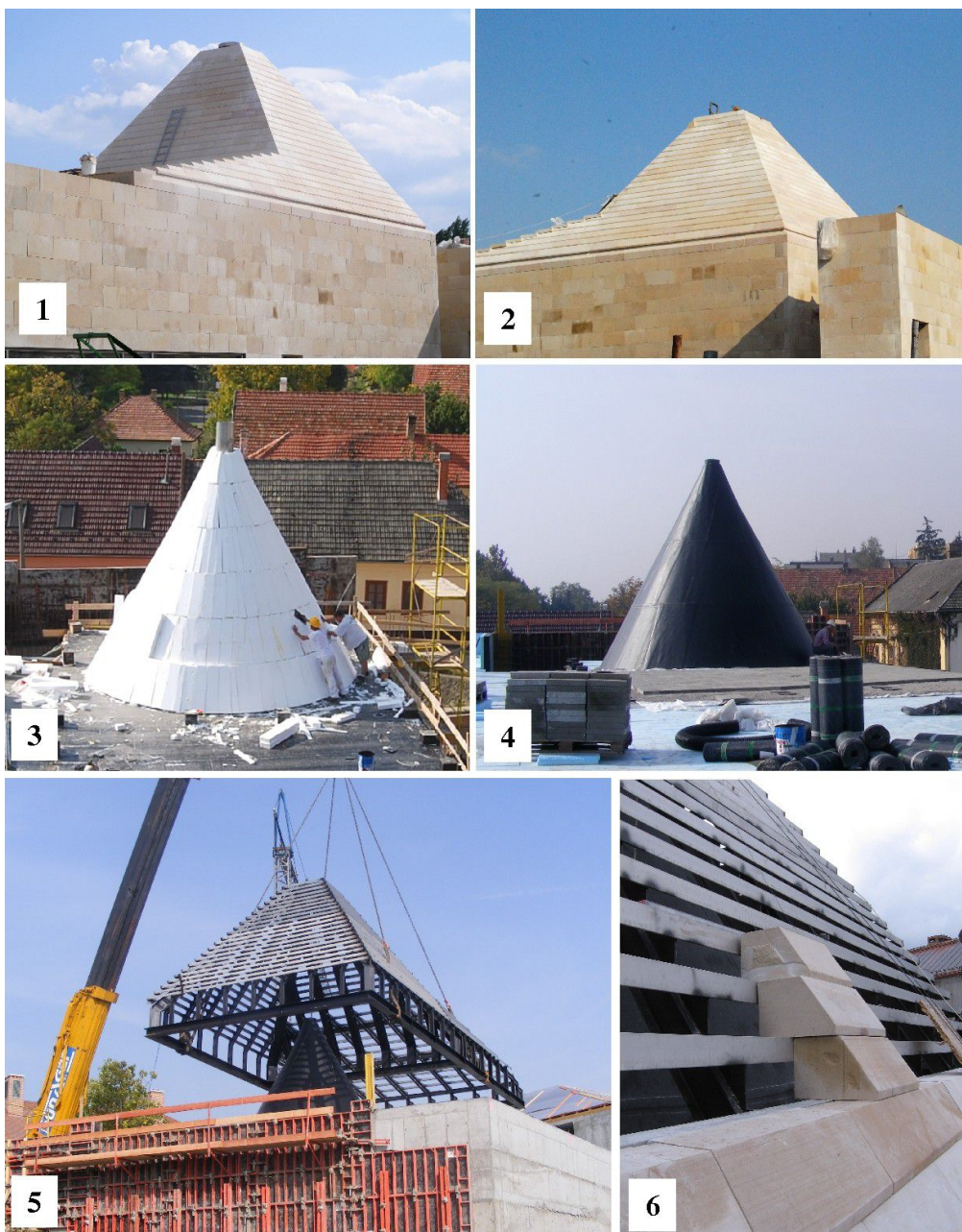
Síklapok esetén a fugákon bejutó nagy vízmennyiség miatt egyenes rétegrend alkalmazása lenne célszerű, ez azonban a kivitelezési terhelés miatt csak kemény hőszigeteléssel és ellenálló vízszigeteléssel, nagy költséggel volna lehetséges. Ezzel szemben az enyhén egymásra fedő, profilozott kőlapok alá sokkal kevesebb víz jut, így lehetőség volt fordított rétegrend használatára, ahol a vízszigetelés közvetlenül a födémre, védett helyre kerül. Így a rögzítő elemek körüli tömítése is egyszerűbbé vált, főként hogy bitumen bázisú bevonat-szigetelésre esett a választás. Fontos tényező volt, hogy a merev xps hőszigeteléssel nem lehet a ferde vasbeton födém geometriai pontatlanságait kiegyenlíteni, ezért azt rögtön a födémén, műgyantával javított kiegyenlítő habarccsal kellett elvégezni.



44., 45., 46., 47. ábra. és 8-9.kép: A Fülek Borászat részletei

1(44.ábra)–a köburkolat profilozása, és rögzítési sémája, 2 (45.ábra)–a szárny-formájú rögzítőkonzol és az utólag szerelhető támasztósin, 3 (8. kép)–a kölapok fektetése a szűrőfátyollal kasírozott drénlemezre, 4 (46. ábra)–rejtett ereszcsonorna és eresz menti megtámasztás, a csurgalékvíz kivezetésével, 5 (47. ábra)–élgerinc kialakítása táglalási hézaggal, 6 (9 kép)–az élgerinc készítése, 7 (48. ábra)–eresz nélküli falcsatlakozás, a burkolat alá jutó csurgalékvíz a homlokzati légrés terepcsatlakozásánál távozik

Az épület publikálása után több kérdés vonatkozott a köburkolat várható élettartamára. Álláspontunk szerint a fenti rakásmóddal az egyes köelemek cserélhetősége biztosított, így időszakos (15-20 éves) felújítással a szerkezet egészének élettartama gyakorlatilag korlátlan. Az extrém építészeti elképzelésre tehát nem az igénybevételek figyelmen kívül hagyásával, hanem az egyes komponensekre vonatkozó követelmények pontos illesztésével lehetett reagálni, miközben a nem, vagy csak bonyolultan cserélhető részek maximális élettartamúak.



