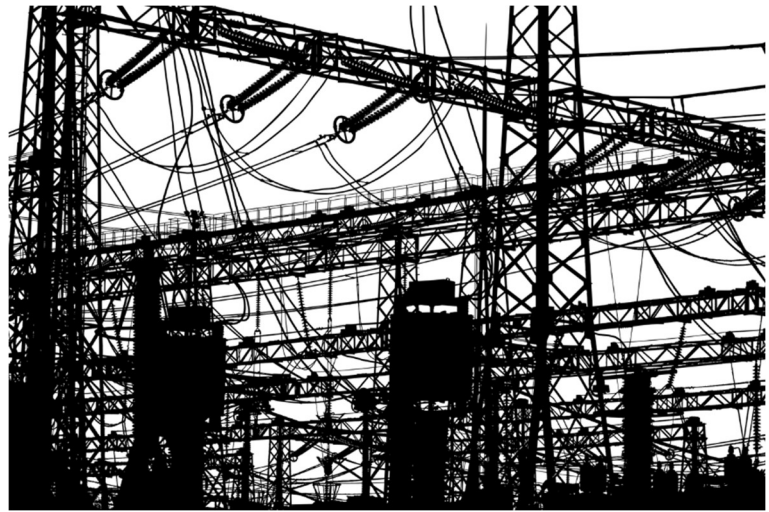




Energetikai alapismeretek



**Felkészülési segédlet az MMK energetikai
szakterületi beszámoló vizsgájára**



Előszó

Jelen felkészülési segédlet a Magyar Mérnöki Kamara energetikai szakterületi beszámoló vizsgájához íródott. Energetikai szakterületen a beszámoló vizsga egységes, vagyis nincsen szakterületekre bontva. E jegyzet mind az atomenergetikai (A), mind a hőenergetikai (HÖ), mind a megújuló (ME), mind a villamos (VI) részsakterület egységes vizsgájához nyújt vizsgafelkészülési segédletet.

Ezen írásmű egy általános energetikai szakmai vizsgafelkészülést segítő segédanyag. Hangsúlyozzuk az irat általános jellegét. Nem célja a jegyzetnek, hogy szakmai segédletként, tudományos mélységben mutassa be egyes szakterületeket. Azon kollégák, akik a Magyar Mérnöki Kamaránál jogosultsági és beszámoló vizsgát kívánnak tenni szakmagyakorló mérnökök, a mindennapi tevékenységük során tervezői, szakértői, felelős műszaki vezetői vagy műszaki ellenőri tevékenységet végeznek. Nyilván aki – például - hulladékégető erőművek tervezésével foglalkozik, az a hulladékégetés szakterületén mélyebb ismeretekkel rendelkezik, mint amit jelen jegyzet az említett szakterületen közöl.

A beszámoló vizsga során nem elvárás minden egyes szakterület alapos és mély ismerete. Mivel jelen segédlet a vizsgafelkészülést hivatott segíteni, a sikeres vizsga letételéhez nyújt elégséges és elegendő ismeretanyagot.

A fenti szellemben az írásmű célja, hogy olvasmányos jelleggel, könnyen feldolgozható és értelmezhető tananyagot biztosítson a vizsgára felkészülő kollégáknak. Az energetika rendkívül összetett tudomány. Nem várható el – és a vizsga sem várja el -, hogy minden egyes részsakterület alapos ismerői legyenek a vizsgázók. Viszont egy mérnökkamarai jogosultsággal rendelkező mérnöktől elvárható, hogy átfogó képe legyen a legalapvetőbb energetikai kérdésekről, mind a nukleáris, a klasszikus hőenergetikai, a megújuló és a villamos energetikai részsakterületen.

A segédlet szoros eleme a **„felkészülést segítő kérdésbank”**. E kérdésbank, jelen jegyzet 11. fejezetében (is) megtalálható, de külön dokumentumban - a Magyar Mérnöki Kamara honlapján – is elérhető. Kiemeljük azt, hogy a kérdésbank a sikeres beszámoló vizsgára való felkészülést segíti, de annak megoldása, a kérdésekre való válaszadás nem helyettesíti az alapos felkészülést. A beszámoló vizsgán feltett kérdésekre, jelen – tananyagként szolgáló – segédletben megtalálhatóak a válaszok, egyéb források olvasása ajánlott (hiszen így tudásunkat bővíthetjük, mélyíthetjük), de a sikeres vizsgához nem szükséges. Azonban felhívjuk arra a



figyelmet, hogy a kérdésbankban szereplő kérdéseken túl, más kérdések is szerepelhetnek a vizsgán, ezért ajánljuk a kérdésbank kérdéseit „csak” felkészülést segítő kérdéseknek.

A segédlet margóján egy kérdőjel piktogramot és a bal alsó indexében egy számot találhatnak. Ez a jel a felkészülést segítő kérdésbankban található kérdésekre adandó helyes válasz helyét mutatja a szövegben. Vagyis arra hívja fel a kollégák figyelmét, hogy a kérdésbank kérdéseire, hol találják meg a helyes választ a segédletben, segítve így is az alapos tanulást. A kérdőjel mellett található szám, pedig a kérdésbankban szereplő kérdés számát jelöli. Tehát a kérdésbank 1-es kérdésére adandó választ, a kérdőjel mellett található 1-es szám jelzi.

A kollégák sikeres vizsgájának érdekében a fontosabb meghatározásokat, definíciókat külön fejezetbe gyűjtöttük, mely e segédlet 10. fejezetében található.

A beszámoló vizsgán mindig három megoldás közül kell kiválasztani a helyes választ, és a három megoldás közül, minden esetben csak egyetlen jó válasz található.

A fenti gondolatok tükrében kívánnak a lektorok és a szerző hasznos időtöltést és sikeres vizsgafelkészülést a tisztelt kollégáiknak!

A segédletet készítette: Molnár Szabolcs

A segédletet lektorálta: Metzinger József, Orbán Tibor és Dr. Varjú György

*A címlapon található képek forrásai: <https://pixabay.com/hu/vectors/power-station-power-plant-4139902/>,
<https://pixabay.com/hu/photos/t%C3%A1vf%C5%B1t%C3%A9s-energia-f%C5%B1t%C3%A9s-k%C3%B6ts%C3%A9gek-749208/>,*

letöltés dátuma: 2020. december 11.



TARTALOMJEGYZÉK

Tartalomjegyzék.....	3
Ábrajegyzék	5
Táblázatjegyzék.....	7
Képjegyzék.....	8
<i>1. Energetikai alapfogalmak.....</i>	<i>10</i>
1.1. Az energetika helye	10
1.2. Energetikai alapfogalmak	12
1.2.1. Tüzelőanyagok energiája.....	13
1.2.2. Hőenergia	14
1.2.3. Mechanikai munka	15
1.2.4. Villamos energia.....	17
1.2.5. Hatásfok.....	17
1.3. Energiaátalakítás.....	18
1.4. Természeti erőforrások csoportosítása	21
1.5. Primer és szekunder energiahordozók.....	24
1.6. Energiaellátás.....	25
1.7. Az energiaipar.....	26
1.8. Helyes készletgazdálkodás	30
1.8.1. Az ember és az energetikai környezet.....	30
1.8.2. Szennyezési folyamat	31
1.8.3. Napjaink és jövőképünk	33
<i>2. Fosszilis és megújuló energiahordozók.....</i>	<i>34</i>
2.1. A kőszén	34
2.1.1. A kőszén keletkezése.....	35
2.1.2. A szénfajták.....	37



2.1.3. A kőszén kitermelési lehetőségei	38
2.2. Kőolaj és földgáz	39
2.2.1. A kőolaj és földgáz keletkezése	39
2.2.2. A kőolaj és földgáz fajtái.....	41
2.2.3. A kőolaj és földgáz kitermelése	43
2.3. Energiaszolgáltatás, vezetékes energiaellátás.....	43
2.3.1. Földgázzolgáltatás.....	45
2.3.2. Villamosenergia-ellátás	49
2.3.3. Távhőszolgáltatás	53
2.3.4. A települések vezetékes energiaellátása	59
2.4. Atomenergia	60
2.4.1. Az atomenergia felhasználása	64
2.4.2. A nukleáris energiahordozók.....	65
2.4.3. Energiaátalakítás atomerőművekben.....	66
2.5. Megújuló energiaforrások.....	69
2.5.1. Vízenenergia.....	70
2.5.2. Szélenergia	71
2.5.3. Napenergia.....	73
2.5.4. Geotermikus energia.....	75
2.5.5. Bioenergia.....	76
2.5.6. A hulladékok energetikai hasznosítási lehetőségei	79
3. Erőművi főberendezések	79
4. Közvetlen energiatermelés	83
4.1. Közvetlen hőtermelés, fűtőművek	83
4.2. Közvetlen villamosenergia-termelés	88
5. Kapcsolt energiatermelés	92
5.1. Ellennyomású erőművek	92
5.2. Hőkiadás kondenzációs gőzerőműből	93
5.3. Gázturbinás és gázmotoros fűtőegységek.....	95
5.4. Kombinált gáz/gőzkezegű fűtőerőművek.....	96



5.5. Hőszivattyús hőtermelés.....	98
5.6. Kapcsolt villamosenergia- és fűtési/hűtési hőtermelés.....	99
6. Villamos energetika.....	101
6.1. A villamosenergia-ellátás áramköre	101
6.2. A villamosenergia-ellátás áramneme.....	103
6.3. A villamosenergia-rendszer feszültség szintjei	106
6.4. Hálózati feszültség szintek	107
6.5. A villamosenergia-ellátás követelményei.....	109
7. Energiagazdálkodás.....	112
7.1. Veszteségfeltárás, takarékoság.....	112
7.2. Energiamérleg.....	113
7.3. Az energetika és a fenntartható fejlődés.....	116
8. Szakmagyakorlás.....	118
9. Felhasznált források	128
10. Fogalomtár	132
11. Felkészülést segítő kérdésbank	136

ÁBRAJEGYZÉK

1-1. ábra. Az energetika, a gazdaság/társadalom és a környezet halmazai [4].....	11
1-2. ábra. Hőátadás falon stacioner esetben [73].....	15
1-3. ábra. Hőtranszport folyamat kockaelemben, térben és síkban [73]	15
1-4. ábra. Másod-tüzelőanyag kinyerésére irányuló eljárás technikai minta folyamat [75] .	21
1-5. ábra. Az energiaellátás folyamatábrája [4].....	25
1-6. ábra. Az energiaipar struktúrája [4]	26
1-7. ábra. Az energiaellátás mérlege [4].....	28
1-8. ábra. A környezetszennyezés idővonala	31
1-9. ábra. A szennyezési lánc [3].....	32
1-10. ábra. A világ primerenergia-felhasználásának alakulása [15].....	33
2-1. ábra. A szénülés folyamata [29].....	36



2-2. ábra. Az elsődleges és másodlagos migráció elvi vázlata [76].....	41
2-3. ábra. A hazai földgázipar jelenlegi működési modellje [62]	45
2-4. ábra. A földalatti gáztárolás sémája [70].....	47
2-5. ábra. A zsanai földgáztároló földalatti tárolótelepe [46].....	48
2-6. ábra. A villamosenergia-ellátás működési modellje – fizikai áramlás [63]	50
2-7. ábra. A villamosenergia-ellátás működési modellje – pénzügyi áramlás [63].....	50
2-8. ábra. Kötcsöves, közvetett csatlakozású forróvizes távhőrendszer rendszerstruktúrája [4]	53
2-9. ábra. Állandó tömegáramú távhőrendszer [4].....	55
2-10. ábra. Változó tömegáramú távhőrendszer [4]	56
2-11. ábra. A központi és egyedi kibocsátás összevetése [67]	57
2-12. ábra. Sugas (bal) és a hurkolt (jobb) elosztóhálózat [4].....	58
2-13. ábra. Távhőrendszer gerincvezetékkel [4]	59
2-14. ábra. Távolsági hőellátás [4]	59
2-15. ábra. A fission és a fúzió folyamata [52].....	61
2-16. ábra. A maghasadás (fission) láncreakciót indít el [36]	62
2-17. ábra. A Stagg Field-i reaktor rajza (1942) [48].....	64
2-18. ábra. Egy-, két- és háromkörös, illetve a vegyes körfolyamatú atomerőmű [4]	67
2-19. ábra. A VVER-440 atomreaktorhoz kapcsolódó kondenzációs gőzerőműegység [4] 69	
2-20. ábra. Hullámerőmű működési vázlata [21]	71
2-21. ábra. A Nap sugárzása [26]	73
4-1. ábra. A fluidágyas tüzelés alaptípusai 129[4]	85
4-2. ábra. Lángcsöves nagyvízterű gőzkazán sematikus ábrája [4].....	86
4-3. ábra. A reverzibilis Rankine-körfolyamat és a körfolyamat T-s diagramja [4]	88
4-4. ábra. Nagynyomású kondenzációs gőzerőmű tipikus kapcsolása [4]	89
4-5. ábra. Nyitott körfolyamatú belső tüzelésű és zárt körfolyamatú külső hevítésű gázturbina tipikus sémái [4]	91
4-6. ábra. Hőhasznosító kondenzációs gáz/gőzerőmű [4]	91
5-1. ábra. Az ellennyomású erőmű általános sémája [4].....	93
5-2. ábra. Hőkiadás kondenzációs gőzerőműből [4]	94
5-3. ábra. Többfokozatú részleges hőkiadás kondenzációs erőműből [4].....	95



5-4. ábra. Gázmotoros fűtőegység [4]	95
5-5. ábra. Gőz- és gázturbinás fűtőegység összekapcsolása a távhőrendszerben [4].....	97
5-6. ábra. Hőszolgáltató gáz/gőzerőmű ellennyomású fűtőturbinával és kondenzációs fűtőturbinával [4].....	98
5-7. ábra. Villamos hajtású és gázmotoros hőszivattyú [4].....	99
5-8. ábra. Távfűtés és távhűtés gázmotor hajtású kompresszoros hőszivattyúból.	100
6-1. ábra. A soros áramköri kialakítású ellátó rendszer [69].....	101
6-2. ábra. Párhuzamos áramköri kialakítású ellátó rendszer [69]	102
6-3. ábra. Sugaras hálózat és gyűrűs hálózat [53]	104
6-4. ábra. Íves hálózat és a körvezeték [32]	105
6-5. ábra. Hurkolt hálózat [53]	106
6-6. ábra. A hazai VER transzformációi 750 kV - 120 kV [68].....	107
6-7. ábra. A hazai VER transzformációi 120 kV – 0,4 kV [68].....	108
6-8. ábra. Névleges feszültség szintek a hazai VER-ben [68].....	109
6-9. ábra. A magyar VER sematikus felépítése [51].....	111
7-1. ábra. Építmények energiamérlege [77]	115

