Szent István Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar

SZAKDOLGOZAT

2015.

Vaszkó Lajos

SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr. Dombay Gábor PhD, Eur Ing
intézetigazgató, főiskolai tanár

YBL

YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST
ÉPÍTŐMÉRNÖKI INTÉZET
Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.
Tel.: +36-1-252-1270
e-mail: epitomernoki.intezet@ybl.szie.hu

SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS
2014

Vaszkó Lajos

Nappali Építőmérnök szakos
hallgató részére

A feladat címe: Egy meglévő családi ház fűtésrendszerének korszerűsítése

Belső konzulens: Dr. Molnár Ildikó adjunktus

Külső konzulens: Sőregi Ottó, okleveles mechatronikai mérnök és gépészmérnök

A szakdolgozat beadási határideje: 2015. január 16., péntek $12^{\underline{00}}$

Budapest, 2015. január 8.

Dr. Dombay Gábor
intézetigazgató

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar

Infrastruktúramérnöki Szakcsoport

1148 Budapest, Thököly út 74

Szakdolgozat

Egy meglévő családi ház fűtésrendszerének korszerűsítése

Belső konzulens:
Dr. Molnár Ildikó
Külső Konzulens:
Sőregi Ottó

Vaszkó Lajos
[redacted]
2015. január
Budapest

TARTALOMJEGYZÉK

1. A téma aktualitása 3

2. Az energia 4

2.1. Energiaforrások 4

2.2. Energiahordozók 4

2.3. Megújuló energiaforrás 5

2.4. Fenntartható fejlődés 6

2.5. CO_2 kibocsátás 7

2.6. Jelenlegi Energiafelhasználási adatok az Európai Unióban 8

2.7. EU-s energiapolitika napjainkban 10

3. Energiahelyzet Magyarországon 13

4. Napenergia 15

4.1. Forrása 15

4.2. Hasznosítható mennyiség 16

4.3 A fototermikus hasznosítás eszközei 20

4.3.1. A Koncentrátoros kollektorok 21

4.3.2. Síkkollektorok 22

4.3.3. Hőtárolás 23

4.3.4. A rendszer tágulása 24

4.4. FejlődésTörténet 25

5. A vizsgált épület bemutatása 29

5.1. Épületszerkezettani és energetikai leírás 29

5.2. A fűtési rendszer 29

5.3. A rendszer üzemeltetési tapasztalatai 31

6. A rásegítő rendszer tervezése 32

6.1. A kollektorok kiválasztásánál figyelembe vett tényezők 32

6.2. A tervezett rendszer 34
7. Költségbecslés 46
7.1. Bekerülési költség 46
8. Környezeti hatás 48
9. Összefoglalás 50
10. Mellékletek
1. Melléklet: Épület áttekintő helyszínrajza
2. Melléklet: Épület alaprajz
3. Melléklet: Fűtési rendszer kapcsolási rajza
4. Melléklet: Energeikai összesítő
5. Melléklet: Sonnenkraft SKR500 adattáblája
6. Melléklet: Wilo Star STG szivattyú adattáblája
7. Melléklet: Polysun szoftver szimulációs eredménye

1. A TÉMA AKTUALITÁSA

Az emberi lét energiafelhasználáson alapszik. Létünk fenntartása energiát igényel, melyet a táplálkozás során veszünk magunkhoz. Az élet minden területén energiát használunk fel, energia nélkül nincs emberi élet. A harmadik évezred elején az emberiség két nagy probléma megoldása előtt áll:

- kielégíteni a világ egyre növekvő energiaigényét
- a növekvő energiafelhasználás következtében fenyegető környezeti katasztrófa megelőzése [2]

Az energiaválság kérdésköre egyre jelentősebb mértékeket ölt. A fogalom tényeleges jelentése az energiatermelés és az energia iránti igények közötti egyensúly megbomlása. Régen tudott dolog, hogy a Föld hagyományos energiatartalékai nagyon is végesek, s különböző előrejelzések szerint fél vagy legfeljebb egy évszázadig képesek kielégíteni a növekvő elektrifikáció és motorizáció szükségleteit. Az energiaválság a régi energiabázisokra való részleges visszatérést, illetve azok növelését teszi szükségessé, és új energiaforrások keresésére ösztönzi a világot. Így újra nagyobb szerepet kapott a szén, ennek hatására gyorsultak fel az atomenergia békés felhasználására vonatkozó kísérletek, és fordult ismét a figyelem a nap-, a víz- és a szélenergia hasznosítására. [3]

A legnagyobb energiafogyasztók: az ipar, a kereskedelem, a közlekedés és a háztartások. Az energia nem olcsó. A pénzben kifejezett ára mellett a társadalom igen magas környezeti árat fizet a használatáért, az emberek és a környezet egészségének károsításával. [4]

Mivel a világ jelenlegi energiaszükségletének 40 százalékát a kőolaj fedezi, a hiánya az élet megannyi területére hatással lesz. Mondhatni, végzetes gondokat fog okozni, mert a legtöbb ipari termelés alapja a kőolaj. Erre épül a közlekedés, a műanyagipar és a műtrágyagyártás révén a mezőgazdaság. [5]

A szakdolgozatom célja, nemcsak az, hogy az energiaéhséget alternatív energiahordozókból elégítsük ki, hanem egy energiatudatos szemlélettel rendelkező társadalmat generáljunk, melyben az energiapazarlás kevesebb, a felhasználás pedig hatékonyabb. Az egyre növekvő népesség számára ez elengedhetetlen.

2. AZ ENERGIA

Az emberiségnek szüksége van energiára a létfenntartáshoz, aminek biztosítása az energiafejlesztés feladata. Az energiafejlesztés nemcsak a minél több energia megtermelését, hanem a felhasználás ésszerűsítését, a takarékoskodást is jelenti, az élhető környezet megőrzése érdekében.

A legtöbb növény képes fotoszintézisre, néhány baktérium képes természetes kémiai energiát használni. A többi szervezet pedig többnyire a táplálékláncon által szolgáltatott energián él. Az ember biológiai szükségletein túl, az energia lényeges komponense a technológiailag fejlett társadalmak áruinak és szolgáltatásainak. Ez az energia általában lehetővé teszi, hogy különböző éghajlati körülmények között éljünk nagy létszámban, és gyakran komfortos körülmények között. A külső energiától való függés mértéke társadalmanként más, ahogy az éghajlat, a komfort és a kibocsátás is. A növekvő komfort, növekvő külső energiát igényelhet, azonban az energiahatékonyság növelésével ez a folyamat lassítható. Az energiafejlesztés koncepciója ezért magában foglalja a növekvő hatékonyságú és felelősségteljes energiagyűjtő és felhasználó sémák útján növekvő emberi komfortot és szabadságot.

2.1. Energiaforrások

Az energiaforrások olyan anyagok vagy folyamatok, amelyek elég nagy koncentrációjú energiával rendelkeznek ahhoz, hogy könnyű legyen őket magasabb energiájú állapotból alacsonyabb energiájú állapotba vinni, emberi ellenőrzés mellett, és hogy így a különbség felhasználható legyen emberi célokra. Az árapály-energia – ami a Naprendszer mechanikájából ered –, a nukleáris fűtőanyag és a szintén belőle eredő geotermikus energia – amelyek pedig régi, szupernóvaként felrobbant csillagok belsejében magfúzióval keletkezett nehéz atommagok bomlásából származnak – kivételével minden földi energia forrása a Nap, amiben szintén nukleáris folyamatok játszódnak le az energiatermelés során. [6]

2.2. Energiahordozók

Az energiát általában anyag közvetíti. Azokat az anyagokat, amelyek valamilyen halmazállapotban energiát tartalmaznak, energiahordozóknak nevezzük. Megkülönböztetünk *primer* és *szekunder* energiahordozókat.

A *primer* energiahordozóknak a természetben található energiaforrásokat tekintjük. Ilyenek a szénféleségek, kőolaj, földgáz, uránérc stb. Ezeket az urán kivételével fosszilis

energiahordozóknak, más néven nem megújuló (kimerülő, elhasználódó) energiaforrásoknak nevezzük, mert a földtörténet során hosszú idő alatt jöttek létre, így felhasználásuk során a Földben található készletek folyamatosan csökkennek.

Vannak megújuló *primer* energiaforrások, mint a nap-, szél-, vízenergia-, a biomassza, stb. A szakirodalomban általában megújulóként kezeli a geotermikus energiát is, bár megújulása hosszabb időt vesz igénybe, ezért más szakirodalmak az elhasználódó energiaforrások között tartják számon.

A *primer* energiahordozóknak csak egy kisebb hányadát használják fel közvetlenül. Ezeket általában eltüzelés útján hasznosítják, közvetlenül fűtés, meleg víz készítés céljából. Ilyen például a szén, földgáz, biomassza közvetlen eltüzeléses hasznosítása. Gyakran a megújuló primer energiákat is hasznosítjuk közvetlenül: pl. napenergiával fűtünk vagy vizet melegítünk, szélenergiával szivattyúzunk, stb.

A *primer* energiák nagyobbik hányadát azonban valamilyen eljárással *szekunder* energiává alakítjuk, és ezt követően használjuk fel valamilyen célra. A szekunder energiáknak három csoportját különböztetjük meg:

A *primer* energiahordozók nemesítésével rendszerint értékesebb anyagot állítanak elő, mint pl. szénből brikettet, kokszot, gázt, kőolajból benzint, gázolajat, stb.

A *szekunder* energiahordozók másik fajtája a hőenergia, hordozóközege általában a forró víz, gőz, gáz, és amelyet valamilyen energia átalakítóban: kazánban, hőerőműben vagy reaktorban állítanak elő. A hőenergiát általában közvetlenül fűtésre használják, vagy turbina segítségével mechanikai energiává alakítják.

A *szekunder* energiák harmadik csoportjába a villamos energiát soroljuk. Előállítása turbinával hajtott generátorokkal történik. A megújuló *primer* energiákat is gyakran alakítjuk át elektromos energiává pl. szélerőmű, vízerőmű, naperőmű, stb. [2]

2.3. Megújuló energiaforrás

„A megújuló energiaforrás olyan közeg, természeti jelenség, melyekből energia nyerhető ki, és amely akár naponta többször ismétlődően rendelkezésre áll, vagy jelentősebb emberi beavatkozás nélkül legfeljebb néhány éven belül újratermelődik."(Idézet a Naplopó Kft tervezési segédletéből)

A megújuló energiaforrások jelentősége, hogy használatuk összhangban van a fenntartható fejlődés alapelveivel, tehát alkalmazásuk nem rombolja a környezetet, ugyanakkor nem is fogják vissza az emberiség fejlődési lehetőségeit. Szemben a nem

megújuló energiaforrásokkal (kőszén, kőolaj, földgáz). A megújulók használatával nem okozunk olyan halmozódó káros hatásokat, mint az üvegházhatás, a levegőszennyezés, vagy a vízszennyezés. A szél- és napenergia-technológiák alkalmazása lehetőséget ad arra is, hogy az ember saját maga állítsa elő az otthonában használt villamos energiájának, üzemanyagának és vizének egy részét, vagy akár az egészét. Ebben a munkában a napenergiát használtam a feladat megoldásához. A fosszilis tüzelőanyagoktól való elhatárolódás különösen fontos, egyrészt a globális felmelegedés megállítása miatt, másrészt a közelgő olajhozam-csúcs fenyegetése miatt.

A fosszilis energiahordozók eltüzelésekor az égéstermékekkel légkörbe jutó káros anyagok rontják a levegő minőségét, a széndioxid pedig visszatartja a földi kisugárzást, így felmelegedést okozva veszélyezteti a Föld energia-egyensúlyát. A levegő szennyezettsége, a természet pusztulása, az egyre gyakoribb természeti katasztrófák, mind figyelmeztető jel kell, hogy legyen: eddigi gátlástalan energiagazdálkodásunkon változtatni kell.

A megoldás csak a környezetbarát életszemlélet lehet, melynek két lényeges eleme az energiatakarékosság és a megújuló energiaforrások fokozottabb alkalmazása. Megújuló energiának azt az energiaforrást nevezzük, melynek felhasználása során a Föld természetes energiaegyensúlya nem változik, visszafordíthatatlan plusz környezetterhelés nem keletkezik. A megújuló energiaforrások közös jellemzője, hogy létrehozójuk és táplálójuk a Nap kimeríthetetlen sugárzása.

2.4. Fenntartható fejlődés

A szociális és a környezeti problémák fontosságának, e problémák, illetve megoldási lehetőségeik és a gazdasági fejlődés közötti sokrétű összefüggések felismerésével egyre inkább teret nyertek azok a nézetek, amelyek szerint e három területet együtt kell vizsgálni, s sajátosan a környezet és fejlesztés kérdéseinek együttes megközelítése szükséges.

A nyolcvanas évek elején jelent meg a "fenntarthatóság" vagy a "fenntartható fejlődés" kifejezés a nemzetközi szakirodalomban. Általános ismertségét Lester R. Brown a fenntartható társadalom kialakításával foglalkozó műve váltotta ki, amely 1981-ben jelent meg. A szerző összekapcsolta a népesség növekedését a természeti erőforrások hasznosításával és mindezt úgy kívánta megoldani, hogy a lehető legkisebb legyen a természeti környezet mennyiségi és minőségi romlása.

1983-ban az ENSZ Közgyűlés határozata alapján megkezdte munkáját az ENSZ Környezet és Fejlődés Világbizottsága, amelyet Gro Harlem Brundtland norvég

miniszterelnöknő vezetett. A Bizottság 1987-ben „Közös jövőnk" címmel kiadott jelentésében a gazdasági növekedés olyan új korszakának lehetőségét vázolta fel, amely a fenntartható fejlődés globális megvalósítására épít, megőrzi a természeti erőforrásokat, s amely megoldás lehetne a fejlődő országok nagy részében elhatalmasodó szegénység leküzdésére is.

A jelentés nagyon röviden és tömören határozta meg a fenntartható fejlődés fogalmát:

"A fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen szükségleteit, anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő nemzedékek esélyét arra, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket". (Idézet az ENSZ Közös jövőnk kiadványából)

A fenntartható fejlődés három alappilléren nyugszik: a szociális, a gazdasági és a környezeti pilléreken és mindhármat együttesen, kölcsönhatásaik figyelembevételével mérlegelni kell, a különböző fejlesztési stratégiák, programok kidolgozása során, illetve a konkrét intézkedésekben, cselekvésekben. A fenntartható fejlődés, mint általános stratégiai cél "bevonult" a nemzetközi konferenciák, szervezetek dokumentumaiba és a nemzeti kormányok cselekvési programjaiba.

2.5. CO_2 kibocsátás

Munkámmal szorosan összefügg a szén-dioxid és egyéb üvegházhatású gáz kibocsátási mennyiségének csökkentése is, amit lakossági szinten valósítok meg.

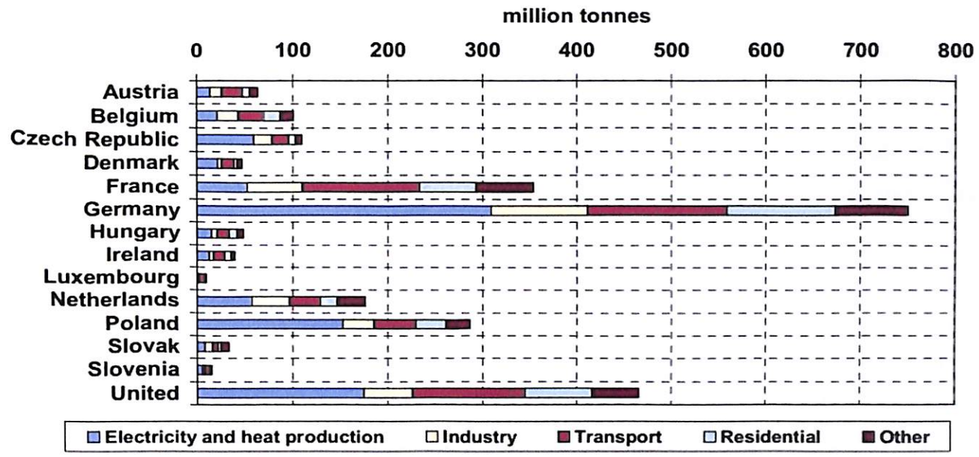
A földi éghajlat szempontjából meghatározó szerepű üvegházhatású gázok (szén-dioxid, metán, dinitrogén-oxid, stb., ezen kívül ilyen a vízgőz is) a Napból a földfelszínre érkező sugárzás egy részét csapdába ejtik: a rövidebb hullámhosszú sugarakat átengedik, a földfelszín hosszúhullámú sugárzását pedig jelentős mértékben elnyelik, ezáltal a légkör a földfelszín közelében melegszik, a felső légkör azonban lehűl. Rövidebb (éves) időtávlatban a légköri gázok és a vízgőz üvegház-hatása határozza meg legnagyobb mértékben a globális földi éghajlatot. E gázok mennyiségének az ipari forradalom óta tapasztalható rohamos növekedése azonban mára már a túlzott felmelegedés, és az ennek következtében kialakuló éghajlatváltozással járó természeti katasztrófák forrásává vált.

A kyotói egyezmény: (lejárt 2010-ben)

A CO_2 kibocsátás exponenciális növekedésének veszélyét felismerve 1997-ben a világ számos országa egyezményt írt alá Kiotóban, melyben vállalták a széndioxid kibocsátásuk csökkentését. Ennek számszerűsítésére bevezették a szén-dioxid kvótákat. Egy kvóta, egy tonna széndioxid kibocsátására jogosítja fel a tulajdonosát. Ha valamelyik állam (vagy cég)

több széndioxidot bocsát ki a rendelkezésére álló kvóta szerint megengedettnél, akkor többlet kvótákat kell vásárolnia olyan államtól (vagy cégtől), aki kevesebb széndioxidot bocsát ki, mint amennyi számára megengedett. Így a kibocsátott összmennyiség változatlan marad. A kiosztandó kvóták számát azonban az egyezmény értelmében minden évben folyamatosan csökkentik.

A kibocsátások forrásai az elektromos áram termelés, az ipar, a közlekedés/szállítás, és a lakosság. Az alábbi ábrán láthatunk egy adathalmazt, mely ennek megoszlását reprezentálja az Európai régió szerint.

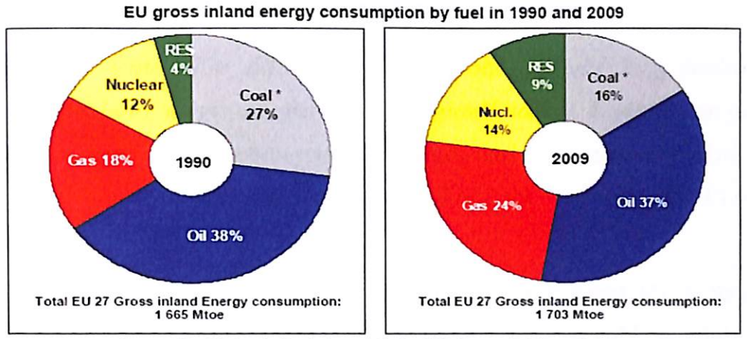


1. ábra Regionális CO_2 emisszió 2009-ben forrás: CO_2 emission from fuel combustion (2011 Edition), IEA

Jól látható az ábráról, hogy a központi elektromos-áram és hőenergia termelés valamit a forgalom és szállítás mellett a legnagyobb kibocsátó a lakosság. A munkám során bemutatott és alkalmazott technológia elterjedése, ezen szektor kibocsátását jelentős mértékben csökkentheti.

2.6. Jelenlegi Energiafelhasználási adatok az Európai Unióban

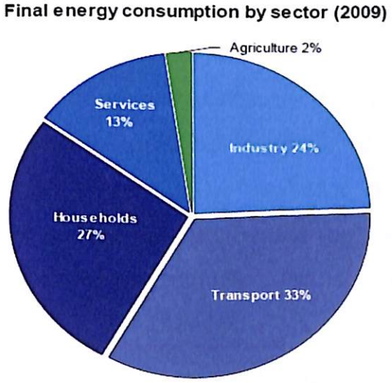
Az Unió 10 év alatt jelentős mértékben javította az arányokat energiaforrások tekintetében, amint az az alábbi ábra is mutatja.



2. ábra EU energiafogyasztása a lehetséges forrásokból forrás: Eurostat.eu

Jól látható, hogy míg az olajtól való függőségén nehezen változtatott, addig a szén használatát kvázi „felváltja" a földgáz. Mindenképpen nagy eredmény azonban a megújuló energiaforrások 5%-os részarány növekedése.

Szektoriális megoszlás tekintetében az alábbi ábra ad felvilágosítást.



3. ábra EU energiafogyasztásának szektoriális megoszlása forrás: eurostat.eu

Az statisztika tanulsága, hogy a háztartások igen jelentős, csaknem harmadát teszik ki a teljes energiafogyasztásnak. Amennyiben sikerül a megújuló energiák használatának beruházási költségeit redukálni, és elérhetővé tenni minden réteg számára, hatalmas megtakarítást érhetünk el az energia felhasználásban, illetve nagymértékben redukálhatjuk a károsanyag-kibocsátást is.

2.7. EU-s energiapolitika napjainkban

„Az Európai Unió előtt álló egyik legnagyobb kihívás napjainkban az, hogyan gondoskodjon megbízható, mégis megfizethető energiaellátásról. E kihíváson csak úgy tudunk felülkerekedni, ha jobban összehangoljuk a tagállami energiapolitikákat, és egységes álláspontot képviselünk a nemzetközi porondon." (Günther Oettinger, az Európai Bizottság energiaügyi biztosa)

Európát energetikai függőség jellemzi, azaz energiaszükségletének jó részét határain kívülről kell fedeznie. Az Európai Unió a világ második legnagyobb gazdasága, a világban termelt energiának ötödét fogyasztja, de nincs sok energiatartaléka. Szerencsére Európa energiaforrásainak palettája – más szóval energiaszerkezete – eléggé sokszínű: Ausztriában vízerőművek, Lengyelországban szénbányák, Franciaországban atomerőművek, az Északi-tengerben kőolajmezők, Dániában és Hollandiában földgázmezők találhatók. Minden uniós ország más típusú energiaforrással rendelkezik, és ez nagyon előnyös. Az energetikai sokféleség ugyanis fontos. Ahhoz azonban, hogy hasznát lássák e sokféleségnek, az európai országoknak szolidárisaknak kell lenniük egymással.

Tekintélyes nemzetközi szakértők hitelt érdemlően bizonyították, hogy az éghajlatváltozás következményei beláthatatlanok, és a világnak nagy árat kell fizetnie, ha nem sikerül csökkenteni üvegházhatású gáz-kibocsátását. Ez különösen érzékenyen érinti az energiaágazatot, mivel az több mint 80%-ban fosszilis tüzelőanyagokra támaszkodik. E tüzelőanyagok elégésekor szén-dioxid (CO_2) szabadul ki a légkörbe, amely a fő üvegházhatású gázok egyike. Az európai energetikai ágazat jövőjének tehát a fosszilis tüzelőanyagok használatának visszaszorításán és a kis szén-dioxid-kibocsátású energiaforrások fokozott használatán kell alapulnia.

Az EU vezetői úgy döntöttek, hogy az Unió teljes energiafogyasztását 2020-ig 20%-kal kell csökkenteni az 1990-es szinthez képest. Nem csekély vállalás: több mint 400 erőmű termelésével egyenértékű energiáról van szó. Ezen cél elérése érdekében drasztikus változásoknak kell megfelelni minden szektorban. A munkámhoz kapcsolódóan nagy szerepet kap az épületenergetika ágazata, mivel az épületek az EU energiaigényének 40%-át és üvegházhatású gáz-kibocsátásának 36%-át adják. Az épületekben az energia 80%-ára hő formájában van szükség.