10.,11.,12.,13.,14.,15. ábra: A paksi Erzsébet-gyógyfürdő építés közbeni képei

1–2 a homlokzatburkolat és tető egysége, 3–a polisztirol táblák beszállása a kúpos felületre, 4–a kúpos felület elkészült szigetelése, 5–az önhordó acélváz ráemelés az elkészült kúpos szerkezetre, 6– az előre leszabott kötémbökök elhelyezése az acél vázon

5.2.2. Erzsébet-szálló és gyógyfürdő, Paks, 2007.

Építész tervezők: Fejérdy Péter, Bartók István

Épületszerkezeti tervezők: Dr. Kakasy László, Dobszay Gergely

Kőmunkák: Kelecsényi Gergely, ALAKART Ipar- és Képzőművészeti Kft.

csapadékvíz elleni és hővédelem síkja a belső kúp legyen, mert a kialakuló átszellőztetett búvótér kedvező az átnedvesedő kőburkolat kiszáradása, és a belső térből esetlegesen átjutó páratérhelés kiegyenlítése szempontjából. Ráadásul a rétegek mechanikai és UV-igénybevétel szempontjából védettebb helyre kerülnek, így a követelmények csökkenthetők. Feltételezésem szerint az esővíz 95%-ban a külső felületen folyik. Probléma viszont a görbült felületen a hő és vízszigetelés íves beszabása, lecsúszás elleni rögzítése (62°-os lejtés!), a szerkezet védelme a piramis kőmunkái során, az esetleges sérülések javítása és karbantartása a szűk búvótérben. Az összes szempont figyelembevétel után mégis ez lett a megoldás, azzal, hogy a kőburkolat olyan önhordó nehéz acélvázat kapott, amelyet előre összeszerelve, egy elemként emeltek be daruval a véglegesre készített kúpos szerkezet fölé. A köelemek hajszálpontosan előre megformálva érkeztek, így helyszíni szabást, szerszámhasználatot lényegében nem kívánt. A kúpos felületet több rétegben beszabott, összecsiszolt, és felületi kérgezéssel véglegesített aljzaton, alkotóirányú fóliabádog csíkokkal rögzített lágy fóliával (PVC) szigeteltük. A csapadékvíz homlokzati túlbukása ellen a kötömbökből kicsiszolt íves vályúk készültek. A piramis csúcsánál a búvótér a bevilágító mentén ki van szellőztetve.

6. BURKOLT TETŐK TERVEZÉSE

6.1. A burkolt tetők épületszerkezeti tervezési algoritmus

A munka minden esetben a feladat-meghatározással kezdődik. (5. táblázat)

5. táblázat: Az épületszerkezetek funkciói

	fő funkciók	magyarázat
1	esztétikai	az építészeti igények szolgálata, a mondanivaló kifejezésére alkalmas épületszerkezetek megválasztásával és összeépítésével
2	térelhatárolási	a belső komfort biztosítása a változó külső hatások ellenére
3	tartóssági	a szerkezetek védelme, a tervezett élettartam biztosítása a szerkezetet érő hatások és a rendeltetésszerű működés közben a szerkezet belsejében lejátszódó folyamatok ellenére !
4	megépíthetőségi	ésszerű költséggel és idő alatt, és szervezéssel kivitelezhető legyen
5	működési	gazdaságos üzemeltetés, a működés és fenntartás költségei optimálisak

Felmerülhet a kérdés, hogy lehet-e tervezési algoritmusról beszélni ennyire egyedi, mondhatni deviáns épületszerkezetek esetén. Tanszékünk professzora, Dr. Petrő Bálint doktori értekezésben a „programozott gondolkodást” olyan segédeszközként írja le, amely a termékek, megoldások szinte átláthatatlan „tengerében” segít kikerülni az előítélek, túlságosan korai, megalapozatlan döntések alapján történő szerkezetválasztást, mely beszűkíti a tervező lehetőségeit. Különösen fontos ez abban az esetben, ha a feladat egyedi volta szükségessé teszi a tervezők kreatív, empátiával teli együttműködését. Kijelenthető, hogy burkolt tetők esetében az alábbi tervezési algoritmus nem haszontalan, erőltetett, „elméleti” módszer, és nem zárja ki a kreatív, intuitív gondolkodásmódot, hanem éppen az alkotási folyamat megfelelő helyére illeszti.