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1-1. táblázat. Néhány tüzelőanyag égéshője és fűtőértéke [10]	14
1-2. táblázat. Az energiaátalakítás lehetőségei [49]	18
1-3. táblázat. A természeti erőforrások csoportosítása [64]	22
1-4. táblázat. Néhány fém előállításának energiaigénye [75].....	23
2-1. táblázat. A földgáz tipikus összetétele [41].....	42
2-2. táblázat. A hazai VER legfontosabb szereplői	52
2-3. táblázat. A biomasszák csoportosítása [7]	76
2-4. táblázat. Hulladékok energetikai hasznosításainak eljárásai [11]	79
6-1. táblázat. A magyar VER névleges feszültség szintjei	106
6-2. táblázat. Erőátviteli transzformátorok névleges teljesítményei	107
6-3. táblázat. Magyarországon előírt feszültség határok nagyfeszültségű hálózatra.....	110



8-1. táblázat. A településtervezési szakmagyakorlási jogosultságokhoz szükséges képesítési követelmények, szakmai gyakorlati idők, továbbá feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni [60].....	121
8-2. táblázat. Az építészeti-műszaki tervezés szakmagyakorlási jogosultságokhoz szükséges képesítési követelmények, szakmai gyakorlati idők, továbbá feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni [60].....	122
8-3. táblázat. A településrendezési szakértés szakmagyakorlási jogosultságokhoz szükséges képesítési követelmények, szakmai gyakorlati idők, továbbá feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni [60].....	123
8-4. táblázat. Az építésügyi műszaki szakértés szakmagyakorlási jogosultságokhoz szükséges képesítési követelmények, szakmai gyakorlati idők, továbbá feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni [60]	124
8-5. táblázat. Az építési műszaki ellenőrzés szakmagyakorlási jogosultságokhoz szükséges képesítési követelmények, szakmai gyakorlati idők, továbbá feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni [60].....	125
8-6. táblázat. A felelős műszaki vezetés szakmagyakorlási jogosultságokhoz szükséges képesítési követelmények, szakmai gyakorlati idők, továbbá feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni [60].....	126

KÉPJEGYZÉK

1-1. kép. James P. Joule [56].....	16
1-2. kép. Biopellet és hulladékból előállított másod-tüzelőanyag [74].....	20
1-3. kép. Üveggyártás [22] [23]	23
2-1. kép. Tőzeg, felismerhető növényi részekkel [33]	35
2-2. kép. Antracit, barnakőszén és lignit [39] [25] [30]	38
2-3. kép. Külszíni fejtés Visontán [44].....	39
2-4. kép. Bentosz formák [37].....	40
2-5. kép. Hagyományos himbás „kút” [34].....	43
2-6. kép. Szilárd Leó és Wigner Jenő [47] [45]	62
2-7. kép. Az uránérc [40].....	65



2-8. kép. Szélturbina szárnylapátai [27]	72
2-9. kép. Szilárd pelletizált biomassza [55].....	78
3-1. kép. A Paksi Atomerőmű turbina csarnoka, előtérben a turbinával [28]	81
3-2. kép. Turbina lapátsor [19]	82
3-3. kép. Heller–Forgó-féle hűtőtorony a franciaországi Tricastin atomerőművében [42]..	82
4-1. kép. Sajószögedi erőmű látképe [32]	90
6-1. kép. Villamos alállomás [31]	111
7-1. kép. Homlokzati hőszigetelés [18].....	114
7-2. kép. Donella és Dennis Meadows, illetve Herman Daly [17] [38] [54].....	117



1. ENERGETIKAI ALAPFOGALMAK

A mai modern civilizált világban elképzelhetetlen az élet energiefelhasználás nélkül. Hatalmas mennyiségű és megfelelő minőségű energiára van szükségünk, felhasználása mindennapi életünk részévé vált.

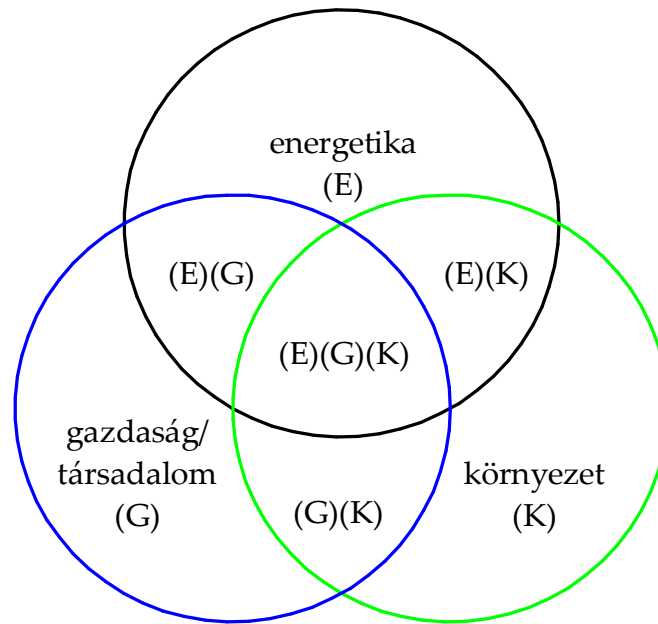
Használjuk a közlekedésben, a fűtési rendszerek üzemeltetéséhez, a világításhoz, az épületgépészeti berendezéseink működtetéséhez, de az étkezések során elfogyasztott táplálékkal is energiát veszünk magunkhoz, napjaink egyik legfontosabb erőforrásává vált. Rendelkezésre állását természetesnek vesszük. A kellő mennyiségben, minőségben és a lehető legalacsonyabb áron előállított energia a nemzetek gazdaságának alapvető feltétele, mind a világgazdaságra, mind a globális klímaváltozásra gyakorolt hatása is kiemelkedően fontos.

A Földünk energiahordozó készletei végesek. A jelen és a jövő energetikai szakembereinek kiemelten fontos feladata a fenntartható fejlődésnek a biztosítása. Ez csak úgy érhető el, ha az energia termelését, szállítását (és elosztását), illetve felhasználását szoros kapcsolatban tartjuk a környezetünkkel.

1.1. Az energetika helye

Mit is jelent az, hogy energetika? Az energetika definícióját rendkívül nehéz megfogalmazni. Talán klasszikus fogalom meghatározás az energetikára, hogy a „hő- és villamos energia előállításával foglalkozó tudományág”. Azonban a mai korban az energetika ennél sokkal átfogóbb diszciplína. Napjainkban az energetikáról – például - környezetvédelmi vonatkozások nélkül nem lehet beszélni. A gazdasági kérdések szintén minden esetben szoros kapcsolatban állnak az energetika tudományával. Belátható, hogy számos tudományterület – közvetlenül vagy közvetve – részét képezi az energetikának.

Ahogy az energetika definíciója is tág határok között értelmezhető, ugyanúgy az energetika feladata sem szorítható szoros határok közé. A nemzetgazdaság és annak részét képező városok, falvak, az ipari és a mezőgazdasági üzemek, az intézmények és a lakosság biztonságos, gazdaságos és környezetbarát energiaellátása mind az energetika feladatát képezik.



1-1. ábra. Az energetika, a gazdaság/társadalom és a környezet halmazai [4]

Az energetika részterületének összetettségét az előbbi ábra mutatja (1-1. ábra). (Természetesen számos tárgyalási mód létezik, a nevezett ábrán található felosztás csak egy vetületét mutatja be a számos változatnak.)

Az energetika halmaz elemeibe tartoznak az olyan energetikai kérdések, amelyeknek sem gazdasági/társadalmi, sem természeti környezeti vonatkozása nincs. Ilyenek az energetika szűkebb értelemben vett műszaki és tudományos kérdései.

Az (E)(G) részhalmazban az energetika és a gazdaság/társadalom halmazok közös elemei vannak. Ezek jelentik az energetika gazdasági és társadalmi hatásait, illetve a gazdaság és energia kapcsolatait.

Az (E)(K) részhalmaz az energetika és a természeti környezet közös elemeit tartalmazza. Ebben a körben tárgyalhatjuk az energetika környezeti hatásait, melyek szinte soha nem hagyhatók figyelmen kívül [4].

Az (E)(G)(K) részhalmaz nyújtja az energetika legtágabb tárgyalásmódját. Ebben a kiterjedt értelmezésben az energetikát gazdasági/társadalmi és környezeti összefüggéseivel együtt tanulmányozhatjuk. Ezt a tárgyalási módot „rendszer szemléletű” vizsgálati módnak is nevezhetjük. A könnyebb megértés végett lássunk egy egyszerű példát:

Az épületeket – ahol élünk – és épületeink helyiségeit, szerkezeteit mind kívülről a külső környezet felől, mind belülről a belső zárt terek részéről különböző *hatások* érik. A hatásokat lehet ugyan csoportosítani, mint például hő-, nedvesség-, vagy fényhatások, azonban



véleményem szerint az épületfizikai, épületenergetikai szemlélet ezt nem kívánja meg. A hatásokat *rendszer szemléletben* kell kezelnünk. Nem érdemes őket egymástól elkülönülve tárgyalni, hanem komplex szemlélet szerint kell vizsgáljuk. Az egy időben fellépő valamennyi hatást egyszerre szükséges elemezzük. Gondoljunk csak bele, hogy a nagyméretű üvegfelületek megválasztása a helyiségek természetes megvilágítása szempontjából igen előnyös, hiszen így biztosítani tudjuk a Nap fényének a helyiségbe történő nagymértékű bejutását. Azonban azt is könnyen beláthatjuk, hogy a nyári túlmelegedés kockázatát ezzel jelentősen megnöveljük. A létesítményeknek „működniük” is kell, azokat üzemeltetni is szükséges, ezért nem megengedhető, hogy a nyári túlmelegedés kockázatát a nem megengedhető mértékűre hagyjuk és a komfortigényeinket – a hűvös belső tereinkre való igényt – villamos energiát felhasználó mesterséges hűtőgépekkel (hétköznapi szóhasználatban „klímaberendezésekkel”) elégítsük ki.

Az épületek energetikájának vonatkozásában, az energetikai rendszer szemléletben való gondolkodással az alábbi célt tűzhetjük ki: az (épület)energetikai tervezés során egyrészt az is nagyon fontos feladat, hogy az épület a használata során az eredeti állagukat minél hosszabb ideig megőrizze. Másrészt az is kiemelt feladat, hogy a helyiségek funkciójuktól függően, a hőérzeti és egyéb komfort követelményeket biztosítsák és az üzemeltetés optimális legyen mind műszaki, mind gazdasági szempontból.

1.2. Energetikai alapfogalmak

Napjainkban az energia felhasználása nemcsak hazánkban, de a világ számos országában is nagyon magas. Egy adat kiválóan rámutat energiafogyasztásunk határtalan növekedésére: a neolitikum elején élt ember becslések szerint naponta csupán *3500 kcal (14,65 MJ)* energiát használt fel, az iparilag fejlett országok állampolgárainak energiafelhasználása ma naponta több mint *250 000 kcal-ra (1047 MJ)* növekedett [8].

Az energia felhasználói az energiafogyasztók többféle formában igénylik az energiát. Az energiaátalakítók az energiát az egyik fajtából a másikba alakítják át. Az energiaátalakításban leginkább a következő energiatípusok jelennek meg, melyeket a könnyebb megértés végett definiálnunk szükséges:

- tüzelőanyagok energiája,
- hőenergia,
- mechanikai energia,
- villamos energia.



1.2.1. TÜZELŐANYAGOK ENERGIÁJA

Az energiaellátásban hasznosított energiák jelentős részét tüzelőanyagok felhasználásával fedezzük. A fosszilis és nukleáris tüzelőanyagok kötött energiát hordoznak magukban, melyeket kémiai, illetve nukleáris reakciókkal alakítjuk át hővé. Az energia felszabadítására irányuló leggyakoribb kémiai reakció az égetés.

1?

A felhasznált tüzelőanyag tüzelőhőjét általában a

$$Q_{\dot{U}} = m_{\dot{u}} \cdot h_{\dot{u}} \quad (1.)$$

formában fejezzük ki ahol,

$Q_{\dot{U}}$ – a tüzelőhő $[J]$,

$m_{\dot{u}}$ – a felhasznált tüzelőanyag tömege $[kg]$,

$h_{\dot{u}}$ – a tüzelőanyag fűtőértéke (fosszilis tüzelőanyagnál) $[J/kg]$, vagy a nukleáris üzemanyag
kiegési szintje $[MWnap/t]$.

2?

Itt kell definiálnunk két fontos energetikai fogalmat: a *fűtőérték* és az *égéshő* meghatározását.

Egy tüzelőanyag fűtőértéke az a hőmennyiség, amely egységnyi tüzelőanyagból kinyerhető olyankor, ha a füstgázzal együtt távozó víz, gőz halmazállapotban hagyja el a berendezést. Kiszámítása egyszerűsítve történhet úgy, hogy az anyag égéshőjéből kivonjuk a gőzként távozó vízmennyiség párolgáshőjét [2].

Az égéshő pedig az a fajlagos hőmennyiség, amely egy kilogramm tüzelőanyagból összesen felszabadul, ha az égéstermékeket a kiindulási hőmérsékletre hűtjük vissza, vagyis a füstgázzal együtt távozó víz cseppfolyós halmazállapotban van jelen. Mind a fűtőérték, mind pedig az égéshő mértékegysége $[J/kg]$, azonban az égéshő értéke mindig magasabb a fűtőértéknél, mert az égetési reakció során visszamaradó víz halmazállapotának különbségéből adódóan az égéshőnél még kinyerjük a kondenzáció során felszabaduló hőmennyiséget.

3?

4?

Laborkörülmények között az égéshőt könnyebb megmérni, ezért ha a laborfeltételek adottak, akkor a fűtőértéket általában az égéshőből számolják.



1-1. táblázat. Néhány tüzelőanyag égéshője és fűtőértéke [10]

tüzelőanyag	égéshő [MJ/kg]	fűtőérték [MJ/kg]
<i>hidrogén</i>	141,80	119,96
<i>metán</i>	55,50	50,00
<i>propán</i>	50,35	46,35
<i>bután</i>	49,50	45,75

1.2.2. HŐENERGIA

A hőenergia kifejezés általánosan használatos megnevezés, azonban szigorúan nézve nem helyesen alkalmazzuk. A hő ugyanis se nem energiafajta, se nem állapotjelző. Definiálva a *hő* a hőmérsékleteloszlás inhomogenitására létrejövő transzportmennyiség.

Első olvasatra talán bonyolult megérteni a hő fogalmát, ezért bővebb magyarázatot adunk hozzá.