Európának forradalmasítania kell a technológiát, hogy szén-dioxid kibocsátás nélkül tudjon energiát termelni. Az Európai Bizottság 2013-ban a szénszegény energetikai technológiák fejlesztésére vonatkozó uniós stratégiai terv aktualizálását javasolta. A nemzetközi energiapiacon felmerülő új kihívások leküzdéséhez az Európai Unió kiemelt figyelmet fordít az energetikai kutatásra és innovációra annak érdekében, hogy az alacsony szén-dioxid kibocsátású technológiák beépüljenek az energetikai rendszerbe, az új termékek pedig kedvező áron kerüljenek piacra.

Szintén az EU céljai közé tartozik, hogy 2020-ban energiafogyasztásának 20%-át megújuló energiaforrásokból fogja fedezni. Az e célkitűzés elérését szolgáló európai szintű ösztönzésnek köszönhetően a megújuló energiaforrásokon alapuló termelés kapacitása látványosan megnőtt. A világon 2011-ben több mint 100 GW összteljesítményű napelemet állítottak működésbe, ezeknek 70%-át az Európai Unióban telepítették. A megújuló energiaforrásokból származó energiatermelésnek köszönhetően az Uniónak évente megközelítőleg 400 milliárd euróval kevesebb értékben kell fosszilis tüzelőanyagot importálnia.

Érdekességképp, Németország politikai eszközökkel támogatja a napelemek elterjedését, melynek köszönhetően körülbelül 1,3-1,4 millió napelem van üzembe helyezve az országban. Ennek következtében 2014 egy nyári délutánján 60 GW áramot termeltek kizárólag fotovillamos úton, mellyel az ország energiaigényének majdnem 40 %-át fedezték. [14]

A megújuló energia uniós piaca folyamatosan bővül, ami a megújuló energiaforrások hasznosítását szolgáló technológiák árának jelentős csökkenését eredményezte: az elmúlt hét évben a napelemek ára például 70%-kal csökkent.

Magyarország, ellentétben az Unió törekvéseivel nem ezt az irányvonalat követi. A jelen politikai lépések a nukleáris energia előtérbe helyezését szorgalmazza, külön adókat kivetve háttérbe szorítja a szoláris energiatermelést.

Az Európai Unió azt tűzte ki célul, hogy az évtized végére minden új épületnek gyakorlatilag nulla energiaigényűnek kell lennie, ami az energiafogyasztás mellett az energiaszámlát is jelentősen csökkenteni fogja. Mivel az ilyen épületek csekély energiaigényének fedezéséhez a megújuló energia megfelelő, a kibocsátott üvegházhatású gázok mennyisége is csökkeni fog.

Az Európai Parlament és a Tanács 406/2009/EK határozata (2009. április 23.) az üvegházhatású gázok kibocsátásának a 2020-ig terjedő időszakra szóló közösségi kötelezettségvállalásoknak megfelelő szintre történő csökkentésére irányuló tagállami törekvésekről [Hivatalos Lap L 140., 2009.6.5.].

3. Energiahelyzet Magyarországon

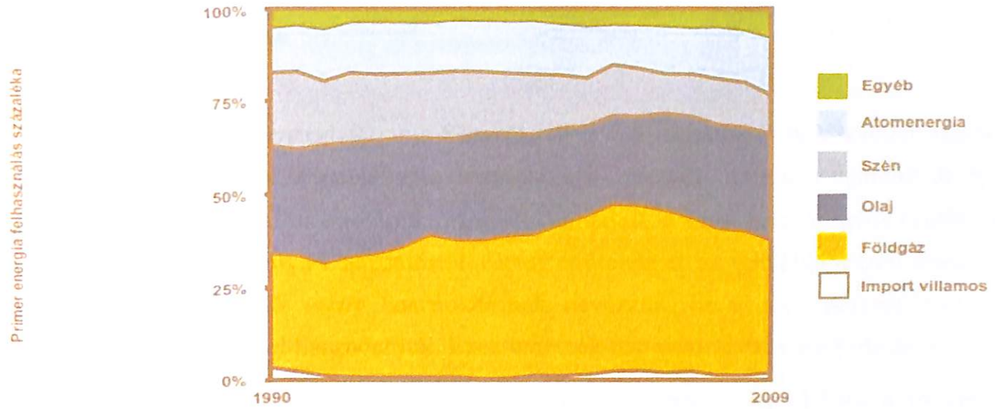
Az ország energiahelyzete sérülékeny, hiszen energiaszükségletünk több mint kétharmadát importból fedezzük, és ez az arány növekvő tendenciát mutat. Egy ország energiaellátásának biztonságát növelik a belső energiaforrások, köztük a megújuló energiák, és az atomerőművek, melyek hosszú időre stabilizálhatnák a helyzetet.

A magyar energiamérlegben az import jelenleg 69 %-ot tesz ki, (az atomerőmű fűtőelem-behozatalát is ide sorolva), és az energiaszükséglet növekedést csak a behozatal növelésével tudjuk fedezni, mert a hazai ásványi energiahordozók hozama csökken. Az importot műszaki, gazdasági, alkalmanként politikai és stratégiai bizonytalanságok is terhelik. A bizonytalanságok csökkentése érdekében is célszerű a megújuló energiahasznosítást támogatni, ami egy évtizeden belül 10% körüli arányt érhet el. A jövőben jelentőséggel bír az atomerőművek stabilizáló szerepe, amely az összenergia-szükséglet 10°%-át jelenti és a villamos energia felhasználás 1/3 körüli arányát.

Az atomerőművek magas beruházási költségét a bonyolult technológia és a biztonság növeléséhez szükséges berendezések okozzák, az utóbbiak a létesítési költség 40-50%-át is elérhetik. Minden energiaellátási módnak vannak ellenzői, de a legnagyobb az ellenérzés az atomenergiával szemben.

A kulcskérdés a fajlagos beruházási költségek csökkentése, különösen most, amikor világszerte liberalizálják és privatizálják a vezetékes energiaellátó rendszereket. Az új létesítmények beruházását a magántőkétől várják, ami a gyors megtérüléshez és a viszonylag olcsó beruházásokhoz vonzódik, ami sem a megújuló, sem a nukleáris energia hasznosításának nem kedvez. [2]

Az 4. ábra szemlélteti a primer energiahordozók felhasználásának arányát Magyarországon. A földgázfelhasználás várhatóan elenyésző mértékben fog csökkeni, ugyanakkor prognosztizálható az atomenergia jelentősebb részaránya. Ennek pusztán politikai vonzata van, ugyanis a jelen kormány Magyarország energiaellátásának jövőjét hosszú évekre eldöntötte az orosz hitelből épülő atomerőművel. Természetesen Magyarország földgázellátása az orosz készletből történik.



4. ábra: Magyarország primerenergia-felhasználása Forrás: Nemzeti energiastratégia 2030 (2012), p. 31.

4. Napenergia

A Napsugárzás hatására különböző természeti jelenségek játszódnak le, pl. szél, eső keletkezik, növényzet alakul ki. Az ezeken a jelenségeken alapuló energiatermelést a napsugárzás közvetett hasznosításának nevezzük. Jelen dolgozat méretkorlátai miatt nem terjedhet ki minden közvetett energiaforrás tárgyalására, így csak megemlítve szerepelnek:

- szélenergia
- biomassza
- vízenergia
- talajhő

A napsugárzás energiatartama közvetlenül is felhasználható. A közvetlen hasznosítás lehet *passzív* vagy *aktív*. *Passzív* hasznosításnak azt nevezzük, ha a napsugárzást az épületek szerkezeti kialakításával hasznosítjuk. Megfelelően tájolt, a napsugárzást igény esetén elnyelő és tároló, de a túlzott nyári napsütéstől védett épületekkel az épületgépészeti energiaigény jelentősen csökkenthető. *Aktív* hasznosításnak nevezzük, ha a napsugárzást erre a célra gyártott berendezésekkel hasznosítjuk. Ezek lehetnek napelemek vagy napkollektorok.

Jelen dolgozat tárgya a napenergia kiaknázása, ennek megfelelően a továbbiakban felsoroltatom a gazdaságos és ésszerű felhasználáshoz szükséges ismeretanyagot.

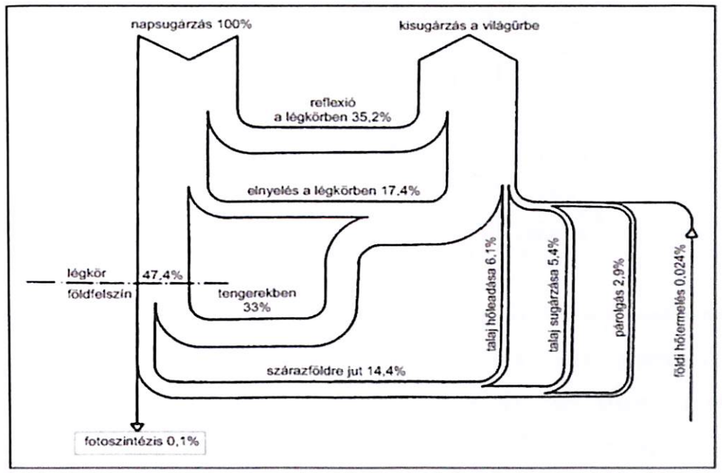
4.1. Forrása

A Nap teljes tömegében gáznemű, döntő többségében plazma állapotban lévő hidrogénből álló gáztömb. Belsejében magfúzió, vagyis termonukleáris folyamat zajlik, melynek során hidrogén atomok egyesülnek héliummá. Belső hőmérséklete több mint 8 millió K, de a külső felülete sem hidegebb, mint 6000 K. Évente $3{,}2*10^{23}$-$3{,}8*10^{23}$ kW napenergia sugárzódik a Földre a légkörön áthaladva. Ennek a hatalmas energiamennyiségnek köszönhető, hogy a 3 K (-270 °C) hőmérsékletű űrben keringő bolygónk felszínén az átlaghőmérséklet eléri a 290 K (+17 °C) -ot melynek révén kialakulhatott (és fennmaradhatott) az élet. Sugárzásából adódóan a földi élet szempontjából elsősorban az elektromágneses sugárzás, a fény a legjelentősebb.

A hasznosítás mértékének közelítéséhez azonban azt kell tudnunk, hogy Föld felszínén mennyi energiát nyerhetünk.

4.2. Hasznosítható mennyiség

A napsugárzás energiahozamát a sugárzás intenzitása fejezi ki (W/m^2). A földi atmoszférán kívül a napsugárzás intenzitása éves periodicitással 1,3-1,4 kW/m^2 között ingadozik, a Nap-Föld távolság folyamatos változásának függvényében. A Nap sugárzó teljesítményének a Földet érő része mintegy $1,73*10^{12}$ kW, amely ezerszeresen meghaladja a jelenlegi energiaigényünket. Az átlagos intenzitás mértékéül az ún. napállandót használjuk, melynek értéke: I_0=1,353 kW/m^2, és a Föld légkörének határát elérő sugárzás nagyságát adja meg.

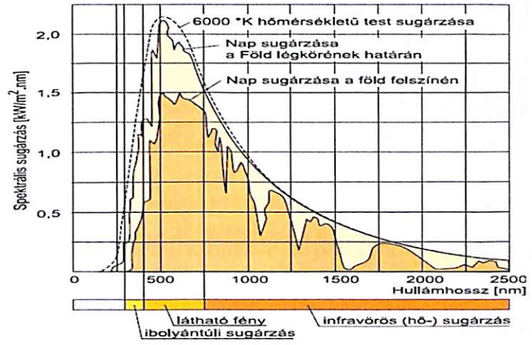


5. ábra A Föld energiamérlege forrás: tankonyvtar.hu

A sugárzás egy része közvetlen (direkt) módon jut el a Föld felszínére, míg másik része a légkör szennyezettsége (por, vízgőz stb.) miatt megtörik, részben visszaverődik, amelyből szórt (diffúz) sugárzás alakul ki. Az energetikai hasznosítás szempontjából a két komponens összegével, a teljes (totális vagy globális) sugárzással számolunk:

$$I_{tot}=I_{dir}+I_{diff}. \quad (4.2)$$

A napsugárzásból nyerhető energia a Nap által kibocsátott sugárzás hullámhosszától jelentős mértékben függ. Ebben az esetben szerepet játszik az a tény is, hogy az egyes légköri szennyeződésekben, különböző hullámhosszakon különböző mértékű a sugárzás elnyelődése A légkör a földfelszínre érkező napsugárzás kiszámítható gyengülését okozza. Ennél amint ez az alábbi ábra is szemlélteti jelentősebb, és az időjárás szeszélyeitől függ a felhőzet és a ködgyengítő hatása.



6. ábra A napsugárzás spektrális megoszlása hullámhossz szerint forrás: naplopo.hu

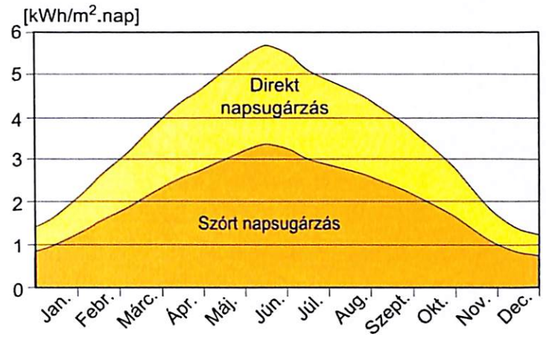
Felhőzet a levegőben lévő nedvesség kondenzációja során keletkezik. Ha a levegő harmatpont alá hűlése kondenzációs magvak (pl. porrészecskék, sókristályok vagy ionok) jelenlétében történik, akkor vízcseppek, illetve alacsonyabb hőmérsékleten jégszemcsék keletkeznek. Így felhők, talajközelben pedig köd keletkezik. A felhők a napsugárzás jelentős részét visszaverik, ill. elnyelik. Egy adott földrajzi helyen a felhőzet gyakoriságát, a derült és borult napok számát, valamint a földfelszínen mérhető napsugárzást sok éves méréseken alapuló meteorológiai adatsorok adják meg.

Magyarország az északi mérsékelt övben, az északi szélesség 45,8° és 48,6° között található. A napsütéses órák száma megközelítőleg évi 2100 óra, a vízszintes felületre érkező napsugárzás hőmennyisége ~1300 kWh/m^2 év. A napsugárzás csúcsértéke nyáron, a déli órákban, derült, tiszta égbolt esetén eléri, esetenként meghaladja az 1000 W/m^2 értéket.

A Napból kisugárzott energia közvetlen (*direkt*) és szórt (*diffúz*) sugárzás formájában érkezik a földfelszínre. A közvetlen sugárzás egyenes vonalú pályán érkezik a Napból és minden fényre jellemző tulajdonsággal bír. A szórt, határozott irány nélküli sugárzást a légkör

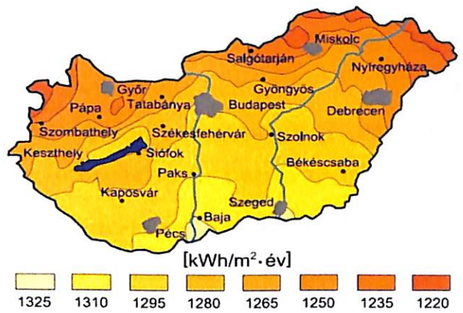
részecskéin és a felhőzeten végbemenő szóródás okozza. A közvetlen és a szórt sugárzás összegét teljes (*globális*) sugárzásnak nevezzük.

Magyarországon a szórt sugárzás részaránya igen jelentős, meghaladja az 50%-ot.



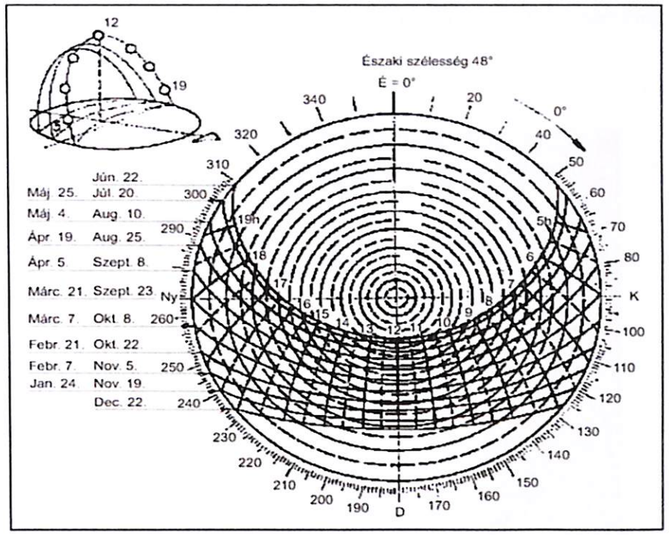
7. ábra Direkt és diffúz sugárzás aránya Magyarországon Forrás: naplopo.hu

Magyarország egyes területei között a napsugárzás szempontjából nincsenek jelentős eltérések. A legnaposabb rész az ország középső, déli része, a legkevesebb a napsütés az északi és nyugati részen. Az eltérés az egyes országrészek között 10% alatti.



8. ábra Vízszintes felületre érkező sugárzási mennyiségek forrás: naplopo.hu

A sugárzáshasznosítók elhelyezése megkívánja a napsugárzás irányának pontos ismeretét. A Nap az év folyamán különböző magasságú pályát ír le. A pálya nyáron a legmagasabb, télen a legalacsonyabb. A nappályák vízszintes vetületét mutatja a következő ábra mely egész évre adja meg a Nap pozícióit. A nomogramot gyakran alkalmazzuk a passzív hasznosításban, az árnyékolás tervezéséhez.



9. ábra Nappálya nomogram forrás: tankonyvtar.hu

Napmagasságnak a Nap vízszintes, horizontsíkra vonatkozó beesési szögét nevezzük. Magyarországon a Nap delelési magassága legnagyobb július 21-én, ekkor a napmagasság 66°, legkisebb pedig december 21-én, ekkor a napmagasság 19°.

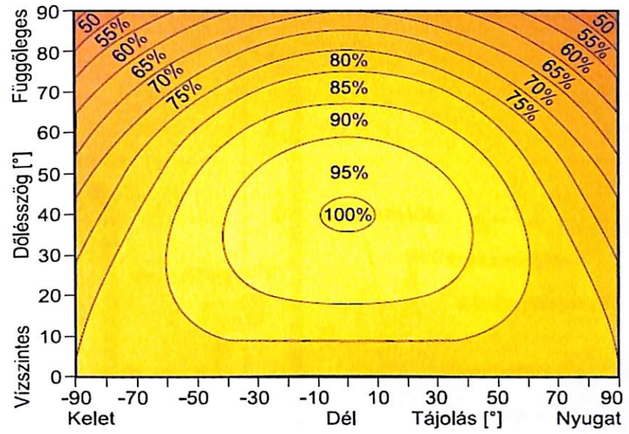
Azimutnak a Nap horizontsíkra vetített helyzetének egy meghatározott iránytól való eltérését nevezzük. A csillagászok nulla azimutnak az északi irányt tekintik. Napenergia-hasznosítás területén célszerűbb nulla azimutnak a déli irányt felvenni, ekkor a keleti naphelyzetet negatív, a nyugati naphelyzetet pozitív előjellel vesszük figyelembe.

A rögzítetten beépített elnyelőknél a beállítást úgy kell elvégezni, hogy a Nap iránya és az elnyelő felületre állított merőleges által bezárt szögek minél kisebbek legyenek. Magyarországon a legtöbb napsütés - megközelítőleg évi 1150 kWh/m^2 - déli tájolású és 40° és 42° dőlésszögű felületre érkezik.

A 10. ábrán látható, hogy a hasznosítható napsugárzás mennyisége hogyan csökken az optimális elhelyezéstől való eltérés függvényében. Jelentős csökkenés csak függőleges dőlés, és keleti vagy nyugati tájolás közelében tapasztalható. Az optimális dőlésszöget és tájolást az elnyelő felület sugárzásjövedelmén kívül befolyásolják a napenergia-hasznosító berendezés üzemi körülményei is.

Felmerülhet az a kérdés is, hogy célszerű-e a nap irányába forgatni az elnyelő lemezt. Mivel a napsugárzás jelentős része határozott irány nélküli szórt sugárzás, ezért a

napkövetéssel elérhető teljesítménynövekedés általában nem áll arányban a forgatás miatti bonyolultság- és költségnövekedéssel.



10. ábra Hozamcsökkenés az elnyelő felület dőlésszöge és tájolása függvényében forrás: solarkollektor.hu

Mérési tapasztalatok által Magyarországon használatos dőlésszögeket mutat a következő táblázat.

1. táblázat: Az optimális dőlésszög értékei Magyarországon

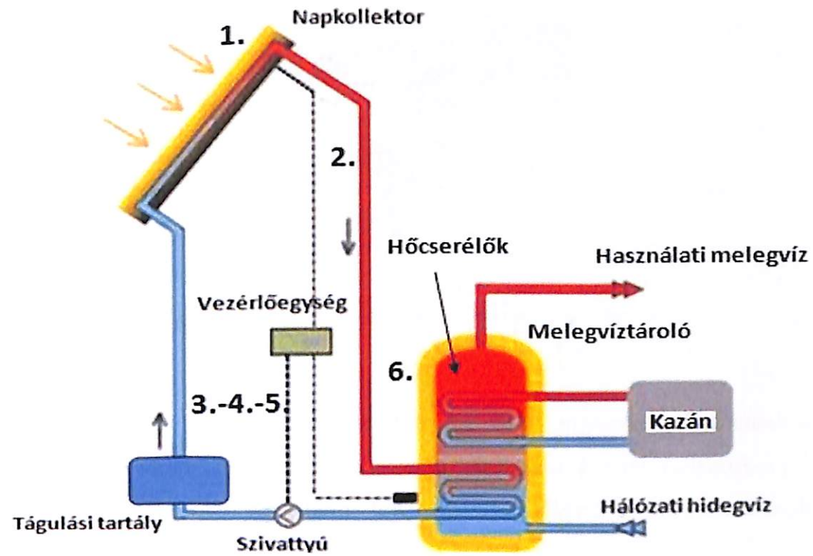
Hasznosítás időtartama	Dőlésszög
Egész évben	45°
Nyáron	30°
Ősz-tavasz	60°

4.3 A fototermikus hasznosítás eszközei

A sugárzásból származó energia hővé való átalakításának legalapvetőbb eszköze a kollektor. A kollektorok felépítésüket, hőhordozó munkaközegüket (folyadék, levegő) tekintve különböző kivitelűek lehetnek. Leggyakrabban a koncentrátoros illetve sík-kollektorokat alkalmazzuk.

A Napból érkező energia fototermikus hasznosításához azonban nem csak kollektorokra van szükségünk. Természetesen léteznek olyan rendszerek amelyekhez elegendőek, esetlegesen még kollektort sem igényel, ilyenek például az energiagyűjtő falak, a napterek vagy a szoláris légtechnikai rendszerek, azonban ezek hatásfokukat és szabályozhatóságukat tekintve messze elmaradnak a gyakorlat által gyakran használt megoldástól. Sok különböző megoldású rendszer létezik és használatos, de működési elvüket

tekintve azonosak. Az alábbiakban bemutatásra kerül egy általános szoláris energiahasznosító rendszer felépítése.



11. ábra Napkollektoros rendszer általános felépítése Forrás: Naplopó Kft

A továbbiakban a rendszer egyes elemeit ismertetem.

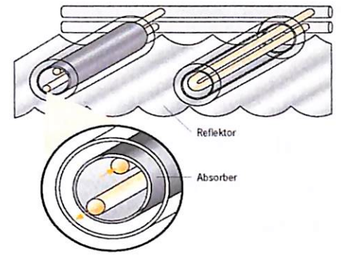
4.3.1. A Koncentrátoros kollektorok

A koncentrátoros kollektor lényege, hogy a napsugárzást a szokásos elnyelő szerkezeten (adszorberen) túlmenően reflektáló lemezek (tükrök) segítségével hasznosítja. Jellegzetessége, hogy a koncentrálás révén magasabb hőmérséklet előállítására alkalmas, így ugyanazon teljesítmény eléréséhez kisebb hőcserélő felület szükséges. A tükrök miatt a kollektor érzékeny a szennyeződésekre.