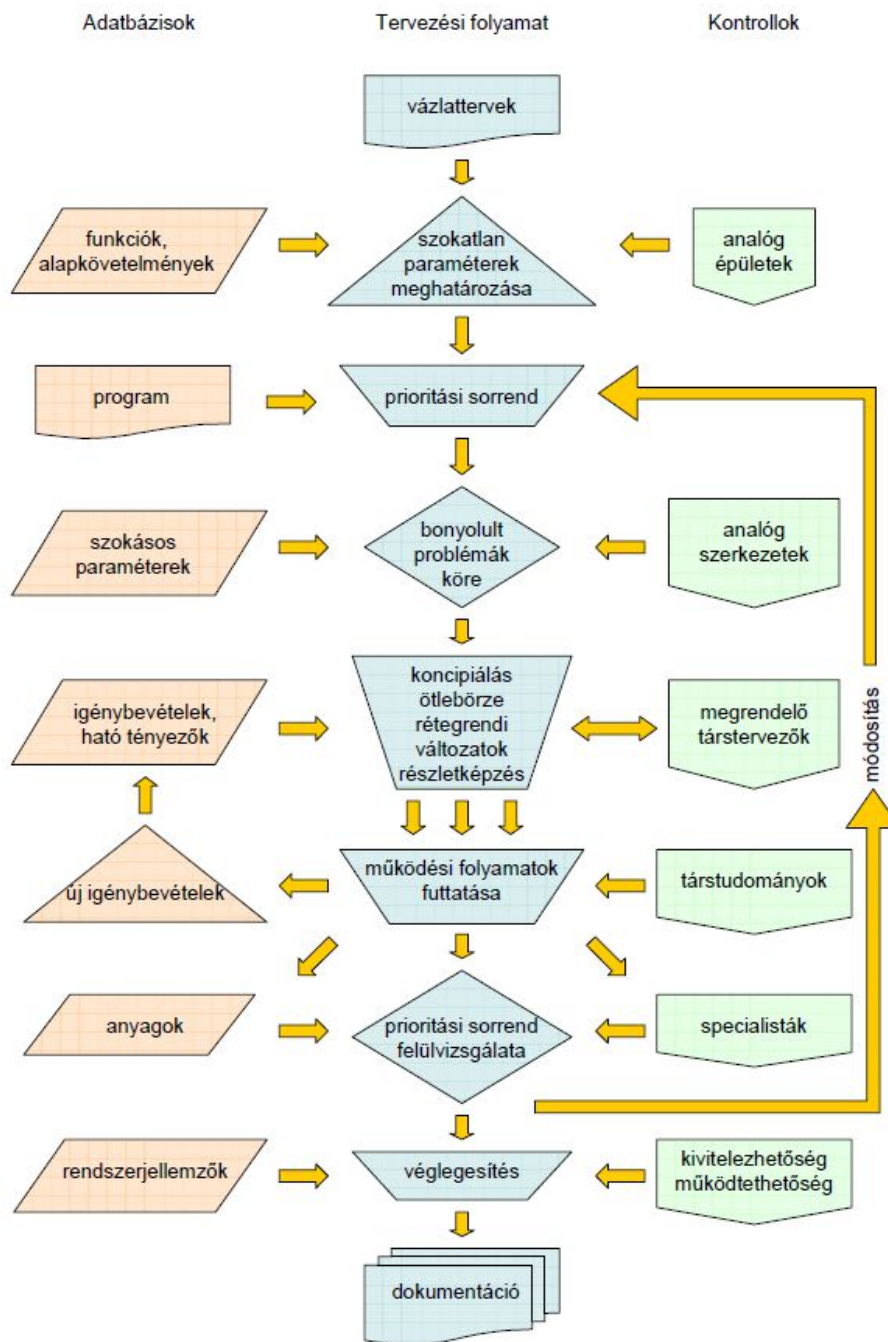
6. táblázat: Az épületszerkezeti tervezés szokásos lépései

1	Az alapadatok rögzítése: a feladat alapos megismerése, a különleges adottságok, lehetőségek felismerése, az elképzelt épület minél tökéletesebb leírása a „paraméter-lista” segítségével, a prioritások tisztázása.
2	„Ötletbörze”, a megkötések nélküli szabad gondolat, analóg épületek és szerkezetek vizsgálata és továbbgondolása, minden lehetséges információ begyűjtése.
3	Probléma-azonosító: az összes ható-tényező számbavétele, speciális hatások, sajátos igénybevételek, veszélyforrások, kritikus pontok, paraméterek kiemelése
4	Koncipiálás: az elképzelt szerkezeti alternatívák valószínű működésmódja (pl. a vízlevezetés koncepciója), épületfizikai,

	statikai modellezése, legalább gondolat-kísérlet szintjén.
5	Megvalósítás és ellenőrzés: a követelményrendszer (pl. élettartam) pontos illesztése az adott feladatra, az egyes komponensek hozzárendelése, az anyagok kiválasztása, szükség esetén a prioritások újragondolása, módosítása
6	Részletek: adekvát, a működésmódnak megfelelő csomópontok kialakítása (pl. eres, fugaképzés, stb.)

Az algoritmus lényege a feladatra adaptált bemenő paraméterek listájának egyfajta ésszerű sorrendbe állítása („prioritási sor”). A tervező ugyanis nem képes egyidejűleg minden problémát, rendelkezésre álló anyagot, műszaki információt átlátni. A szerkezet működése a sok ható-tényező együttállása, és azok egymásra hatása miatt rendkívül bonyolult. Ezt fokozzák a „szokatlan paraméterek”, melyek nem feltétlenül igénybevétel növekedést jelentenek. A végleges, optimális megoldáshoz esetleg éppen azok a paraméterek vezetnek el, adnak ötletet, melyek lehetővé teszik egyes komponensek igénybevétel-csökkenését, megnyitva ezzel az utat egy hagyományosan nem alkalmazható megoldás felé. Jól példázza ezt a Bodrogkeresztúri borászat kőburkolatú tetője, ahol a megrendelő által elképzelt részlegesen egymásra takaró, „redős” héjazat lehetővé tette a fordított rétegrend alkalmazását, és a közvetlenül drénlemezre fektetett burkolatot. Végző soron (több fázison keresztül) elvezetett a „kvázi teljes felületen fölfekvő” burkolatok koncepciójához, mint a burkolt tetők egyik új, igen jellemző, innovatív rögzítési megoldásához, egyúttal biztosította a nem túlságosan időjárásálló mádi kőanyag későbbi cserélhetőségét is.

A prioritási sor tehát egy olyan támpont, melyet a kezdeti koncepció felvétele után, majd annak későbbi finomítása során többször felül kel vizsgálni, és újrendezni, mindaddig, amíg az elképzelt működéshez minden részletre és minden szakágra kiterjedően meg nem találjuk az adekvát műszaki megoldást.