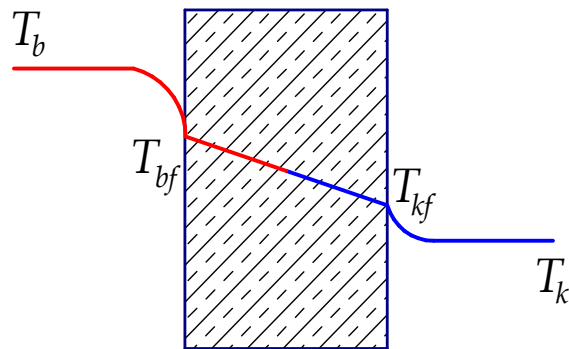
A világon minden áramlás potenciálkülönbség hatására jön létre. Az áramlások hajtóerejeként szolgál a kialakuló potenciálkülönbség. Maga a potenciál lehet nyomás, hőmérséklet, feszültség stb., ezáltal amennyiben két pont között alakul ki, beszélhetünk nyomáskülönbségről, hőmérsékletkülönbségről, illetve feszültségkülönbségről. Ezen gondolatmenetből kiindulva, ha például egy csővezetéki rendszer két pontja között eltérő nyomás uralkodik, akkor a két pont között nyomáskülönbségről beszélhetünk. A kialakuló nyomáskülönbség hatására a potenciálkülönbség miatt a csővezetékben a közeg áramolni fog.

Hőmérsékleti példát nézve: két eltérő hőmérsékletű pont között hőmérséklet áramlás fog megindulni. Az alábbi ábrán egy klasszikus példát láthatunk a sík falon történő hőátadásra (stacioner esetben¹), mely a hőmérséklet különbség hatására fog megindulni (1-2. ábra). A T_b a belső hőmérsékletet, a T_{bf} a belső felületi hőmérsékletet, a T_{kf} a külső felületi hőmérsékletet, míg a T_k a külső tér hőmérsékletét jelöli. Belátható, hogy a téli időszakban az alacsonyabb külső hőmérséklet hatására hőenergia áramlás fog megindulni a melegebb belső térből. A belső tereinkben – a kültéri alacsonyabb hőmérséklethez képest – magasabb hőmérsékletet tartunk, tehát hőmérsékleti inhomogenitás alakul ki. A kültéri és a beltéri hőmérséklet különbség hatására (potenciál különbség) hőtranszport folyamat indul meg, melyet egy idealizált

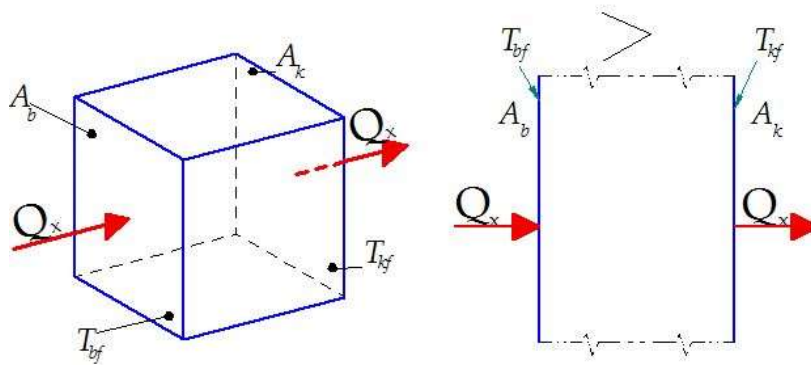
¹ Stacioner=időben állandó, állandósult állapot.



kockamodellen láthatunk az alábbi ábrán, ahol a Q_x az x irányú hő transzport mennyiségét jelöli (1-3. ábra).



1-2. ábra. Hőátadás falon stacioner esetben [73]
(T_b a belső hőmérséklete, T_{bf} a belső felület hőmérséklete,
 T_{kf} a külső felület hőmérséklete, T_k a külső tér hőmérséklete)



1-3. ábra. Hőtranszport folyamat kockaelemben, térben és síkban [73]
(A_b – a belső felület, A_k – a külső felület,
 T_{bf} – a belső felület hőmérséklete, T_{kf} – a külső felület hőmérséklete, Q_x az x irányú hő)

1.2.3. MECHANIKAI MUNKA

Korábbi tanulmányainkban a *munkát* - egy adott testre ható erő munkavégzését - úgy definiáltuk, mint a test elmozdulásának és az erő elmozdulás irányába eső összetevőjének a szorzatát.

$$W = F \cdot s \quad (2.)$$

ahol,

W – munka [$N \cdot m = J$],

F – erő [N],

s – elmozdulás [m].



A munka az erőből és a hosszúságból származtatott skaláris fizikai mennyiség, mértékegysége $[Nm]$, amit James Prescott Joule (1818-1889) angol tudós tiszteletére joule-nak nevezünk, és $[J]$ -vel jelölünk.



1-1. kép. James P. Joule [56]

Az előző fejezetben leírtak alapján a mechanikai munkát, mint transzportmennyiséget definiálva, energetikai szempontból a mechanikai munkát, a mechanikai kölcsönhatás *intenzív* jellemzőjeként *nyomásként*, *extenzív* jellemzőjeként a térfogat kölcsönhatásának eredményeként létrejövő *fizikai munkaként* definiálhatjuk.

$$W = p \cdot \Delta V \quad (3.)$$

ahol,

W – fizikai munka $[J]$,

p – nyomás $[Pa]$,

ΔV – térfogat változása $[m^3]$.

Az *extenzív mennyiségek* olyan fizikai mennyiségek, amelyeknek az értéke a rendszer mennyiségétől függ. Ezzel szemben az *intenzív mennyiség* független a rendszer mennyiségétől, nagyságától. Az *extenzív mennyiségek additívak* (összeadódóak), legismertebb példája a tömegek összeadhatósága.

5?

A *hasznos munka* figyelembe veszi a közeg be- és kilépését is, matematikai képlettel felírva

$$W_t = -V \cdot \Delta p \quad (4.)$$

ahol,

W_t – a hasznos munka $[J]$,

Δp – nyomás változása $[Pa]$,

V – térfogat $[m^3]$.



1.2.4. VILLAMOS ENERGIA

A villamos kölcsönhatás intenzív jellemzője a *villamos potenciál*, extenzív jellemzője a *töltés*. A kölcsönhatásként keletkező *villamos energia* (kvázi stacioner esetre)

6?

$$E = Q \cdot \Delta\varphi = U \cdot I \cdot t \quad (5.)$$

ahol,

E – villamos energia [J],

Q – töltés áramlás [C] ($Q = t \cdot I$, ahol t – idő [s], I – áram [A]),

$\Delta\varphi$ – villamos potenciál-különbség [V],

U – villamos feszültség (villamos potenciál-különbség) [V].

1.2.5. HATÁSFOK

Az energiaátalakulások nem mehetnek végbe tökéletesen, minden energiaátalakulás energiavesztéssel jár. A hatásfok az adott átalakulás hatékonyságát fejezi ki. A hatásfok megmutatja, hogy a befektetett energia hány százaléka volt számunkra hasznos és mekkora részaránya ment vesztésbe. Matematikailag felírva, a hatásfok a hasznos energia és a befektetett energia mennyiségének a hányadosa, melyet vonatkoztathatunk munkára és teljesítményre is.

7?

$$\eta = \frac{E_h}{E_b} = \frac{W_h}{W_b} = \frac{P_h}{P_b} \quad (6.)$$

ahol,

η – a hatásfok [*relatív mennyiség, a kapott érték 100-zal szorozva % dimenziót ad*],

E_h – a hasznos energia [J],

E_b – a befektetett (összes) energia [J],

W_h – a hasznos munka [J],

W_b – a befektetett (összes) munka [J],

P_h – a hasznos teljesítmény [W],

P_b – a befektetett (összes) teljesítmény [W].

Az energiamegmaradás törvénye alapján a hatásfok egynél - vagy százalékban kifejezve 100%-nál - nagyobb nem lehet. Gyakorlatilag a hatásfok mindig kisebb 100%-nál.



1.3. Energiaátalakítás

Az energiaátalakítás értelmezéséhez és megértéséhez szükségünk van megismerni az energiamegmaradás törvényét.

Amikor egy rendszer és a rendszert körülvevő környezete között nincs kölcsönhatás, akkor *zárt rendszerről* beszélünk. A zárt rendszer azért nagy jelentőségű, mert a benne lejárolt folyamatoktól függetlenül az összenergiája megmarad, vagyis a zárt rendszer energiája állandó. A környezetével kölcsönhatásban álló rendszer energiája viszont pontosan annyival változik, mint amennyit a környezetétől kap, vagy annak lead [24].

Az energiatípusok folyamatosan átalakulnak. Egyszerű példa erre az élelmiszerek esete: Az ételek kémiai kötött energiát tartalmaznak. Az elfogyasztással a szervezetünk energiát nyer, amelyet mozgásra, hőtermelésre, fizikai munkavégzésre tudunk használni. Közhelyes megfogalmazás, de a fent leírtak alapján belátható, hogy teljesen helyénvaló állítás, hogy *energia soha nem keletkezik, és nem tűnik el, csak átalakul az egyik energiatípusból a másikba.*

1-2. táblázat. Az energiaátalakítás lehetőségei [49]

	tüzelő- és üzemanyag	hő	mechanikai munka	villamos energia
tüzelőanyag	brikett, pellet, koks, szén, üzemanyag elem, stb.	exoterm reakciók, égés: kazánok, fűtőművek, maghasadás: reaktor, fúzió	belsőégésű motorok: benzinmotorok, dízelmotorok, gázmotorok, gőzturbinák	galvánelem, tüzelőanyag-cellák, izotópos áramtermelés, hőerőművek, atomerőművek
hőenergia	endoterm reakciók	hőcserélők, hőszivattyúk, abszorpciós hűtőgépek	hőerőgépek: gőz- és gázturbinák	hőelem
mechanikai energia	mechanokémiai jelenségek ²	hűtőgépek, hőszivattyúk	mechanikai hajtások, pneumatikus gépek, hidraulikus gépek, vízturbina	generátor, vízerőmű
villamos energia	elektrolízis, akkumulátor	villamos fűtés, bojler, villanytűzhely, villamos hőszivattyú	villamos motorok	transzformátor, egyenirányító, frekvenciaváltó, elektroncső

² Szilárd anyagoknak mechanikai erők hatására megvalósuló kémiai átalakulása.



Az energiaátalakítás legfontosabb lehetőségeit az előbbi táblázat mutatja be (1-2. táblázat). A könnyebb megérthetőség miatt az erőművi villamosenergia-termelés – energiaátalakítási szemszögből – példáján keresztül mutatjuk be mélyebben.

A villamos energia a legkedveltebb, minden célra könnyen használható energiafajta. Villamos energiát az erőművek, Magyarországon a legnagyobb részben hőerőművek termelik. Az ilyen típusú hőerőművi folyamatokban a tüzelőanyag kötött energiáját először hővé, a hőt mechanikai munkává, majd a mechanikai munkát villamos energiává alakítják. A hőerőművek, vagy csak villamos energiát (kondenzációs erőművek), vagy villamos energiát és hőt kapcsoltan (fűtőerőművek) állítanak elő. A hőerőművek tüzelőanyaguk alapján konvencionális hőerőművek vagy atomerőművek, munkaközegük alapján gőzerőművek, gázturbinás erőművek vagy kombinált gáz/gőzerőművek lehetnek.

A távlatokban szerepük lehet a konvencionális hő-mechanikai energia átalakítást megkerülő, közvetlen villamosenergia-termelő eljárásoknak, például a tüzelőanyag-celláknak [4].

Az energiaátalakítás tágabb értelemben vett módszere a tüzelőanyag (energiahordozó átalakítása) előállítás.

A természetben előforduló fosszilis (szén, kőolaj, földgáz stb.) és nukleáris (urán, tórium stb.) tüzelőanyagokat többféle módon lehet felhasználhatóbb terméké nemesíteni. Szénből például brikettet, kokszot lehet gyártani vagy szénelgázosítással gázt előállítani. A kőolaj feldolgozása során számos hasznos termékhez jutunk: üzemanyagként benzin és gázolaj, maradék terméként fűtőolajok jelennek meg. A tüzelőanyagok előkészítésének, nemesítésének célja lehet a szárítás (például lignit esetén), vagy a környezetre káros anyagok kivonása (például kéntelenítés). A nukleáris tüzelőanyagokat a felhasználás előtt elő kell készíteni. A legtöbb reaktortípusban természetes urán nem használható, azt ^{235}U izotópokban dúsítani kell. Dúsításon kívül az atomreaktorokba helyezhető nukleáris üzemanyagelemek gyártása még igen sok előkészítő fázist igényel.

A tüzelőanyag előállítás egyik különleges, de mindenképpen a fenntarthatóság irányába mutató lehetősége a hulladékokból (vegyesen gyűjtött szilárd települési hulladékokból) származó másod-tüzelőanyagok előállításának a lehetősége.

A települési hulladékok hasznosításának egyik lehetősége a magas(abb) fűtőértékű, égetésre szánt másod-tüzelőanyag előállítás, melynek egy előkészítési technológiai folyamatábráját láthatjuk példaként az alábbi ábrán (1-4. ábra). A települési szilárd hulladékot fizikai feltárás



(aprítás) után, méret szerint szétválasztjuk egy szita, vagy más néven rosta segítségével. A biológiailag lebomló frakció jellemzően egy adott mérettartományban van, ami Magyarországon karakterisztikusan a 60-100 mm közötti szemcseméretű tartomány. Ha a méret szerinti szétválasztást ezen értéksávban végezzük el – vagyis hozzávetőleg 60-100 mm-es lyukméretű szitát alkalmazunk -, akkor elmondható, hogy a „szita felső maradéka”, tehát az az anyagfrakció, ami fent marad a rostálás után, az sajátos módon az energetikailag jól éghető anyaghalmazt jelenti. Az éghető és nem éghető halmazokra szétválasztott anyagáramot mindkét esetben nemesítés (szeperálás) követi, amikor is a fémtartalmat leválasztják az anyagáramokból, mely a tovább feldolgozás során mindkét részfolyamatban káros. A biológiai stabilizálásra szánt frakcióban a fémtartalom gátolja, fékezi a lebontási folyamatot, a másod-tüzelőanyagban található fémtartalom pedig a fluidágyas tüzelést lehetetleníti el³.

10?

A nagyobb szemcseméretű hulladékfrakciót ezek után másod-tüzelőanyagként lehet értékesíteni. A biológiai lebomló halmazrészt pedig biológiai stabilizálást követően ismételt szitálni, majd szeperálni szükséges a célból, hogy a biológiai degradációs folyamatot követően a további éghető tüzelőanyag tartalmat (szintén a „szita felső maradékot”) másod-tüzelőanyagként lehessen hasznosítani.

