Napkémény

Erdős Evelin CXZDHE
Szerkezettervező építészmérnöki MSc I. évf.
2012/13/2

Tartalomjegyzék:

1. A napenergia……4
2. A napenergia hasznosításának lehetőségei……4
3. A napkéményről……7
4. Megvalósult épületek……12
5. Terv szintű épület……13
6. Szoláris levegőrámpa……14
7. Schoordak……14
8. A napkémény ipari jellegű alkalmazása……18
9. A napkémény alternatív városi használati lehetősége……19
10. Zárógondolat……19
Irodalomjegyzék……21

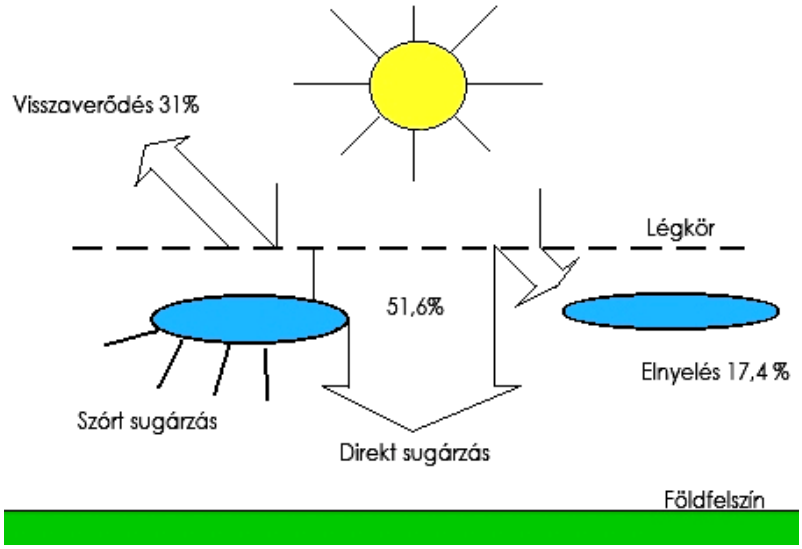
1. A napenergia

A napenergia képezi az alapját csaknem valamennyi természeti folyamatnak, beleértve az emberi életet is. Bőséges, szabadon hozzáférhető és mindenütt rendelkezésre álló energiát biztosít most, és az elkövetkező évmiliárdok során.

A nap állandó energiaforrást jelent a Föld számára. A földi élet a Napból sugárzással érkező hőenergia nélkül elképzelhetetlen lenne, hiszen a Föld felszínének 17°C-os átlag hőmérsékletét a napsugárzás biztosítja.

A Nap felületének hőmérséklete 6000°C, így a sugárzás intenzitása eléri a 7- 8000 kW/m^2 értéket.

A napenergia a napban lejátszódó magfúziós folyamatok során felszabaduló energia. A Nap által kisugárzott energiamennyiség nagyon kis hányada jut el a Földre, azonban ez mégis 17- 18000- szer nagyobb, mint amennyi az emberiség jelenlegi teljes energiafelhasználása.

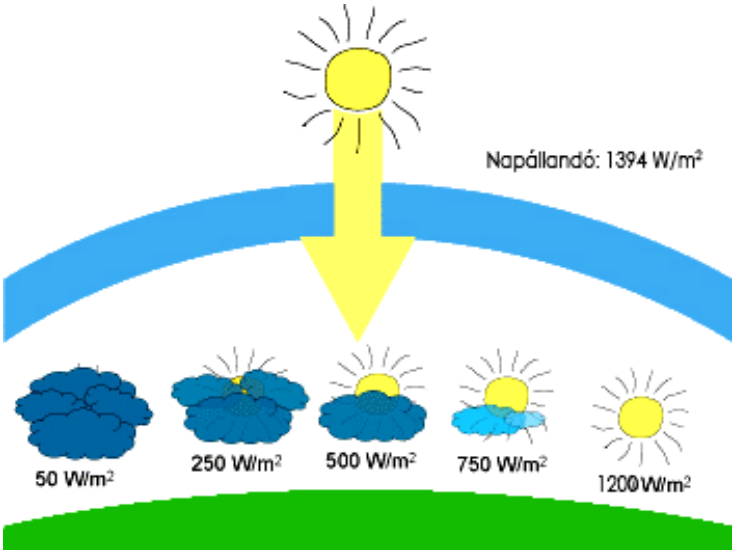


1. ábra: A napsugárzás visszaverődésének mértékei [2]

Az egyes földrészekre jutó napenergia mennyisége jelentős eltérést mutat, hiszen függ pl. a földrajzi fekvéstől és a klimatikus viszonyoktól. A napenergia passzív, illetve aktív módon történő hasznosításának, ennek ellenére mindenütt megvan a reális lehetősége.

Magyarországon ebből a szempontból közepesek a lehetőségek, pl. Budapesten a napsütéses órák száma megközelíti a 2000 órát évente.

A napsugárzás erőssége a Föld légkörének peremén 1394 W/m^2 értékű. A Föld felszínére érkező sugárzási érték ennél kisebb. Természetesen erős napsugárzáskor ez az érték jóval magasabb is lehet. Például nyári időszakban, felhőmentes déli órákban erőssége elérheti az 1000- 1200 W/m^2 értéket is [1].