52. ábra: Burkolt tetők tervezésének algoritmusai

6.2. A burkolt tetők épületszerkezeti követelményrendszere

Már az igénybevételek ismertetése során is felismertük, hogy a szükséges adatok nem eléggé hozzáférhetők, nem kellően szabályozottak. Még inkább így van ez a követelmények esetében, különösen az egyedi szerkezetek vonatkozásában. Elmondható, hogy hazánkban az építőipari szabályozás (beleértve a szabványosítást) egyszerre alul- és túlszabályozott.

Az előbbire jellemző, hogy az EU-ba való belépéssel, kötelező harmonizálással a hazai szabványok jó részének érvényességét visszavonták, a jelenleg hatályos szabványok nagy része anyagvizsgálati, osztályba sorolási egységesítést céloz. A követelményeket tartalmazó (összeépítési, komplett alrendszerekre vonatkozó) szabályozást a tagállamok hatáskörében hagyták, ezek viszont nem fejlődtek kellően az elmúlt évtizedekben. Az alkalmazási előírások, szak-követelmények hiányosságát részben az

érdekelt cégek, és a független szakmai szervezetek (pl. ÉMSZ, ALUTA, stb.) igyekeznek pótolni, de ez nem fedi le a teljes épületszerkezeti követelményrendszert, és nem is kötelező érvényű.

Ugyanakkor a túlszabályozottság jellemző példája, hogy a burkot tetőhöz hasonló egyedi szerkezetek jogszerűen nem is lennének megvalósíthatók, ha minden anyagot, építési terméket kizárólag a rávonatkozó ÉME-ben (Építőipari Műszaki Engedély) leírt paraméterek, minősítési módok, alkalmazási körülmények esetén építenének be. Az egyedi rétegrendű, részletképzésű szerkezetek csak egyedi minősítés után (sem költség, sem időigény alapján nem reális egy szokásos beruházási folyamatban), illetve az ÉME-t helyettesítő, a tervező által készített részletes műszaki specifikáció és alkalmazási utasítás alapján (ténylegesen a tervező felelősségére) hozhatók létre. A túlszabályozottság gátat vet az új, kísérleti jellegű szerkezetek kipróbálásának, fejlesztésének útjába.

A burkolt tetőkben alkalmazott anyagokkal, és az összeépített alrendszerekkel kapcsolatosan összegyűjtött követelmény-táblázatok terjedelmi okokból túlnőnek jelen jegyzet keretein, így ezeket az később elkészítendő, azonos témájú tankönyvben kívánjuk közreadni.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A burkolt tetők egy jelenkori építészeti tendencia hatására létrejött új épületszerkezeti alrendszer. Ezt bizonyítja, hogy az épületszerkezetek leírására korábban általánosan használt fogalmak nem elégségesek a burkolt tető meghatározó paramétereinek rögzítésére. Az analóg szerkezetek (homlokzatok, kishajlású- és magas tetők, terasztetők) szerkesztési szabályai, működési modelljei, szokásos részletképzései nem vagy csak korlátozottan, jelentős továbbfejlesztés mellett alkalmasak megbízhatóan működő szerkezet létrehozására.

A burkolt tetők megvalósult példái és tervezési algoritmusai ugyanakkor arra serkentik a tervezőket és a hallgatókat egyaránt, hogy a kreatív épületszerkezeti gondolkodással lépést lehet tartani az építészeti tendenciák változásával és a technológia fejlődésével. Éppen az építészeti változások és az épületszerkezetek fejlődése közötti folyamatos kölcsönhatása teszi olyan izgalmassá korunkat és szakmánkat egyaránt.

8. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dobszay, G.: Burkolt tetők épületszerkezeti részletei I.-II., Építés Spektrum, 1.rész: vol.2008/3, pp 25-29.; 2.rész: 2008/4.p. [2008a] lektorált
- [2] Dobszay, G.: Building construction problems for „covered roofs”, Periodica Polytechnica Civil Engineering, Budapest, vol.53/1. (2009), pp.43-52. [2009a] Web of Science
- [3] Dobszay G.: Kővel burkolt tetők épületszerkezetei, I. Gábor László Épületszerkezeti Konferencia kiadványa, BME Épületszerkezettani Tanszék, Budapest, 2010, p.64-74.[2010d]
- [4] Dobszay G: Building Constructions of Stone Cladded Roofs in Contemporary Architecture, Facta Universitatis, Series Architecture and Civil Engineering, Nis (Serbia), pp.70-75. (accepted at 01.12.2010) [2010e] külföldön lektorált
- [5] E. Schunk et al.: Roof Construction Manual (Dach Atlas), Birkhäuser, München, 2003 (4. auflage), (The roof as a fifth facade: 11 classics and 27 new example projects, with all important construction details; colour illustrations)
- [6] Fülöp Zs.(szerk): Épületszigetelési kézikönyv, Dashöfer, Budapest, 1994-2011
- [7] American National Roofing Contractors Association: www.nrca.net
- [8] Birghoffer P.-Szántó L.(szerk): Bádigos munkák tervezési és kivitelezési szabályai, ÉMSZ, Budapest, 2003
- [9] Deutscher Naturwerkstein Verband (DNV): BTI Fassadenbekleidung, Würzburg, 2000
- [10] Rheinzink Hungária Kft: Csapadékvíz elvezetés, a tervezés és az alkalmazás alapismeretei.
- [11] Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks - ZVDH - Dachdecker - Zentralverband - Innung - Handwerk - Flachdach - Steildach - Neubau – Sanierung: www.dachdecker.de
- [12] Ernst, Wolfgang: “Flüssigabdichtungen - eine Alternative nicht nur für komplexe Dachflächen”, in Detail, vol. 12/2006 (“Nutzbare Dachflächen”), pp. 1438 – 1443.
- [13] Farkas J. et al.:Az S65 aluljáró felszerkezete nagy teljesítőképességű betonból, Betonújság, vol. XV/3. (2007) p.4-8.
- [14] H. Künzle, K. Sedlbauer: “Reflektierende Flachdächer – sommerlicher Wärmeschutz kontra Feuchteschutz”, IBP-Mitteilung 482, Fraunhofer-Institut, Stuttgart, 34/2007.
- [15] H. Künzle: “Der Wärmeschutz beim umgekehrten Dach”, IBP-Mitteilung 12, Fraunhofer-Institut, Stuttgart, 3/1975.
- [16] K. Sedlbauer, H. Gottschling: “Sommerliche Temperaturbeanspruchung der Dachhaut bei belüfteten und nicht belüfteten Flachdächern”, IBP-Mitteilung 357, Fraunhofer-Institut, Stuttgart, 26/1999.
- [17] S. Lusi et al.: Experimental study on natural ventilation effect of a cavity in an inclined double roof, The 2005 World Sustainable Building Conference, Tokyo, September 2005
- [18] St. Margreth-M. Funk:Hazard mapping for ice and combined snow/ice avalanches —two case studies from the Swiss and Italian Alps,
- [19] T. Amano, K. Fujii, S. Tazaki: “Wind loads on permeable roof-blocks in roof insulation systems”, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 29, Issues 1-3, August 1988, pp. 39-48.
- [20] Horváth S.- Pataky R. (szerk): Alátétthéjazatok tervezési és kivitelezési irányelvei, ÉMSZ, Budapest, 2006
- [21] Horváthné Pintér J. (szerk): Zöldtetők tervezési és kivitelezési irányelvei, ÉMSZ, 2007
- [22] ÉMSZ Csapadékvíz elleni szigetelések tervezési és kivitelezési irányelvei 1996.
- [23] IFD- Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen – Flachdachrichtlinien -, Schlussentwurf, 07/2008.
- [24] 7/2006. (V.24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról