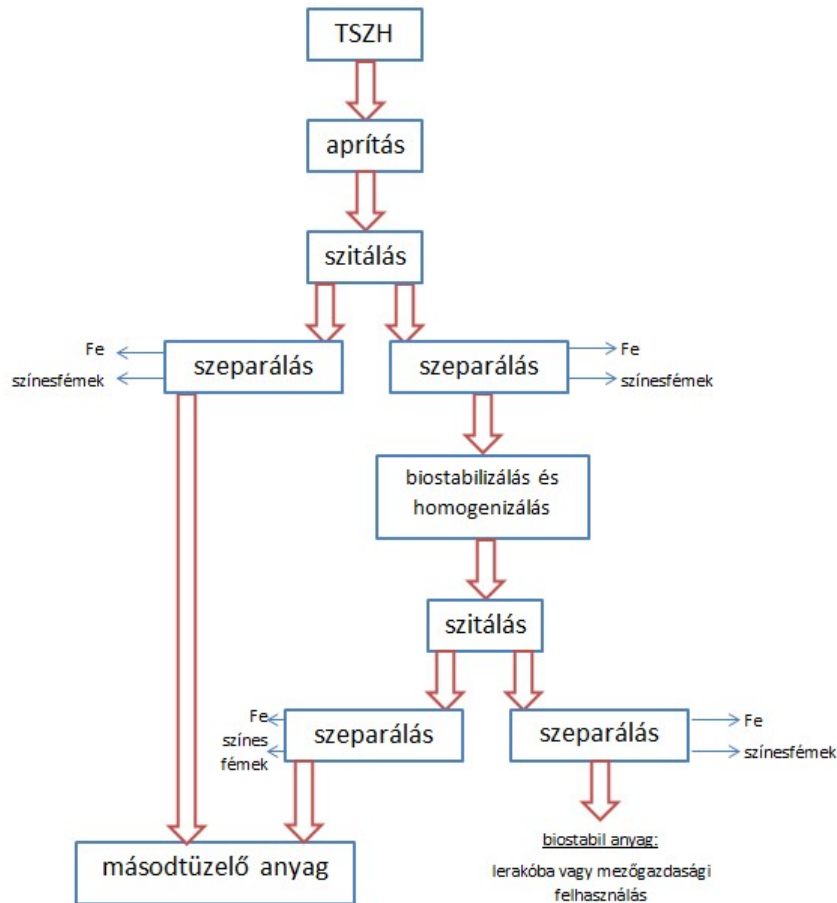
A másod-tüzelőanyagként nem hasznosítható biostabil frakciót vagy mezőgazdasági felhasználásban (elsősorban talajjavító anyagként), vagy lerakóban deponálva lehetséges hasznosítani.

11?



1-2. kép. Biopellet és hulladékból előállított másod-tüzelőanyag [74]

³ A fluidágyas tüzelés lényege, hogy az égőtérben az éghető anyagot levegő – alsó – befűvésével lebetgetik. Amennyiben fémtartalom van az égetendő anyagban, akkor az ráolvad a lebetgetést biztosító fűvókákra, és ellehetetlenül a fluidágyas tüzelés.



1-4. ábra. Másod-tüzelőanyag kinyerésére irányuló eljárás technikai minta folyamat⁴ [75]

1.4. Természeti erőforrások csoportosítása

Az energiagazdálkodás, környezetgazdálkodás szempontjából kiemelt fontosságot kell biztosítanunk az erőforrások megfelelő használatára. Ez a folyamat a használat megtervezésétől az optimalizálásán keresztül vezet. Ismernünk kell az erőforrásaink rendelkezésre állását. Szándékosan használjuk az erőforrás szót az energiaforrás helyett, hiszen az ökológiai lábnyomunk ideális szinten tartásához, a rendszerszemléletű tervezéshez ki kell bővítenünk a látókörünket. Nem elégséges a szűkebb értelemben vett energiaforrásainkra, energiahordozóinkra koncentrálnunk, hiszen értékes anyagunk a só is akár egy értékes erőforrásunk. A bányászat, kőolajbányászat, halászat, vadgazdálkodás és erdőgazdálkodás környezeti erőforrásokon alapuló ágazatok [43].

A rendszerszintű energiagazdálkodás elengedhetetlen, hiszen lehet, hogy nagyon jó minőségű kőszénünk van a földfelszín alatt, azonban az adott helyszínen a kitermelés

⁴ TSZH jelentése: Települési SZilárd Hulladék



nehézségének és a nyerhető haszonnak az aránya kedvezőtlen. Ezen kérdéskörre használják a bányászok (bányamérnökök) a *műrevalóság* definícióját, mely az adott telep gazdaságos bányászhatóságát jelenti. A gazdaságos kitermelés elsősorban az érc koncentráció mértékétől függ, de a bányászati, előkészítés- és feldolgozás-technológiai, infrastrukturális és társadalmi-gazdasági tényezők is nagymértékben befolyásolják.

Megkülönböztetünk megújuló, félig megújuló és nem megújuló erőforrásokat, melyeket az alábbi táblázatban láthatunk csoportosítva (1-3. táblázat).

1-3. táblázat. A természeti erőforrások csoportosítása [64]

	megújuláshoz szükséges idő	ökológiai források	energia-hordozók	anyagok
<i>megújuló</i>	1 év vagy kevesebb, az ember által ellenőrizhető	mezőgazdasági termékek	napenergia, vízenergia, etanol	só
<i>félig megújuló</i>	1-200 év között, emberi beavatkozás nélkül megújuló	hal, erdő, felszín alatti vizek	geotermál és vízenergia, etanol	
<i>nem megújuló</i>	nincs gazdasági jelentősége	ózon, veszélyeztetett flóra és fauna	olaj, gáz, szén, urán	ásványok, talaj

A megújuló – megújulásra képes – erőforrások tovább csoportosíthatóak az alapján, hogy az emberi tevékenység befolyásolja-e a megújulás ütemét. Bizonyos megújuló erőforrások esetében ugyanis a megújulás mértéke függhet a felhasználástól, míg mások (például napenergia) a hasznosítás mértékétől függetlenül képesek a megújulásra. Ez utóbbi esetben tehát nem az erőforrás mennyisége, hanem a rendelkezésre állás intenzitása, időbelisége (például napsütéses órák száma) jelenti a hasznosíthatóság korlátját.

A nem megújuló erőforrásoknak ugyancsak különböző típusai léteznek. Vannak, amelyek gazdaságosan újrahasznosíthatók, bizonyos határfokkal visszajuttathatók a gazdaság anyagáramlásába (például alumínium, vas stb.). Ennek energetikai szempontból komoly jelentősége van.

13?



1-4. táblázat. Néhány fém előállításának energiaigénye [75]

komponens	elsődleges fém [GJ/t]	másodlagos fém [GJ/t]
<i>magnézium</i>	400	11
<i>alumínium</i>	270	14
<i>réz</i>	115	19
<i>cink</i>	30	10
<i>ólom</i>	70	18

Az előbbi táblázatban láthatjuk, hogy az elsődleges fém nyersanyagból (primer nyersanyagból) előállított komponensekhez sokkal több energiára van szükség, mintha másodlagos fém nyersanyagból állítanánk elő (1-4. táblázat). Ez esetben a másodlagos nyersanyag például az egyes felhasználóknál hulladékká vált elektromos kábelekből kinyerhető réz tartalom. Az így kinyert nemesfém tartalom másodlagos fémnek minősül, mely előállításának energiaigénye hozzávetőleg tizede a primer nyersanyagból előállított rézhez képest.

Még könnyebben belátható az üvegyártás példája: az üvegyártás alapanyagai, a homok, a szóda, a dolomit, a mészkő és az apróra tört üvegcserep, mint másodnyersanyag. Az üvegyártása során a homok megolvasztásához $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékletre van szükség, míg a már használt üvegből származó üvegcserep már $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on megolvad, vagyis energiahatékonysági szempontból (is) érdemes másodnyersanyagot használni a gyártási folyamatokban.

A nem megújuló erőforrásoknak a gazdaság anyagáramlásába való visszajuttatásának korlátai vannak. Gazdaságossága, határfoka függ a rendelkezésre álló készletek kitermelésének gazdaságosságától, az erőforrás iránti kereslettől és a kitermelő, valamint az újrahasznosítást lehetővé tévő technológiai színvonalától.



1-3. kép. Üvegyártás [22] [23]



A nem megújuló erőforrások közül azonban vannak olyanok is, melyek a tudomány jelen állása szerint nem visszaforgathatók. Ilyenek a fosszilis energiahordozók.

1.5. Primer és szekunder energiahordozók

Az energiát az energiaellátás folyamatában mindig valamilyen anyag közvetíti, ezeket *energiahordozóknak* nevezzük. A gyakorlatban primer és szekunder energiahordozókat különböztetünk meg, de éles határ nem minden esetben húzható közéjük. A természetben található energiaforrásokat tekintjük primer energiaforrásoknak. Fő jellemzőjük, hogy az energiaátalakításban még nem vettek részt. Ilyen például a Nap, melynek közvetlen hatása a hő- és fényhatása, míg közvetett hatása a víz-, szélenergia, illetve a fotoszintézisek során előállított energiák (bioenergiák, fosszilis energiaforrások).

Klasszikus csoportosítása a primer energiaforrásoknak az újratermelődés ideje alapján történő osztályozás, mely alapján két nagy csoportját különböztetjük meg.

1. A kimeríthető energiaforrások, amelyek a Föld fejlődése során véges mennyiségben halmozódtak fel, folyamatos - és sok esetben növekvő mértékű - kitermelésükkel a rendelkezésre álló készletek elfogyására számíthatunk, bár ezen megállapítás a kutatók örökös vitájára ad okot. A kimeríthető energiaforrások: szén, kőolaj, földgáz, hasadó izotópok ércei stb.. Készleteiket a feltárás különböző biztonsága szerint adják meg, kimerülésüket a kitermelhető készletek és az energiaigények bizonytalanságai mellett becslik.

2. A primer energiahordozók másik csoportjába a megújuló energiák tartoznak, amelyek a Földön, illetve azon kívül lejátszódó folyamatok hatására megújulnak. A megújuló energiák sorába tartozik a napsugárzás, a víz-, szélenergia és a biomassa. Hasznosításuk teljesítményét az újratermelődés üteme korlátozza, időbeli kimerülésüknek viszont gyakorlatilag nincs korlátja. A kimeríthető és megújuló energiák elhatárolása esetenként kérdéses lehet.

A leírtak értelmében a Föld is energiaforrásként szolgál, hiszen az árapály jelenség, a geotermikus energia, az atomenergia üzemanyagaként szolgáló érceket mind-mind a Föld biztosítja számunkra.

Az energiafogyasztók a primer energiahordozóknak csak kisebb részarányát használják fel eredeti állapotban. Nagyobb részük átalakítás után szekunder energiaként kerül forgalmazásra és felhasználásra. A szekunder energiáknak három köre emelhető ki:

A tüzelőanyagok feldolgozásával és nemesítésével a primer energiahordozóknál magasabb használati értékű termékeket nyerhetünk. Például szénből brikettet, kokszt, illetve a korábban

15?

16?



részletesen bemutatott másod-tüzelőanyag kinyerése a vegyesen gyűjtött települési szilárd hulladékból (1.3. fejezet).

A szekunder energia másik képviselője a hőenergia. A hőt általában valamilyen energiaátalakítás során, energia átalakító berendezésben (kazán, reaktor, hőerőmű, hőszivattyú) állítjuk elő. Az előállított hőt mindig valamilyen közeg hordozza, melyet *hőhordozó közegnek* hívunk. Ilyen módon a hordozó közeg lehet forró víz (fűtésre és használati melegvízellátásra ez az általános), vagy gőz (technológiai célokra főleg ezt igénylik). Technológiai célok alatt elsősorban az ipari felhasználókat értjük. Ipari fogyasztók esetében gondolhatunk akár egy ipari méretű mosodára, patyolatra, ahol a mosodai rendszerek üzemeltetéséhez gőz hőhordozó közeget alkalmaznak.

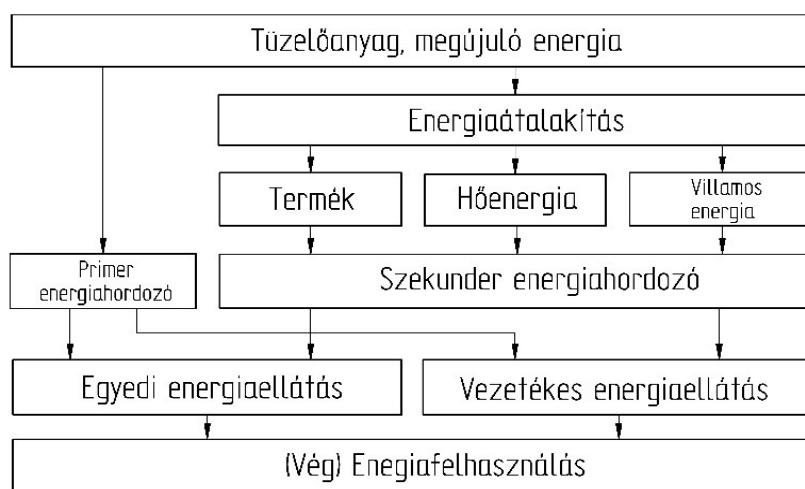
17?

A legismertebb és széles körben alkalmazott és használt szekunder energia a villamos energia. Igen sok célra egyszerűen, kényelmesen és gazdaságosan használható, viszonylag könnyedén és szinte bárhova elszállítható.

Összefoglalva elmondhatjuk, hogy a leggyakoribb primer, szekunder energiahordozók: a szén, a kőolaj, a földgáz. A legelterjedtebb megújuló energiaforrások: a nap-, a szél-, a vízenergia, árapály energiája, a geotermikus energia.

1.6. Energiaellátás

Az eddig megismertek alapján kialakítottuk az energiaellátási folyamatot, amit az alábbi ábra foglal össze (1-5. ábra).



1-5. ábra. Az energiaellátás folyamatábrája [4]



A folyamatábráról leolvasható, hogy minden esetben az energiaátalakítási folyamat a tüzelőanyagok, illetve megújuló és hulladék energiák rendelkezésre állásával indul. A (vég)cél pedig minden esetben a végenergia felhasználása.

A köztes folyamatok kialakítása rendkívül bonyolult és összetett folyamat, melyekről (korlátozott terjedelemben) a következő fejezetben olvashatunk.

1.7. Az energiaipar

Az energiaellátás az egyes nemzetek országos szintű feladata. Az országok lakosságának energiával való biztonságos ellátása – közös – nemzetgazdasági érdek, mely ágazat külön iparági elnevezést is kapott: *energiaiparnak* hívjuk.

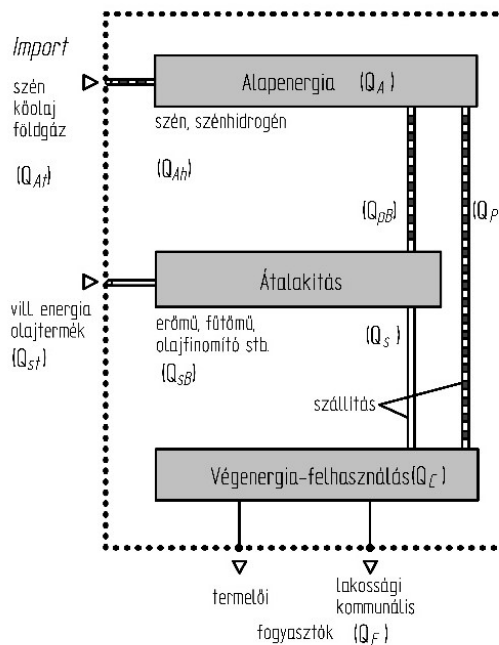
18?