2. ábra: A Föld felszínén mérhető napsugárzás értékek [3]

A légkörben jelen lévő vízpára és jég kristályok elnyelésének eredményeképp a földfelszínt ténylegesen elérő sugárzási energia 1000 W/m^2, sík felszínen, a nap legmagasabb állásában. A beeső sugárzási energia a légköri körülmények függvényében 50 W/m^2 -től (erősen felhős idő) 1200 W/m^2-ig (optimális felhőzet) változik. Európában a napi átlagos sugárzási energia 2.2 - 4.8 kWó/m^{2}nap [4].

Sajnos ennek ellenére ezt az energiaforrást jelenleg alig használjuk ki, pedig számos kedvező tényező szól alkalmazása mellett, így például:

- mindenki számára könnyen elérhető,
- tiszta, környezetkímélő energiaforrás,
- még sok millió évig rendelkezésre fog állni,
- kíméli a nyersanyagkészletet,
- kedvezően hat a helyi gazdaságra,
- nem kell szállítani, hozzájutásához nem kell költséges közműhálózat,
- átalakítási, felhasználási költségei minimálisak [4].

Számtalan előnye mellett természetesen hátrányokkal is kell számolnunk a megújuló energiaforrás ezen formájával:

- a napenergia időbeli eloszlása és intenzitása csak korlátozott mértékben tervezhető előre
- megoszlása szezonális (legnagyobb mennyiségben nyáron áll rendelkezésre)
- a napenergia hasznosítása jelentős beruházásigénnyel jár, ami komoly megtérülési számításokat követel, úgy pénzügyi, mint környezetterhelési szempontból.

Környezetterhelés alatt a felhasznált anyagok, szerkezetek gyártása és szállítása, valamint a beruházás kivitelezése, működtetése, leszerelése folyamán szükséges összes erőforrást, illetve keletkező környezetszennyezést [5].

2. A napenergia hasznosításának lehetőségei

A Napból érkező napenergia hasznosításának két féle módja van. Hasznosítható passzív, illetve aktív módon. A passzív hasznosítási mód tulajdonképpen az építészet feladatkörébe tartozik, hiszen ilyenkor nem használunk külön műszaki berendezést, hanem közvetlenül maga az épület vagy az épület egyes elemei végzik a napenergia felfogását, összegyűjtését. Az aktív hasznosítás esetében viszont szükség van erre a célra tervezett műszaki berendezésekre, így például napkollektorokra, napelemekre stb. Természetesen a két hasznosítási mód nem zárja ki egymást, sőt együttes alkalmazásukkal a hatásfok növelhető [1].

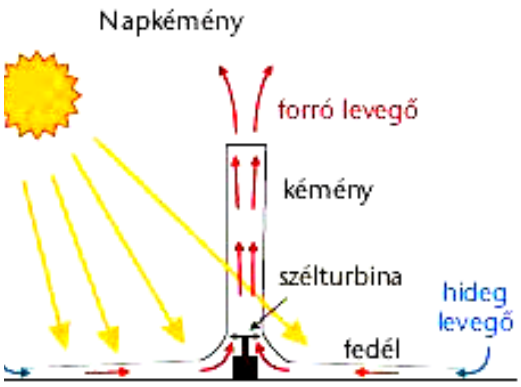
Az aktív napenergia hasznosítás egyik eszköze a napelem (PV), amely segítségével a napsugárzás energiáját elektromos energiává alakítjuk át. A másik szintén elterjedt eszköz a napkollektor, amely a napenergiát felhasználva közvetlenül állít elő fűtésre, vízmelegítésre használható hőenergiát. Közvetett módon a hőszivattyúk is a napenergiát hasznosítják, a talaj, a víz, a levegő közvetíti a napenergiát, amit a hőszivattyú hasznosítani képes. A napenergia kihasználásának egy kevésbé alkalmazott módja a napkémény.

3. A napkéményről

A napkémény működési elve a levegő áramlásán alapszik**.** A folyamat lényege az, hogy a Nap energiáját összegyűjtő tető alatt a levegő felmelegszik és a kémény felé áramlik, melyben felszáll és közben lehűl. A levegő az egész rendszer körül cirkulál, mivel oldalról újabb hideg levegő áramlik a felmelegedett helyére. A kéménybe elhelyezett turbinák termelik - a felszálló levegő mozgási energiáját felhasználva - az elektromos energiát [6].

A folyamat lépései:

1. a levegő felmelegszik
2. a kémény felé áramlik
3. felszáll és közben lehűl
4. a levegő cirkulál
5. oldalról újabb hideg levegő érkezik
6. a turbinák termelik az energiát



3. ábra: A napkémény működési elve [7]

Ez a fajta energia hasznosítás alkalmas lehet napsugárzásban gazdag területeken elektromos energia termelésére, például sivatagokban. A rendszer hatásfoka a kémény magasságával exponenciálisan növekszik.