FÜGGELÉK

Dobszay Gergely:
BURKOLT TETŐK ÉPÜLETSZERKEZETEI

című Támop jegyzethez

BME
Építésmérnöki Kar
Épületszerkeztani Tanszék

- **Világépítészeti és hazai tervezési példák**

1.1. Példák a világ építészetéből

	tervező / épület / helyszín	burkolat anyaga
1	R. Piano: Kansai repülőtér terminál, Osaka	rozsdamentes acéllemez
2	M. Fuksas: Mainz, Markthäuser 11-13.	kerámia baguette
3	Z. Hadid: Ordrupgaard Múzeum, Koppenhága	látszóbeton
4	R. Lorenz: Építész iroda, Grub am Forst	farács burkolat
5	Tetsuo Kondo: Lakóház, Yokohama	fatábla burkolat
6	Kiwako Kamo: Kata House	látszóbeton
7	Ellermann, Lucas, van Vugt: Zuiderhof	szerelt kerámia
8	K. Landerl: Családi ház, Linz	nagytablás szálcement
9	Toyo Ito: Krematórium, Kakamigahara	bevonatszigetelés
10	O. Niemeyer: Oscar Niemeyer Múzeum	látszóbeton
11	Johnston Marklee & Associates: Hill House	bevonatszigetelés
12	Delugan & Meissl architects: Porsche Museum	táblás alumínium
13	UNStudio: Agora Színház, Lelystad	színes acéllemez
14	F. O. Gehry: Guggenheim Museum, Bilbao	titánlemez
15	T. Ando, Nikken Sekkei: 21_21 Design sight	bevonatszigetelés
16	C. Parent: Église Sainte Bernadette, Nevers	látszóbeton
17	Y. Yamashita (Atelier Tecuto) : Mineral House	bevonatszigetelés
18	OMA + LMN: Bibliotheque Central de Seattle	üveg
19	Mecanoo: Performing Arts Center, Kaoshiung	még nem ismert
20	UNStudio: Tea House, Vreeland	hegesztett acéllemez
21	Wellmann & Ladinger: Kioszk, Dornbirn	nyersbeton
22	Bates Maher: Meditációs pavilon, Kilsheelan	farács burkolat
23	F. Sam, I. Ott-Reinisch : Zeneiskola, Waidhofen	fundermax táblák
24	D. Liebeskind: Royal Ontario Museum, Toronto	alumínium táblás
25	U Muther: Tengeri figyelőtorony, Binz	vasbeton héjszerkezet
26	Wandel Hoefer Lorch: Zsinagóga, München	kő + réz háló
27	Paul Andreu: Nemzeti Színház, Peking	rozsdamentes acél
28	E. A. Kinzelbach: Multimédia-pavilon, Jinhua	ragasztott mozaik
29	B. Wörtz: K42 Médiaház, Friedrichshafen	beton térelem
30	G. Hönger: Sihof Főiskola, Zürich	kő, műkő
31	Zaha Hadid: Buszvégállomás, Strasbourg	látszóbeton
32	R. Pawlitschko: Művészeti pavilon, Hong-kong	térelem
33	D. Schmid, M. Heilig: Weller-Haus, Biberach	bevonatszigetelés
34	OMA: CCTV kulturális központ, Peking	cink hullámlemez
35	NU építésziroda: Iroda és Lakóház, Sint Denijs	korcolt cinklemez
36	Daniel Liebeskind: Villa prototype	korcolt cinklemez
37	SANAA: Rolex Learning Center, Lausanne	fóliaszigetelés
38	H.J. Göritz: Liechtensteini Parlament, Vaduz	ragasztott kerámia
39	Mecanoo: Holland Szabadtéri Múzeum, Arnhem	korcolt rézlemez
40	MVRDV: Hoge Veluwe Park, portaépületek	acél, fa, kerámia
41	Hertl Architekten: Die Besorger, Irodaép. Steyr	EPDM fólia
42	M. Herz: Lakó- és üzletház, Köln	bevonatszigetelés
43	M. Yamaguchi: Lakóház és galéria, Karuizawa	bevonatszigetelés
44	Max Dudler: "Quartier 65" Hotel, Mainz	szerelt kőburkolat
45	2b Architects: Közösségi ház Corp.-Magedens	szerelt kőburkolat
46	Tezuka Architects: Természettud. Múzeum	rozsdás acéllemez
47	Hans Hollein: Centrum Bank Vaduz	szerelt kőburkolat
48	Spacelab Cook-Fournier: Művelődési központ	táblás polikarbonát
49	PTW Architects: „Watercube” olimpiai uszoda	ETFE fólia
50	É. Gouesnard: Soulié-Bertho ház, Sarzeau	szerelt kőburkolat

1.2. Példák a hazai építészet alkotásaiból

A jegyzetben kettő, a közreműködésemmel megvalósult épületet mutatok be. A további példák tervezőit, ahol lehetett, alább jelöltem. További adatok, képek az internetről nyerhetők.