A kollektorok készülhetnek lineáris vagy parabola tükör segítségével. A lineáris koncentrátorok síktükrök segítségével többszörözik, majd egy elnyelő felületre vetítik a sugárzást. Az elnyelő felület általában a felmelegítendő tárgy vagy eszköz, amiben a munkaközeg áramlik.

A parabolikus koncentrátorok a beérkező napsugárzást – a tükröző felület gyújtópontjában – egy pontban vagy egy vonalban koncentrálják. Az utóbbi úgynevezett parabolavályú esetében az elnyelő szerkezet egy cső, amelyben folyadék áramlik. Ebben az

esetben a napmagasság követése elengedhetetlen. Európában a földrajzi helyzet miatt ezek az eszközök nem igazán terjedtek el.



12. ábra Koncentrátoros kollektor forrás: pilis-solar.hu

4.3.2. Síkkollektorok

A sík-kollektorok legfontosabb tulajdonsága, hogy egyaránt alkalmasak a direkt és a szórt sugárzási komponensek hasznosítására. A hőelnyelő felület (adszorber) lefedettségét illetően két fő csoportra oszthatjuk őket. Így megkülönböztetünk lefedés nélküli és lefedett kollektorokat.

A fedetlen elnyelő szerkezetek általában hőszigetelést sem tartalmaz, így csak kis hőmérséklet-növekedést biztosítanak. Bizonyos esetekben azonban az egyszerű felépítés, a gyors kivitelezhetőség és természetesen az alacsony ár kedvező szempontok lehetnek az alkalmazásukkor. Elsősorban nyári üzemű zuhanyzóknál, úszómedencéknél alkalmazzák őket, ahol 30-40 °C-os kilépő vízhőmérséklet elegendő. Anyaguk általában hő- és UV álló műanyag vagy gumi (EPDM). Ezért, gyakran adszorber vagy szolár szőnyegnek is nevezik őket. Szerkezetüket tekintve párhuzamos vezetékekből állnak, amelyek osztó és gyűjtő vezetékekkel csatlakoznak egymáshoz, ill. a felhasználás helyéhez.

Síkkollektorok esetében a műanyag vagy üveg lefedés jelentősen csökkenti a hőveszteséget, és egyúttal növeli a fényelnyelési illetve a visszaverési jellemzőket. Ezeket a kollektorokat minden esetben hőszigeteléssel látják el. Az egész éves működtetésük miatt a munkaközegük általában fagyálló folyadék. Az elérhető kilépő közeghőmérséklet általában 60-80 °C.

A sík-kollektorok hatásfokát jelentősen javítja, ha az adszorber lemezt, amely általában rézből készül, úgynevezett szelektív bevonattal látják el. Ebben az esetben az emissziós tényező jelentősen javul, amely révén a termikus hasznosítás összhatásfoka akár

15-20%-kal is növekedhet a sima fekete festékbevonattal ellátott kollektorokéhoz képest. Ezáltal a szórt fény hasznosítása is kedvezően alakul.

A jobb hőtechnikai tulajdonságok elérésére kifejlesztették a sík-kollektorok speciális változatát, az ún. vákuum kollektorokat. Ennél a típusnál a kollektor belsejében vákuumot hoznak létre, amely jó hőszigetelő, ezáltal a termikus hatásfok jelentősen javul. A vákuum fenntartása miatt a kollektor szerkezete bonyolult és így ára is jelentősen magasabb. Még különlegesebb változat, amikor az elnyelő felület elpárologtató szerkezettel együtt a kollektor belsejében párhuzamosan elhelyezett vákuumcsövekben helyezik el. A napsugárzás hatására elpárolgó anyag egy speciálisan kialakított hőcserélő révén adja át az elnyelt hőt a hőhordozó közegnek. Ezek a kollektorok nem érzékenyek a külső hőmérsékletre. Gyártásuk különleges technológiát igényel.

A vákuumcsöves kollektorok alkalmazása elsősorban akkor javasolható, ha a biztosítandó munkaközeg magas, 80-100 °C felett van. Ily módon elsősorban fűtési célokra szokásos alkalmazni őket.

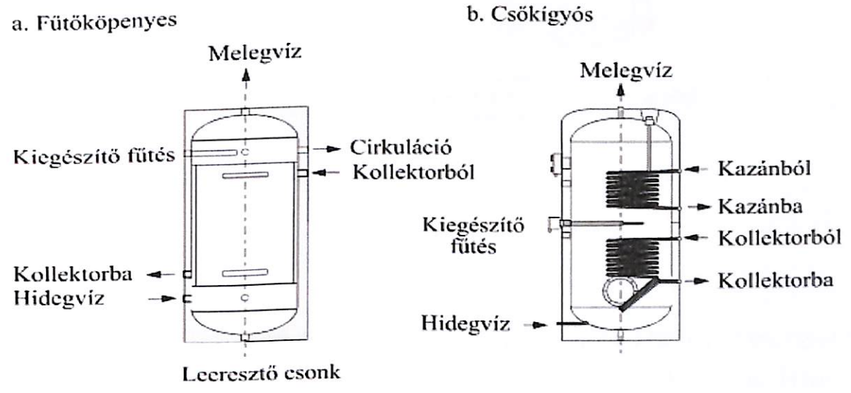
4.3.3. Hőtárolás

A szoláris termikus rendszerek igen fontos eleme a tároló. A napsugárzásból származó energia általában nem akkor áll rendelkezésre, amikor arra éppen szükségünk van, ezért kell tárolókat alkalmaznunk. Elegendő csak nappali energiatermelésre és az éjszakai fogyasztásra gondolni.

A tároló méretezése, nagyságának kiválasztása a szoláris rendszer működése szempontjából nagyon fontos. Az adott szoláris rendszer felhasználásának körülményei meghatározzák, hogy a tárolót milyen működési időszakra, (napi, több napi vagy akár szezonra) kell terveznünk.

A hőtárolók kialakításával szembeni követelmény, hogy kicsi legyen a hőveszteségük, könnyű legyen a felölthetőségük és a leüríthetőségük. A működésük során jó rétegződési tulajdonságokkal kell, hogy bírjanak. Erre azért van szükség, mert a meleg víz elvétel általában a tartály tetejéről, a hideg víz bevitele pedig az aljáról történik. A tápvíz beáramlásának nem szabad lerombolnia a sűrűségkülönbség hatására kialakult hőmérsékleti rétegződést. Ez a beáramlási sebességek kellő megválasztásával vagy terelőlemezek beépítésével érhető el. A szoláris hőtárolók szerkezeti felépítésüket tekintve lehetnek fűtőköpenyes vagy csőkígyós kivitelűek.

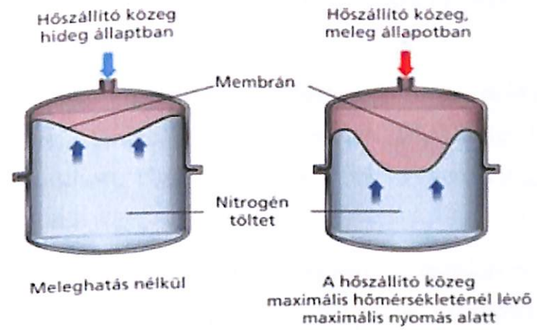
A fűtőköpenyes megoldásnál a kollektorból belépő víz a tároló a palást mentén melegíti. Itt az áramlási ellenállás kisebb, de a szintén kisebb felület miatt csak alacsonyabb teljesítmények esetén alkalmazandó. Nagyobb teljesítményigényű rendszereknél csőkígyós megoldást célszerű alkalmazni. Ugyanakkor biztosítani kell a kiegészítő fűtés lehetőségét is, ami által a tároló hőmérséklete állandó szinten tartható.



13. ábra Szoláris hőtárolók [2]

4.3.4. A rendszer tágulása

Minden fűtési rendszer alapeleme a tágulási tartály. Nincs ez másképpen a szoláris rendszerek köreinél sem, hiszen a hőmérsékletváltozások itt is igen jelentősek. Az ebből fakadó –esetleges gőzfejlődéssel együtt járó – közeg térfogatváltozást egy membrános tartály egyenlíti ki. Régebben nyitott tágulási tereket alkalmaztak, ahol a víz (hőközvetítő közeg) és a levegő szabadon érintkezhetett. Ez a megoldás utat engedett az oxigénnek oldott formában a vízbe jutni, amely korróziót okozott. A modern rendszerekbe zárt tágulási tartályokat építenek be, belső membránnal ellátva, amelyen kívül általában nitrogéntöltetet helyeznek el, így kizárva a lehetőségét az oxigén bejutásának lehetőségét.



14. ábra Tágulási tartály felépítése Forrás: rezcsoinfo.hu

4.4. Fejlődéstörténet

Az emberiség a napsugárzást évszázadok óta felhasználja közvetlen energiatermelésre. Már az ókorban több fizikusról tudjuk, többek között Arkhimédészről és Héronról, hogy foglalkozott gyűjtőtükör előállításával, amelyet szakrális és hadászati célra alkalmaztak. Tükrös koncentráló szerkezetet, háborús célra, a rómaiak is használtak: Proclus i. sz. 514-ben így semmisíti meg a gót flottát Konstantinápolynál. Rómában az áldozati tüzet tükörrel gyújtották meg, és ez sok nép vallásos szertartásainál hasonlóképp történt.

Az ókor nemcsak a napsugár koncentrálásával tudott bűvészkedni, hanem számolt a sugárzás hatásaival is. Xenophón jó tanácsként azt írja az építészeknek: „Az épületet a déli oldalon magasabbra kell építeni, a téli napsugárzás hasznosítására". Ismerjük Szókratész „Napház" elvét, mely még ma is korszerű.

A következő jelentős lépés a napenergia-hasznosításában Galilei üvegből csiszolt lencséje volt. A lencse felhasználásával készített De Caus 1615-ben egy működő szobaszökőkutat. Ezzel elkezdődött a sugárzással működtetett gépek szerkesztése.

1770 körül készíti el Svájcban De Saussure az első használható síkkollektort. A több rétegű üveglemezzel épült szerkezet a ma is használt sugárzáshasznosítók őse.

1872-ben Chilében olyan szerkezet épült, amely naponta 27 m^3 ivóvizet tudott tengervízből desztillálni.

A XIX. század a napsugárzással működő erőgépek az ún. napmotorok építésének az időszaka. A szubtrópusi éghajlati zóna energiahordozókban szegény, így a nagy intenzitású,

tartós napsütést voltak kénytelenek hasznosítani, ezért sorra épültek a főként szivattyúzásra szolgáló erőgépek.

Az erőgép építés mestere Bernard Muchot francia professzor, aki 1864-ben szivattyútelepeket helyezett üzembe, Algír mellett. A gép tükre 5 m átmérőjű volt és percenként 2,5 m^3 vizet szállított. Ugyanő készítette az 1878-as világkiállításon bemutatott nyomdagéphajtó napmotort is.

1879-re teszik az első, mintegy 2 kW teljesítményű amerikai napmotort elkészültét is. Ezzel az amerikai kontinensen is megindul a sugárzás hasznosítására szolgáló gépek fejlesztése. A századforduló környékén 8-15 kW teljesítményű gépek épültek már. 1913-ban amerikai tervek alapján készül el a Kairó melletti erőtelep amelynek 73 kW teljesítményével a Nílusból egy gyapotültetvényre szállították a vizet.

A 30-as években egy újabb hasznosítási irányzat jelenik meg: a közepes hőmérsékletű hőtermelés, épületfűtési és melegvíz-készítési célra. Ezzel a berendezések alkalmazási területe is megváltozott, a szubtrópusi területeken ugyanis nincs szükség fűtésre. A napsugárzás hasznosítása átterjedt tehát a mérsékelt égöv azon földrajzi területeire, ahol az átmeneti időszakok kisebb léghőmérsékletű óráiban még jelentős napsugárzás van. A kísérleteket az is indokolja, hogy a Föld legsűrűbben lakott területein az épületfűtés energiaigénye igen jelentős.

Több olyan épület terve készült el, amely külső üveghéjazatával kívánta a napsugárzást csapdába ejteni. Ezek a megoldások azonban nem vezettek különösebb eredményre.

Korszakalkotó kísérleti épület volt az első, ún. MIT (Massechusetts Institut of Technology) napház. A kb. 50 m^2 alapterületű, két helyiségből álló épület 1939-ben készült el. Az épület magastető-szerkezetén helyezték el a 34 m^2 felületű, háromszoros üvegezéssel ellátott, kollektorszerkezetet. A nyert hőenergiát egy 62 m^3 űrtartalmú tartály vizében tárolták. A helyiségeket légfűtéssel temperálták. A kísérlet folytatásaként még három MIT-ház készült el a későbbi években, az utolsó 1959-ben. Ez az épület már lakható volt és az éves fűtési hőigény mintegy 50%-át napsugárzásból fedezték.

A következő nagy lépés az ún. Dover-ház volt, amelyet Telkes, Raymond és Peabody tervezett. A 42° északi szélességen épült ház alapterülete 135 m^2. A függőlegesen elhelyezett kollektorok felülete összesen 54 m^2, a tárolókat glaubersóval töltötték. A hőtároló össztérfogata 13 m^3. A vegyi anyagokkal töltött tárolóban elsősorban az anyag olvadási hőjét

hasznosítják. Az épület Hőszigetelése a szokásosnál hatásosabb, ezért érthető volt, hogy a hőszükségletet 80%-ban napsugárzásból fedezték.

Az európai kontinens első jelentős épülete a St. Georges-School, amely 1961-ben épült Angliában és azóta hibátlanul üzemel. Az épület komplex hőtechnikai rendszerével tűnik ki, mert nemcsak a napsugárzást, hanem a belső hőtermelőket (világítás, emberek, gépek) is számításba vették. A napsugárzást a déli oldal üveg falszerkezetével és a belső hőtárolókkal hasznosítják. A gondos tervezést jelzi, hogy bár az épület sugárzásszegény területen épült, pótfűtés üzemeltetésére eddig nem volt szükség. Az A. E. Morgan által tervezett épület teljes alapterülete 1300 m^2.

A fejlődés szempontjából jelentős házak közül meg kell még említeni a lotaringiai Chauvency-le-Chateau városkában épült napházat, melyet J. Michel és F. Tromble tervezett. A 106 m^2 alapterületű és a szokásosan hőszigetelt épület délre tájolt több célú, függőleges falszerkezettel oldják meg a sugárzás hasznosítását és a hőenergia tárolását. Az elnyelőszerkezet 45 m^2 felületű és évente mintegy 18000 kWh energiát termel, melyből mintegy 10000 kWh használtak fel. Az elektromos pótfőtés évi fogyasztása 7000 kWh. Az 1972-ben elkészült épület és a Tromble-Michel-szabadalom jelentősége az, hogy a napenergia hasznosítást jóformán többletköltség nélkül valósítja meg.

A tárgyalt időszakban nagyon sok kísérleti ház épült annak ellenére, hogy ez volt a szénhidrogén felhasználás virágkora, amikor a kényelmes és olcsó energiahordozó az energiatakarékosságot másodrendű szemponttá tette. A megújuló energiaforrások hasznosítását már csak a megszállottak kutatták. Talán ezzel is magyarázható, hogy az ebben az időszakban megépült berendezések ma is példamutatók gazdaságosság szempontjából, ugyanis a kutatásokat nem vállalati nyereség indokolta.

Az 1973-as olajválság jelentős változást hozott az ún. újratermelődő energiaforrások kutatásában, így a napenergia-hasznosítás vizsgálatában is. Hatalmas költségkeretekkel kutatják a közvetlen elektromos energiát termelő napelemeket, de nagy összegek jutnak a hőtermelésre szolgáló szerkezetek vizsgálatára is.

Az emberiség fűtési, hűtési és melegvíz-készítési célokra igen tekintélyes energiát használ fel. Ennek jelentős részét tüzelőanyagok elégetésével termeli, amely tüzelőanyag egy része, a viszonylag egyszerű szerkezetek alkalmazásával, megtakarítható lenne. Ilyen szerkezet a közönséges síkkollektor, amely a mérsékelt égöv szórt sugárzását is képes hasznosítani.

A nagy lendülettel megindult kutatások eredményeként, sorra épülnek a napsugárzást fokozottan hasznosító épületek, főként Európában. Az első energetikailag önellátó épületet Dániában építették fel, 1975-ben. A kizárólag kísérlet céljára épült ház mérési eredményei sok tapasztalatot adtak a további kutatásokhoz. Az új kísérleti épületek majdnem kizárólag kutatási célúak, és ez jelentős eltérés a kezdetben létesült, főként amerikai házakhoz képest. Példaként a Philips-féle házat állítom, mely által jól látható, hogy jóval bonyolultabb elődjeinél. Az épület hőtechnikailag „mindent tud": napenergia-hasznosító berendezése, levegő és szennyvíz, víz hőcserélője, sőt a talajvíz hőtartalmát hasznosító hőszivattyúja is van annak érdekében, hogy a külső energiafelhasználás minél kisebb legyen.

5. A VIZSGÁLT ÉPÜLET BEMUTATÁSA

5.1. Épületszerkezettani és energetikai leírás

Az épület 2010-ben épült Nagy Pál helyi építészmérnök (É-2/04-0095/2006.) tervei alapján a 6340-es helyrajzi számú területen. Földrajzi elhelyezkedése az északi szélesség 46° -án és a keleti hosszúság 20 °-án helyezkedik el 80 m magasan a Balti tenger szintje felett.

A létesítmény környezete belterület, rendeltetése családi ház alapvetően déli-délnyugati tájolású (lásd *1. melléklet*). Szerkezete elemes, B30-as falazóblokkok képezik a külső és belső teherhordó szerkezeteket, melyen 10 cm vastagságban Nikecell hőszigetelő anyagot helyeztek el. Belső elválasztó falak kisméretű bontott téglából készültek 12 cm vastagságban. Héjalása egy állószékes faszerkezetű nyeregtető zsindely burkolattal. A külső térrel érintkező nyílászárók közül kizárólag műanyag került beépítésre, míg a fűtött tereket fa anyagú nyílászárók választják el egymástól. Összesített energetikai jellemzőit lásd: *4. melléklet*.

2. Táblázat: Az épület szerkezeteinek hőátbocsátási tényezői (Forrás: az épület kiviteli tervdokumentációja)

Épületszerkezet	Hőátbocsátási tényező U [W/m^2*K]
Külső fal	0,33
Padlásfödém	0,24
Homlokzati üvegezett nyílászáró (fa vagy PVC keretszerkezettel	1,40
Homlokzati üvegezett nyílászáró, ha névleges felülete kisebb, mint 0,5 m^2	1,40
Homlokzati üvegfal	1,40
Homlokzati vagy fűtött és fűtetlen terek közötti ajtó	1,40
Szomszédos fűtött épületek közötti fal	0,94
Talajon fekvő padló a kerület mentén 1,5 m széles sávban (a lábazaton elhelyezett azonos ellenállású hőszigeteléssel helyettesíthető)	0,38

5.2. A fűtési rendszer

Az épület fűtésének biztosítása földgáz és fa energiaforrásra van alapozva. A kazán helyiségben egy Hőterm Carbon típusú szilárd tüzelésű kazán (Q_n=28,0 kW) található, mely kazán fűti a teljes épületet. Elhelyezésre került továbbá ugyanitt 1 darab földgáz

tüzelőanyaggal üzemelő ÉTI 15ES (Q_n=17,0 kW) állókazán is. Az épület tervezett hőigénye: 17 662 W, fűtött légtérfogata: 495 m^3, így a fajlagos hőigénye: 35,68 W/m^3.

A rendszer központi összekötő eleme a puffer tartály, mely egy SICC 1000/170 típusú tároló. Elnevezése a teljes térfogat / használati melegvíz térfogat méreteit jellemzi. Ebben a tartályban tárolódik a teljes épület fűtéséhez szükséges, valamint a használati melegvíz készlet. A rendszer úgy van kialakítva, hogy mind a szilárd tüzelésű-, mind a gáztüzelésű kazán az ebben a tartályban tárolt vizet melegíti. Célszerűségi és gazdaságossági okokból a tervezett szolár rásegítő berendezés is ezt a tárolót fűti majd, ugyanis tripla csőkígyóval rendelkezik, így helyet „hagyva" ezen mód beépítésének.

A fűtési körök tápvizének tartályába integrált használati melegvíz tároló miatt a nyári üzem igen gazdaságtalan lenne, hiszen 1000 l vizet kellene felmelegíteni 170 l effektíven használható melegvíz készletért. Éppen emiatt helyet kapott az épületben egy 100 l térfogatú elektromos tározásos vízmelegítő, mely szerepének tárgyalása a teljes energiaellátásban nem témája a dolgozatomnak.

A fűtési rendszerben a fűtést padlófűtési és radiátoros rendszer látja el. A padlófűtési körből kettő került beépítésre, melynek hőfoklépcsője 45/35 °C. A radiátoros kör hőfoklépcsője 80/60 °C. Két darab kazánkör került kialakításra, a *primer* és a *szekunder* kör. *Primer* körnek a fűtőberendezések és a puffer tartály által képezett együttest nevezzük, míg a *szekunder* kör a tartály és a hőleadó szerkezetek alkotta rendszer.

A radiátorok DUNAFERR LUX UNI típusú beépített szelepes acéllemez lapradiátorok. A fürdőszobában egy DUNAFERR PLUSSZ típusú törölközőszárító csőfűtőtest kapott helyet. A kör fűtési keringtető szivattyúja egy Grundfos UPS 25-50 180, menetes kivitelű, 1"-os szivattyú.

Az épület padlófűtését 1 db hőcserélős fűtési kör látja el, mely az alábbi rendszerelemekből áll. A padlófűtési kör keringtető szivattyúja: Grundfos UPS 25-50, menetes kivitel, 1", hőcserélő: Danfoss XB 04-1 20 fűtőteljesítménye: Q=14,7 kW.

A kazán helységbe épített fűtési vezetékek anyaga félkemény réz cső. A csővezetéket forrasztott kötésekkel kivitelezték. Az irányváltozások tokos idomok alkalmazásával vannak megoldva. A vezetékeket az oldalfalhoz és a mennyezethez a dimenziójának megfelelő gumibetétes csőbilincsek segítségével rögzítették. A vezetéket kézi rozsdamentesítés és korróziógátló alapozás után 13 mm vastag polietilén csőhéj hőszigeteléssel látták el.

A padlóba és falhoronyba helyezett fűtési vezetékek Wavin Future K1 típusú ötrétegű alumíniumbetétes oxigéndiffúzió mentes térhálósított polietilén műanyag csövek. A vezetékhálózat idomos préshüvelyes csőkötésekkel lett elkészítve. A csővezetéket teljes hosszban 13 mm vastag polietilén csőhéj hőszigeteléssel látták el.

A padlófűtési vezetékek anyaga Nooxipipe típusú oxigéndiffúzió mentes térhálósított polietilén műanyag cső. A padlófűtési körökön belül a padlóban idomos kötés az előírásoknak megfelelően nincs. A dilatációs hézagokon keresztül átvezetett padlófűtési csöveket 200 mm hosszban műanyag gége védőcsővel látták el az átvezetési pontokon. A padlófűtési vezetékek mérete kivétel nélkül Ø20x2 mm.

A fűtési rendszer töltése és ürítése a kazánház helységben található töltő-ürítő csapoknál lehetséges. A légtelenítés a rendszer magaspontjain lévő automata légtelenítők segítségével oldható meg.