A napkémény főbb jellemzői:

- elmozdítja a természetes légmozgást mely a természetes kéményhatásra épül
- el tudja szállítani a nem kívánt használt levegőt az épületből, s egyszerre friss levegőt is szállít befelé
- beleilleszkedik az épület homlokzataiba. Az elszívás a kémény felső végén, míg a külső levegő bevezetése egy alacsonyabb helyről, ablakból történik.
- a levegő elmozdítása természetes szellőzési stratégiával csökkenti a szellőztetéshez és a temperáláshoz használt energiát
- egy teljes, szélmentes napon át biztosítani tudja az épület természetes szellőzését
- képes biztosítani az aktuális időjárási feltételeknek megfelelően szabályozott szellőzést

- a tető és a levegő kivezetés felett emelkedik ki az épületből, ahol az uralkodó szél nem tud beleavatkozni az áramlásba
- a napkéményt lehet nyitott lépcsőházzal együtt alkalmazni, vagy speciális naptérrel és meghosszabbított föld alatt vezetett csőrendszerrel, mely a hűvös levegőt szállítja
- esztétikus építészeti elem is lehet [6]

Szellőző rendszerek összehasonlítása:

Amellett, hogy elektromos energiát tudunk előállítani a napkémény segítségével, az épület természetes szellőzését is biztosíthatjuk. A következőkben a különböző szellőző rendszereket hasonlítom össze:

Hibrid szellőztetés

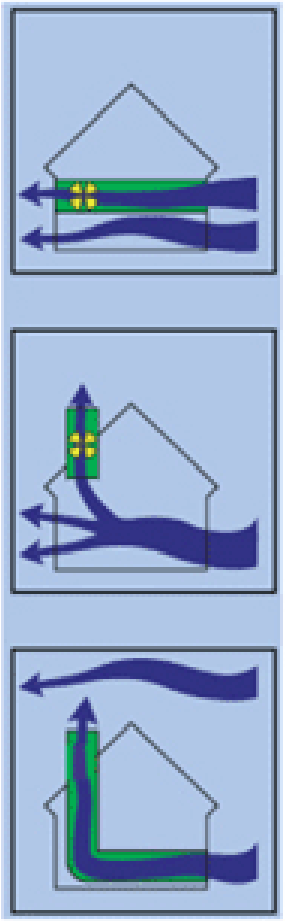
- Gazdaságos, kevés energiahasználat
- Kettős működésű rendszerek (természetes, gépi szellőzés)
- A működésmód függ az évszaktól és a napi ciklustól
- Érzékelő: hőmérséklet, harmatpont, por…

Ventilátor szabályozós Hibrid szellőztetés

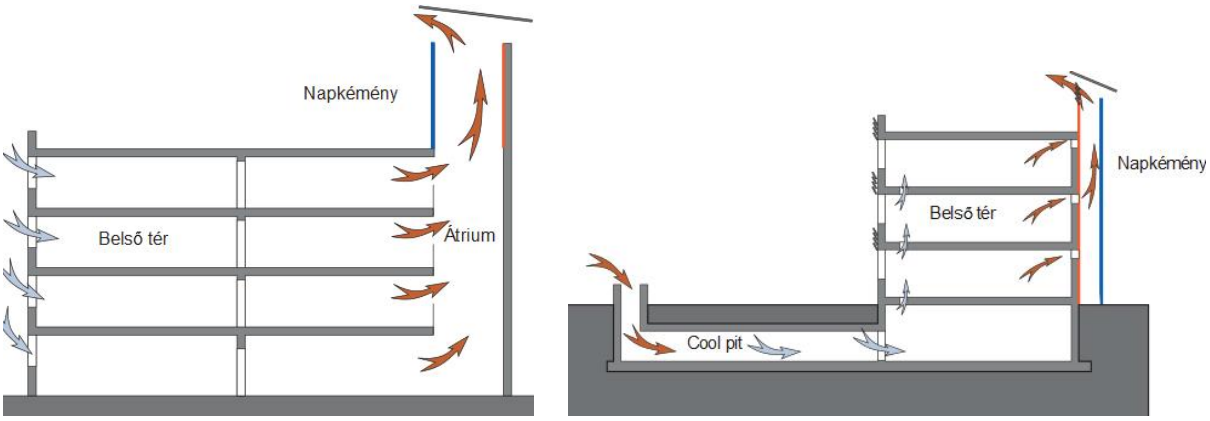
- Tetőn ventilátor az eltávozó meleg levegőt segíti
- A ventilátor besegít, ha a természetes légmozgás nem elég

Napkéményes szellőztetés

- Napsütötte lépcsőház kéményként kihasználható
- Nyitható tetőbevilágítón távozó légáramlása [6]



4. ábra: Szellőző rendszerek [6]



5. ábra: Épületszellőzés [8]

4. Megvalósult épületek

- **BRE Building, Anglia, 1997**
  Tervezők: Gilbert és Callaghan

1. Automatic opening windows linked to environmental control system
2. Recycled bricks
3. External Glass louvres
4. Ventilation stacks linked to natural ventilation system
5. Glass blocks reducing solar gain but allowing natural light in
6. Stainless steel chimneys
7. High insulation value roof
8. Photovoltaic panels

Source: Gilbert and Callaghan (1997)

6. ábra: BRE Building, Anglia, 1997
Gilbert és Callaghan [9]

1. Automatikusan nyíló ablakok az ellenőrző rendszerhez kapcsolva
2. Újrahasznosított tégla
3. Külső üveg zsaluk
4. Szellőző kürtők a természetes szellőzési rendszerhez kapcsolva
5. Üvegtömbök, melyek csökkentik a szoláris nyereséget, de beengedik a természetes fényt
6. Rozsdamentes acélkémények
7. Jól szigetelt tető
8. PV panelek [6]

7. ábra: BRE Building, Anglia, 1997
Gilbert és Callaghan [10]

- **Villa, Ordos, Inner Mongolia, China 2008-2009**
  Tervezők: Michael Meredith, Hilary Sample