	épület / helyszín	építész tervezők	anyag	terv év
1	Fülek-Borászat, Bodrogkeresztúr	Félix Zs, Fialovszky T.	kő	2009
2	Erzsébet gyógyfürdő, Paks	Bartók I., Fejérdy P.	kő	2007
3	Toldy Gimnázium tornaterme, Budapest	Földes L. és tsai	tégla	2004
4	Papp László Sportaréna, Budapest	n.a.	alumínium	2003
5	Bazaltbor Pincészet, Badacsonytomaj	Kis P.	beton	2010
6	Apátsági Borászat, Pannonhalma	n.a.	kőlap	2003
7	Társasház, Budapest	Ekler D.	szálcement	2008
8	Sportközpont, Budapest	n.a.	korcolt réz	2007
9	Nyarálóépület, Tihany	n.a.	kő	n.a.
10	Piramis, Győr	n.a.	kő	2006

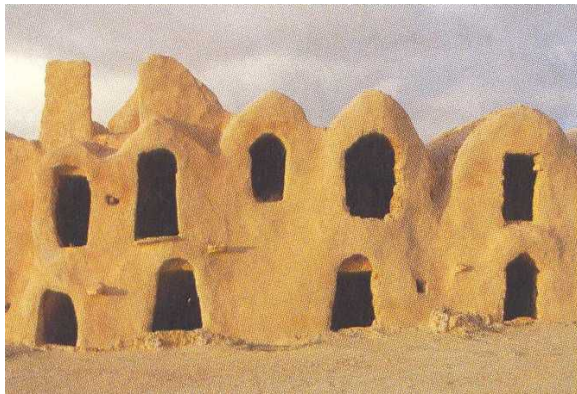
1.3. II. Történeti előzmények, előképek

Az egyiptomi piramisok

Az egyiptomi piramisok a tiszta erő, a hatalom megjelenítései. Kimondatlanul is nyilvánvaló az az erős összefüggés, mely a súlyos mondanivaló és az egyik legegyszerűbb, alapvető geometrikus forma, a gúla között van. Milyen más anyag is társulhatna ehhez, mint a kő, amely az örökkévalóságot hivatott megidézni. Az építmény a tökéletes formai homogenitás archetípusa. Ugyanakkor tudjuk, az eredeti pontosan illesztett külső szabályos burkolat mögött egy gyengébb minőségű, durvább kő kitöltés volt, tehát szerkezeti értelemben nem homogén. A külső a víz gyorsabb lefutását szolgálta, ezzel az időjárási hatásokkal szembeni ellenállást, az élettartamot növelte.



II.1.2. Dogon lakóházak



A természetes anyagok ilyen egyszerű használata csak olyan éghajlaton lehetséges, ahol nagyon kevés a csapadék. Az agyagból tapasztott, egymásba átforduló falak és tetők organikus egysége sajátos bájt sugároz. A homogén anyaghasználat, a „nőtt” jelleg, a funkcionalitás, és formai „szépség” tökéletes egysége, mely a „ház” egyik archetípusa, mintája a mai tervezőknek is.

II.1.3. Gallarus –oratórium (forrás: Wikipédia)



Az ősi ír kultikus épületeknél a kő használata a rablótámadások, tűzvédelem miatt is fontos lehetett. A szárazon rakott vagy éppen-csak kitöltött kő tető – és homlokzat egyben. Az anyag alkalmazását tűzvédelmi szempontok is indokolták. Az álboltozat-szerű rakásmód viszonylag kevés vizet engedett a belső tér felé, ott azonban gyorsan elpárolgott. A belső tér nem állandó tartózkodásra szolgál, igénytelen, fontosabb az állagvédelem.

II.1.4. Alpesi lakóházak kő tetőfedéssel



Bosco-Gurin és Prato-Sornico, Tessini háztetők a svájci-olasz határon. Mindegyik háztetőt a vidékre jellemző gránit vagy gneisz lapok fedik. A kőanyag minősége mellett a lapméret és az átfedés mértéke a döntő. A víz gyors lefutását elősegítené a meredekebb hajlásszög, de a kisebb hajlásnál a kő lecsúszás elleni védelme könnyebben megoldható.

II.1.5. Alberobello (Olaszország) építményei



A dél-olaszországi kőépítmények a világörökség részét képezik. Az álboltozat-szerűen rakott kör alaprajzú épületek, „trullók” lakás céljaira szolgálnak. A részleges vízzárás az enyhe éghajlat miatt lehetséges. A kőanyag az erős napsütés ellen is védelmet nyújt.

II.1.6. Észak-Skócia, Westray, Rackwick: kővel burkolt tetők



A szigetország legészakibb csücskén, ahol már más építőanyag nem áll rendelkezésre, a tetőt gyakran jól hasadó, nagyméretű kőlapokkal fedték. Az anyagvastagságok halmozódása az átfedés (a barátapáca fedésekre hasonlító) szerkesztése miatt erőteljes redőzöttséget mutat.