Az energiaipar klasszikus csoportosítása szerint három részre tagolható:

- energiaforrások,
- energia-átalakítók,
- szolgáltatók.

19?

Az egyes részrendszerek egymáshoz való viszonyát, kapcsolatait az alábbi ábra mutatja be (1-6. ábra).



1-6. ábra. Az energiaipar struktúrája [4]

A struktúra „tetején” – nem jelentve hierarchiát – az *alapenergia-források* vannak, melyet Q_A betűvel jelölünk. Az alapenergia-források közé tartoznak a szén és egyéb fosszilis

20?



energiahordozók. Alapenergia hordozókat az adott ország vagy teljes egészében hazai forrásokból biztosítja (a jele: Q_{Ah}), vagy a szükségleteket importból fedezi (a jele: Q_{Ai}). Azok az országok, ahol teljes egészében a primer energiahordozókat kizárólag saját készletből fedezni tudják, azok az ásványvagyonban gazdag országok. Magyarország szénből, kőolajból, földgázból importra – is - szorul, de hazai termelése is van. Érdekes megemlíteni, hogy mára Magyarországon mélyművelésű bánya már nem üzemel, így a korábban hazai forrásból fedezett uránércet is importálnunk kell.

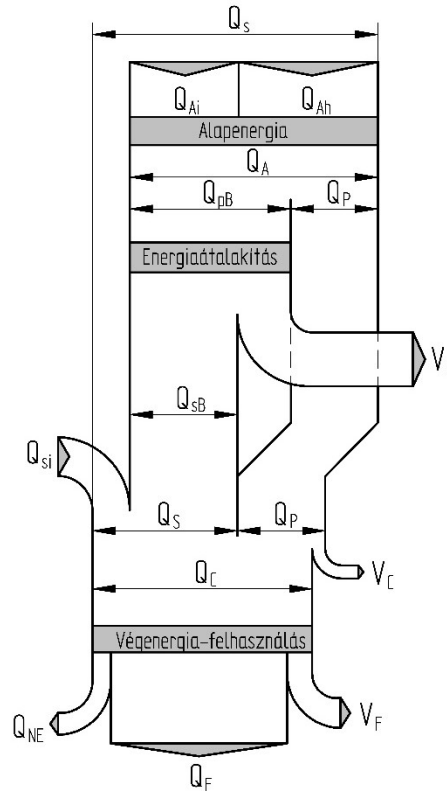
Az energiaforrásból a primer energiahordozók egy része közvetlenül kerül a fogyasztókhoz (a jele: Q_P), másik része pedig *alakításon* megy keresztül. Az importált energiaforrások tekintetében jellemző, hogy egy központi energiaátalakítóba kerülnek (a jele: Q_{pB}). A bejövő primer energiahordozók az átalakítás során jellemzően szekunder energiahordozókká válnak (a jele: Q_{sB}). Ezek a „központi energiátalakítók” például a villamos energiát termelő erőművek. Az olajfinomítók, brikettgyártó művek is az átalakítókhoz sorolhatóak, ezek az egységek az energiahordozókat feldolgozzák és nemesítik, tulajdonságaikat javítják, minőségüket fokozzák.

A szekunder energiahordozók előállításához is tartozik behozatali – import – tevékenység. Ehhez kapcsolódik a szekunder energiahordozók importja (a jele: Q_{Si}), mely elsősorban az előállításához szükséges villamos energia import.

A *végenergia-felhasználók* felé az *energiaszolgáltatók* (a jele: Q_C) értékesítik a primer (a jele: Q_p) és szekunder energiahordozókat (a jele: Q_s) [4].

Az energetikusok kedvelt „eszköze” az *energiamérleg*. A különböző energiafajtákat tudjuk az energiamérlegekkel összegezni.

Természetesen az energiaellátásra is el tudjuk készíteni az energiamérleget, amit – az előzőekben ismertetett betűjeleket használva – az alábbi ábrán látunk (1-7. ábra).



1-7. ábra. Az energiaellátás mérlege [4]

Az energiamérlegek felépítését teljes mértékben párhuzamba állíthatjuk a „hagyományos” kétkarú mérlegekkel. Amíg a tömeg mérésére alkalmazott mérlegeknél a mérlegnek jobb és bal oldali karja van, addig az energiamérleg „jobb és bal oldali karja” a bemeneti- és a kimeneti oldala.

Az alapenergia-forrását a bemeneti oldalon a primer energia hazai termelése és az import összege adja.

$$Q_A = Q_{Ai} + Q_{Ah} = Q_{pB} + Q_P \quad (7.)$$

ahol,

Q_A – alapenergia,

Q_{Ai} – importból fedezett alapenergia hordozó,

Q_{Ah} – hazai forrásból fedezett alapenergia hordozó,

Q_{pB} – átalakításra kerülő primer energiahordozó,

Q_P – primer energiahordozó.

Az alapenergia kimeneti oldalán az energiaátalakítóknál átalakításra kerülő, és a primer energiahordozóként felhasználásra kerülő energiák összege található [4].



Az energiaátalakítás során szekunder energiát nyerünk, mely a

$$Q_{sB} = Q_{pB} - V_B \quad (8.)$$

mérlegegyenlettel jellemezhető. Ahol,

Q_{sB} – az energiaátalakításból kimenő szekunder energia,

V_B – az energiaátalakítás vesztesége.

A másodlagos – szekunder – energiahordozók mérlege a szekunder energiahordozók importjából és az átalakított szekunder energiahordozók összegéből tevődik össze.

$$Q_S = Q_{sB} + Q_{si} \quad (9.)$$

ahol,

Q_S – szekunder energiahordozó,

Q_{si} – importból fedezett szekunder energiahordozó.

Az energia szállítása során veszteséggel kell számoljunk (a jele: V_C). Így a szolgáltatásra kiadható, tehát a végenergia-felhasználásra adható energia mérlege,

$$\underbrace{Q_s + Q_p - V_C}_{\text{szolgáltatói oldal}} = Q_C = \underbrace{Q_F + Q_{Ne} + V_F}_{\text{felhasználói oldal}} \quad (10.)$$

ahol,

V_C – az energia szállítás vesztesége,

Q_C – végenergia-felhasználásra kiadható energia,

Q_F – felhasználói oldal hasznos energiaszolgáltatása,

Q_{Ne} – a nem energetikai célú energiaszolgáltatás,

V_F – a végenergia-felhasználás vesztesége.

Az energiaellátásban fellépő összes veszteséget is összegezhethetjük, melynek kiszámítási módja

$$V = V_B + V_C + V_F \quad (11.)$$

ahol,

V – az energiaellátásban fellépő összes veszteség.



Mindezek alapján a teljes energiafelhasználásra az alábbi egyenletet írhatjuk fel:

$$Q_{\text{ö}} = Q_{\text{Ai}} + Q_{\text{Ah}} + Q_{\text{Si}} = Q_{\text{C}} + V_{\text{B}} + V_{\text{C}} = Q_{\text{F}} + Q_{\text{NE}} + V \quad (12.)$$

ahol,

$Q_{\text{ö}}$ – teljes energiafelhasználás.

1.8. Helyes készletgazdálkodás

Tekintsük át, hogy milyen hatékony energetika stratégia kidolgozása lehetséges a fenntartható és a jövőbe mutató energetikai készletgazdálkodáshoz (erő- és energiaforrás gazdálkodáshoz).

Ehhez azonban egy kicsit mélyebbre kell ásunk, pár fogalmat tisztáznunk kell, hogy megértsük az energiaellátás rendszerének bonyolult kialakíthatóságát.

1.8.1. AZ EMBER ÉS AZ ENERGETIKAI KÖRNYEZET

Az energiával kapcsolatos készletgazdálkodást a környezeti problémák kérdéskörén értjük meg a legjobban.

Ennek oka, hogy az emberiség történelme során a technológiai fejlődésünkkel együtt az energiafogyasztás és a környezetszennyezés kapcsolata mindvégig együtt haladt egy képzeletbeli időskálán.

A történelem előtti ember (200 – 250 000 évvel ez előtt) volt az első „Homo Recyclicus”: Amit a neandervölgyi ősember felhasznált, azt csaknem teljesen hasznosította is. A nem fogyasztható maradékot elásta vagy a meleget adó tábor tűzébe vetette, tehát már a tüzelőanyag kérdésköre akkor is jelen volt a korai ember életében.

Hozzávetőleg 10 000 évvel ezelőtt, a neolitikum kezdetén végbement első technológiai forradalomnak a mezőgazdaság kialakulását vehetjük, mely alapjaiban megváltoztatta az ember és a természet kapcsolatát. Az ember az egyszerű gyűjtögető életmódról áttért a földművelő, termelő életmódra. Ettől kezdve az ember képes volt az élelmezésükre szelektált növényfajtákat termelni. Birtokba vette tehát a napenergiából – mint primer energiaforrásból - a növények által előállított anyagok nagy részét, elkezdte kiaknázni a természet adta lehetőségeket. Érdekességként említhetjük, hogy ez lehetővé tette az akkori törzsi társadalom számára, hogy hosszabb ideig egy földrajzi helyen maradjon. Az addig folytatott vándorló életmód magában hordozta azt, hogy amint kiaknázta egy-egy terület erőforrás értékeit, tovább kellett álljanak. A

21 ?

22 ?



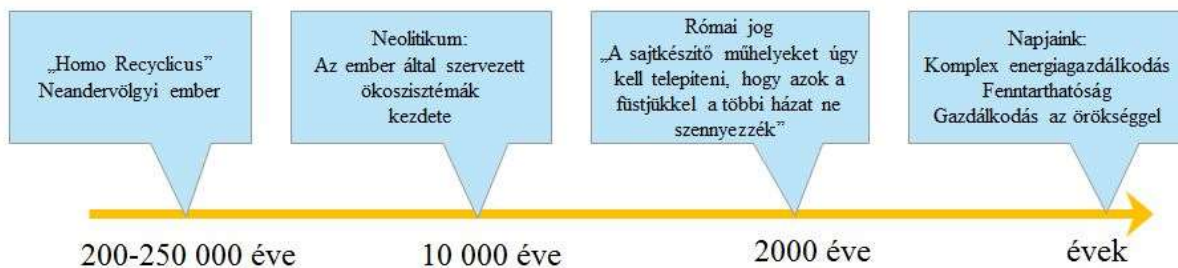
mezőgazdaság kialakulásával az emberiség képes volt szelektált növényfajtákat termelni, mely biztosította számukra, hogy hosszabb időre letelepedjenek egy adott területen.

A tüzeléstechnika az energetika szerves része. A tüzelőanyagok fűtésre és főzésre történő felhasználása révén kezdetét vette a belső terek légszennyezése. Ennek bizonyítéka, hogy a több ezer évvel ezelőtt lakott barlangok falaira vastag koromréteg települt, ami alapján feltételezhető, hogy a barlanglakók légzését nehezítette, s az ember szemét is bántotta a keletkező füst. Az első emberi lakóhelyeken általában nem oldották meg a füst elvezetését, melynek az életvitel szempontjából praktikus oka volt: a szúnyogok elleni védelem.

23?

A környezetvédelemmel (levegőtisztaság védelemmel) kapcsolatosan már a római jogban is jelentek meg szabályozások. A sajtkészítő műhelyeket úgy kellett telepíteni, hogy azok füstjükkel a többi házat ne szennyezzék. A keletkező füst a környezetszennyezés (környezet terhelés) első megnyilvánulása volt.

24?



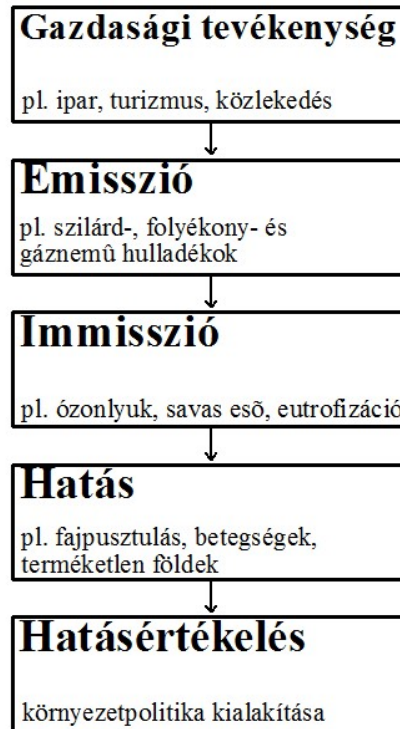
1-8. ábra. A környezetszennyezés idővonala

Meg kell különböztetnünk a *környezetterhelés* és a *környezetszennyezés* fogalmát. Szennyezésről akkor beszélhetünk, ha bármely káros anyag (például NO_x, por, HCl stb.) egy adott jogszabályban előírt határértéket átlép. Határértéken belüli környezetbe jutás esetén terhelésről beszélünk.

25?

1.8.2. SZENNYEZÉSI FOLYAMAT

Elsőként tekintünk át az energetikai-gazdasági tevékenység okozta szennyezési folyamat összetevőit, melyet az alábbi ábrán láthatunk (1-9. ábra).



1-9. ábra. A szennyezési lánc [3]

Az energetikai környezetterhelő tevékenységet alapvetően az energiastruktúra szerkezete, az alkalmazott eszközök és módszerek, illetve a rögzített szokások határozzák meg. Az energetikai tevékenységeinket nemcsak a makroszintű tevékenységek határozzák meg (erőművi energiatermelési szinten), hanem ide értjük a családi gazdaságok, háztartások energiagazdálkodását is. Ennek egy könnyen belátható példája a háztartások által alkalmazott tüzelőanyagok. Mit égetnek el az emberek a kályháikban? Jó minőségű – száraz – fából, illetve biomasszából származó tüzelőanyagot? Vagy nedves, alacsony fűtőértékű tüzelőanyagot? Belátható, hogy mind mikro-, mind makrogazdasági szinten is az energiagazdálkodási tevékenységet ez meghatározza.

Az energia előállítási folyamatok eredményeképpen keletkeznek a különböző károsanyag kibocsátások, azaz az emissziók⁵. Gyakorlatban az erőművek káros légszennyező kibocsátásánál a füstgázokra lehet gondolni.

Az emittensek a „továbbadódás” (szakkifejezéssel: transzmisszió) segítségével válnak terheléssé vagy szennyezéssé, azaz immisszióvá⁶. Mindenképpen ki kell emeljünk, hogy az immisszió nagysága a környezet kiindulási (terhelés előtti) állapotának is függvénye.