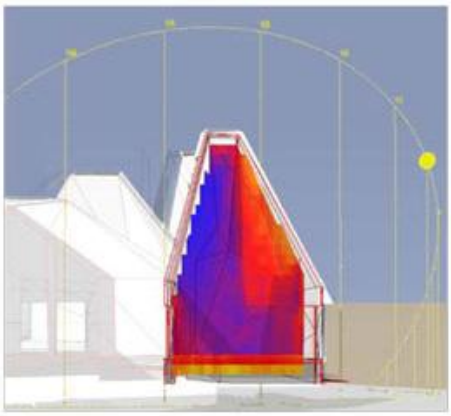
8. ábra: Villa, Ordos, Inner Mongolia, China, 2008-2009
Michael Meredith, Hilary Sample [11]

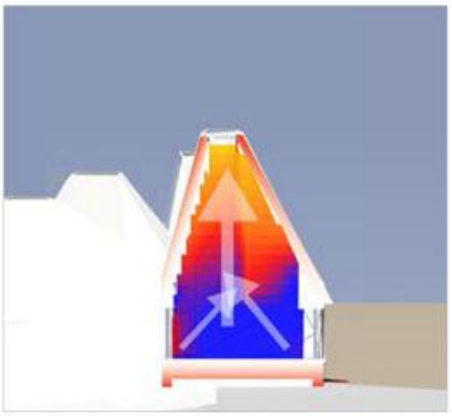
Az épület és a nap kapcsolata nagyon fontos, hiszen egy olyan éghajlatú területen fekszik, ahol a nyár forró, a tél pedig hideg. Ez egy olyan építészeti forma, amely egyesíti a nap fényét és hőjét a rendezett terekkel. A ház szabályozza a bejövő fényt két megközelítésben is: egyrészt az ablakok elhelyezésével, másrészt a kialakított napkémény által.

Nyáron, amikor a nap magasan jár és a hőmérséklet is az egekben van, nagyon fontos a belső tér megfelelő hűtésének kialakítása. A hűtés mellett fontos a megfelelő árnyékolás is. Ezt a tető illetve a mélyen elhelyezett ablakok biztosítják, amelyek amellett, hogy védenek a nap erős sugaraitól, elegendő fényt engednek be.

Az épületben kialakított napkémény a növekedő hőmérsékletű levegőt felfelé irányítja, ezáltal távol tartja a használt terektől, illetve kiengedi a tetőablakon keresztül. Lentebb a hideg levegő beáramlik a használt térbe, tovább segítve a helységek hűtését. A nehéz falak és padlózat lelassítja, valamint csökkenti a napsugarak hőjének átadását a belső terek felé.

Télen, amikor a nap alacsonyabban jár és bent nagyobb hőre van szükség, a dél, nyugat és kelet felé tájolt ablakokon és tetőablakokon keresztül áramlik be a fény. A passzív fűtés eredménye, hogy a nehéz falak és padlózat elnyeli a fénnyel járó sugárzását, így felmelegítve belső teret [11].

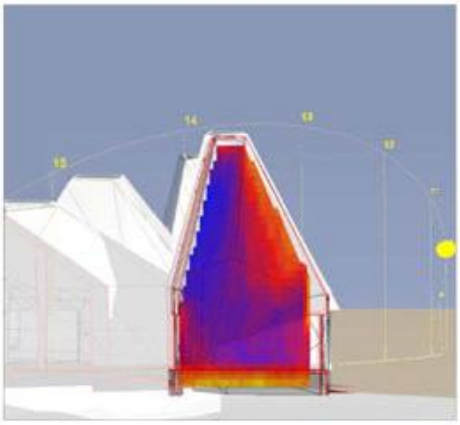


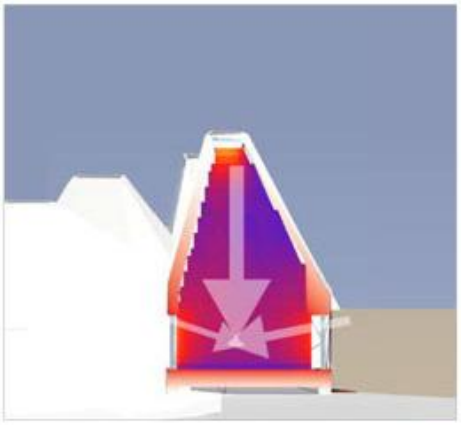


9. ábra: Az épület nyári működése [6]

Világítás július 20-án.
A nap nyáron magasabban és meredekebben jár, ezért kevesebb fény jut az épületbe, mivel a tető és a mélyen lévő ablakok árnyékolnak, megelőzve a szoláris nyereséget [6].

A hőmérséklet július 20-án.
A mélyebben lévő ablakok és a tető megelőzi a magasabban lévő nap sugárzásának bejutását.
Másrészről a forró levegő felfelé száll a kéménybe, ahol a nyitott tetőbevilágítón át távozni tud. Ez egy légmozgást indít el, mely a hidegebb levegőt viszi be az épületbe az ablakokon át [6].

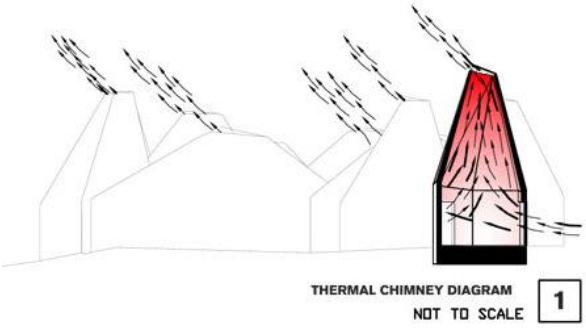




10. ábra: Az épület téli működése [6]

Világítás január 12.- én
A nap télen alacsonyabban jár, ezért több fény jut be az épületbe, s ez elegendő világítást is nyújt [6].