A fűtővíz tágulásának felvételére a gázkazán primer körében egy változó nyomású membrános zárt tágulási tartály szolgál, melynek típusa Zilmet, térfogata 4 l. A szilárd tüzelésű kazán primer körében 1 db 30 l nyitott tágulási tartály veszi fel a táguló vizet, a kazánhoz 1" dimenziójú biztonsági előremenő vezetékkel csatlakozik.

5.3. A rendszer üzemeltetési tapasztalatai

A 2010-ben épült rendszer 4 teles tapasztalttal rendelkezik, melyet kizárólag fa alapú tüzeléssel valósítottak meg. Az üzemeltető elmondása szerint időjárási körülményektől függően 20-23 t akácfa elegendő egy egész télre.

A fűtési rendszer szabályzó elektronikája nem lett kiépítve, manuális beavatkozást igényel a keringető szivattyúk üzembe helyezése. Ez a tény kizárja a gáztüzelés lehetőségét is, hiszen mindenképpen felügyelni kell a körök hőmérsékletét. A rásegítő rendszer kiépítésekor tehát alapvető fontosságú a vezérlő elektronika beépítése.

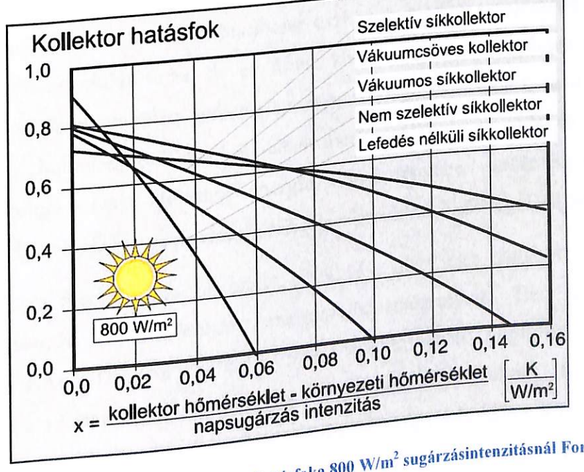
6. A RÁSEGÍTŐ RENDSZER TERVEZÉSE

A koncepció szerint a rásegítést időszakos üzemre méretezem, a rendszer jelenlegi kialakításból adódóan nyáron leürítésre kerül a rendszer és letakarásra a kollektormező. A medence, amelybe a bevett gyakorlat szerint vezetni szokták a felesleges hőmennyiséget, jelentősen növelné a beruházási költséget, így a megtérülési időt, és így nincs arányban a nyári leállás által kínált feltételekkel.

6.1. A kollektorok kiválasztásánál figyelembe vett tényezők

A napkollektorokat több különböző céllal telepítik (leggyakoribb esetekben szabadtéri vagy fedett medencék fűtésére, használati-melegvíz készítésre vagy épületek kiegészítő fűtésére). Ez azt jelenti, hogy egymástól eltérő követelményeket támasztanak a napkollektorokkal szemben. A napkollektorok főbb típusainak hatásfokát közös grafikonban ábrázolva a különböző sugárzásintenzitások függvényében könnyebben eldönthető ez a kérdés.

Mint azt a 4.2. pontban ismertettem, Magyarországon a szórt sugárzás részaránya jelentős, és azokban az évszakokban, amikor igazán szükség van a napenergia hasznosítására, ez a fajta sugárzás a jellemző. Ennek következtében hazánkban a síkkollektorok terjedtek el, így én is ezen típus közül választom ki az általam alkalmazni kívántat szerkezetet.



15. ábra Különböző típusú kollektorok hatásfoka 800 W/m² sugárzásintenzitásnál Forrás: www.naplopo.hu

A termikus hasznosítás esetében a tapasztalat az, hogy a sík kollektorok, a 45° dőlésszögnél déli tájolásnál Budapest magasságában 525 kWh/m2 éves hozamúak. Bármely kollektor megbízhatóságát és valós adatait a SOLAR KEYMARK igazolja, tehát csak ezt a jelzéssel ellátott kollektorokkal tudunk pontosan számolni. A munkámban kiválasztottam egy konkrét kollektort, a SONNENKRAFT SKR500 ennek a pontos hozama a Polysun szimulációs tervező program eredményében látható mellékletben csatoltam.

SOLAR KEYMARK

A fellelhető szakirodalom egyöntetűen igényekre való méretezésről íródott, különösen azok a publikációk, melyek egyes gyártó, vagy tervező iroda munkája. Ezen túlmenően, komplett termékcsaládok, már korábban összeállított, beépített és üzemeltetési tapasztalattal rendelkező rendszerek beépítéséről és megtérüléséről szólnak. Rengeteg féle előméretező szoftver létezik, komplett előre beállított séma-rendszerekkel, ezen kívül előméretező metódusok is léteznek, nevezetesen nomogramok segítségével és egyszerűsített számítási eljárásokkal. Ezen eljárások logikája lényegében megegyezik.

Koncepcionálisan meg kell határozni, milyen céllal szeretnénk hasznosítani a szoláris energiát. Ennek függvényében ugyan is megkülönböztetünk:

- egész éves melegvíz készítő rendszert
- fűtés rásegítő rendszert

A jelen rendelkezésre álló technológiai eszközök mellett természetesen elméletben létrehozható 100%-os szolár fűtés, de ez óriási kollektor mezőt, hatalmas puffer tartályt igényelne és meghaladna minden ésszerűségi és gazdaságossági határt, nem is beszélve a nyáron keletkező „hulladékhőről" amit általában medencetelepítéssel oldanak meg, melynek temperálására szolgál a nyári „felesleg" energia. Ennek fényében szolár energiával lefedett energiafelhasználási részarány és az ehhez szükséges beruházási költségekről dönthetünk.

A méretezés alapja, - piacgazdasági okokból - hogy egy nagyobb költséggel járó beruházás csökkentse a mindenkori energiafelhasználásunkat. Ezt a gyakorlatban megtérüléssel jellemzik. Gondos tervezés alapján meghatározható, hogy mekkora részarányt tudunk kiváltani a szoláris energiával a teljes energiafelhasználásunkból. Itt megjegyzendő, hogy a pontosabb számítási módok iterációs módszerek, ugyanis akkor a legkifizetődőbb a jelen technológia mellett, ha a lehető legalacsonyabb beruházási és üzemeltetési költséggel a lehető legnagyobb részarányt érjük el. Ezt közelítő számításokkal lehet elvégezni.

A költségvetésbe beletervezendő a beépíteni kívánt elemek élettartama, így az egyik legfontosabb információ, hogy a napkollektorokra általában 10 éves garancia jár, a tartályokra pedig 5 év. A mai korszerű rendszerek – amelyek kisebb léptékű lakossági beruházások - kb. 10-15 év után térülnek meg. Ezért választottam a munkámban mindenhol a felső kategóriás minőségi rendszert.

A szolár rendszerek tervezése nagyon bonyolult, hosszadalmas összetett és rengeteg változóval terhelt feladat. A meteorológiai adatsorok korlátozottan állnak rendelkezésünkre visszamenőleg, így matematikai módszerekkel képezünk átlagokat a sugárzás várható mértékétől. A jelenben lejátszódó, a korábbi adatosokból kiugró szokatlan hozamok nagyobb szórásra adnak kitekintést. Ez, és a kiépített rendszer nem várt meghibásodásai mind-mind növelhetik a megtérülési időt.

Jelen munkám inkább egy példa a meglévő rendszerek energiatudatos korszerűsítésre, mintsem egy végletekig tökéletesre méretezett rendszer.

6.2. A tervezett rendszer

Mint korábban rámutattam, a fellelhető szakirodalom komplett rendszerek tervezéséről szól, melynek előnye, hogy már vannak üzemeltetési tapasztalatok, így képesek a jövőbeli energiahozamra becsléseket adni. Az általam választott rendszer egy meglévő működő rendszer, mely energiafedezetének egy részét szolár energiával szeretném kiváltani.

Tekintve, hogy az általános méretező metódusok az épület hőszükségletéből és hőveszteségéből kiindulva határoznak meg egy optimális kollektor felület és tározótérfogat kombinációt, majd ezen rendszer hatásfokát vizsgálja, jelen esetben nem alkalmazható ez a módszer. A meglévő tározó megköti a tervező dolgát.

A szakirodalom egyöntetűen egyetért abban, hogy a kollektor felület és a tároló tartály mérete között összefüggés van. A mérnöki gyakorlat ezt alapjában véve a kívánt komfortzónai hőmérséklet arányában egy bizonyos intervallumban határozza meg. Családi házaknál, átlagos hőmérsékleti igények esetén 1 m^2 kollektor felülethez nagyjából 60 l tározótérfogat szükséges. A tározó mérete alapján a maximális kollektor felületünk:

$$\frac{V_{tározó}}{60(l)} = A_{kollektor\ felület}\ [m^2] \tag{6.1}$$

$$\frac{1000}{60} = 16{,}67m^2$$

Az általam választott Sonnenkraft SKR500 típusú kollektor részletes jellemzése alapján – melyet az 5. mellékletben csatoltam – kollektoronként 2,30m^2 a hasznosító felület. Ennek alapján:

$$\frac{16{,}67m^2}{2{,}30\ m^2} = 7{,}24\ db$$

Melyet 7 darabra kerekíthetünk. Ezt azonban nagy felületnek ítélem meg. Megfontolásomat tervezési segédletek által ajánlott kollektor darabszámokra, a beruházási költségek csökkentésére és a felhasználó igények rendszertelenségére alapozom.

A Naplopó tervezési segédlet ugyanis 6 darab kollektort ajánl 1000 l es tároló mellé, ennek megfelelően én is csökkentem a kollektoraim számát 6 darabra.

$$6\ db\ \times 2{,}2m^2 = 13{,}2\ m^2$$

Ahol a 2,2 m^2 felület a Sonnenkraft SRK500 típusú kollektor nettó adszorber felülete (lásd: *5. melléklet*).

A meghatározott kollektorfelületen várható hozam és a kollektor hatásfoka kiszámolható egy közelítő eljárással mely szerint:

Egy darab kollektor felülete 2,2 m^2 mely a műszaki adattáblájából származó adat.

A teljes kollektor mező felülete: 6 kollektor = **13,2 m^2**

A kollektorok éves hozama a műszaki adatlap alapján: **525 kWh/m^{2}év**

Számolnunk kell a kollektor hatásfokával, ami 60% körüli érték $525\ \times\ 0{,}6 = \mathbf{315\ kWh/év}$

A szolár köri veszteség még 10% körüli érték $315\ \times\ 0{,}9 = \mathbf{283{,}5kWh/év}$

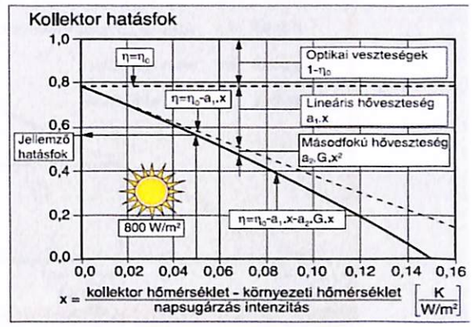
Az éves valós hozama a kollektoroknak: 13,2 m2 × 283kWh/m2 = **3735,6 kWh/év**

Ha ehhez figyelembe vesszük, hogy a egy A+ besorolású épület fűtéséhez szükséges energia 30 kWh/m2 × 200m2 = **6000 kWh/év**, akkor látjuk, hogy igen tetemes a nyereség a közelítő számítás alapján is.

A napkollektor hatásfokát az alábbi nemzetközi szabvány által elfogadott összefüggés szerint szokás megadni:

$$\eta = \eta_0 - a_1\frac{\Delta T}{G} - a_2\frac{(\Delta T)^2}{G} \qquad (6.2)$$

Ahol:



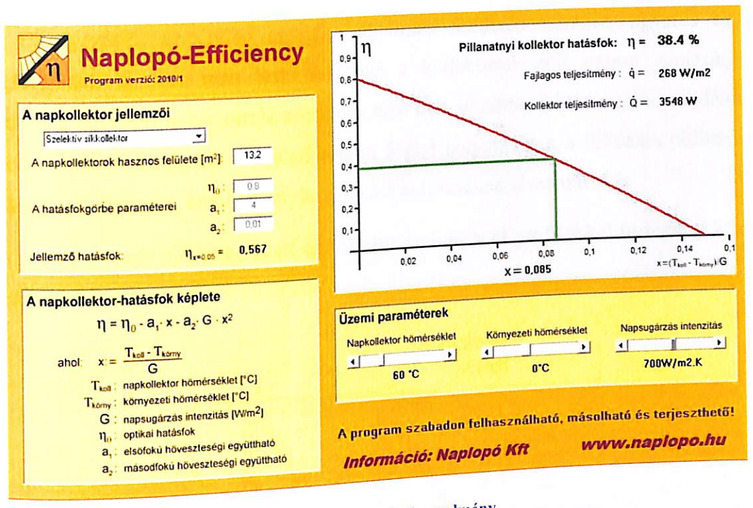
16. ábra Kollektor hatásfok Forrás: naplopó.hu

- η :a kollektor hatásfoka,
- η_0:a kollektor optikai hatásfoka,
- a_1: az elsőfokú hőveszteségi együttható,
- a_2: a másodfokú hőveszteségi együttható,
- ΔT: hőmérsékletkülönbség $\Delta T = (t_{koll} - t_{lev})$
- t_{koll}: kollektor közepes hőmérséklete $t_{koll} = (t_{ki} + t_{be})/2$
- t_{ki}: a kollektorból kilépő közeg hőmérséklete,
- t_{be}: a kollektorba belépő közeg hőmérséklete
- t_{lev}: a környezeti levegő hőmérséklete
- G: a kollektor felületére érkező globális napsugárzás

Hogy pontosan meg határozzam a kollektorom hozamát, a Naplopó kft. által rendelkezésemre bocsátott szoftvert használtam, melynek bemenő adatai a következők:

- A kollektor típusa: szelektív síkkollektor
- Hasznos felülete, mely a már korábban megállapított 13,2 m^2
- Napkollektor hőmérséklet, mely az általa elérni kívánt közeghőmérsékletet jelenti. Itt egy átlagos 60 °C-os értéket fogadtam el.
- A külső környezeti hőmérséklet, melyet az alkalmazás időszakához viszonyítva átlag 0 °C-ra vettem fel.
- A napsugárzás intenzitása, mely ahogy a korábbiakban láttuk, Magyarországon nem haladja meg az 1200 W/m^2K értéket. Ebben a szellemben, felvettem egy köztes értéket, melyet 700 W/m^2K–ben állapítottam meg.

A szimuláció eredménye az alábbi ábrán látható:

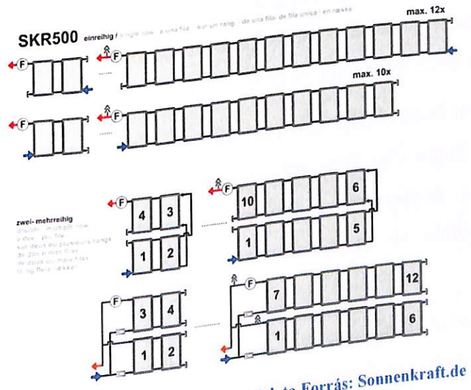


17. ábra Szimulációs eredmény

Látható, hogy a szimuláció eredményeként nagyon hasonló eredményt kaptunk a közelítő számítás eredményéhez. Ugyan a kollektor hatásfoka elmarad az átlagtól, de az általunk számított energiamennyiség közelítőleg elvárható tőle.

A választott kollektorom tehát a Sonnenkraft SKR500 felső kategóriás eszköz, melynek részletes paramétereit az *5. melléklet* tartalmazza.

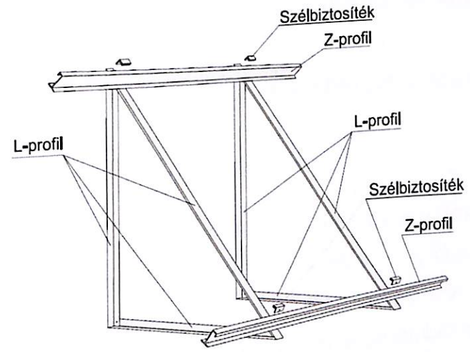
A kollektorok kapcsolási megoldása soros lenne, amint azt a kollektor mellékelt leírása is ajánlja.



5. ábra A kollektorok kapcsolási vázlata Forrás: Sonnenkraft.de

Elhelyezésük az épület egyetlen alkalmas felületén történik, ugyanis az épület nyeregtetőjének tájolása nem teszi lehetővé a kollektorok déli irányú tájolását. Az *1. melléklet*ben található helyszínrajz szerint az egyetlen alkalmas felület a garázs födéme, mely lapostető, emellett az épület délkeleti részén foglal helyet. Ezen a felületen oldható meg a kollektorok elhelyezése, amely előnyös a tározó helyzetéhez viszonyítva is.

Az elhelyezés előre tervezett és méretre szabott acél profilokkal történik a következő ábra iránymutatása szerint.



6. ábra Járatos elhelyezési séma lapostető esetében Forrás: naplopó.hu

A meglévő fűtési rendszer vezetékei a hőtermelő részen azonosan vörösréz csövekből lettek kiépítve. A választott kollektorom és a meglévő tartály csatlakozási pontjai mind 1" méretűek, amik a 22*1,0 mm méretű vörösréz csőhöz átalakító idomokkal csatlakoznak. Célszerűségi okokból, vörösréz csövekből építem ki az általam tervezett rendszert.

Ahogy a szoláris hőtermelő rendszerek alapvető felépítésénél láttuk, a kollektorokon és a tartályon kívül alapvető elemeik a keringető szivattyú és a tágulási tartály, valamit az ezekhez szükségesek egyéb szerelvények (szakaszoló gömbcsapok, visszacsapó szelepek, légtelenítő szelep, leürítő csap, és feltöltő csatlakozás) is. Az alábbiakban ezen elemek tervezését ismertetem.

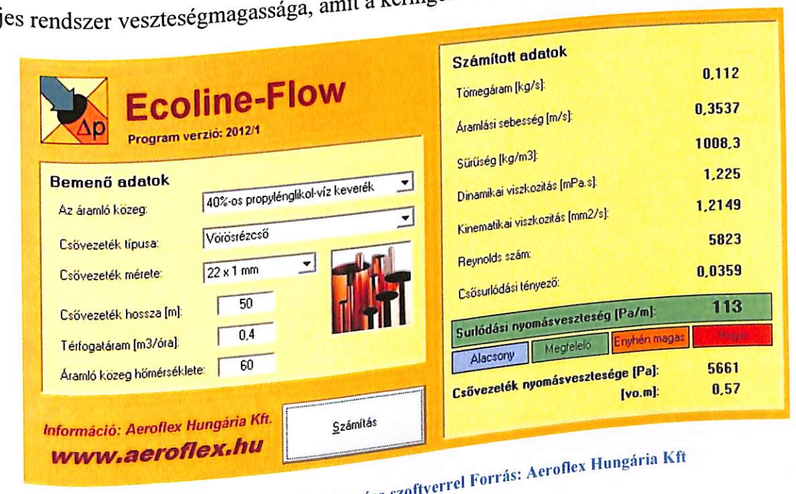
A vezetékhálózat kiépítése kötött feladat, hiszen a tároló helyétől és a kollektorok elhelyezési pontjától függően kell kialakítani a vezetékrendszert (lásd: *2. melléklet*). Ennek megfelelően egy közelítő becsléssel összesen 50 m vezetékhosszra lesz szükség, beleértve az előremenő és visszatérő ágat. A rendszer koncepciójának megléte elengedhetetlenül fontos,

hiszen a keringető szivattyút a vezeték egyenes és íves részein, a geodetikus magasságkülönbségből, valamint az egyes szerelvények fojtási együtthatójából eredő veszteségek alapján tudjuk kiválasztani. A tervezés következő szakasza tehát a rendszer veszteségeinek meghatározása.

Ezt a számítást a mérnöki gyakorlatnak megfelelően én is egy - ingyenesen használható - szoftverrel hajtottam végre. Ez a Naplopó Kft által kiadott és szabadon használható Ecoline – Flow nevű szoftver, melynek bemenő adatai a következők:

- Áramló közeg: A választásom a szakirodalom által előszeretettel alkalmazott 40%-os Propylénglikol-víz keverékre esett.
- Csővezeték típusa és mérete, mely ebben az esetben 22*1,0 mm Cu cső 50 m hosszan
- Megkívánt térfogatáram
- Áramló közeg hőmérséklete

A szimuláció eredményeképpen kaptuk a 113 Pa méterenkénti nyomásveszteséget. Amint azt a program a színkódjával is jelzi, optimális érték. Ezt a teljes rendszerre számolva: 113 Pa/mx50 m=**5650** Pa kapunk, amely egyenlő 0,0565 bar-nak azaz **0,565** m-nek. Ennyi a teljes rendszer veszteségmagassága, amit a keringető szivattyúnak kell leküzdenie.

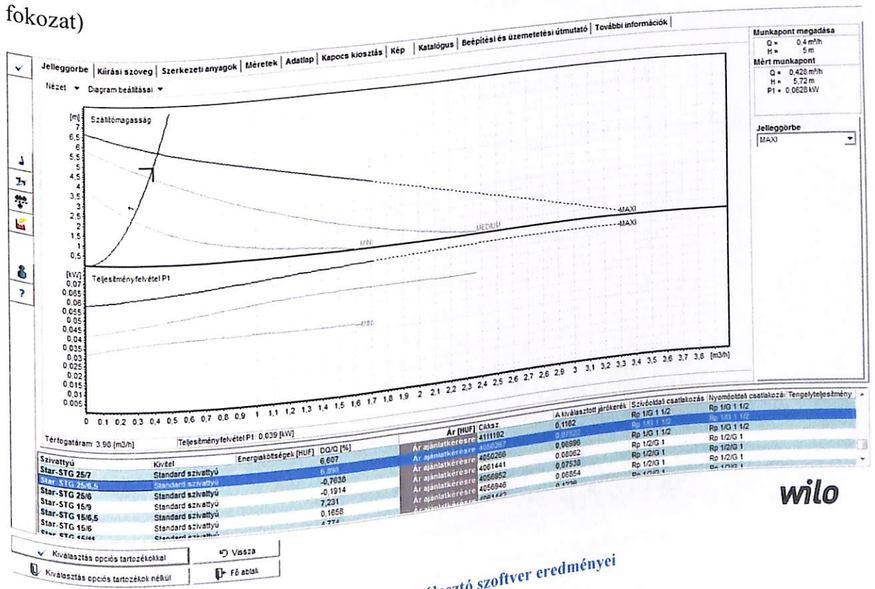


20. ábra Veszteség meghatározása szoftverrel Forrás: Aeroflex Hungária Kft

A következő lépésben a szivattyú választását kell elvégeznünk. Ehhez a művelethez a Wilo által forgalmazott szivattyúválasztó szoftvert, a WILO – SELECT –et használtam. A szimuláció bemenő adatai:

- A kívánt szivattyú hálózati frekvenciája: 50 Hz
- A kívánt szivattyú típusa: szolár primer köri keringető szivattyú
- A rendszer térfogatárama: 0,4 m^3/h ami egy átlagosan elfogadott érték a kollektorokra eső sugárzásintenzitás és térfogatuk arányában
- A hőcserélő közeg tulajdonságai és hőmérséklete: 40%-os propilénglikol 60 °C üzemi hőmérséklettel.

A munkapont elemzés után a program több típusú szivattyút ajánl fel. A választásom a Wilo Star STG 25/6,5 PN10 jelű szivattyúra esett, ugyanis a munkapont elemzés világosan igazolja, hogy ez a szivattyú képes az adott közeget a kívánt térfogatáram mellett a rendszerben keringetni. A választott szivattyú egy normálteljesítményű primer köri keringető szivattyú, teljesen megfelel a rendszer elvárásainak. A program ezen kívül a szivattyú 3 állást külön jelleggörbével ábrázolja, majd vastag vonallal kiemeli, amelyen ajánlja használni. (3. fokozat)



21. ábra Szivattyúválasztó szoftver eredményei

A szivattyú részletes műszaki adattábláját a *6. melléklet* tartalmazza.