II.1.7. Ravenna, Theodorik-mauzóleum

A ravennai Theodorik-mauzóleum építészeti és mérnöki műremek, mert a 9 m-es fesztávot lefedő kupola egyetlen hatalmas tömbből van kifaragva, vagyis nincsen az esésvonalban anyagtoldás. Az enyhe éghajlaton a víz nem okoz kárt benne, az esetleg átjutó víz a belső térben elpárolog, hiszen nincs benne valódi emberi tartózkodásra szolgáló tér. A monda szerint Theodorik a villámlástól félt legjobban, s a kőtömböt éppen egy villám sújtotta, törte ketté.

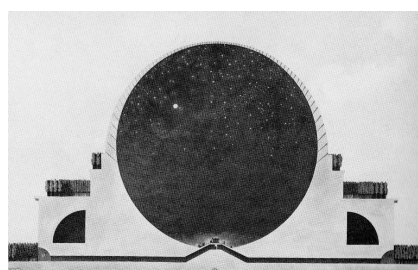
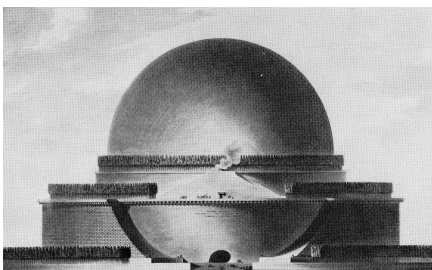


II.1.8. Sibenik: St. Jakab Katedrális tetőszerkezete



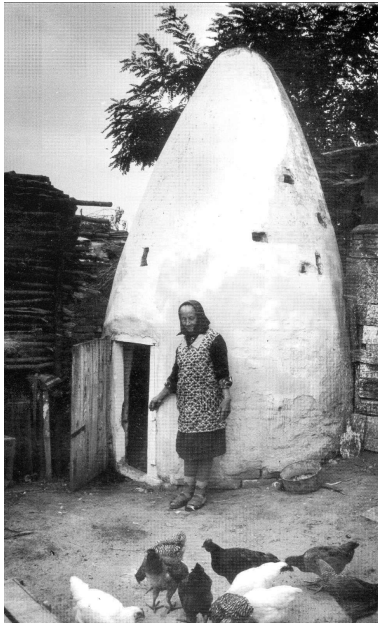
A kőbordák közé illesztett, több méteres kőlapok egyszerre szolgálnak tetőfedésként és belső felületként. Ez azt jelenti, hogy az egyrétegű, és valóban homogén térelhatárolás ritka esete, mellyel ma már nem találkozhatunk. A merész szerkezet magyarázható a dalmát éghajlattal is, mely az időszakos intenzív csapadékterhelés ellenére kevésbé fagyveszélyes, és a nyári hővédelem elsődleges a téli hőszigeteléssel szemben. A vastag kőlapok átfedésben vannak egymással, mégis a burkolt tetők előképének tekinthetjük, mert a jellemző épületszerkezeti kérdések ugyanazok: hajlásszög a vízszintestől a függőlegesig folyamatosan változik - változatlan átfedés mellett, mert a kőlapok tartós repedésmentessége, kis vízfelvétele a vízzárás feltétele, mert a burkolat a saját síkjára merőlegesen komoly hajlító-igénybevételnek van kitéve, és mert az elemek lecsúszás elleni megfogását is meg kellett oldani.

II.1.9. P. Boullé: Newton-emlékmű



„...A francia forradalmi építészek...a mindenáron kifejezni akarás fűti, a szenvedély korábban alig tapasztalt hevével... újat, mást, egyénit és általános érvényűt akarnak kifejezni, és az új formák keresése közben elérkeznek az elemi geometriához.....a legnagyobb egyszerűség mellett szinte döbbenetes monumentalitást, túlzott méreteket is megengedhetőnek vél, kétségtelenül új és az építészet autonómiáját hangsúlyozó.” [Zádor, 1988]

II.1.10. „Ősépítmények” a magyar népi építészetben



Kerek tyúkól, Baja, 1978



Kemence, Bugac, 1983

forrás: Kunkovács László: Ősépítmények (Kós Károly Alapítvány, 2000)

A homogén anyaghasználat és a hozzá tartozó formavilág a magyar népi építészetben is megjelenik. A homogén építmény gondolata több mint mai építészeti trend, valami egészen ősi, az emberi élet régmúltjába vesző alapvető jel, erő, amit jól bizonyítanak népi épületeink, ólak, tüzelő kemencék, „ősépítmények” formájában. . „A népi építészeti emlékeknek - nem úgy, mint a grand art épületeinek – nincs az európai kultúrához tartozó építészeti stílusa.(...)Jó értelemben vett másféleségünket a hagyományos építészetünk emlékei is bizonyítják. Kultúrkincsünk jelentős részét még őseink hozták magukkal a Kárpát-medencébe.”(Sisa Béla)

Kunkovács László így ír: „Az érintetlen, az őseredeti építészet utolsó lobbanásának lehetünk tanúi általuk. **Azt az ösztönös építőtevékenységet érzük tetten, amit nem befolyásolt se mérnök, se előírás, semmiféle divat, és még a felhasználható anyagok árukínálata sem...**”. Ezek az „alig-épületek” téglából, vályogból készültek, s hogy mégis fennmaradtak, azt a kemence melegének, a többszöri kiégetésnek, és az évente többszöri átmeszelésnek, újratapasztásnak köszönheték – hiszen a tulajdonosaik szerették ezeket az épületeket, büszkék voltak rájuk.

II.1.11. Kő fedések a budai rakparton



A rakpart építményei emberi tartózkodást nem szolgálnak. Átfedésses, és szorosan illesztett, tompa ütközésű kő-fedés is előfordul. Alulról nézve jól látható, hogy a víz elsősorban az illesztéseknél szivárog át. Az alsó térben elpárolog, tehát a tartósság feltétele kizárólag a fagyállóság.