A hőmérséklet január 12.-én.
A nap alacsonyabban jár, a napsugárzás keresztülhatolhat az ablakon és tetőbevilágítón majd elnyeli a nehéz falszerkezet és a padló, melyek lassú hőleadással segítik a fűtést [6].



11. ábra: A hőkémény működési elve [6]

12. ábra: Villa, Ordos, Inner Mongolia, China 2008-2009
Michael Meredith, Hilary Sample [11]

- **Manitoba Hydro Tower (Office), Winnipeg, Canada, 2009**
  Tervezők: Kuwabara Payne McKenna Blumberg Architects with Smith Carter Architects

A Manitoba Hydro a legfőbb energiaszolgáltató Manitoba tartományban és a 4. legnagyobb szolgáltató egész Kanadában. A vállalat új székházát, a Manitoba Hydro Towert 2009-ben adták át. Ez egy 21 emeletes irodaház, amely felülről „A" betűre emlékeztető formát mutat. Maga az épület két, egyenként 18 emeletes szárnyból áll és alapvetően három részre osztható: üzlethelyiségek sétálóutcákkal, parkolókkal, iroda helyiségek valamint három emelet penthouse, azaz luxuslakások.

Az épület bioklimatikus, azaz energiatakarékos. Ennek egyik legfőbb alkotója épület északi homlokzatán megjelenő 115 méter magas napkémény, amely a passzív szellőztető rendszer kulcsfontosságú eleme. A kémény a természetes huzathatásra támaszkodik. Nyáron elszívja az épületből az elhasznált levegőt, télen pedig az épület alsó részén lévő parkolókban keletkező kipufogó levegőjének hőjét felhasználva fűti a kívülről beáramló levegőt.

Az épület további friss levegő ellátását a déli oldalon egy 24 méter magas vízesés is segíti, amely a levegőt is párátlanítja.

Manitoba Hydro-ban található a legnagyobb zárt geotermikus rendszer a tartományban, amely 280 darab 150 mm átmérőjű csövet foglal magába. Ez a csőrendszer 125 méter mélységbe hatol le az épület alá. A földalatti csövekben glikolt keringtetnek. Ennek segítségével nyáron hűtik, télen pedig fűtik az épületet.

Ezek az energiatakarékos megoldások az irodaháznak közel a 60%-os energia-megtakarítást jelentenek [12].

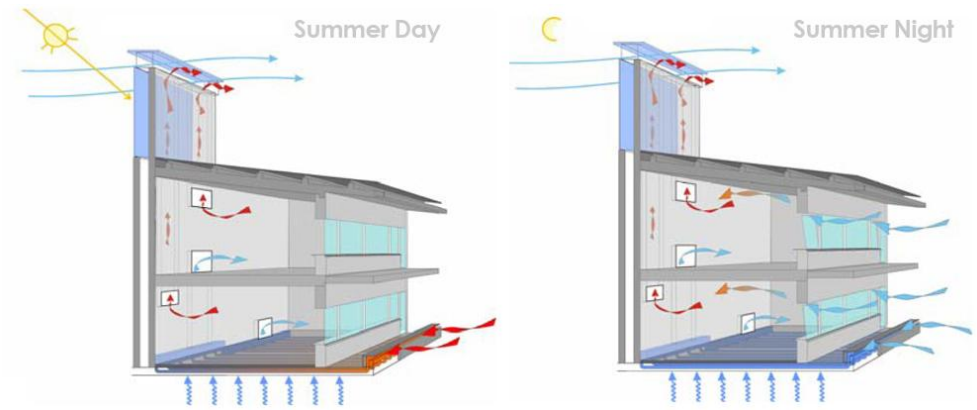
13. ábra: Manitoba Hydro Tower (Office), Winnipeg, Canada, 2009
Kuwabara Payne McKenna Blumberg Architects with Smith Carter Architects [12]

- **School Revives Traditional Cooling Techniques, Damascus, Szíria, 2008**
  Tervező: Karim Elgendy

A Damaszkuszban 2008 végén átadott iskolát francia építészek, német környezetvédelmi mérnöki céggel együtt tervezték. A tervező csapat feladata az volt, hogy dolgozzon ki egy olyan campust, amely megtestesíti a fenntarthatóságot, alacsony technológiai megoldások rendszerét alkalmazva, így a szellőztetőt és légkondicionálót.

Az iskola szellőztetőrendszerének szerves részét képezik az napenergia kémények. Ezeket az épület déli oldalán alakították ki. Tetejüket feketére festett polikarbonát lemez borítja, amely segítségével „csapdába csalják”a napsugárzás energiáját. Ez, a csapdázás által szerzett hő fokozza a kémények belsejében a huzathatást, azaz kihúzza meleg levegőt a tantermekből. A kéményeket úgy tervezték, hogy a szél negatív nyomást hozzon létre a kémény tetején, amely tovább javítja a kémény belsejében a légmozgást [13].