Mint azt a napkollektoros rendszerek általános felépítésénél ismertettem, minden rendszer elengedhetetlen eleme egy tágulási tartály. Ez a szerelvény egyenlíti ki a hőhordozó közeg térfogatváltozását a primer körben. Méretezését a szakirodalom a következőképp taglalja:

Elsőként meghatározom a rendszerem várható térfogatát:

Kollektorok:	6 db	1,8 l/kollektor	10,8 l
Csővezeték 22 x 1,0 mm:	50 m	0,3 l/m	15 l
Tágulási tartály előzetes:	1 db	2,5 l/db	2,5 l
Σ=			28,3 liter

A kollektor kör térfogata: $V_{rendszer}$=28,3 l

Alkalmazott közeg: 40% propilénglikol 60% víz

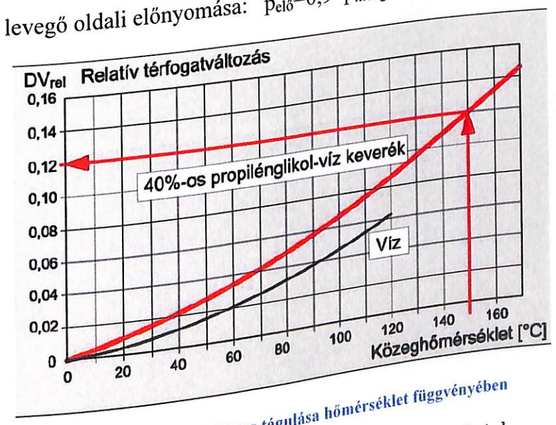
Átlagos maximális hőmérséklet: 150 °C

Közeg relatív térfogatváltozása: ΔV_{rel}=0,12

Kollektor kör maximális nyomása: p_{max}=5,5 bar (6,5 abszolút) 6 bar-os biztonsági szelep esetén

Feltöltési nyomás hideg állapotban: p_{hideg}=4,0 bar (5,0 abszolút)

Tágulási tartály levegő oldali előnyomása: $p_{elő}$=0,9*p_{hideg}= 0,9*4,0=3,6 bar (4,6 abszolút)



22. ábra Hőhordozó közeg tágulása hőmérséklet függvényében

A tágulási térfogat: $\Delta V = \Delta V_{rel} \times V_{rendszer} = 0{,}12 \times 28{,}3\,l = 3{,}4\ l$

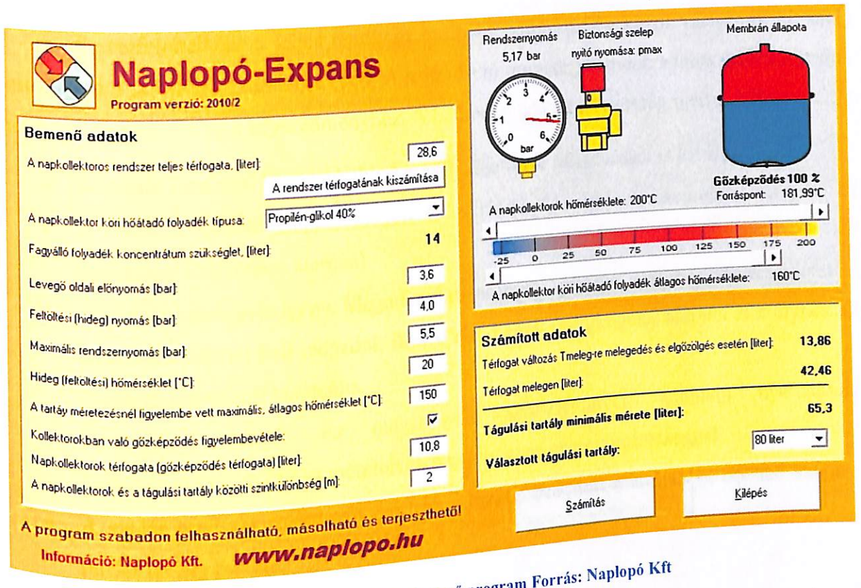
A tágulási tartály térfogata: $V_{tart} = \frac{\Delta V}{0{,}9*\frac{p_{max}-p_{hideg}}{p_{max}}} = \frac{3{,}4}{0{,}9*\frac{6{,}5-5}{6{,}5}} = 16{,}37\ liter$

A tágulási tartály térfogata az üresjárat esetén előforduló kollektor köri elgőzölgést figyelembe véve: $\Delta V = 0{,}12 \times 28{,}3 + 10{,}8 = 14{,}2\ l$

$$V_{tart} = \frac{\Delta V}{0{,}9 * \frac{p_{max}-p_{hideg}}{p_{max}}} = \frac{14{,}2}{0{,}9 * \frac{6{,}5-5}{6{,}5}} = 68{,}37\ liter$$

A választás tehát alapesetben egy 80 literes tartályra esne, azonban a nagy különbség miatt érdemes ezt is egy szimulációval ellenőrizni. Ezt a Naplopó Kft által rendelkezésemre bocsátott Expans nevű programmal végeztem, melynek bemenő adatai:

- Primer kör hőhordozójának teljes térfogata
- Hőhordozó anyaga
- Feltöltési nyomás
- A rendszer nyomásának szélső értékei (minimális és maximális)
- Feltöltési hőmérséklet
- Átlagos maximális hőmérséklet. Ez az üzemeltetés során átlagosan előálló maximális hőmérséklet
- A kollektorok térfogata
- A kollektorok és a tágulási tartály közötti geodetikus szintkülönbség



23. ábra Tágulási tartály méretező program Forrás: Naplopó Kft

A szoftver a közeg térfogatváltozása függvényében ajánl egy minimális tartályméretet, majd a kapható tartályok közül választva egyet, lefuttatható egy szimuláció, mely ellenőrzi a megfelelőségét. Ellenkező esetben az üzemi nyomás határértéke fölé emelkedne, a biztonsági szelep ezt kompenzálandó, kinyit a nyomásfelesleg szabadon távozása érdekében. A fenti ábrán bizonyított, hogy az extrém – 200 °C-os - közeghőmérsékletnél fellépő térfogatváltozást is képes kiegyenlíteni a tartály.

A rendszer méretezése ezzel be is fejeződött, kiválasztott elemeket ábrázoltam a kapcsolási rajzon (Lásd: *3. melléklet*).

Mint korábban a kollektor hatásfokánál becsültünk éves szinten kinyerhető energiamennyiséget, most a komplett rendszert kell vizsgálnunk minden elemével együtt. Ilyen típusú vizsgálatokat a XXI. században nem végeznek kézzel, hiszen rengeteg változó figyelembe vételére van szükség.

Erre a célra az általam használt szoftver a Polysun ingyenesen használható demo változata. Ez a szimulációs program komplett rendszereket vizsgál energetikai oldalról.

Peremfeltételként a teljes rendszert betáplált kombinációk közül választjuk ki, mely esetemben a „Comfort" modellre esett. A szimuláció rengeteg bemenő adatok képes fogadni, több úton képes eljutni a végeredményhez. A bemeneti adatok a teljesség igénye nélkül:

- Lokáció. Földrajzi koordinátákkal is megadható, de településsel is kiválasztható
- A rendszer elemei alapján modell választandó. (A rendszer elemeinek megléte és kapcsolási kialakítása alapján)
- Használati melegvíz igény. Megadható mennyiségi igénnyel melyhez hőmérsékletet és használók számát kell megadni, illetve elsődleges energiaigény alapján is melyhez az épület méreteit kell betáplálni.
- Épületfűtési adatok. Ez megadható energiaigénnyel, jelenlegi nyersanyag felhasználással, az épület méreteivel, vagy az éves energiaveszteséggel.
- A szolár rendszer összetevői: kollektor típusa, beépített mennyiség, tájolási szögek, puffer tartály mérete.
- Fosszilis fűtő berendezés és mérete.

A rendszer korábban ismertetett részletes méretezése során használt adatokat betáplálva a szimuláció elvégezhető lett melynek eredményei értelmezésére fordítanék néhány szót. A teljes jelentés a *7. melléklet*ben megtalálható.

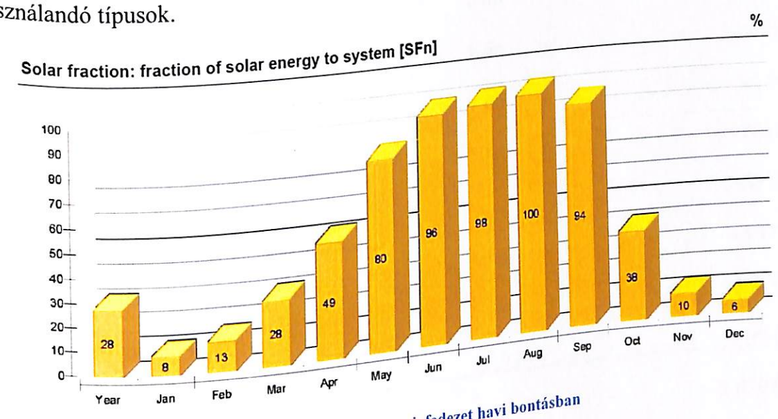
A szimuláció eredményei –mint az várató volt- némiképp eltérnek az általam számolt és modellezett eredményektől, hiszen ebben a kombinált szimulációs programban nincs mód minden típusú tározó modellezésére, nem táplálható bele az épület valódi hőigénye, csak az általunk kiválasztott „low energy family buildig" vagyis alacsony energiafogyasztású családi ház adatból generált magának egy éves energia igényt, illetve hőveszteségi tényezőt. Ehhez mérten ábrázolja grafikonokon az energia termelés és fogyasztás várható alakulását.

Érdemes figyelmet szentelni a szoláris energia által kiváltott részarány diagramra, hiszen a megtérülési számításoknál ez az eredmény az egyik kiinduló adatunk. A koncepció alapján, mely szerint a tervezett rendszerünket az időjárási körülményektől függően októbertől március vagy áprilisig akarjuk használni, képzett átlag fedezet:

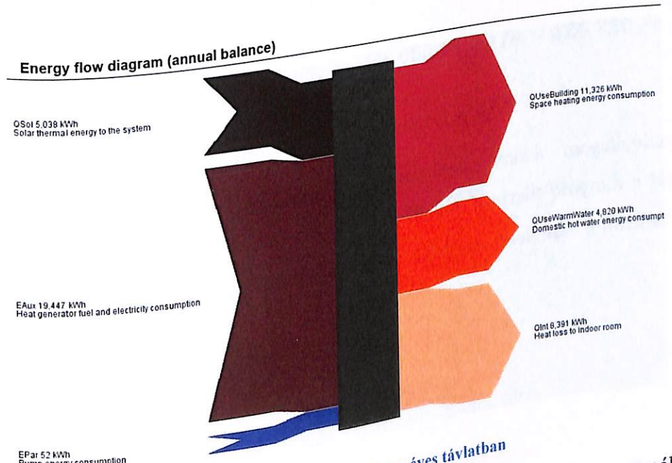
A számításhoz a pesszimistább verziót választom, amikor még áprilisban is üzemeltetnem kell a rendszeremet:

$$Fedezet = \frac{\sum Havi\ fedezet}{Hónapok\ száma} = \frac{38 + 10 + 6 + 28 + 8 + 13 + 28 + 49}{8} = 22{,}5\ \%$$

Közel 23% a kiváltható energiamennyiség. Ez némiképp elmarad a jelenleg újonnan kiépített rendszerek hatásfokaitól. Ez az eredmény sok tényezővel magyarázható. A legfontosabb, mint korábban említésre került, a szoláris fűtésrásegítést 20% körüli értékre gazdaságos tervezni, míg az egész éves használati melegvíz készítő berendezéseket akár 70%-ra is. Az én rendszerem kombinált és szakaszosan üzemeltetett. Ezen túlmenően, a jelenlegi tartály kedvezőtlenebb hőtárolási tulajdonságokkal bír, mint a szolár rendszerekhez használandó típusok.



24. ábra Szoláris energiafedezet havi bontásban



25. ábra Teljes energiamérleg éves távlatban

Mindezek tekintetében, a kívánt hatásfokot eléri a rendszer, ennél nagyobb teljesítményre várhatóan gazdaságtalan lenne tervezni, de ezt a megtérülési számítások fogják alátámasztani vagy megcáfolni.

7. Költségbecslés

7.1. Bekerülési költség

A rendszerem bekerülési költsége egy erős becslés, hiszen több előre nem látható nehézség is terhelheti a beruházást. A piaci verseny miatt több cégtől eltérő árajánlatot kaptam volna. A példa kedvéért vegyük alapul az alábbi költségeket.

Kollektorok: Sonnenkraft SKR 500	6 db	~1 601 820 Ft
Szivattyú: Wilo Star STG 25/6,5 PN10	1 db	~60 000 Ft
Tágulási tartály: Flexcon Solar 80	1 db	~40 000 Ft
Csővezetékek	50 m	~70 000 Ft
Szerelvények		~60 000 Ft
Csőhéj szigetelés	50 m	~50 000 Ft
Kollektor tetőszerelő szett:	1 db	330 000 Ft
Hőközvetítő közeg	28,9 l	~99 000 Ft
Σ		~2 030 000 Ft

A becsült összeg Áfával terhelt anyagár. Ehhez a munkaköltség becsült mértéke:

$$\frac{3500\ Ft}{Fő} \times 2 fő \times \frac{8\ óra}{nap} \times 6\ nap = 336\,000\ Ft + Áfa = \mathbf{426\,720\ Ft}$$

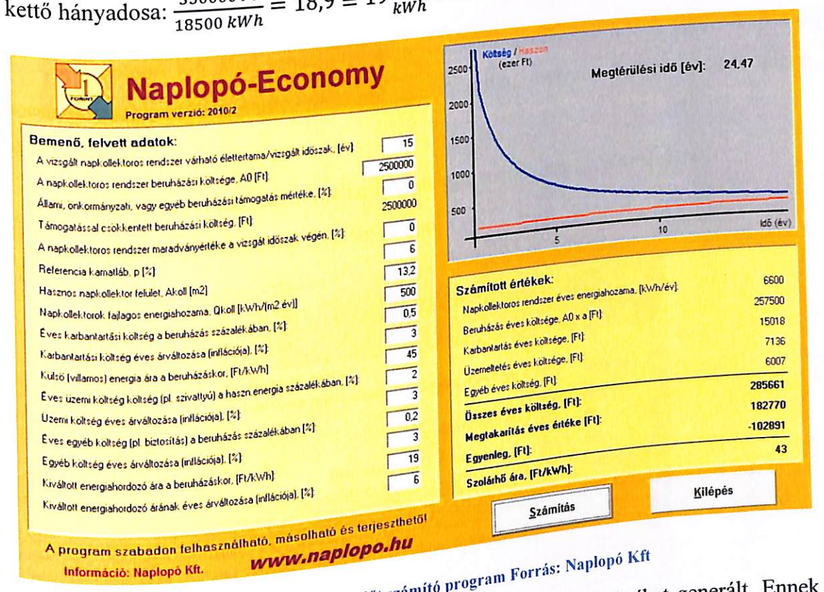
Így a tervezett rendszer beépítési költsége: 2,5 m Ft–ra becsülhető.

A megtérülési idő is becsülhető, természetesen ennek megállapítására is a gyakorlatban szoftveres programot használnak. Az általam használt program a Naplopó Kft által a rendelkezésemre bocsátott Economy nevű szoftver, melynek a bemenő adatai a teljesség igénye nélkül:

- Beépített rendszer várható élettartama
- Bekerülési költség
- Hasznos kollektor felület
- Kollektorok fajlagos hozama kWh/m^{2}év egységben kifejezve
- Villamos energia ára bekerüléskor (2015) Ft/kWh egységben
- Kiváltott energiahordozó ára beruházáskor Ft/kWh egységben

Az utolsó paraméter meghatározásának módja a kért egységben kifejezve némi utánaszámolást igényel. Az üzemeltetési tapasztalatoknál feltüntettem, hogy az üzemeltető elmondása szerint egy tél alatt 23 t akácfát használ fel, melynek piaci értéke 350 000 Ft körül mozog. Az építész által készített dokumentáció energetikai fejezetében (lásd: *4. melléklet*) az éves fűtési igényt 18 500 kWh–ban határozza meg.

A kettő hányadosa: $\frac{350000\ Ft}{18500\ kWh} = 18{,}9 \cong 19\ \frac{Ft}{kWh}$



26. ábra Megtérülési időt számító program Forrás: Naplopó Kft

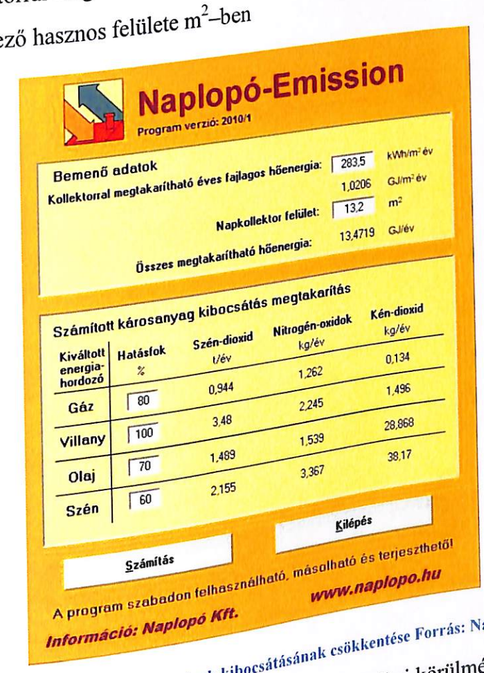
A program eredményül szokatlanul magas, 24,5 év körüli értéket generált. Ennek az egyik oka lehet a fa tüzelésre alapozott energiaellátás. Lássuk be, egy ekkora méretű épület egész „éves" (itt természetesen csak a fűtést igénylő hónapokat értem) akár gáz, akár villamos alapú energiaellátásra alapozva sem lenne soha ennyire olcsó. Mindemellett az is lassítja a megtérülést, hogy a használati melegvizet a fűtést nem igénylő hónapokban villanybojlerrel állítjuk elő. Természetes, hogy a magasabb árral rendelkező gáz felhasználással számolva ez a megtérülési idő akár 20 év alá is csökkenhet.

8. Környezeti hatás

A szoláris energia kiaknázásával csökkentjük a fosszilis tüzelőanyagok által a légkörbe bocsátott üvegház-hatású gázok mértékét, amely a modern energia alapú társadalmunkban elengedhetetlen. Amint azt a 2.6. pontban tárgyaltuk, az Európai Unió országos szinten várja el a kibocsátások csökkentését. Érdekességképp nézzük meg, milyen mértékben járulhatunk hozzá ennek a globális problémának a mérsékléséhez.

A Naplopó Kft által rendelkezésemre bocsátott szoftverek között helyet kapott egy kibocsátás csökkentés számító program, az Emission, melynek bemenő oldali adatai a következőek:

- Évente kollektorral megtermelhető hőenergia mennyisége kWh/m^2-ben
- A kollektormező hasznos felülete m^2–ben



27. ábra Üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának csökkentése Forrás: Naplopó Kft

Bár a szoftver a fatüzelésre nem számol, a tüzeléstechnikai körülményei miatt biztosak lehetünk benne, hogy jóval nagyobb mennyiséget generál az megjelenített gázokból, mint a gáztüzelés. Ennek alapján ezzel a - nem a kornak megfelelő hatásfokon működő - rendszerrel is évente 1 t körüli CO_2 gáz kibocsátás takarítható meg.

Egy 2010-es adat szerint Magyarország egy főre eső CO_2 kibocsátása 5,06 t. Ezt a legutóbbi népszámlálás eredményével beszorozva: 5,06 t*10 012 000 fő=560 672 200 t az éves kibocsátás. A gáztüzelés alapján kapott közel 1 t érték, ennek az éves termelésnek elenyésző hányada ugyan, de hatalmas lépés a kívánt célok elérése felé és példamutató értékkel is szolgál.

9. Összefoglalás

Az energiagazdálkodás egyre nagyobb szerepet kap a mindennapi életünkben. Ennek a globális problémának a közvetlen jelenléte még nem érinti a mindennapi felhasználókat, de idejében el kell kezdenünk lépéseket tennünk az elkerülése érdekében.

Munkám megelőzendő, elemeztem az európai régió energiahelyzetét, kitekintést adtam a főleg politikai és gazdasági érdekek vezette energiaellátás jövőbeni helyzetéről és arról, hogyan kaphat helyet ebben a megújuló energiák használata.

Az általam választott terület a szoláris energia hasznosítása a mindennapokban. Ezt egy meglévő családi ház fűtésének korszerűsítésén keresztül valósítottam meg. A feladat kivitelezését a rendszer működéséhez szükséges alapvető elemek méretezésén, költségvonzatának elemzésén és környezetre gyakorolt hatásának elemzésén keresztül végeztem el. Mivel a beruházások fő mozgatórugója a gazdasági haszon, valamint minden rásegítő rendszer eleme a megtérülési idő mértéke, így ez is helyet kapott a szakdolgozatomban.

A munkám során láthatóvá vált, hogy a megújuló energiák alkalmazásának elsősorban az alacsony fogyasztású, nagy hatékonyságú épületekben lesz jelentősebb szerepvállalása. Első lépésként „jó" épületeket kell építeni – vagy a meglévőket felújítani – és másodsorban kell a kisebb igényeket a korszerű technológiák segítségével kielégíteni.

Az alternatív megoldások alkalmazását a következő feltételrendszerek együttes fennállásánál tartom lehetségesnek és eredményesnek.

- tudatos tervezés, törekvés a kisebb energia veszteségekre, nagyobb nyereségekre
- mérnöki szaktudás a technológiák alkalmazásához, megvalósításához
- energiatudatos felhasználó
- nagyobb fokú állami szerepvállalás a beruházások finanszírozásában

Következésképpen, az épület és fűtési rendszere egyáltalán nem mondható energiatakarékosnak és a megtérülési idő magasabb az átlagosnál, összességében elmondható, hogy az elgondolás helytálló és a modern törekvésekkel összhangban elemi szinten segít megoldani egy globális problémát. Ugyanis a megújuló energiák használata nem csak egy gazdasági kérdésnek tekinthető, hanem szemléletváltás az energiák felhasználásában.