⁵ Emisszió: latin eredetű szó, jelentése kibocsátás, kilépés.

⁶ Terhelő anyagok környezetbe jutása.



Ugyanolyan mértékű emisszió, eltérő területeken – a környezet befogadó képességének függvényében – eltérő mértékű immissziókat okoz.

Az immissziók hozzák létre az olyan, emberre, természeti és épített környezetre vonatkozó környezeti hatásokat, mint például a különböző betegségek, vagy súlyosabb esetben a termőterületek elvesztése a fajok kipusztulása.

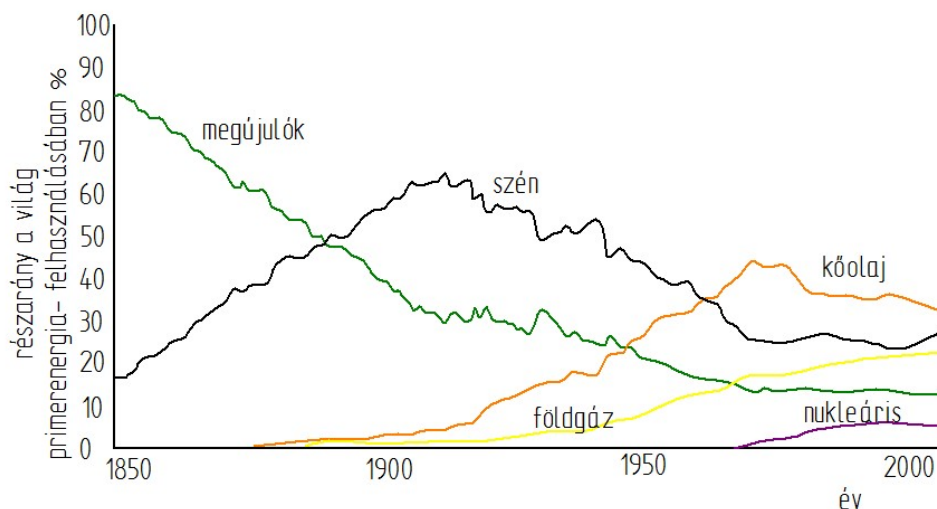
A környezeti hatások értékelésével határozhatjuk meg a célokat, illetve a kívánt cél elérését biztosító eszközrendszereket, amelyekkel a szennyezési lánc egyes pontjaiba be tudunk avatkozni. Ezt összefoglalóan környezeti politikának nevezzük.

26?

1.8.3. NAPJAINK ÉS JÖVŐKÉPÜNK

Az emberiség primerenergia-felhasználása nemcsak mennyiségében növekedett, hanem összetételében is jelentősen változott az idő során. A világ energiastruktúrájának változását az utóbbi két évszázadban az alábbi ábra mutatja (1-10. ábra). Az ábrából kitűnik, hogy az egyes időszakokban mely energiahordozók voltak a meghatározóak, és az egyes energiahordozók mikor jelentek meg, részarányuk mikor tetőzött és szerepük milyen ütemben csökkent vagy szűnik meg. Például a világ energiaellátásában a szén részaránya az 1930-as években tetőzött hozzávetőleg 53%-kal. Az energetikai korszakok nemcsak a múltban váltották egymást, hanem a jövőben is számíthatunk új energiahordozók megjelenésére és elterjedésére.

Napjainkban komplex energiagazdálkodás alakult ki. Az integrált energiagazdálkodás azt célozza, hogy minden esetben a leghatékonyabb megoldást találjuk meg a szóban forgó probléma megoldására.



1-10. ábra. A világ primerenergia-felhasználásának alakulása [15]



Az energiagazdálkodás, energiahatékonyság tehát nem korlátozódhat a már megtermelt energiával való gazdálkodásra, hanem szükség esetén már a természeti erőforrások kitermelésénél, vagy a gyártási folyamatok területén módosítást kell tenni a komplex probléma kezelésének érdekében. A legfontosabb az energiagazdálkodásunk hosszú távú elveinek lefektetése és az ehhez szabott jogrendszer kialakítása. Az ásványvagyon-gazdálkodásnak szükségképpen a 10-15 év múlva jelentkező igényekre kell ma reagálnia, amely gazdaságpolitikai döntéseket igényel [65].

2. FOSSZILIS ÉS MEGÚJULÓ ENERGIAHORDOZÓK

Az 1.4. fejezetben csoportosítottuk az erőforrásokat a megújulásuk időbelisége alapján. A világ jelenleg használt energiahordozóinak legjelentősebb részét képezik a fosszilis energiahordozók. A fosszilis szó jelentése: „az őskorban keletkezett, lebomlott, esetleg megkövesedett (állati vagy növényi) maradvány”. Ebből a definícióból következik, hogy az ilyen energiahordozók az évmilliók során növényi és állati maradványokból keletkeztek, levegőtől elzárt bomlás során. A folyamat ciklusából következően a fosszilis energiahordozók a nem megújuló energiaforrások körébe tartoznak.

A megkövült (fosszilis) energiahordozóknak nagy az energiasűrűsége, főként szenet és hidrogént tartalmazó vegyületeknek. Szilárd (szén, lignit), folyékony (kőolaj) vagy gáznemű (földgáz) halmazállapotúak lehetnek.

2.1. A kőszén

A Föld fosszilis tüzelőanyag készleteiben legjelentősebb a *szén*. A szén képviseli a fosszilis tüzelőanyagok feltárt készletének mintegy 75%-át, ellenben a világ szénfelhasználása hozzávetőleg csak egyharmada a fosszilis tüzelőanyag felhasználásnak (1-10. ábra). Bár látható a tendencia, hogy a megújuló és egyéb alternatív energetikai megoldások mind termelői, mind pedig fogyasztói oldalon növekednek, a készletek és a fogyasztási adatok összevetése alapján a szén tekinthető a világ jelenleg legbiztonságosabban rendelkezésre álló energiahordozójának.

27?



2.1.1. A KÖSZÉN KELETKEZÉSE

A kőszén mocsári környezetben alakul ki, ahol a növények elhalásuk után víz alá kerülnek. Ez által egyrészt nem következik be a szerves anyag levegőn történő oxidációja, másrészt az iszappal való betemetődés megakadályozza, hogy a baktériumok és gombák a növényi anyagot lebontsák. A levegőtől elzárt degradációs (leépülési) kémiai folyamatot nevezzük *anaerob folyamatnak*.

A mocsarakban ilyen módon betemetődött növényi anyag tőzeggé alakul, mely 90% vizet is tartalmazhat. A tőzeg akkor fejlődik tovább kőszénné, ha az adott terület lassú süllyedése miatt további üledékrétegek halmozódnak fel rajta. Ekkor a tőzeg a nyomásnövekedés miatt nagymértékben tömörül és vize nagy részét elveszíti.

Biokémiai szénülésnek nevezzük a szénképződésnek azt a kezdeti szakaszát, amelyben még mikroorganizmusok végzik a lebontást [50]. A *mikroorganizmusok* szabad szemmel nem látható – mikroszkópikus - élőlények. A mikroorganizmusok között akadnak baktériumok, gombák, archaeák és protisták is. A mikroorganizmusok gyakorlatilag minden olyan helyen előfordulnak a Földön, ahol folyékony víz található, beleértve a mélytengeri hőforrásokat és a földkéreg mélyén található közetrétegeket is.

A mikroorganizmusok lebontó hatására a növényi lignin, cellulóz és proteinek huminsavakká⁷ alakulnak. Így keletkezik a tőzeg, melyben a növényi anyag még felismerhető.



2-1. kép. Tőzeg, felismerhető növényi részekkel [33]

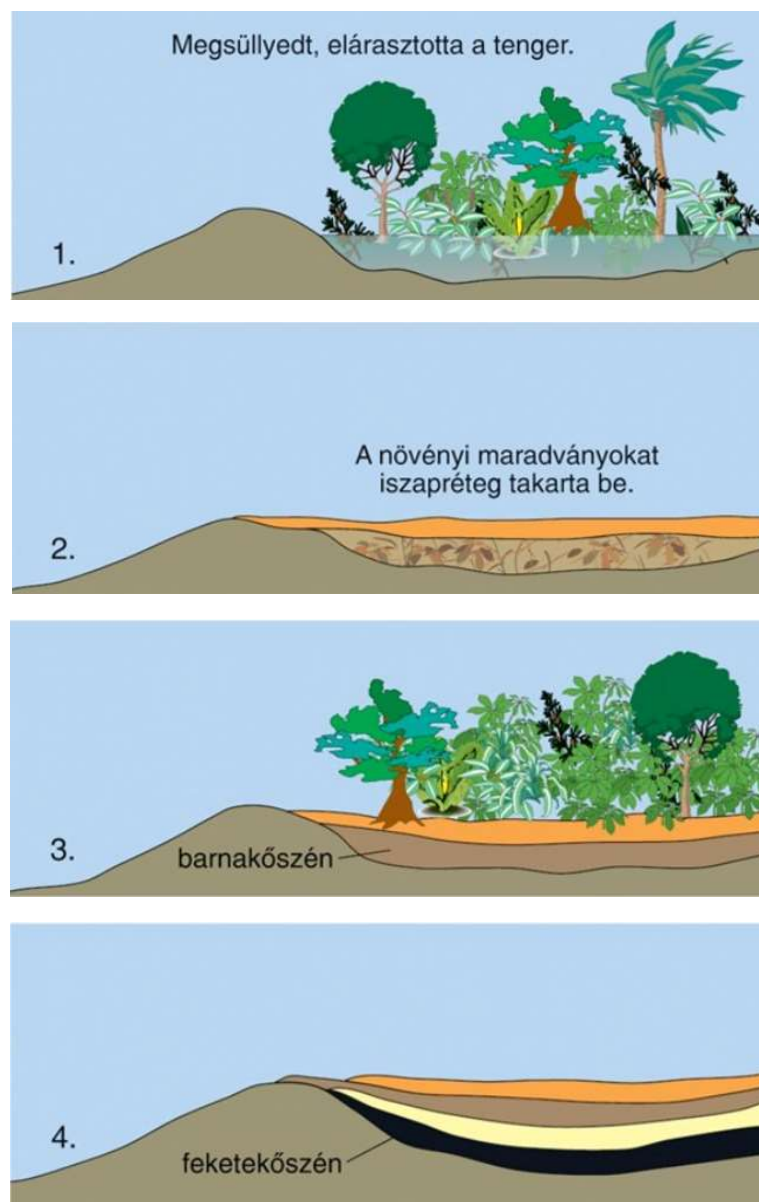
⁷ A huminsavak a föld alá került elsősorban növényi, kisebb hányadban állati részek talajbaktériumok és gombák által aerob körülmények között fizikai, kémiai és mikrobiológiai úton lebontott, érésük során szerves anyagokból felépülő, nagy molekulájú, főként savas jellegű, kémiailag igen változatos szerkezetű és méretű, nagy polimerizációfokú molekulák.



A folyamatot a *geokémiai szénülés* követi. Ebben a fázisban a geológiai körülmények változnak. A növekvő betemetődés, emelkedő hőmérséklet hatására a növényi szerkezet a degradációs folyamat eredményeképpen eltűnik, barnakőszén keletkezik. A barnakőszén maximum $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig (körülbelül *3 kilométer* mélység) képződik.

A szén minőségét döntően meghatározza a keletkezésének kora, egész pontosan az, hogy a szénülés folyamata milyen hosszú időre nyúlik vissza.

Ha a teljes szénülési folyamatot nézzük, akkor annak utolsó szakaszában a huminsavak szétbomlanak, metán szabadul fel, ekkor keletkezik a feketekőszén és az antracit. Ez a $100\text{-}400\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleti tartományban történik. Ha a hőmérséklet és a nyomás tovább növekszik a kiscokú átalakulásnak megfelelő körülmények között az antracit grafitá alakul.



2-1. ábra. A szénülés folyamata [29]



A növények kémiai alkotói a szén (50%), oxigén (43%), hidrogén (6%) és nitrogén (1%). A szénülés során ezek mennyiségi aránya a szén javára tolódik el, az elemi széntartalom 50%-ról 100%-ra növekedhet. Ezen okok miatt befolyásolja a folyamat időbelisége (a szénülés folyamatának a hossza), hogy milyen minőségű, energetikai értelemben véve, milyen tüzeléstechnikai tulajdonságokkal rendelkező (például fűtőérték) szén keletkezik. A kőszén növényi eredetű és ásványi eredetű komponensekből áll, pórusaiban vizet és gázokat tartalmaz. A növényi eredetű alkotók az éghető anyagok, az ásványi eredetűek a hamuképzők.

A szénülés folyamatából eltávozó elemek gázvegyületeket alkotnak. Ezek közül a metán jelent veszélyt a bányászat szempontjából, mert a pórusokból kiszabadulva a bányüregek levegőjével robbanásveszélyes elegyet alkot (sújtólég) [20].

2.1.2. A SZÉNFAJTÁK

A szénelőfordulások minőségükben nagyon eltérőek, ezért különböző fajtájú szeneket különböztetünk meg.

A legjobb minőséget a feketekőszén képviseli, fűtőértékük 20-32 000 kJ/kg [4]. Megállapíthatjuk, hogy az egységnyi tömegeből kinyerhető energiájuk széles sávban mozog. A fűtőérték döntően a hamutartalomtól függ, az illótartalom inkább a tüzelési tulajdonságokat befolyásolja. A legidősebb és a legjobb szén az antracit, melynek szénültségi foka magas, kemény kőzetként viselkedik. Kevésbé porlik és nem hagy nyomot más felületeken. Értékességét annak (is) köszönheti, hogy minden más típusú kőszénnél nagyobb a széntartalma (92-98%), ezért belőle nyerhető ki legtöbb hő. Kedvező tulajdonsága, hogy égetés során alig füstöl és kicsi az éghetetlen salakanyag-tartalma.

A barnaszén fűtőértéke 15-20 000 kJ/kg. Hamu- és nedvességtartalmuk széles határok között változik, de barnaszénnek a gyakorlatban csak a 40%-nál kisebb nedvességtartalmú szeneket nevezzük. Könnyen belátható, hogy a magasabb nedvességtartalom jelentősen rontja az égethetőségi tulajdonságokat. A barnaszén energetikai szempontokat kielégítő és környezetvédelmi előírásoknak megfelelő eltüzelése elsősorban nagyteljesítményű berendezésekben, széntüzelésű hőerőművekben oldható meg. A legfiatalabb szénfajták a lignitek. A növényi részek jelentős arányban vannak jelen a lignitekben, ezért erősen fás szerkezetűek és igen nagy, 40%-ot is meghaladó a nedvességtartalmuk. Emiatt fűtőértékük alacsony, csak 5-10 000 kJ/kg. Felhasználásukat az teszi indokolttá, hogy sok esetben viszonylag vékony takaróréteg alatt fordulnak elő, ezért külszíni bányászatuk lehetséges.