14. ábra: School Revives Traditional Cooling Techniques, Damascus, Szíria, 2008
Karim Elgendy [13]



15. ábra: School Revives Traditional Cooling Techniques, Damascus, Szíria, 2008
Karim Elgendy [13]

5. Terv szintű épület

- **Tower House ,Treviso, Olaszország, 2011**
  Tervező: Alison Furuto, Alter Studio Architetti Associati

Az Olaszországban meghirdetett „the Tower House Competition for Treviso" verseny második díját az Alter Studio Architetti Associati építészei által újragondolt Tower House kapta. A verseny egy meglévő toronyépület átalakításáról szólt. A tervezők koncepciója az volt, hogy egy toronyból három független tornyot generálnak, mégpedig úgy, hogy mindegyik torony különböző energetikai struktúrát képvisel, tájolásuknak megfelelően.

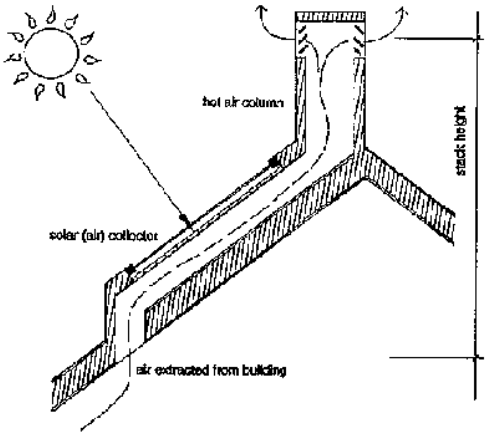
Az épület déli homlokzatán egy szolár kémény fut végig, az északi részén egy függőleges zöld fal húzódik, illetve a torony harmadik oldalán egy átszellőztetett homlokzatot alakítottak ki. A tetőn elhelyezett fotovoltaikus panelek és a déli homlokzat 60 + 15 kW teljesítményt biztosít, ami bioklimatikus eszközökkel együtt hozza a CO_2-kibocsátás nullára [14].

16. ábra: Tower House ,Treviso, Olaszország, 2011
Alison Furuto, Alter Studio Architetti Associati [14]

17. ábra: Tower House ,Treviso, Olaszország, 2011
Alison Furuto, Alter Studio Architetti Associati [14]

6. Szoláris levegőrámpa

A szoláris levegőrámpa a napkémény egyfajta változata.



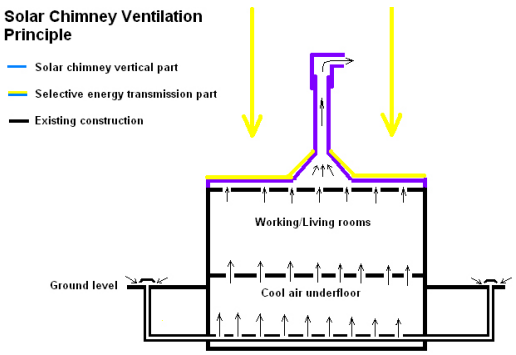
18. ábra: Solar air ramp [15]

A napsugár bejut a déli vagy nyugati tájolású burkolat mögé, ahol felmelegíti a levegőt és elindul a kijárat felé. Ez okozza az belső levegő megmozdulását a fűtött térbe és onnan ki.
A levegő a hűvösebb, árnyékos északi oldalról be tud lépni az épületbe, s pótolja a kilépő levegőt [6, 15].

7. Schoordak

A Schoordak a hollandok által kifejlesztett épületszellőztető rendszer, amelyet a naptetőt és a napkémény kombinációjával hoztak létre.

A rendszer legfőbb jellemzője, hogy semmi féle külső energiára nincs szükség. Ha a nap jobban süt, akkor a rendszer is jobb hatásfokkal működik. Ez egy úgynevezett magas hatékonyságú napenergia gyűjtés [6].



19. ábra: Schoordak, naptető és napkémény holland kombinációja [16]

8. A napkémény ipari jellegű alkalmazása

Az épületeken alkalmazott napkémények mellett – ugyanezen megnevezéssel – megjelentek az energiatermelésre szolgáló napkémények is (termikerőmű). Az elv hasonló, napsütés hatására az üveg (vagy műanyag) alatt található levegő felmelegszik, és mert a meleg levegő könnyebb, mint a hideg, a torony irányába kezd áramlani, helyét átadva a perem felől érkező hideg levegőnek. A toronyban a meleg levegő felszáll, mozgásával a turbina lapátjait megforgatja. A turbinához generátor csatlakozik, mely a mozgási energiát villamos energiává alakítja [7].

- **Megvalósult tervek**

A termikerőmű prototípusát Manzanaresben, Spanyolországban építették fel, és tesztelték. Ez a napkémény 1986 júliusától 1989 februárjáig gyakorlatilag megszakítás nélkül üzemelt, teljesítményének csúcsértéke 50 kW. A kollektorának átmérője 240 méter, felülete 46,000 m2. A kémény átmérője 10 méter, magassága 195 méter.

20. ábra: Termikerőmű, Manzanares, 1986
Schlaich Bergerman [7]

A manzanaresi kísérleti üzem eredményesnek tekinthető, a tapasztalatok alapján minden olyan helyen, ahol az üzemeléshez szükséges kondíciók a rendelkezésre állnak (napsugárzás mértéke eléri a 2.5MWh/m2 értéket) telepíthető [7].

- **Érdekességek**

Egy 5 MW teljesítményű erőműhöz 1100 m átmérőjű kollektor szükséges, a kémény magasságának el kell érni a 445 métert, átmérőjének a 27 métert.

Egy 200 MW-os erőműhöz ugyanezek a paraméterek: 5000 m átmérőjű kollektor, 1000 méter magas, és 150 méter átmérőjű kémény.

A kéményben a légáram sebessége 8 m/s, ha a turbina és a generátor üzemben van, e nélkül 15 m/s.