Irodalomjegyzék:

[1] Dr. Gyurlovics Lajos: A napenergia hasznosítása az épületgépészetben (1982)

[2] Dr. Sembery Péter Dr. Tóth László: Hagyományos és megújuló energiák (2004)

[3] http://www.kislexikon.hu/energiavalsag.html

[4] http://globalproblems.nyf.hu/globalis-problemak/anyag-es-energiavalsag/

[5] http://www.nyitottszemmel.hu/cikk/24-ora/az-ipari-civilizacio-vege/32

[6] http://hu.wikipedia.org/wiki/Energiafejlesztés

[7] Putzer Petra: Energia- és alternatív energiafogyasztás Magyarországon Irodalomkutatás (2013)

[8] Sőregi Ottó Diplomája (2014)

[9] http://jogszabalykereso.mhk.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=116059.164165

[10] Naplopó kft tervezési segédlete

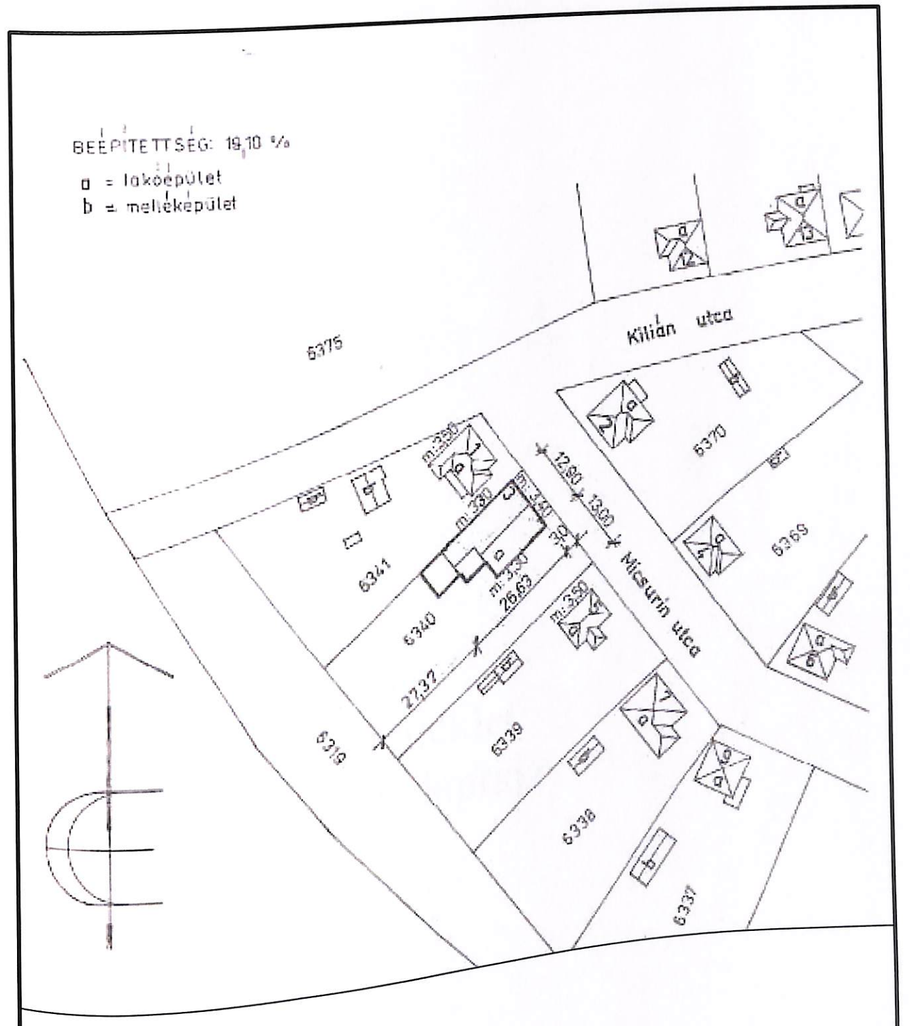
[11] http://www.ff3.hu/fejlodes.html

[12] Csanaky Judit Emília Épületfizika Jegyzet BME (2012)

[13] Műszaki Földtudományi Közlemények, 83. kötet, 1. szám (2012), pp. 249–257.

[14] Index.hu

1. Melléklet
Épület áttekintő helyszínrajza



Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Infrastruktúramérnöki Szakcsoport

Az épület áttekintő helyszínrajza

1. Melléklet

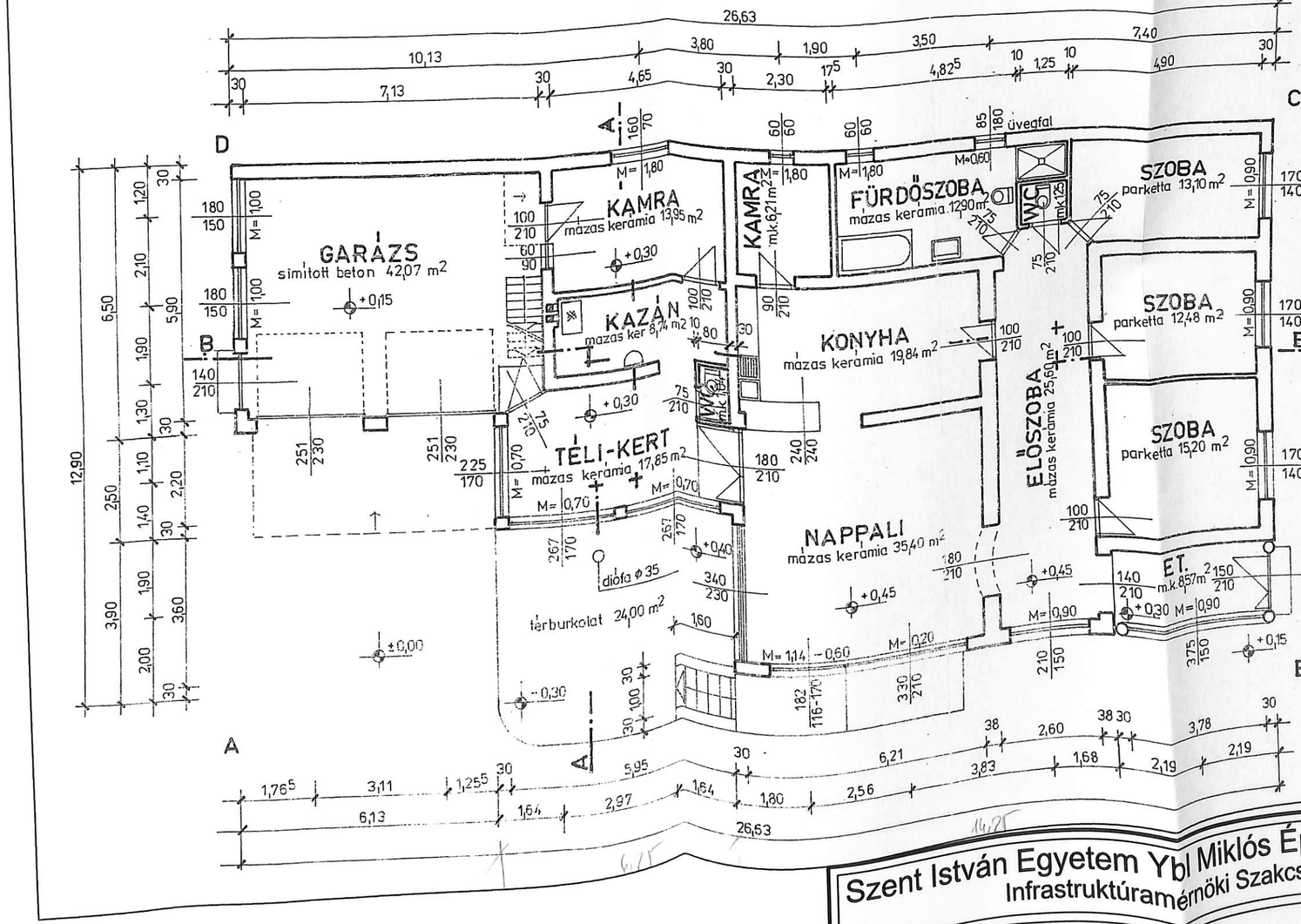
Kelt. 2015. január

Tervező
Vaszkó Lajos

Külső konzulens
Sőregi Ottó

Belső konzulens
Dr. Molnár Ildikó

2. Melléklet
Épület alaprajz

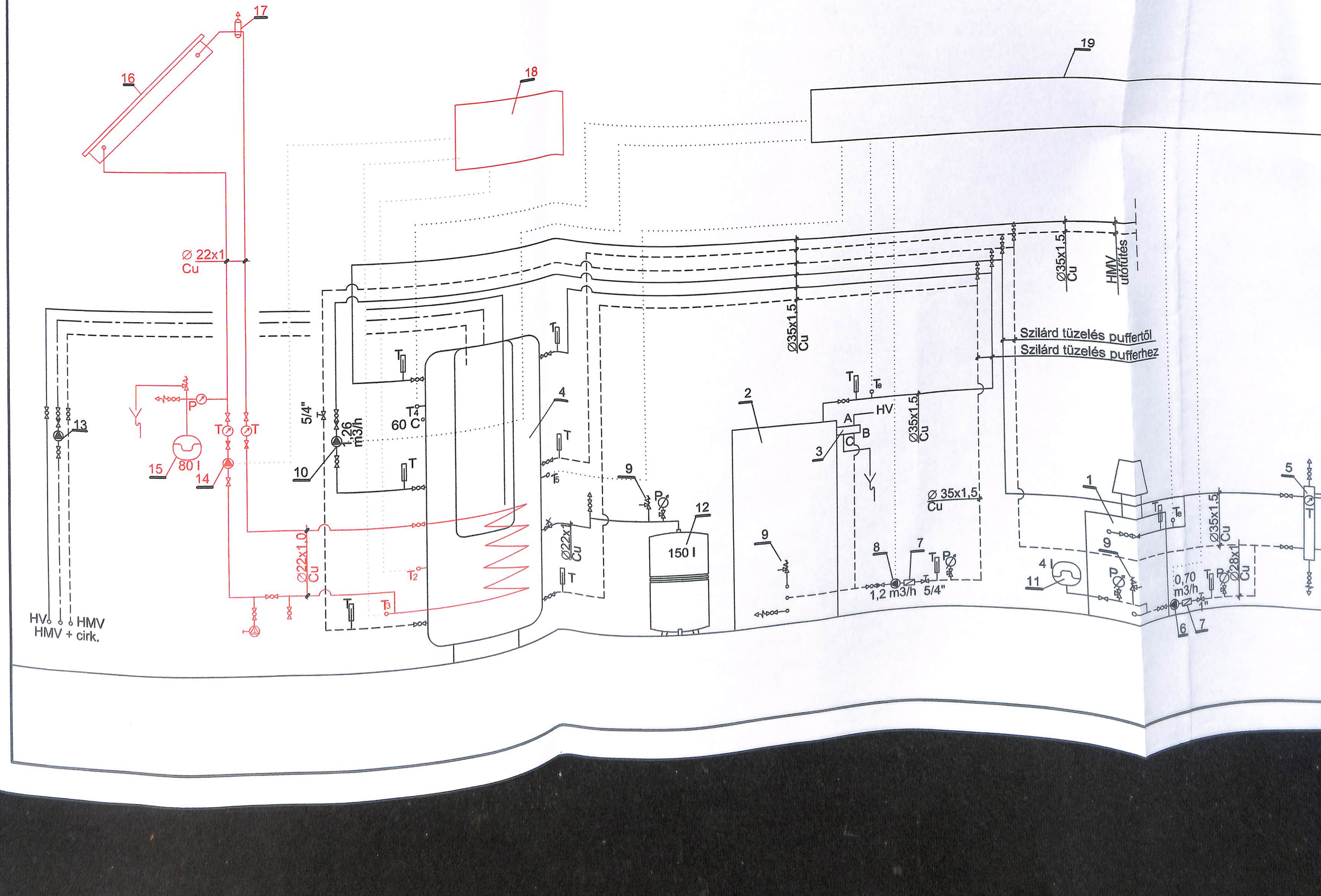


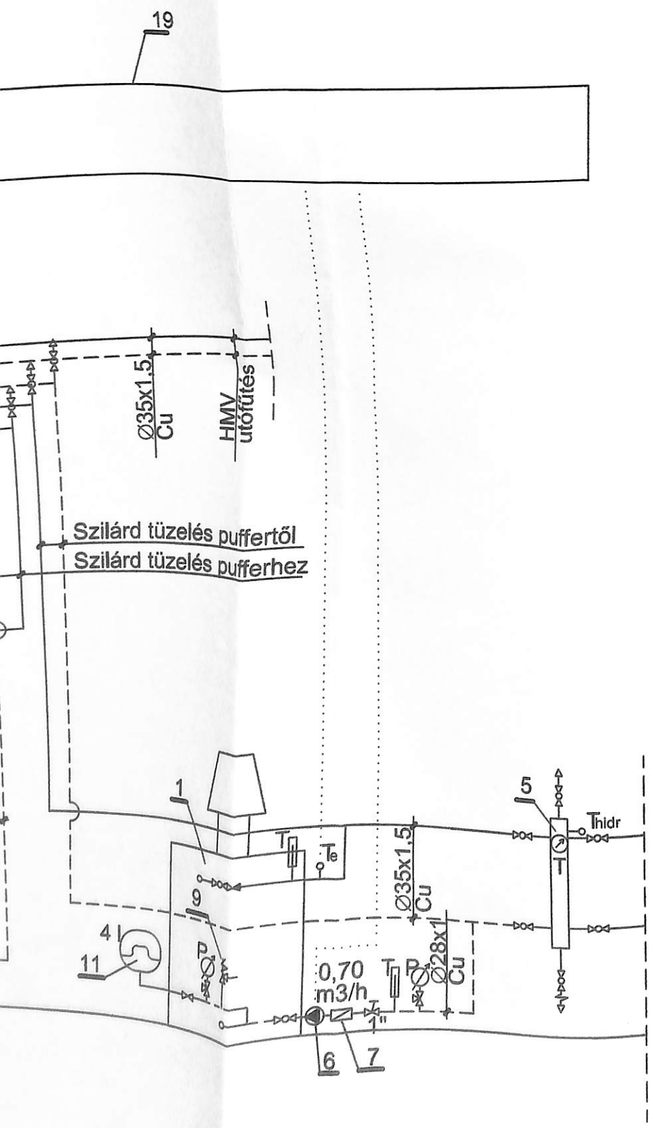
Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Infrastruktúramérnöki Szakcsoport

Az épület alaprajza

2. Melléklet	Kelt. 2015. január	Tervező Vaszkó Lajos
Belső konzulens Dr. Molnár Ildikó		Külső konzulens Sőregi Ottó

3. Melléklet
Fűtési rendszer kapcsolási rajza


17
16
18
19
∅ 22x1
Cu
∅35x1,5
Cu
HMV
utófűtés
Szilárd tüzelés puffertől
Szilárd tüzelés pufferhez
T
Te
HV
A
B
C
2
3
4
5
1
9
P
12
150 l
13
15
80 l
14
10
5/4"
1,26
m3/h
60 C°
T4
T2
T3
T5
∅22x1,0
Cu
∅22x1
Cu
∅ 35x1,5
Cu
8
7
1,2 m3/h 5/4"
11
0,70
m3/h
1"
∅28x1
Cu
6
HV
HMV
HMV + cirk.



1 Nyílt égésterű fali fűtő gázkazán ÉTI 15ES (Q=17,0 kW)
2 Szilárd tüzelésű öntöttvas tagos kazán Hőterm Carbon (Q=28,0 kW)
3 Direkt működésű túlhevülésvédelmi szelep Regulus DBV1
4 Kombinált használati melegvíz és fűtési puffertároló SICC 1000/170
5 Hidraulikus váltó NÁ50 acélcső menetes csonkokkal felszerelve L=0,3m, Vn=1,2 m3/h
6 Gáztüzelés keringető szivattyú Grundfos UPS 25-50 180, V=0,31 m3/h, H=3,1 m
7 Iszapleválasztó szerelvény Spirovent AE100 1", Vn=2,0 m3/h
8 Szilárd tüzelés keringető szivattyú Grundfos UPS 25-50 180, V=1,2 m3/h
9 Rugóterhelésű biztonsági szelep Honeywell SM 120-1/2A ple=2,5 bar, 1/2"
10 Puffertároló szekunder oldali keringető szivattyú Grundfos 25-60 180, V=1,2 m3/h
11 Változó nyomású zárt tágulási tartály Zilmet CAL-PRO 4 l, pmax=5 bar
12 Változó nyomású zárt tágulási tartály Zilmet CAL-PRO 150 l, pmax=6 bar
13 HMV recirkulációs szivattyú Grundfos Comfort up 15-14 BU V=0,1 m3/h, H=1,2 m
14 Szolár primer köri keringető szivattyú Wilo STG 25/6,5 PN10
15 Zárt tágulási tartály Flexcon Solar 80 L
16 Sonnenkraft SKR500 kollektor 13,2 m2 hasznos felület D-i tájolású 45°-ban elhelyezve lapostetőn
17 Szolár primerk köri légtelenítő szelep Flamcovent Solar
18 Szolár rendszer vezérlőegység
19 Fűtésszabályzó vezérlőegység

Jelmagyarázat

Meglévő rendszer ——

Tervezett rendszer ——

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Infrastruktúramérnöki Szakcsoport

Az épület fűtési rendszerének kapcsolási vázlata és a tervezett rendszer

3. Melléklet	Kelt. 2015. január	Tervező Vaszkó Lajos
Belső konzulens Dr. Molnár Ildikó	Külső konzulens Sőregi Ottó	

4. Melléklet
Energetikai összesítő

Vaszkó Ákos

ÖSSZESÍTETT ENERGETIKAI JELLEMZŐ ELLENŐRZÉSE

Alapadatok			
Épület összes térfogata - V (m^3)	260,00		
Fajlagos hőveszteség tényező tervezett értéke - q (W/m^3K)	1,103		
Átlagos légcsereszám - n	0,500		
Szakaszos üzemvitel korrekciós tényező - τ	0,900		
Fűtött alapterület - A_m	100,000		
Belső hőterhelés átlagos értéke - q_b	5,000		
Teljesítmény és hőigény pontatlansága miatti veszteségek - q_{ch} (kWh/m^2a)	3,30		
Elosztóhálózatok hőveszteesége - q_v (kWh/m^2a)	7,70		
Hűtés fajlagos energiaigénye - q_{fj} (kWh/m^2a)	0,20		
	I. készülék:	II. készülék:	III. készülék:
Hőtermelő készülék által lefedett energiarány - α_k	0,01	-	-
Hőtermelő készülékek: (ok) teljesítménytényezője - C_k	0,23	-	-
Hőtermelő készülékek: (ek) segédenergia igénye - q_{ek}	0,66	-	-
Hőtermelő berendezések által használt energia primer energia átalakítási tényezője - e_f	1,00	-	-
Hőtermelő készülékek: (ek) segédenergia igénye - E_{fsz} (kWh/m^2a)	1,12		
Hűtés segédenergia igénye - E_{fh} (kWh/m^2a)	0,43		
Használati melegvíz natú primér energiaigénye - q_{mmv} (kWh/m^2a)	30,00		
Használati melegvíz elosztási veszteség - $q_{mmv,k}$ (kWh/m^2a)	10%		
Használati melegvíz tárolási veszteség - $q_{mmv,t}$ (kWh/m^2a)	20%		
	I. készülék:	II. készülék:	
Hőtermelő készülék által lefedett energiarány - α_k	2%	1%	
Hőtermelő készülékek (ok) teljesítménytényezője - C_k	1,00	1,00	
Hőtermelő készülékek (ek) segédenergia igénye - E_k	1,00	1,00	
Hőtermelő berendezések által használt energia primér energia átalakítási tényezője - e_f	1,00		
A cirkulációs vezeték fajlagos segédenergia igénye - E_c	0,82		
Más fogyasztóknál: átadott energia nettó értéke (kWh/m²a)	-		
Más fogyasztóknál: átadott energia primér energia átalakítási tényezője - e_f	1,00		

2/2 lap

Számítási eredmények	
Éves nettó fűtési igény - Q_f (kWh/a)	18 603,67
Fűtési rendszerrel lefedésnél nettó fűtési energiaigény fajlagos értéke - q_f (kWh/m^2a)	186,04
Fűtési primér energiaigénye - E_P (kWh/m^2a)	4,69
Melegvíz előállító primér energiaigénye - E_{mmv} (kWh/m^2a)	3,49
Más fogyasztóknak átadott primér energia (kWh/m^2a)	-
Összesített energetikai jellemző tervezett értéke - E_P (kWh/m^2a)	7,994
Összesített energetikai jellemző mértékadó értéke - E_P (kWh/m^2a)	230,000
Épület energetikai minősége (E_p/E_{pr})	MEGFELEL
	3%

Készült a Belső Udvar Építész és Szakértő Irodában Market Exakt szoftverrel
A számítás tájékoztató jellegű, hibáért felelősséget nem vállalunk.
www.belsoudvar.hu

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Infrastruktúramérnöki Szakcsoport

Az épület energetikai összesítője

4. Melléklet	Kelt. 2015. január	Tervező Vaszkó Lajos
Belső konzulens Dr. Molnár Ildikó		Külső konzulens Sőregi Ottó

5. Melléklet
Sonnenkraft SKR500 adattáblája

SONNENKRAFT®

ON-ROOF COLLECTOR

SKR500/SKR500L

EXTENDED DATASHEET

www.sonnenkraft.com

SONNENKRAFT

Detailed technical specification & material overview

Absorber

Absorber type		Full plate
Number of absorbers		1
Area	m^2	2.30
Length	mm	1988
Width	mm	1156
Thickness	mm	0.4
Material of the absorber plate		Aluminum
Kind of absorber coating		Blue Tec Eta Plus, Alanod Mirrotherm, Tinox Classic *
Absorption α	%	95 ± 1
Emission ε	%	5 ± 2
Hydraulic design (kind of hydraulic circuit)		Meander
Number of riser tubes (absorber tubes)		1
Number of serial tube segments		1
Number of parallel tube segments		1
Outer diameter of riser tubes	mm	8
Thickness of the wall of riser tubes	mm	0.4
Length of riser tubes	mm	21397
Material of riser tubes		Copper
Distance between the fluid channels	mm	96
Outer diameter of manifold (header) tube	mm	18
Thickness of the wall of manifold (header) tubes	mm	0.7
Length of manifold (header) tubes	mm	1232
Material of manifold (header) tubes		Copper
Joint absorber – absorber tubes (risers)		Laser welding
Number of connections		4

Cover

Length	mm	2079
Width	mm	1240
Number of covers		1
Material of the cover		ESG Extra clear glass (EN12150)
Structure of the cover		No structure
Thickness of the cover	mm	3.2
Transmission coefficient *T* of the cover		90

Casing

Material frame		Aluminum (AlMg3, EN AW 5754-H111), deep drawn tray, 0,8 mm
Material back board		Aluminum (AlMg3, EN AW 5754-H111), deep drawn tray, 0,8 mm
Length	mm	2.079
Width	mm	1.240
Depth	mm	94.6
Sealing material		Silicone

Version nº: 2013/03
Subject to typesetting and printing errors
Technical changes may be made without prior notice

Thermal insulation

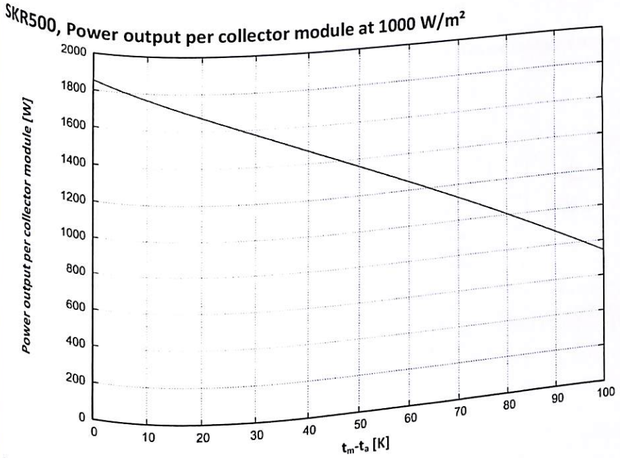
Thickness of the backside insulation	mm	50
Thickness of the sidewise insulation	mm	-
Material of insulation	mm	Rock wool
Specific weight	kg/m³	50

Thermal capacity of collector

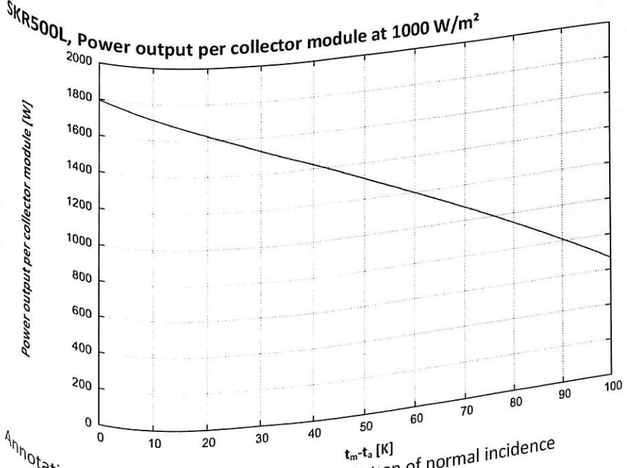
Effective thermal capacity (heat capacity c_{eff})	kJ/K	10.23 / 10.41
Specific effective thermal capacity based on the aperture area (heat capacity c_{eff})	kJ/Km² A_a	4.53 / 4.60

Performance diagrams

SKR500, Power output per collector module at 1000 W/m²



SKR500L, Power output per collector module at 1000 W/m²



Annotation: The values given are valid for radiation of normal incidence

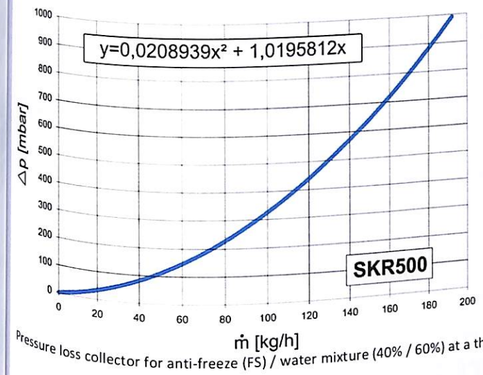
$\eta = \eta_0 - (a_1 * \Delta T)/E_g - (a_2 * \Delta T^2)/E_g$

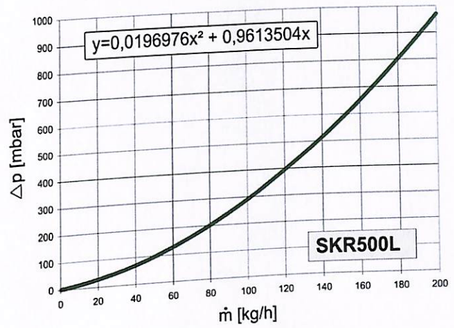
η	Efficiency coefficient	a_2	Temperature depending heat transfer coefficient (also k_2, W/(m²K²))
η_0	Optical efficiency coefficient (at $\Delta T = 0$)	ΔT	Temperature difference between absorber and ambient (K)
a_1	Heat transfer coefficient (also k_1, W/(m²K))	E_g	Irradiation (W)

Version no.: 2013/03
Subject to typesetting and printing errors.
Technical changes may be made without prior notice.