II.1.12. A budapesti Gellért-szálló tornyai



A magyar szecesszió egyik jelentős példájánál, a budapesti Gellért-szálló tornyain a kupola elemek műköből készültek. Az előregyártott elemek meglepően pontos illeszkedése ellenére a tervezők jól tudták: nem számíthatnak tökéletes vízhatlanságra. A tető alatt nyitott padlástér van, ahol az esetleges átjutó csekély nedvesség hamar elpárolog. Ma gyakorlatilag minden tető alatt lakott, belső tér van, ezért a követelmények lényegesen szigorúbbak lesznek. A tornyokat nemrégiben javították: a szerkezetet nem is a fagyás, hanem a városi levegőből megtelepedő spórák miatt bekövetkező biológiai károsodás tette tönkre. Az alkalmazott filcbetétes bevonatszigetelés az eredeti karaktert megőrizte, sőt kidomborította, a díjnyertes felújítás a burkolt tetők egy jellemző megoldásának tekinthető.

II.1.13. Kővel burkolt tetők egy 100 éves épületszerkezeti tankönyvből.

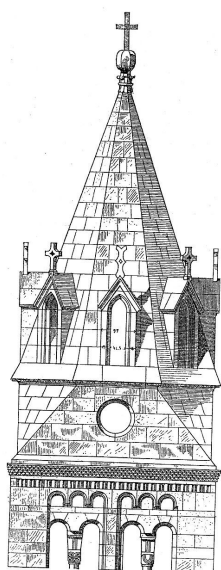


Fig. 1061.

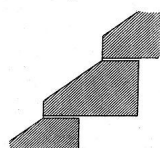


Fig. 1062.

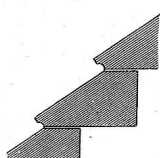
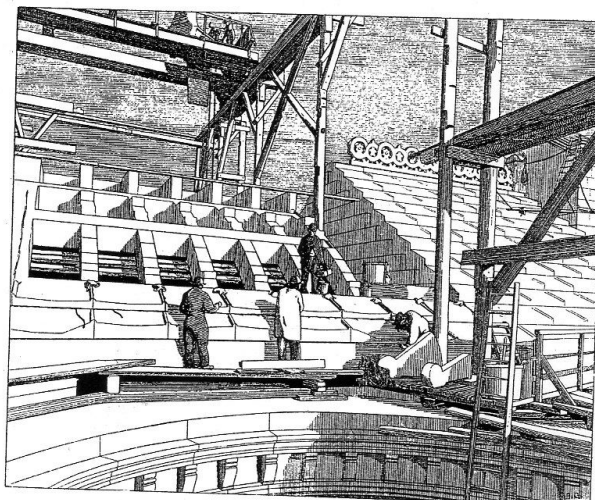


Fig. 1067.

Vom Dach der Kirche Sacré-Coeur de Montmartre zu Paris²²³).

Az 1899-ben kiadott tankönyv {27} részletesen bemutatja a kőelemek faragását, illesztését, a vízvezetés módjait, a kő-tornyok szél elleni lekötésének eszközeit.

II.1.14. Makovecz Imre: Paksi templom

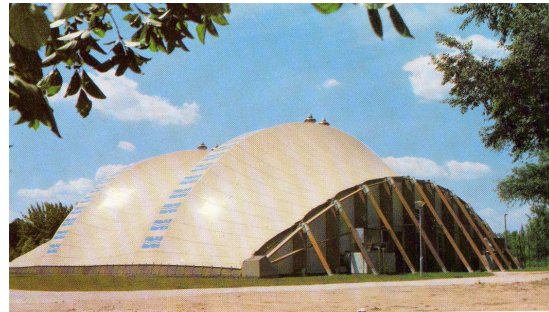
A természetes palafedés szigorú szerkesztési szabályok alapján készül: az átfedés mértéke, a cseppenési pont, az oldalirányú zárás. A terepszintig leforduló, egységes anyaghasználat kiemeli az organikus tömegformálást. A kétszer görbült felületen a pikkelyes fedés „felborzolódik”, vízzárósága csökken. A lecsúszó hó az épület melletti, forgalomtól elzárt területre jut.

II.1.15. Ekler Dezső: Nagykálló-Harangod, Recepció és étterem

A zsindelyszerűen rakott faburkolat a nagyvonalúan formált tömeget homogén egységbe foglalja. A terepszintig lehúzódó tető a vizet és havat az épület mellé, ereszték nélkül leengedi. A faburkolat nem tekinthető vízzárónak, ezért alatta teljes felületű alátét szigetelés szükséges, ha teljesértékű, fűtött belső teret határol. „Átmeneti tér” esetén az átjutó víz elpárolog, kiszárad.

II.1.16. Héjszerkezetek, Felix Candela munkássága

A modern építészet egyik legjelentősebb újítója, Felix Candela, a mérnöki gondolkodás eredményeit úgy aknázza ki, hogy az adekvát építészeti forma és szerkezet tökéletes egységet alkot. A törés nélküli, íves átmenettel rendelkező héjfelület előre vetíti a burkolt tetők problémáit: nincs külön fal és tető, nincs eresztvonal, az eső felgyorsulása, az öntisztulás kérdése. A hó és jég lecsúszása, a hőszigetelés megoldása azonban nem okoz problémát, a helyi klíma megkönnyítette a tervező dolgát.

II.1.17. Ponyvaszerkezetek

A ponyvaszerkezetek alakja a statikai állékonyság, a belebegés elleni kétirányú lefeszítés miatt meghatározott, mégis gazdag formálási lehetőségeket mutat. A hajlásszög a nullától a függőlegesig folyamatosan változik. Az esővíz felgyorsulása, a hó lecsúszása a mai burkolt tetőkhöz hasonló problémákat mutat.[Kollár,1987]