Egy olyan termikerőmű, amelynek kollektorának az átmérője 7000 m, egy olyan területen, ahol a napsugárzás értéke eléri a 2.3MWh/m^2, egy év alatt körülbelül 700-800 GWh energiát termelhet.

Ezzel az energiamennyiséggel egy nukleáris erőművet képes kiváltani [7].

- **Terv szintű erőmű**

Ausztráliában fogják megépíteni a legnagyobb termikerőművet, mely egyben a legmagasabb létesítmény listáról a második helyre szorítaná a jelenleg világelső Canadian National Tower-t Torontóban. Ez a napkémény az emberiség legmagasabb építményei közé fog emelkedni, ugyanis a tervezett magassága 750 és 1000 méter között van.

A tervek szerint 200,000 háztartást fog villamos energiával ellátni, ezzel 700.000 tonnával fogja csökkenteni az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását. A kollektor átmérője 7 km lesz, és a felmelegedő levegő a toronyban 32 turbinát fog meghajtani, és a turbinák várhatóan napi 24 órán keresztül képesek lesznek villamos áramot termelni.

A torony működési elve az előzőekhez hasonló. Egy óriási kémény köti össze a talajszinti légrétegeket és a sokkal magasabb, 1 km-en lévő rétegeket egy „csővel”. A cső két végén más-más hőmérséklet és nyomásértékek lesznek, ezért egy természetes huzathatás alakul ki. Ezt a huzathatást úgy lehet növelni, ha megemeljük a talajszinti hőmérsékletet. A hőmérséklet megemelésére a kéménytől kiindulva egy óriási egybefüggő üvegházat építenek fel, ahol a levegő 70-80 fokosra is felmelegszik. A torony éjjel is üzemel, hiszen az üvegház alatt lévő föld felveszi a nappali hőmérsékletet és az egész éjjel fűti az áramló levegőt.

A projekt egyik vonzereje, hogy rendkívül hamar képes megtérülni, akár 10 év alatt visszahozhatja a beruházást. Ha az építmény sikeres lesz, akkor a sivatag meddő területeit ilyen módszerrel be lehet állítani a zöld villamosenergia termelésbe [17].

Az erőművet a német Schlaich Bergerman tervezte, aki a spanyol Manzanares-ben bizonyította a technológia alkalmazhatóságát [7].

21. ábra: Az Ausztrál sivatagban tervezett erőmű
Schlaich Bergerman [17]

- **Tükrös naptorony**

Ez a napsugárzást hasznosító naptornyot rengeteg tükörrel látták el, úgy hogy egy központi toronyra irányítják a sugarakat, ahol az egy technológiai folyamatot fűt.

Működése:

Ezeket a telepeket olyan helyre építik, ahol a napsütéses órák száma egész évben magas, így például a sivatagokba. A beérkező sugárzási energia szórtan nem lenne elegendő a folyamat működtetéséhez, ezért azokat több 100 nagyméretű tükörrel koncentrálni kell. Ezek a tükrök egész nap mozognak és lekövetik a nap pályáját, a sugarakat mindig ugyanarra a megadott helyre továbbítják. Ahol az egész építménynek a gyújtópontja van, oda egy nagyméretű hőcserélőt helyeznek, amiben a technológiai közeget már lehet fűteni. Itt vagy közvetlenül nagynyomású vizet gőzölögtetnek el, vagy egy hő akkumulátorba melegítenek sót. A vizes rendszer egyből villamos energiát termel, míg ezzel szemben a sós tárolni tudja a hőenergiát és még este is képes energiát termelni [18].

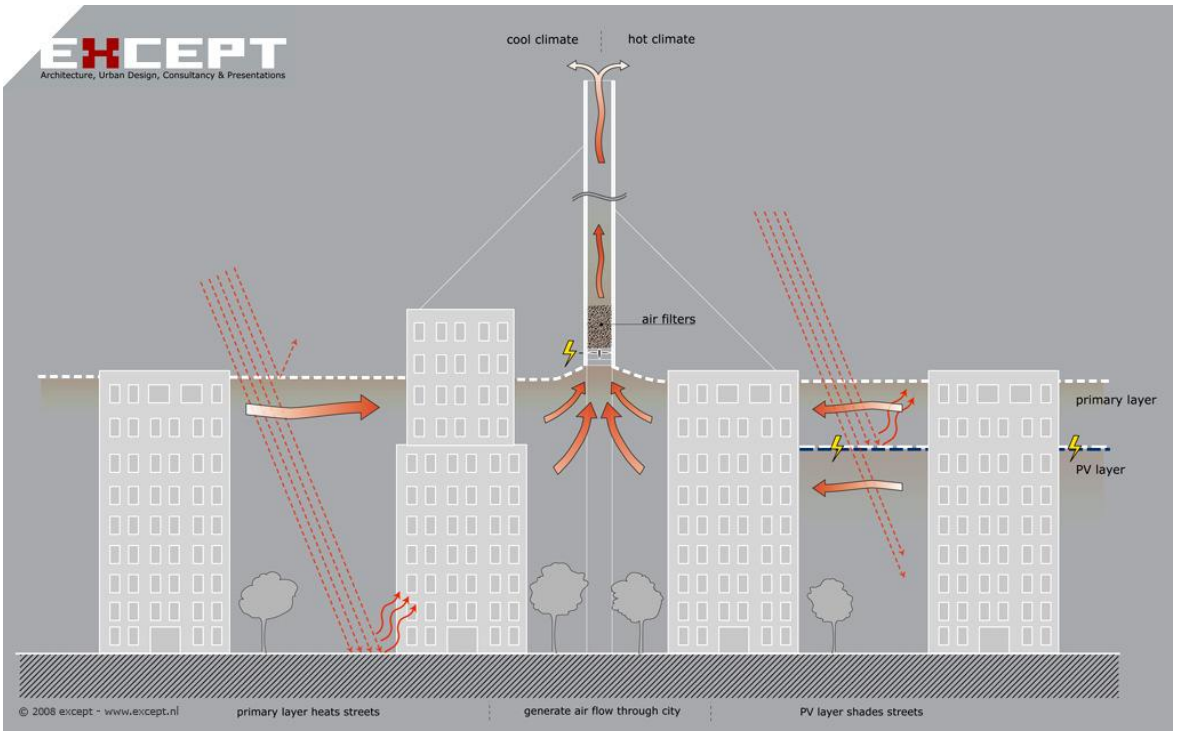
22. ábra: Tükrös naptorony [18]