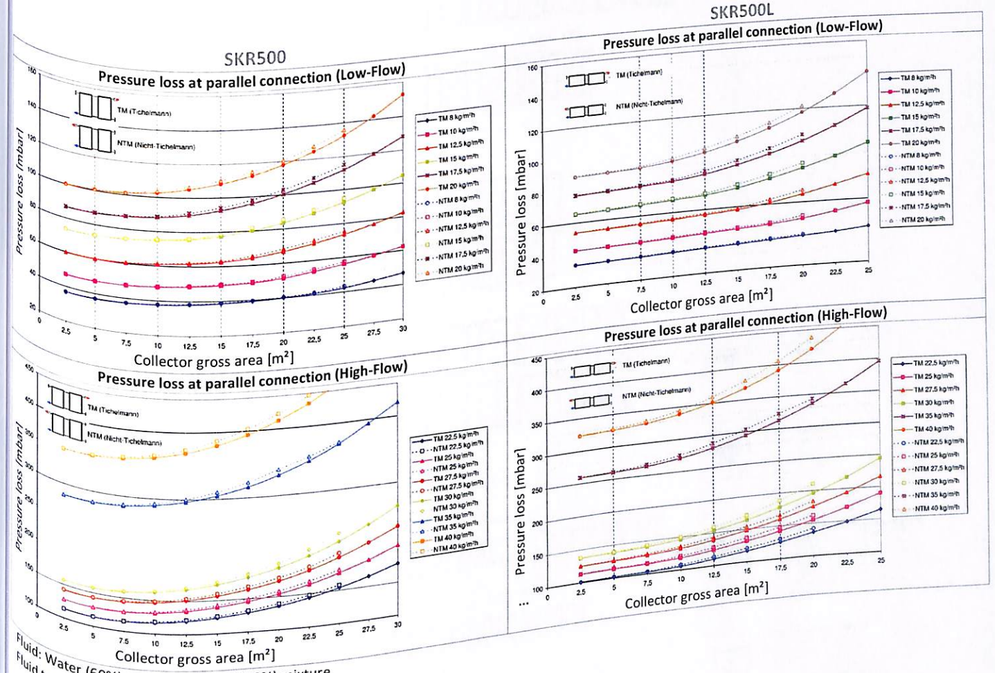
SONNENKRAFT
SOLAR • ENERGY MADE BRIGHTER

Pressure losses





Pressure loss collector for anti-freeze (FS) / water mixture (40% / 60%) at a thermal conducting temperature of 50° C.

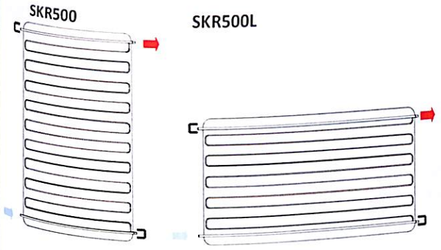


Fluid: Water (60%) - Propylen Glycol (40%) mixture
Fluid temperature: 50°C

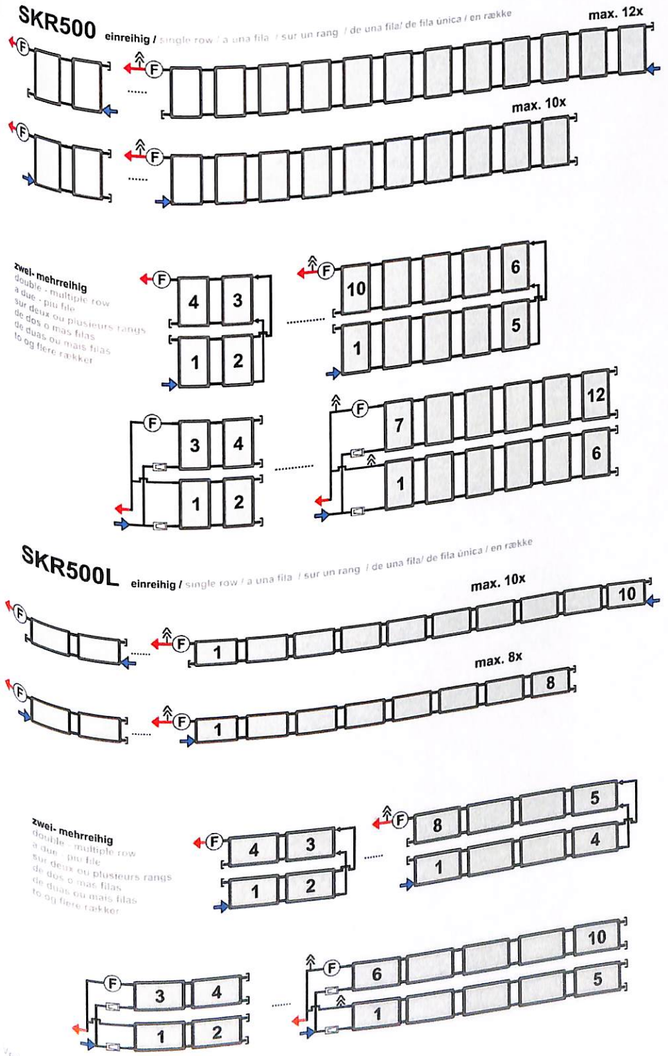
Version no: 2013/03
Subject to typesetting and printing errors.
Technical changes may be made without prior notice.

SONNENKRAFT
SOLAR • ENERGY MADE BRIGHTER

Internal hydraulic flow



Recommended hydraulic connection

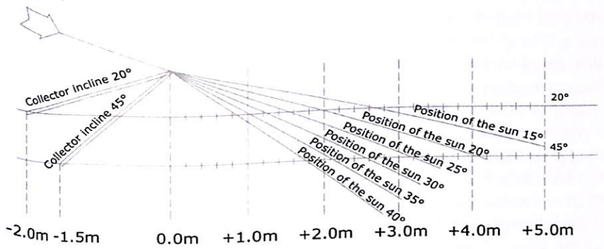


Version nº: 2013/03
Subject to typesetting and printing errors.
Technical changes may be made without prior notice.

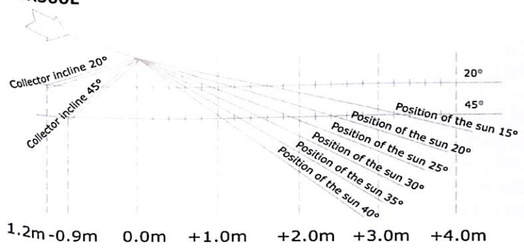
SONNENKRAFT
SOLAR • ENERGY MADE BRIGHTER

Shadowing diagram

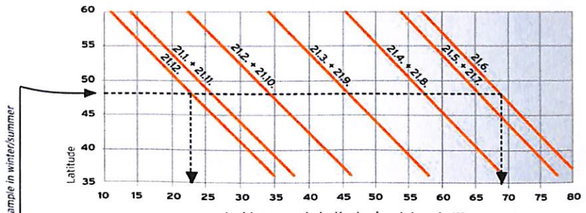
SKR500



SKR500L



Altitude at 12:00



Version: 2013/03.
Subject to typesetting and printing errors.
Technical changes may be made without prior notice.

SONNENKRAFT
SOLAR • ENERGY MADE BRIGHT

Statics

The collectors must only be mounted on sufficiently load-bearing roof surfaces and substructures. It is imperative that the static load bearing capacity of the roof or substructure is checked in terms of local and regional conditions prior to installation of the collectors by the customer, if necessary with the involvement of a structural engineer. Particular attention should be paid to the quality of the (timber) substructure in terms of the stability of the screw connections necessary for fastening the collectors. To prevent damage to the roofing in the event of considerable loads, the use of metal reinforcements such as metal bricks is recommended. The inspection of the entire collector structure according to DIN 1055 Parts 4 and 5 (EN 1991-1 Parts 4 and 5) or as per the applicable country-specific regulations is particularly important in areas with heavy snowfall or in areas exposed to high wind speeds. The assessment should also take into account any particular circumstances at the place of installation (foehn wind, air jets or eddy formation etc.) which can lead to increased loads. Snow catchers are to be installed at a maximum distance of 0.5m from the upper edge of the collector (the collector should not function as a snow catcher). It must be ensured for the selection of the installation location that the maximum loads are neither exceeded by snow nor wind forces. Basically, the collector arrays must be installed so that any possible accumulation of snow is prevented from reaching the collectors by snow barriers (or by special forms of installation). The collectors may not be installed at the edge of the roof (e/10 marginal zones on areas of roofing are to be complied with pursuant to EN 1991, but they must be at least 1m). The upper edge of the collector may not project beyond the roof ridge.

Flat roof mounting tips: The installation of a collector array is an intervention into a (existing) roof; converted and inhabited loft spaces or roofs with less than the minimum slope (with regard to the covering) in particular require building measures e.g. under roof membranes, as protection against water penetration caused by wind pressure and driving snow. For larger collector arrays we recommend installing the collectors on a special supporting structure made of steel profiles. Alternatively installation is possible without penetrating the roof membrane by using concrete ballast with guys. The collectors are mounted on concrete blocks. Rubber mats should be used if necessary to increase the adhesion (static friction) between the roof and concrete ballast blocks and to prevent damage to the roof membrane. In addition, it is necessary to secure the collectors with 5 mm steel cables (min. tensile strength 1450 N/mm²) to absorb any peak wind loads.

Pitched roof mounting tips: The installation of a collector array is an intervention into a (existing) roof. Roof coverings such as bricks, shingles and slates, especially converted and inhabited loft spaces or roofs with less than the minimum slope (with regard to the covering) require building measures e.g. under roof membranes, as protection against water penetration caused by wind pressure and driving snow.

Version no: 2013/03.
Subject to typesetting and printing errors.
Technical changes may be made without prior notice.

SONNENKRAFT
SOLAR • ENERGY MADE BRIGHTER

Statics SKR500

SYSTEM		PERMISSIBLE WIND GUST SPEED q [kN/m²]	PERMISSIBLEWIND GUST SPEED [km/h]	PERMISSIBLESNOWLOAD SK [kN/m²]
DBPR, SKR500	SL	1,09	150	2,5
	HL	1,09	150	3,75
DBPR, SKR500L	SL	1,09	150	2,5
	HL	1,09	150	3,75
SSPR, SKR500	SL	1,09	150	2,3
	HL	1,09	150	3,75
SSPR, SKR500L	SL	1,09	150	2,5
	HL	1,09	150	3,75
DBA20R, SKR500	SL	1,09	150	2,3
	HL	1,09	150	3,75
DBA20R, SKR500L	SL	1,09	150	2,3
	HL	1,09	150	3,75
SSA20R, SKR500	SL	1,09	150	2,3
	HL	1,09	150	3,75
SSA20R, SKR500L	SL	1,09	150	2,2
	HL	1,09	150	3,75
BBALGK/SKR, 45°, SKR500 (flat roof)	SL	0,95	140	2,5
	HL	0,95	140	3,75
BBALGK/SKR, 45°, SKR500L (flat roof)	SL	0,95	140	2,5
	HL	0,95	140	3,75
SSA45R. SKR500 (pitched roof)	SL	0,95	140	2
	HL	0,95	140	3
SSA45R. SKR500L (pitched roof)	SL	0,95	140	2
	HL	0,95	140	3,75
SSA20R, SKR500 (flat roof)	SL	0,95	140	1,8
	HL	0,95	140	2,5
SSA20R, SKR500L (flat roof)	SL	0,95	140	1,8
	HL	0,95	140	3,0

More information on statics incl. number of mounting supports and fastening points see manuals. For information on support reactions please contact us.
SL = Standard Load, HL = High Load

Lightning protection / Equipotential bonding of the building

In accordance with the lightning protection standard ÖVE/ÖNORM EN 62305 Part 1-4 the collector array cannot be connected to the building's lightning protection. A safety distance of at least 1 m must be maintained from any possible adjacent conducting object. For installations on metal substructures at the installation site, generally qualified electricians must be consulted. To carry out a building potential equalisation, the metal tubes of the solar circuit and all collector cases or fastenings must be connected to the main potential equalisation bus by a qualified electrician in accordance with ÖVE/ÖNORM E 8001-1 or the country-specific standards.

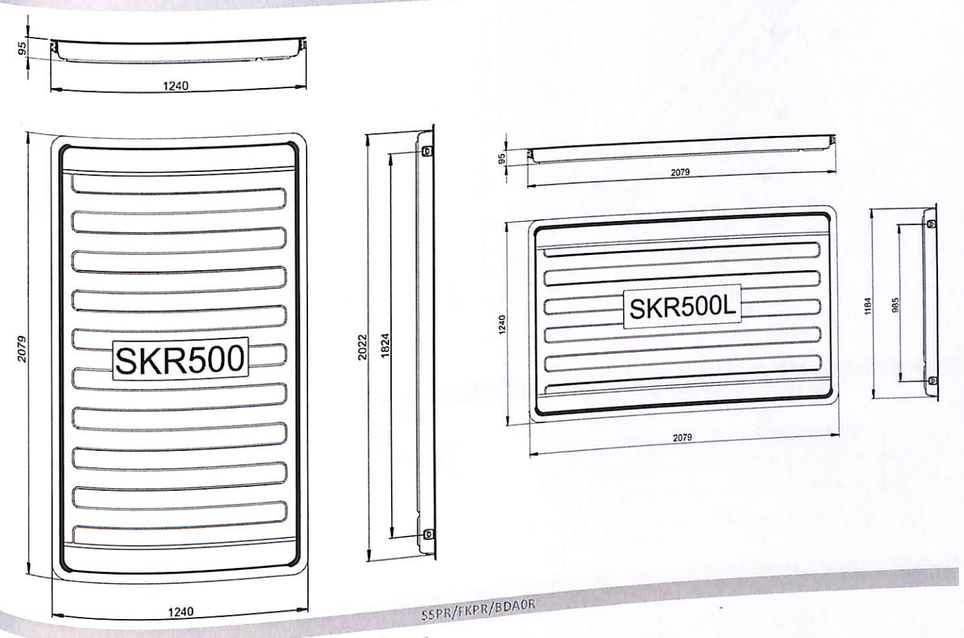
Version n° 2013/03
Subject to typesetting and printing errors.
Technical changes may be made without prior notice.

SONNENKRAFT
SOLAR • ENERGY MADE BRIGHTER

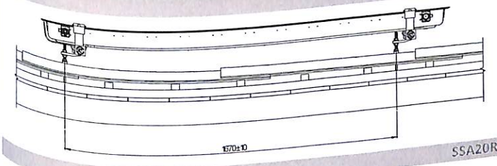
Pictures/Cross section of SKR500/SKR500L with different mounting systems

SKR500 | SKR500L

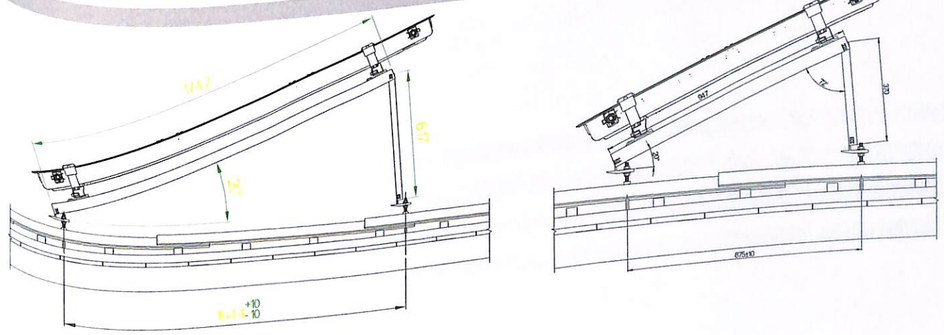
Collector



SSPR/FKPR/BDA0R



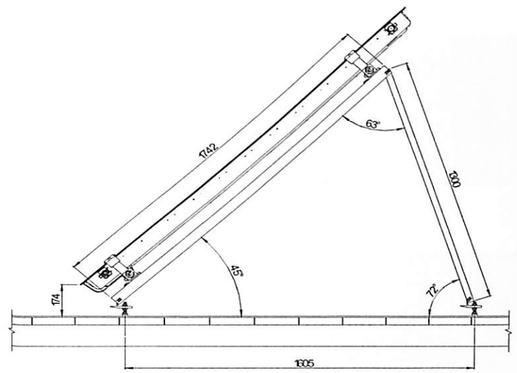
SSA20R/BDA20R

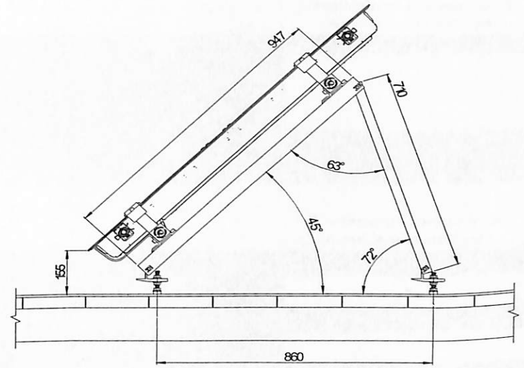


Version no: 2013/03
Subject to typesetting and printing errors.
Technical changes may be made without prior notice.

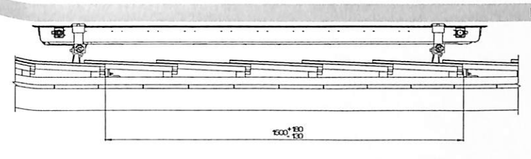
SONNENKRAFT
SOLAR • ENERGY MADE BRIGHTER

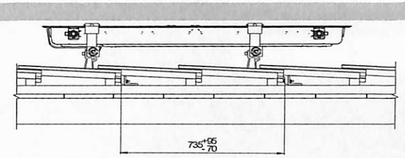
SSA45R/BDA45R



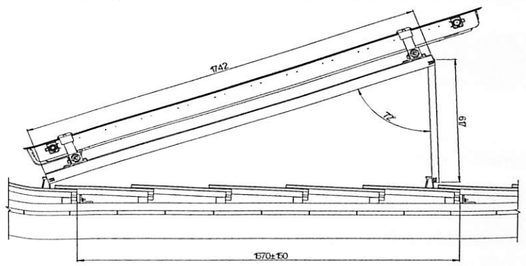


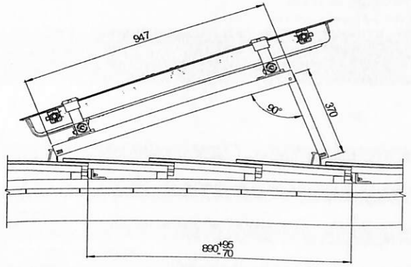
DBPR





DBA20R





DBPR-N/L-H

-

-

DBPR-N/L-R

-

-

WA45-60R

-

-

BBALGK/SKR

-

-

Version nº 2013/03
Subject to typesetting and printing errors.
Technical changes may be made without prior notice.

SONNENKRAFT
SOLAR = ENERGY MADE BRIGHTER

Overview of available documentation

Product Data Sheets	Content	Available on (partner login) www.sonnenkraft.com
On-roof SKR500/SKR500L	• General product information • Technical data • Product benefits • Drawings	X
Concrete ballast collector mounting SKR500, BBALGK/SKR		X
Wall/projecting roof installation SKR500, WA45-60		X

Manuals for Mounting Systems	Content	Available on (partner login) www.sonnenkraft.com
SSPR/FKPR/BDA0R	• Safety information • Assembly instructions • Operating tips • Technical data • Recommended hydraulic connection • Overview of materials • Overview of tools • Mounting • Collector dimensions • Recommendation for fastening points incl. static • EEC - Safety data sheet FS • Warranty	X
SSA20R/BDA20R		X
SSA45R/BDA45R		X
DBPR		X
DBA20R		X
DBPR-N/L-H		X
DBPR-N/L-R		X
WA45-60R		X
BBALGK/SKR	• Statics • Supporting reactions and required weights to ensure safety against tilting, sliding and lifting for SKR500, SK500 and GK collectors • Wind loads • Dimensional drawing/fastening points BBALGK/SKR	X
TGSKRE	• Collector strap for SKR500	X

Various	Content	Available on (partner login) www.sonnenkraft.com
Drawings / CAD / ..	• AUTOCAD Drawings - Top views / Side views / etc. of SKR500 and SKR500L collectors, collector fields and mounting systems • Symbols for system drawings	X
FS data sheet	• Dilution table • Physical Parameters • Thermodynamic data	X
Reference Pictures	• Pictures of references	X
Product Pictures	• Product pictures	X
Planners guide	• General guide for planning SONNENKRAFT solar systems	X
Diagram manual, diagrams	• Diagrams for all main SONNENKRAFT solar system solutions	X
Online spare part catalog	• Spare part catalog for all main SONNENKRAFT products	X
Solar Calculator	• Solar calculator for all main SONNENKRAFT solar system solutions	X
Price catalogue	• Price catalogue for current product range	X
Tender texts	• eg Datanorm	X
Various	• Various other documents are available (brochures, leaflets, forms, presentations, etc.)	X
Certificates	• Solar Keymark, Performance test reports, Quality test reports (see below)	X

Certificates	Certificate Number	Certificate	Effective date
SKR500	011-7S1277 F	Solar Keymark, Registration no.	30.06.2010
SKR500L	011-7S1284 F	Solar Keymark, Registration no.	30.06.2010
SKR500	KTB Nr. 2010-08-k-a	Report of measurement according to EN 12975-1,2:2006	28.06.2010
SKR500L	KTB Nr. 2010-09-k-a	Report of measurement according to EN 12975-1,2:2006	28.06.2010
SKR500	KEV-2010-01-k-a	Proof of Profit acc. ktb-2010-08-k-a	28.06.2010
SKR500L	KEV-2010-02-k-a	Proof of Profit acc. ktb-2010-09-k-a	28.06.2010
SKR500/SKR500L	E 0015	Certificate according to the certification rules NF 441 for Domestic Solar Water Heaters for "SONNENKRAFT – COMPACT E/COMPACT E EHP & SKR500"	06.02.2013
SKR500/SKR500L	14/11-1648	Avis Technique	23.03.2012
NF CESI	E 0015	SONNENKRAFT – COMPACT E/COMPACT E EHP & SKR500	06.02.2013

Version n° 2013/03
Subject to typesetting and printing errors.
Technical changes may be made without prior notice.