2-2. kép. Antracit, barnakőszén és lignit [39] [25] [30]

2.1.3. A KŐSZÉN KITERMELÉSI LEHETŐSÉGEI

A szénbányászat viszonylag régmúlta visszatekintő iparág. Iparszerűen Angliában kezdték meg a 13. században, de a szenet és a tőzeget – nem ipari felhasználásra, csak eseti alkalmazásra – már korábban is használták. A Római Birodalom fémöntői és kovácsai is ismerték és használták a kőszent, de az arab világ korai, jó minőségű acéljainak előállításához is kellett a szén. Magyarország első kőszénbányája a ma Sopronhoz tartozó Brennberg volt [61]. 1753-ban fedezték fel itt a jó minőségű szenet, és 1759-ben nyílt meg az első bánya az akkor Fenyvesvölgyként ismert területen.

Földtani vagyonnak nevezzük az ásványi nyersanyag kutatási adatokkal igazolt teljes mennyiségét. Ily módon a föld alatt található kőszénnek a felszínre hozatali eljárása a *bányászat*. Két típusú bányászati eljárást különböztetünk meg: a külszíni fejtést és a mélyművelésű kitermelést.

Külszíni fejtés akkor alkalmazható, ha a szénrétegek közel vannak a felszínhez és gazdaságosan eltávolítható a takaró föld- és kőzetréteg. Mélyművelés esetén a szénrétegek mélyen helyezkednek el. Ezen módszernél a fedőréteg eltávolítása is nagyon magas költségekkel járna, illetve számos környezeti problémát is vonna maga után. A mélyművelésű bányákban aknák, alagutak és vajatok vannak kialakítva.

A világ legnagyobb szénkitermelője Kína, őt követi az Egyesült Államok, majd India. Magyarország szerény energiavagyonnal rendelkezik, egyedül a külfejtéses lignittermelés versenyképessége számottevő. A Mátra-Bükkaljai lignitet érdemes megemlíteni. Nagy nedvesség- és hamutartalma miatt fűtőértéke alacsony, viszont előnye, hogy nagy mennyiségben található nem túl vastag takarórétegek alatt, ezért külfejtéssel viszonylag egyszerűen kitermelhető [35].



2-3. kép. Kőszini fejtés Visontán [44]

2.2. Kőolaj és földgáz

A kőolaj még napjainkban is a legfőbb energiahordozónak számít. Ipari méretű felhasználása hozzávetőleg 100 évvel ezelőtt kezdődött. Az előbbi fejezetben tárgyalt szénhez képest a világon a kőolaj felhasználása nagyobb, annak ellenére is, hogy a szakemberek a kőolaj készleteket kevesebbre becsülik, mint a szénkészleteket. A nagyarányú olajfelhasználást magyarázza, hogy kedvező tulajdonságai az energiaellátás minden területén vonzóvá teszik, bizonyos felhasználásokban (például a belső égésű motorok üzemanyagaként) pedig még mindig egyeduralkodó.

A földgáz később jelent meg a világ energiaellátásában, mint a szén és az olaj. Földgázfelhasználásunk az 1960-as évek elejétől kezdett intenzíven növekedni. Magyarország 1974-ig tudta fedezni hazai kitermelésből a földgáz szükségletét, utána importra szorult. A földgáz felhasználás jelentős része erőművekben történik, a másik részét az épületeink (hő) energiaszükségleteinek kielégítésére használjuk fel.

2.2.1. A KŐOLAJ ÉS FÖLDGÁZ KELETKEZÉSE

A kőolaj és földgázképződés kiindulási alapanyaga az elhalt élőlények szerves részei, anyagai. A folyamat során az élőlényeket alkotó fehérje-, zsír- és szénhidrát-molekulák elemeikre (C, H, N, O) bomlanak, hogy megnövekedett hőmérséklet és nyomásviszonyok



mellett szénhidrogén-molekulákká épüljenek fel. Fentiekből kitűnik, hogy kiindulási anyagként a magas fehérjetartalmú algák vagy az állatok elhalt anyaga alkalmas szénhidrogén-képződésre.

A kőolajat és földgázt szénhidrogén-molekulák építik fel döntően, de tartalmazhat néhány térfogatszázaléknyi nitrogént, oxigént és ként is, de nyomokban egyéb elemek, például vanádium és nikkel is megtalálhatók benne.

A szerves anyag felhalmozódása a kőszénképződéshez hasonlóan oxigénszegény környezetben (anaerob körülmények között) történhet. Ilyen feltételek kialakulhatnak beltengerekben vagy elzárt lagúnákban. A redukzív üledékképződési környezet kedvez a szerves anyag megmaradásának. Egyrészt azért, mert a szerves anyag nem oxidálódik el, másrészt az oxigénhiány miatt nem alakul ki olyan környezet, amely kedvez a vízfenék üledékének élővilágának, az úgynevezett *bentoszformák* kialakulásának, melyek elfogyasztanak a szerves részeket.

30?

A szerves anyag betemetődésével rothadó iszap (*szapropél*) jön létre, ami további betemetődéssel sötétszürke bitumenes közetté, a kőolaj és földgáz anyakőzetévé alakul.



2-4. kép. Bentoszformák [37]

A szerves anyag átalakulása a növekvő betemetődéssel a következő szakaszokban történik. Az első szakaszban (idegen kifejezéssel diagenézis) lebontás történik, melyeket baktériumok végeznek. Ebben a fázisban *biogén metán* keletkezik, amely elillan a légkörbe. A második szakaszban apró cseppek formájában elkezdődik a kőolaj és földgáz elkülönülése. A szakaszt olaj-ablaknak is nevezik, utalva a kőolaj elkülönülésére. A harmadik fázisban (metagenézis) metán keletkezik az előzőekben elkülönült szénhidrogének termális átváltozásával. Az átalakulásban döntő szerepe a hőmérsékletnek van, az idő és a nyomás szerepe mellékes.

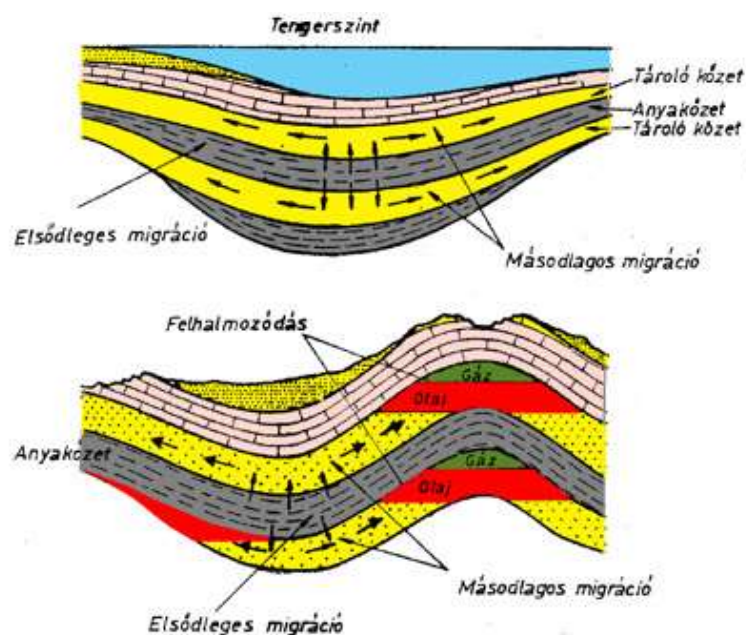


Az anyakőzetből elkülönült kőolaj és földgáz a rétegterhelő nyomás hatására vándorolni, migrálni kezd.

A migráció két szakaszból áll: elsődleges és másodlagos migráció.

Az elsődleges migráció az anyakőzetben való vándorlás, mely a tárolókőzetbe való eljutásig tart. A vándorlási folyamat hajtóereje a *rétegterhelés*.

A másodlagos migráció a tárolókőzetben való vándorlás, mely a felhalmozódásig, vagyis *csapdázódásig* tart. A felhajtóerő (a szénhidrogének kisebb fajsúlyúak, mint a víz), a kapilláris nyomás (a pórusok és a köztük lévő kicsi csatornák mikroszkópos méretűek), valamint a hidrodinamikai hatás (áramló talajvíz vagy rétegvíz) miatt következik be [10].



2-2. ábra. Az elsődleges és másodlagos migráció elvi vázlata [76]

2.2.2. A KŐOLAJ ÉS FÖLDGÁZ FAJTÁI

Az előző fejezetben említettük, hogy a kőolajat és a földgázt döntően szénhidrogén molekulák építik fel. A természetes szénhidrogén-molekulák típusai a következők:

- Telített szénhidrogének, melyekre az jellemző, hogy a szénatomok egy kovalens kötéssel kapcsolódnak. Típusai az *alkánok* (paraffinok) és a *cikloalkánok* (naftének).
- Telítetlen szénhidrogének, ezek a vegyületek egy vagy több kettős kötést (*alkének*, *olefinek*), vagy egy, vagy több hármass kötést (*alkinek*) tartalmaznak.
- Aromás szénhidrogének, olyan gyűrűs telítetlen szénhidrogének, amelyek molekulájában egy vagy több benzolgyűrű, vagy ahhoz hasonló gyűrűrendszer található. Lehetnek



monociklusosak és policiklusosak. Legegyszerűbb képviselőjük, mintegy „alapvegyületük” a benzol.

- Gyanták és aszfaltének, melyek benzolgyűrűk kapcsolódásával jönnek létre, a szén atomokat egyes helyeken *N*, *S*, *O* helyettesíti.

Ezek alapján a szénhidrogén-molekulák típusai szerint, az alábbi kőolajokat különböztetjük meg:

- paraffinos (paraffin bázisú),
- nafténes (naftén bázisú),
- aszfalténes (aszfalt bázisú),
- intermediát (átmeneti bázisú).

Léteznek más csoportosítások is, de ezek környezettechnológia szempontból számunkra nem meghatározóak.

Az említettekkel szemben a földgáz csak olyan paraffinokat tartalmaz, melyek szénatomszáma kisebb, mint öt. A földgázt felépítő vegyületek tehát a metán, etán, propán és bután. A tisztán metánból álló földgázt *száraz gáznak* nevezzük, a kettő-négy szénatomszámú paraffinokat is tartalmazó gázt *nedves gáznak* hívjuk.

2-1. táblázat. A földgáz tipikus összetétele [41]

alkotó	térfogat %
<i>metán</i> CH_4	97%
<i>etán</i> C_2H_6	0,919%
<i>propán</i> C_3H_8	0,363%
<i>bután</i> C_4H_{10}	0,162%
<i>szén-dioxid</i> CO_2	0,527%
<i>oxigén</i> O_2	0-0,08%
<i>nitrogén</i> N_2	0,936%
<i>nemesgázok: Ar, He, Ne, Xe</i>	nyomelemként

A kőolaj 5-14 szénatomszámú paraffinokból és egyéb szénhidrogén-molekulákból áll. Ha a paraffinok szénatomszáma meghaladja a 14-et, a kőolaj aszfaltszerű, majdnem szilárd anyaggá válik [10].



2.2.3. A KŐOLAJ ÉS FÖLDGÁZ KITERMELÉSE

Fúrólukakon keresztül termelik ki a gázokat, könnyű- és nehézőolajokat. Nagy előrelépést jelentett a víz alatti kitermelési módszerek, eljárások fejlesztése, ezért ma már a mélytengeri alkalmazás is lehetővé vált. A szilárd fázisokhoz kötött olajhomok és olajpala kitermelése is megkezdődött. A kitermelt közettömegből az olajféséseket leválasztják, és mint tüzelőanyagot hasznosítják villamos erőművekben.

A kőolaj kitermeléshez szükséges kutakat a *fúrótornynak* nevezett berendezéssel fúrják ki.



2-5. kép. Hagyományos himbás „kút” [34]

A földgáz telepek feltárása magába foglalja a kitermeléshez szükséges valamennyi műszaki létesítmény tervezését és megépítését. Ide tartozik a termelő platformok felállítása, a mélyfúrások kivitelezése, a gyűjtővezetékek kiépítése, a mérőállomások és gáztisztító-berendezések üzembe helyezése, valamint a szállításhoz szükséges létesítmények megépítése. Egy földgázmező feltárása sok évig tarthat, és hatalmas befektetéseket igényel [10].

2.3. *Energiaszolgáltatás, vezetékes energiaellátás*

Az energiahordozók kötött energiájának felszabadítása és átalakítása – gyakorlatilag – két módon történhet. Vagy egyedi – háztartási méretű – berendezésben, vagy központi termelőben, különböző erőművekben. Ezek alapján beszélhetünk decentralizált vagy centralizált energiatermelésről. Ha például a földgázt, mint energiahordozó nézzük, akkor azt - akár a földgáztüzelésű erőművekbe, akár a háztartásokba - el kell juttatni. Biztosítani kell a fogyasztóknak a rendelkezésre állását. A fogyasztók végenergia-ellátásának két megoldása



alakult ki (lásd még 1.6 és 1.7 fejezeteket). Az egyedi és vezetékes energiaellátás. Amíg a technikai fejlődésünk nem tette lehetővé, addig csak egyedi energiaellátás alakult ki. Azonban a társadalmi – technikai - gazdasági fejlődésünknek köszönhetően az elmúlt évtizedekben a vezetékes energiaellátás került előtérbe. Az energiaszolgáltató társaságok is elsősorban vezetékes energiaellátásra jöttek létre. Primer energiahordozók közül a földgázt, szekunder energiahordozók közül a villamos energiát, a hőt pedig a nagyobb lélekszámú településeken szolgáltatják vezetékesen.

Az energiaszolgáltatók feladata rendkívül komplex és szerteágazó. Azonban alapvető feladatuk, hogy a termelt vagy vásárolt energiát a forrás helyétől a fogyasztókhoz *szállítsák*. Az energiaszolgáltató látja el a *fogyasztói csatlakozással* összefüggő feladatok jelentős részét is. A vezetékes energiaellátás biztosítása során kiemelt feladat a biztonságos energiaellátás megvalósítása. Ennek érdekében gondoskodni kell a műszaki előírások betartásáról, a szabványban és jogszabályokban előírt rendelkezések megvalósulásáról. Az energiaszolgáltatóknak kell gondoskodnia arról is, hogy a fogyasztói csatlakozások méretei a csúcsigényekhez igazodni tudjanak, azokat mindenkor ki lehessen elégíteni. A fogyasztókhoz mérőhelyeket szükséges kialakítani, hogy az elfogyasztott energiát mérni lehessen, mely az értékesített energia elszámolásának alapja.