23. ábra: Tükrös naptorony [18]

Ez a fajta technológia elég újnak számít és még csak egy pár található belőle világszerte. Teljesítményük 10 MW fölött van, ezzel nagyjából 3-4 nagyméretű szélturbinával érnek fel [18].

9. A napkémény alternatív városi használati lehetősége

A napkémények használatával nem csak az energiatermelés a cél, hanem por, Co2 és más szűrőket lehet beletenni, így tisztítani a városi levegőt [6].



24. ábra: Napkémény alternatív városi használati lehetősége [6]

A hidegebb klímájú városokban puffer teret hoz létre, csökkenti a lehűlést, így fűtési költségcsökkentést eredményez.

Melegebb klímájú területeken féligáteresztő PV membránt is lehet alkalmazni, ami szűri a napsugárzást és a hőmérséklet gradiens csökken. A két réteg növelheti a torony hatékonyságát, hiszen a felső réteg a város felmelegedését gátolja, a folyamatos légáramlás részben legyőzheti a hősziget-hatást [6].

10. Zárógondolat

A napenergia maximális kiaknázása szükséges lépés ahhoz, hogy biztosíthassuk a fenntartható energiaellátást, megvédjük bolygónkat és az elkövetkező generációk egészségét.

Irodalomjegyzék:

[1] Kacz Károly- Neményi Miklós, Megújuló energiaforrások, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 1998

[2] http://okoenergia.uw.hu/szolar.html , 2013.03.28.

[3]http://www.naplopo.hu/Cikkek/A%20napsug%C3%A1rz%C3%A1s%20alapjai/napsugarzas_alapok.html , 2013.03.28.

[4] http://www.acrux.hu/sun/napenergia.html , 2013.03.25.

[5] http://hu.wikipedia.org/wiki/Napenergia , 2013.03.25.

[6] http://www.mk.unideb.hu/userdir/profzold/napenergia/01_napkemeny.pdf, 2013.03.25.

[7] http://www.meconnues.org/napkemeny-magyar.php?PHPSESSID=84858fb59e5467ba4a89a5b9e2471cfe ,2013.03.25.

[8] http://www.epitesz.bme.hu/document/951/original/00001875.pdf, 2013.03.25.

[9] https://www.google.hu/search?q=BRE+Building+anglia&hl=hu&client=firefox-a&hs=kVu&rls=org.mozilla:hu:official&channel=fflb&lr=lang_hu&bav=on.2,or.r_qf.&bvm=bv.44158598,d.Yms&biw=1280&bih=671&um=1&ie=UTF-8&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=9a9QUeuZIsqutAbN2YGQAQ#imgrc=_ , 2013.03.25.

[10] http://www.sustainableguernsey.info/blog/wp-content/uploads/2012/10/Environmental-Building-BRE-080812-%C2%A9RLLord-9382-SGB-em.jpg , 2013.03.25.

[11] http://www.archdaily.com/11162/ordos-100-7-mos/ , 2013.03.25.

[12] http://www.archdaily.com/44596/manitoba-hydro-kpmb-architects/ ,2013.03.28.

[13] file:///D:/MSC/2.%20f%C3%A9l%C3%A9v/energiatudatos%20%C3%A9p%C3%BClettervez%C

3%A9s/prez/A%20Damascus%20School%20Revives%20Traditional%20Cooling%20Techniques%20_%20Carboun%20%20Advocating%20Sustainable%20Cities%20in%20the%20Middle%20East.htm , 2013.03.28.

[14] http://www.archdaily.com/122991/tower-house-alter-studio-architetti-associati/ , 2013.03.25.

[15] http://www.nzdl.org/gsdlmod?e=d-00000-00---off-0cdl--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-------0-1l--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0-0-11-1-0utfZz-8-10&cl=CL1.19&d=HASH86140d34439e71b02d8184.4.4&gt=1 , 2013.03.26.

[16] http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Attachment_Schoordak_principle_sketch.jpg , 2013.03.26.

[17] file:///D:/MSC/2.%20f%C3%A9l%C3%A9v/energiatudatos%20%C3%A9p%C3%BClettervez%C3%A9s/prez/Napk%C3%A9m%C3%A9ny,%20ipari%20villamosenergia%20termel%C3%A9s%202.htm , 2013.03.25.

[18] http://energia.ma/megujulo/napenergia/20120705-tukros-naptorony-ipari-villamosenergia-termeles/ , 2013.03.25.