SONNENKRAFT
SOLAR • ENERGY MADE BRIGHTER

Overview of available accessories

Article	Article Number	Description
TGSKR-E	141 629	Collector strap for SKR500
SKR-TH	110 047	Immersion sleeve for temperature measurement directly in the medium; 1 x per collector field
SKR-ES	110 048	2 x end caps for blanking off unused SKR connections
SKR-HV	110 050	2 x hydraulic SKR quick connectors; for the tool-free hydraulic connection
SKR-SA	110 051	1 x system connection 1" male flat seal on SKR quick connector
SKR-WA	110 052	1 x 90°, ø 18 system corner connector
SKR-EV	110 074	Air vent for SKR collector, 1 x per collector field
HVS25-EWSID	110 065	Hydraulic connection set for 25 m 2 (4 SKR-SA + connections DN20-1" female thread + 4 sealings)
SKR-RV	110 049	1 x SKR repair connector; for collector or connector replacement
BBALGK/SKR	111 826	1 pc. concrete ballast for SKR500, weight: 285 kg
Various mounting systems	Sets see price catalogue	SSPR, SSA20R, SSA45R, DBPR, DBA20R, BDPR, BDA20R, BDA45R, DBPR-H, DBPR-R, BBALSKR45, WA45-60R

Version n9: 2013/03.
Subject to typesetting and printing errors.
Technical changes may be made without prior notice.

SONNENKRAFT
SOLAR • ENERGY MADE BRIGHTER

6. Melléklet
Wilo Star STG szivattyú adattáblája

Telefon Telefax	**Kiírási szöveg**	**wilo**

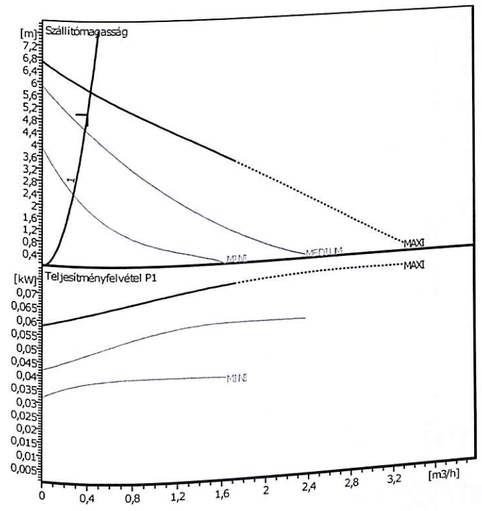
Vevo
Vevo száma
Tárgyalófél
Készítette

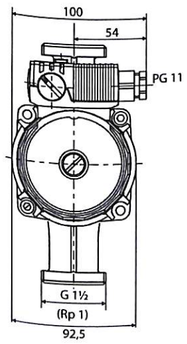
Projekt
Projekt szám
Beépítés helye
Dátum 06.01.2015

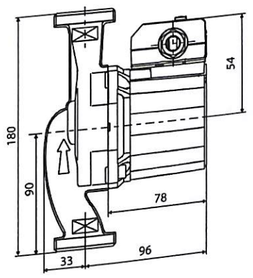
Tétel	Menny.	Leírás	Árcsoport	Egységár [HUF]	Ár [HUF]
		Telep: Standard szivattyú	-		
	1	***Standard szivattyú*** Wilo-Star-STG 25/6,5 PN10			
		Közeg : Propilénglikol 40 % Térfogatáram : 0,40 m3/h Szállítómagasság : 5,00 m Üzemi hőmérséklet (max.) : 110 °C Üzemi nyomás/Névleges nyomás : /PN10 Áramnem : 1~230V/50Hz Teljesítményfelvétel P1 (max.) : 0,035..0,070 kW Névleges fordulatszám (max.) : 2170..2707 1/min Csőcsatlakozás : Rp 1/G 1 1/2 Gyártmány : Wilo Típus : Star-STG 25/6,5 PN10 **Cikkszám** : **4050267**			

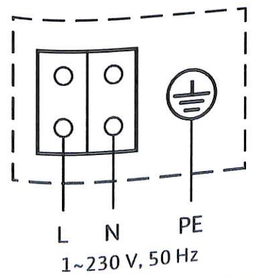
Telefon Telefax	**Star-STG 25/6,5** Telep: Standard szivattyú	wilo

Vevo	Projekt	Oldal 2 / 2
Vevo száma	Projekt szám	
Tárgyalófél	Poz. szám	Dátum 06.01.2015
Készítette	Beépítés helye	









Üzemi adatok megadása

Térfogatáram	0,4 m3/h
Szállítómagasság	5 m
Szállított közeg	Propilénglikol (40)
Közeghomérséklet	60 °C
Suruség	1,013 kg/dm3
Kinematikus viszkozitás	1,832 mm2/s
Goznyomás	0,154 bar

Szivattyú adatok

Gyártmány	WILO
Típus	Star-STG 25/6,5
Telep típusa	Egyes-szivattyú
Névleges nyomásfokozat	PN10
Min. közeghomérséklet	-10 °C
Max. közeghomérséklet	110 °C

Hidraulikus adatok (munkapont)

Térfogatáram	0,428 m3/h
Szállítómagasság	5,72 m
Teljesítményfelvétel P1	62,8 W
Fordulatszám	0 1/min

Minimálisan szükséges hozzáfolyási magasság

Homérséklet	50	95	110			°C
Minimálisan szükséges hozzáfolyási magasság	0,5	3	10			m

Szerkezeti anyagok / tömítés

Ház	EN-GJL-200- kataforézis bevonat
Járókerék	Polipropilén
Tengely	Nemesacél (X 40 Cr 13)
Csapágy	Grafit

Méretek mm

Szívóoldal	Rp 1/G 1 1/2	/ PN 10
Nyomóoldal	Rp 1/G 1 1/2	/ PN 10
Tömeg	2,5 kg	

Motoradatok

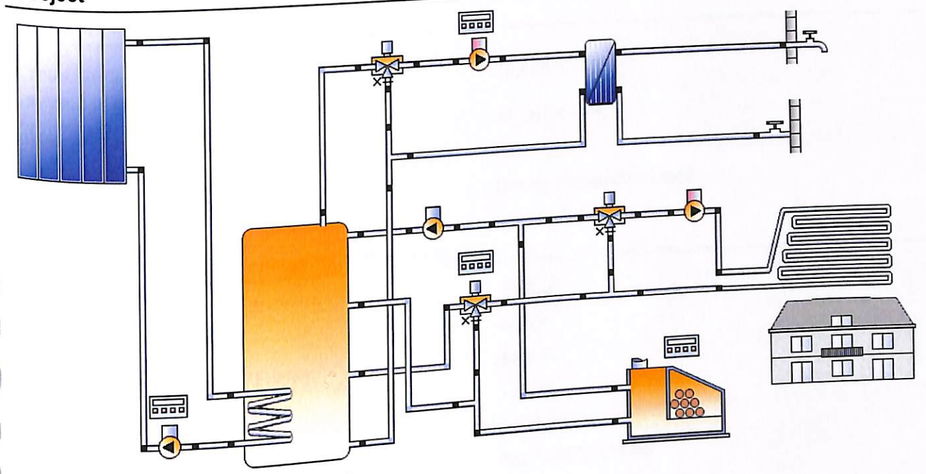
Névleges teljesítmény P2	29 W
Teljesítményfelvétel P1	70 W
Névleges fordulatszám	2707 1/min
Névleges feszültség	1~230 V, 50 Hz
Max. áramfelvétel	0,3 A
Védettség	IP 44
Megengedett feszültség-tolerancia	+/- 10 %

Az alapkivitel cikkszáma 4050267

7. Melléklet
Polysun szoftver szimulációs eredménye

Professional Report

Project — **Comfort**



Location of the system

Map section

"Current report item is not supported in this report format."

Rapperswil SG
Longitude: 8.82°
Latitude: 47.23°
Elevation: 417 m

This report has been created by:

Vela Solaris AG

Demo version

Vela Solaris AG, their distribution partners or SPF do not accept any liability for the correctness of the specifications and the results.

polysun

Professional Report

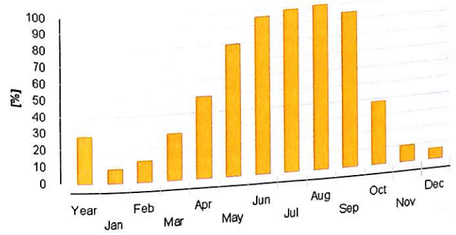
System overview (annual values)

Total fuel and/or electricity consumption of the system [Etot]	19,498.9 kWh
Total energy consumption [Quse]	16,161.9 kWh
System performance [(Quse+Einv) / (Eaux+Epar)]	0.83
Comfort demand	Energy demand covered

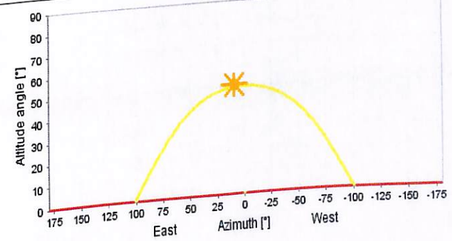
Overview solar thermal energy (annual values)

Collector area	12.8 m²
Solar fraction total	27.9%
Solar fraction hot water [SFnHw]	54.8 %
Solar fraction building [SFnBd]	12.1 %
Total annual field yield	5,038.3 kWh
Collector field yield relating to gross area	392.1 kWh/m²/Year
Collector field yield relating to aperture area	456 kWh/m²/Year
Max. fuel savings	1,612.3 kg: [Firewood]
Max. energy savings	6,717.7 kWh
Max. reduction in CO2 emissions	96.7 kg

Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn]



Horizon line



Meteorological data-Overview

Average outdoor temperature	10.1 °C
Global irradiation, annual sum	1,103.5 kWh/m²
Diffuse irradiation, annual sum	578 kWh/m²

Demo Version

Vela Solaris AG, their distribution partners or SPF do not accept any liability for the correctness of the specifications and the results.

Component overview (annual values)

Boiler	**Firewood 20kW**	
Power	kW	20
Total efficiency	%	67.1
Energy from/to the system [Qaux]	kWh	13,051.2
Fuel and electricity consumption [Eaux]	kWh	19,447.1
Fuel consumption of the back-up boiler [Baux]	kg	4,667.3
Energy savings solar thermal	kWh	6,717.7
CO2 savings solar thermal	kg	96.7
Fuel savings solar thermal	kg	1,612.3
Collector	**SK500N**	
Data Source		Arsenal
Number of collectors		5
Number of arrays		1
Total gross area	m²	12.85
Total aperture area	m²	11.05
Total absorber area	m²	11.05
Tilt angle (hor.=0°, vert.=90°)	°	45
Orientation (E=+90°, S=0°, W=-90°)	°	0
Collector field yield [Qsol]	kWh	5,038.3
Irradiation onto collector area [Esol]	kWh	13,659.6
Collector efficiency [Qsol / Esol]	%	36.9
Direct irradiation after IAM	kWh	6,894.1
Diffuse irradiation after IAM	kWh	5,997.1
Building	**Single family house, low-energy building**	
Heated/air-conditioned living area	m²	200
Heating setpoint temperature	°C	19
Heating energy demand excluding DHW [Qdem]	kWh	11,342.1
Specific heating energy demand excluding DHW [Qdem]	kWh/m²	56.7
Solar gain through windows	kWh	11,355.4
Total energy losses	kWh	28,638

Demo Version

Vela Solaris AG, their distribution partners or SPF do not accept any liability for the correctness of the specifications and the results.

Heating element	**Floor heating**	
Number of heating/cooling modules	-	12
Power per heating element under standard conditions	W	1,000
Nominal inlet temperature	°C	35
Nominal return temperature	°C	25
Net energy from/to heating/cooling modules	kWh	11,326.3
Hot water demand	**Daily peaks**	
Volume withdrawal/daily consumption	l/d	251
Temperature setting	°C	50
Energy demand [Qdem]	kWh	4,249.6
External heat exchanger FWM heat exchanger	**medium**	
Transfer capacity	W/K	10,000
Pump Solar pump	**Eco, medium**	
Circuit pressure drop	bar	0.075
Flow rate	l/h	386.8
Fuel and electricity consumption [Epar]	kWh	26.7
Pump Heating loop pump	**Eco, medium**	
Circuit pressure drop	bar	0.053
Flow rate	l/h	1,032
Fuel and electricity consumption [Epar]	kWh	14.5
Pump FWM pump	**Eco, medium**	
Circuit pressure drop	bar	0.003
Flow rate	l/h	400
Fuel and electricity consumption [Epar]	kWh	4.6
Pump Feedwater pump	**Eco, small**	
Circuit pressure drop	bar	0.055
Flow rate	l/h	2,000
Fuel and electricity consumption [Epar]	kWh	6.1

Demo version

Vela Solaris AG, their distribution partners or SPF do not accept any liability for the correctness of the specifications and the results.

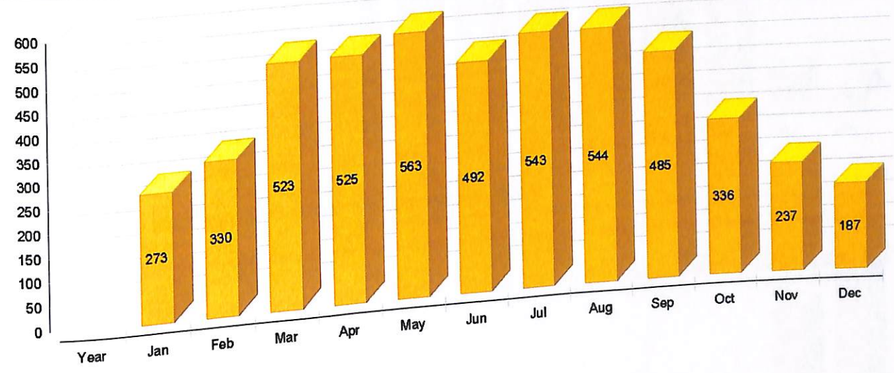
Storage tank Buffer tank	PSR1000E	
Volume	l	1,000
Height	m	1.79
Material		Steel
Insulation		Rigid PU foam
Thickness of insulation	mm	100
Heat loss	kWh	530.8
Connection losses	kWh	312.1

Loop

Solar loop		Propylene mixture
Fluid mixture	%	40
Fluid concentration	l	31.3
Fluid domains volume	bar	4
Pressure on top of the circuit		

Solar thermal energy to the system [Qsol]

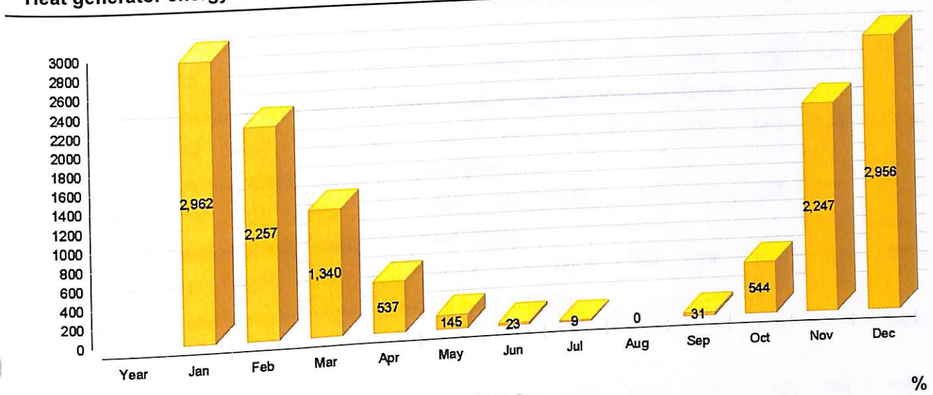
kWh



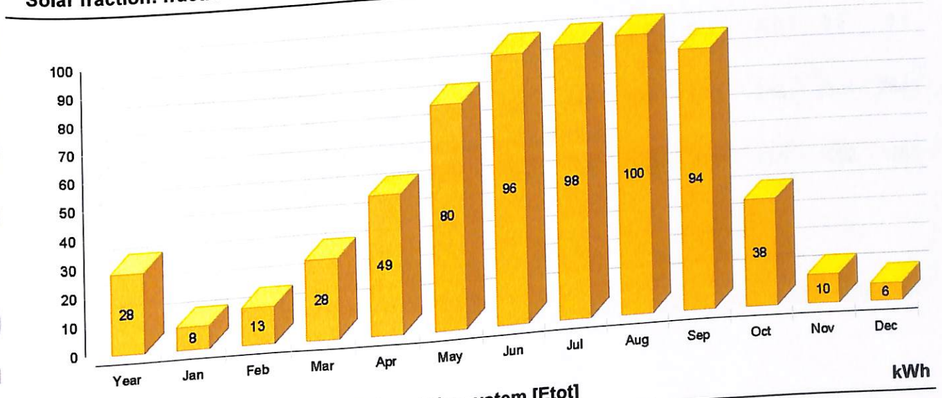
polysun

Vela Solaris AG, their distribution partners or SPF do not accept any liability for the correctness of the specifications and the results.

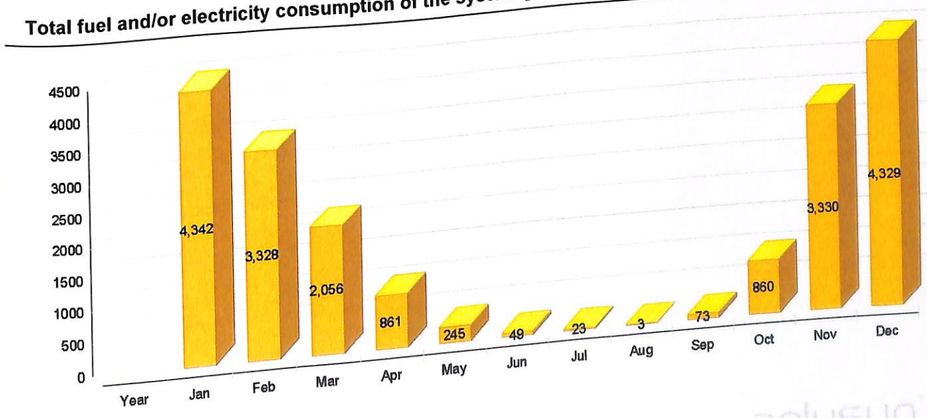
Heat generator energy to the system (solar thermal energy not included) [Qaux] kWh



Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn] %



Total fuel and/or electricity consumption of the system [Etot] kWh



polysun

Vela Solaris AG, their distribution partners or SPF do not accept any liability for the correctness of the specifications and the results.

Demo version

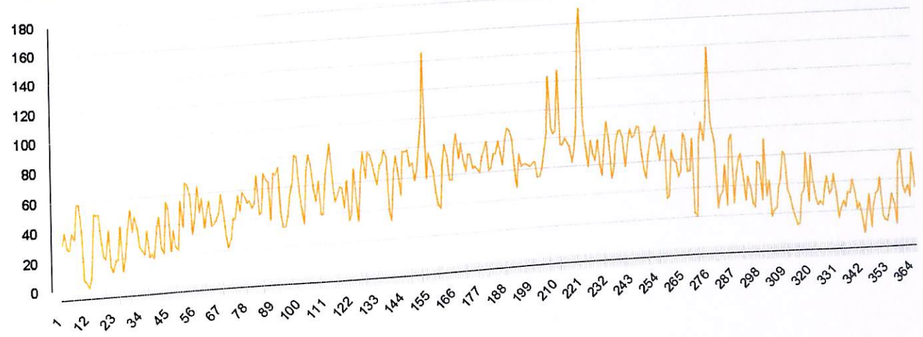
	Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Solar thermal energy to the system [Qsol]													
kWh	5038	273	330	523	525	563	492	543	544	485	336	237	187
Heat generator energy to the system (solar thermal energy not included) [Qaux]													
kWh	13051	2962	2257	1340	537	145	23	9	0	31	544	2247	2956
Heat generator fuel and electricity consumption [Eaux]													
kWh	19447	4335	3322	2051	857	241	47	20	0	70	857	3324	4323
Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn]													
%	27.9	8.5	12.7	28.1	49.5	79.6	95.5	98.4	100	94	38.2	9.5	5.9
Total fuel and/or electricity consumption of the system [Etot]													
kWh	19499	4342	3328	2056	861	245	49	23	3	73	860	3330	4329
Irradiation onto collector area [Esol]													
kWh	13660	629	797	1226	1397	1548	1508	1656	1612	1316	942	569	459
Electricity consumption of pumps [Epar]													
kWh	51.9	6.9	5.9	5.6	4.1	3.4	2.8	3.1	2.8	2.7	2.8	5.3	6.4
Total energy consumption [Quse]													
kWh	16162	3037	2410	1676	919	539	393	389	389	373	784	2304	2949
Heat loss to indoor room (including heat generator losses) [Qint]													
kWh	8391	1576	1243	891	477	244	169	168	161	176	458	1262	1565

Demo Version

Vela Solaris AG, their distribution partners or SPF do not accept any liability for the correctness of the specifications and the results.

Collector

Daily maximum temperature [°C]

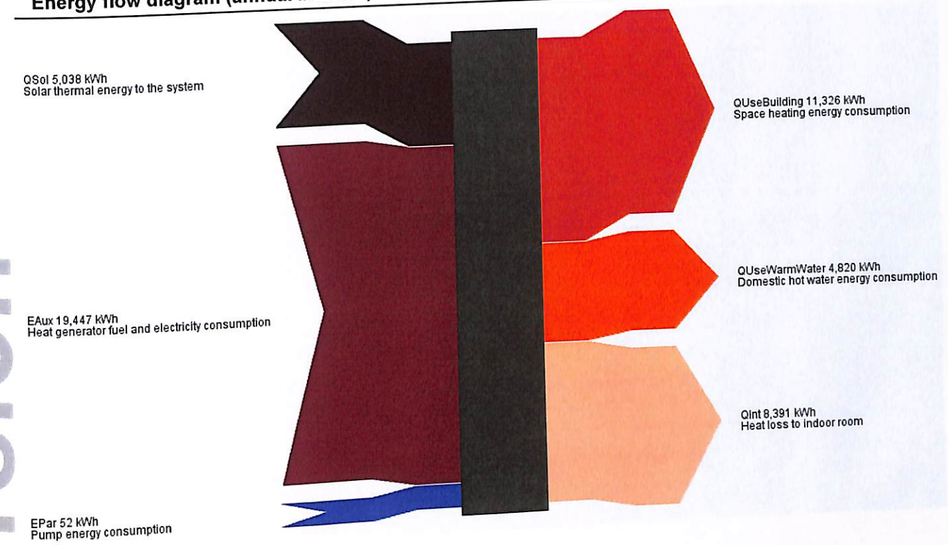


polysun

Vela Solaris AG, their distribution partners or SPF do not accept any liability for the correctness of the specifications and the results.

Demo version

Energy flow diagram (annual balance)



Demo Version

Vela Solaris AG, their distribution partners or SPF do not accept any liability for the correctness of the specifications and the results.