A vezetékes energiaszolgáltatás kiemelt feladata, hogy a rendelkezésre álló *energiaforrás és a fogyasztás egyensúlyát* mindenkor biztosítsa. Ráadásul az egyensúlyt „egyoldalúan” kell biztosítsa. Ez alatt azt kell érteni, hogy a szolgáltatásnak mindig a fogyasztás ellátásához szükséges a kapacitásokat illesztenie, mindig a fogyasztói oldalon jelentkező igényeket kell kielégítse. Hiszen a fogyasztói oldalon történő beavatkozás azt jelentené, hogy az igényeket kellene korlátozni. A gyakorlatban ez nem megengedhető, hiszen például egy távhőszolgáltatásnál nem lehetséges, hogy nem szolgáltató a szolgáltató az igényeknek megfelelő mennyiségű használati melegvizet, vagy hőenergiát. Még élesebben érvényes ez a villamosenergia-szolgáltatásra. A fogyasztás mindenkori ellátását rugalmasan igénybe vehető berendezések rendelkezésre állásával, illetve *energiatárolással* lehet megoldani.

A fogyasztók és a szolgáltató között az energiaellátó vezetékhálózat teremt kapcsolatot, melyek általában a szolgáltatók tulajdonában vannak.

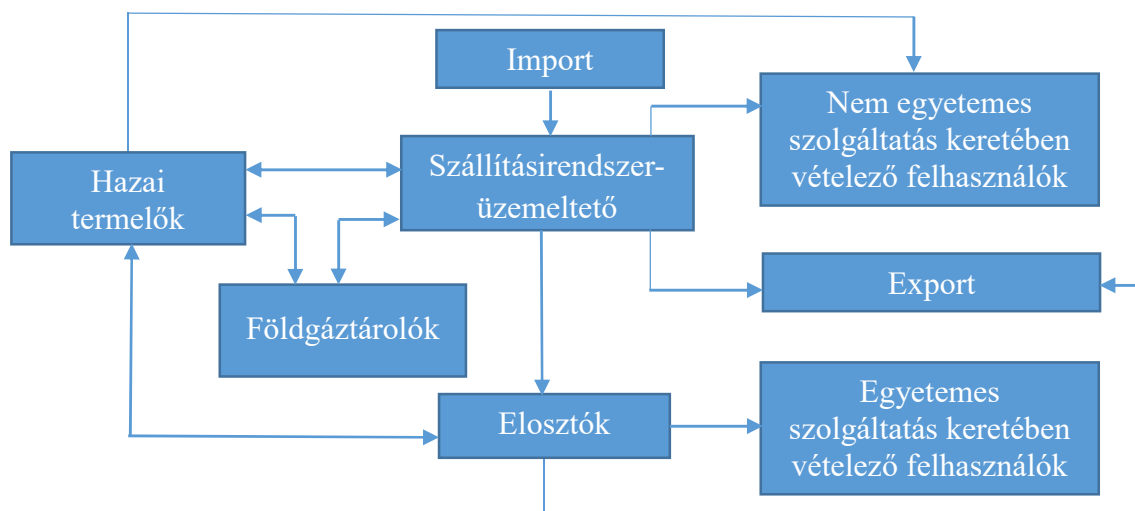


2.3.1. FÖLDGÁZSZOLGÁLTATÁS

Magyarországon a földgázszolgáltatást, az Európai Unió szabályozási rendszerével harmonizált törvények szabályozzák. Hazánkban a 2008. évi XL. törvény szabályozza a földgázellátást [59]. A törvény értelmében a *földgáz* fogalma: Olyan természetes éghető gáz, amely a földkéregben keletkezett, bányászati tevékenység során kerül a felszínre, valamint bármely, az e törvény szerint alkalmazott berendezésben környezetvédelmi és műszaki biztonsági szempontból megfelelő módon biztonságosan felhasználható. A földgáz fogalmába tartozónak érti a törvény az olyan földgáz minőségű, biomasszából és egyéb nem bányászati származó mesterségesen előállított gázkeverékeket is, melyek környezetvédelmi, műszaki-biztonsági szempontból megfelelő módon az együttműködő földgázrendszerbe visszajuttathatók, vagy a földgázzal keverhetők.

A fenti jogszabályi értelmezés alapján láthattuk, hogy a bányászati tevékenység szorosan hozzátartozik a földgáz szolgáltatás működtetéséhez. Magyarországon az 1993. évi XLVIII. törvény szól a bányászatról [57].

A földgázszolgáltatás jól szervezett tevékenység kell legyen, hiszen gondoskodni kell az ország hosszú távon gazdaságos és biztonságos gázellátáshoz szükséges forrásokról, a hazai termeléssel nem fedezhető importból történő ellátásáról. Nemzetgazdasági cél a földgázigények és a számításba vehető földgázforrások összhangjának megteremtése.



2-3. ábra. A hazai földgázipar jelenlegi működési modellje [62]



A szállításirendszer-üzemeltetői engedélyesek integrált földgázszállítói rendszert működtetnek, amely az alábbi részrendszerekből tevődik össze:

- betáplálási pontokból,
- kiadási pontokból (gázátadó állomásokból),
- nagy nyomású földgázszállító vezetékrendszerből,
- kompresszorállomásokból,
- vezetéki csomópontokból.

A nagy nyomású földgázszállító vezetékrendszer látja el a földgázkereskedőket és egyetemes szolgáltatókat, az erőműveket és az ipari fogyasztókat, akiket közvetlen szállítóvezetéki felhasználóknak is neveznek. A gázátadó állomások feladata, hogy ellenőrzött módon, folyamatosan adják át a földgázt a csatlakozó rendszerüzemeltetőknek és a közvetlen szállítóvezetéki felhasználóknak. Minden betáplálási és kiadási ponton folyamatosan történik a földgáz mennyiségének a mérése és minőségének ellenőrzése.

A magyar nagynyomású vezetékrendszer 5873 km hosszúságú acélcsővekből áll, mely jellemzően 63 barig (egyes esetekben 75 barig) terjedő nyomás alatt működik. A vezetékrendszerben hét darab kompresszorállomáson centrifugálkompresszorok üzemelnek. Feladatuk, hogy a gáznyomás megemelésével növeljék a rendszer kapacitását, így tudják biztosítani azt, hogy a földgáz megfelelő nyomáson jusson el a csővezetékeken keresztül a felhasználókhoz. A biztonságos rendszerüzemeltetés végett az acéltávvezeték-hálózat teljes egészére kiterjedő katódvédelmi rendszer üzemel, melynek feladata a távvezetéki korrózió megakadályozása.

Minden földgázipari tevékenység engedély- vagy bejelentésköteles tevékenység [Get. 3. § 29.] [59]. Az engedélyeket a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) adja ki. A Hivatal feladata, hogy a földgázpiaci jogszabályoknak és hatósági előírásoknak megfelelő működést felügyelje, szükség esetén jogkövetkezményeket alkalmaz.

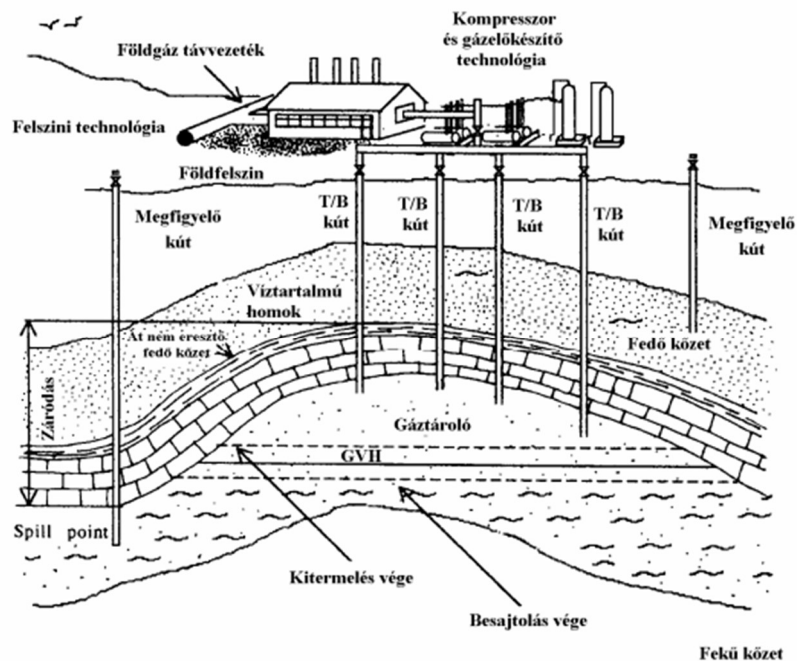
A földgázellátás egyik lényeges kérdése a források és a fogyasztás mindenkori egyensúlyának megteremtése. Ez a feladat azért alapvető, mert a földgázzal gazdasági és környezetvédelmi szempontok figyelembevételével elsősorban olyan fogyasztókat – kiemelten háztartásokat – látunk el, amelyek energiaigénye erősen hőmérsékletfüggő. Magyarul egy téli időszakban nem hagyhatjuk a lakosságot energiahordozó nélkül, elvéve a lehetőséget ezzel a belső tereink fűtésétől.



A hazai gáztermelésben, különösen pedig a gázimportban gazdaságilag a minél egyenletesebb kitermelés, illetve szállítás indokolt. Vagyis az egyenletesen rendelkezésre álló gázforrás szükséges igény.

A földgázfogyasztás időbeli változása a *földgáz tárolását* követeli meg. A tárolásnak több módja is lehetséges. Nagymennyiségű földgáz szezonális tárolását földalatti gáztárolókban oldhatjuk meg. Földalatti gáztárolásra olyan porózus kőzetréteg alkalmas, amely felett gázt át nem eresztő boltozat van, alul pedig vízzel elárasztott kavics- vagy homokréteg akadályozza meg a gáz megszökését. Magyarországon a gáztároló létesítmények porózus geológiai szerkezetűek. A legtöbb esetben a kőzet homokkő (Hajdúszoboszló, Pusztaderics, Kardoskút), egy kivétellel (Zsana), ahol mészkő. Ezeket a geológiai képződményeket – amelyekből a földgáz kitermelése részben vagy teljesen befejeződött, és megalapozottan bizonyítást nyert, hogy földgáz tárolására alkalmasak – átalakították földalatti gáztárolókká.

31?



2-4. ábra. A földalatti gáztárolás sémája [70]

Földgáztárolási célra kizárólag az a földgáztároló réteg jöhet számításba:

- amelyeknek a zártsága bizonyított a későbbi tároló üzemeltetéshez,
- ahol maga a tároló kőzet rendelkezik a szükséges tárolási tulajdonságokkal, és emellett kellőképpen állékony,
- ahová a földgáz viszonylag könnyen besajtolható, tárolható és a tároló rétegből gazdaságosan, maradéktalanul visszanyerhető.



Száz leművelt mezőnek csak a töredéke tesz eleget ezeknek a kihívásoknak. Alapvető elvárás például, hogy a földgáz viszonylag alacsony, *60-80 bar*, legfeljebb *210 bar* nyomással besajtolható legyen. Ez akkor teljesül, ha a telep nincs mélyebben, mint *2000-2500 méter*, tároló közetének pedig jó az áteresztőképessége. A földalatti tárolás más gáztárolókhoz viszonyítva fajlagosan olcsó.



2-5. ábra. A zsanai földgáztároló földalatti tárolótelepének felszíni infrastruktúrája [46]

Kisebb gázmennyiségre és rövidebb időre *földfeletti gáztartókat* lehet alkalmazni. Bizonyos határok között gáztárolóként működik a *gázzsállító vezeték* is, ha feltöltéskor a gáz nyomását növeljük, kisütéskor pedig csökkentjük. A gázvezeték tárolóképessége természetesen csak rövid ideig tartó, például napi forrás és igényeltérések kiegyenlítésére alkalmas.

A hazai földgázellátásban meghatározó szerepe van a gázimportnak. Az egyoldali gázimportot hosszú távú szerződésekkel lehet stabilizálni. A gázforrások diverzifikálása javítja a földgázellátásunk biztonságát és stabilitását.

A gázellátásban jelenleg a vezetékes földgázszolgáltatás az egyeduralkodó. A földgáz térhódítása előtt voltak más gázrendszerek is, mint például a városi gáz hálózat. A vezetékes földgázellátással párhuzamosan kisebb települések és fogyasztók használnak PB gázt is, de napjainkra jelentőségük csökkent. A propán-bután cseppfolyósított gáz közel *20%-ban* hidrogént és több mint *80%-ban* kARBONT tartalmaz.

A szállítás és tárolás érdekében indokolt lehet a *földgáz cseppfolyósítása (LNG)*. A cseppfolyósított földgáz minden köbmétere kerekén *600 m³* atmoszférikus nyomású földgázt tartalmaz. A cseppfolyósításhoz a földgázt atmoszférikus nyomáson *-161 °C* hőmérsékletre kell



lehűteni. A kis térfogatú cseppfolyósított földgáz tengeren nagy távolságra is gazdaságosan szállítható tankhajókban. Magyarország is érdekelt lehet olyan cseppfolyósított földgázzállításban, amelynek csatlakozó terminálja az Adria tenger partján épülne meg és innét már vezeték szállítaná a földgázt.

2.3.2. VILLAMOSENERGIA-ELLÁTÁS

A villamosenergia-szolgáltatás Magyarországon több mint 120 évvel ezelőtt kezdődött. A közhasznú villamosenergia-szolgáltatás robbanásszerűen fejlődött. A fejlődés mértékét jellemzi, hogy a második világháború után rövid időn belül gyakorlatilag az egész ország villamosítottá vált [1].

A villamos energia előnyös tulajdonságai következtében egyre nagyobb területeket hódít el a többi energiafajtától. Ennek több oka van. Egyik alapja, hogy a villamos energia 100%-ban exergia, vagyis átalakítható a többi energiafajtába (mechanika, hő stb.). További előnye, hogy nagy egységekben történhet a villamosenergia-termelés - 1000 MW-os nagyságrend -, és az innovációknak köszönhetően ezen erőművek hatásfokai is egyre jobbak lesznek. A villamos energia jó hatásfokkal transzformálható és szállítható. Továbbá elosztása egyszerűen megoldható, ugyanarról a hálózatról egészen kis teljesítményű – néhány wattos – és nagy, több megawattos fogyasztó egyidejűleg táplálható. Az előnyös tulajdonságokhoz tartozik még, hogy a villamos energia felhasználása könnyen automatizálható, univerzális jellege miatt egyre több új technológia alkalmazását teszi lehetővé. Hasznos, hogy a villamos vontatás igen jó hatásfokú és egyes közlekedési formáknál – például földalatti szállítás esetében – csak villamos vontatás képzelhető el.

A villamosenergia-szolgáltatás fejlődése és Magyarország gazdasági szerkezetében bekövetkező változások miatt a villamosenergia-ellátás szervezet többször módosult. A villamosenergia-rendszer jelenlegi működését a villamos energia törvény - 2007. évi LXXXVI. törvény a villamos energiáról – szabályozza [58]. A törvény értelmében a villamosenergia-ellátás szereplőinek viszonyait az alábbi ábrákon láthatjuk (2-6. ábra, 2-7. ábra).

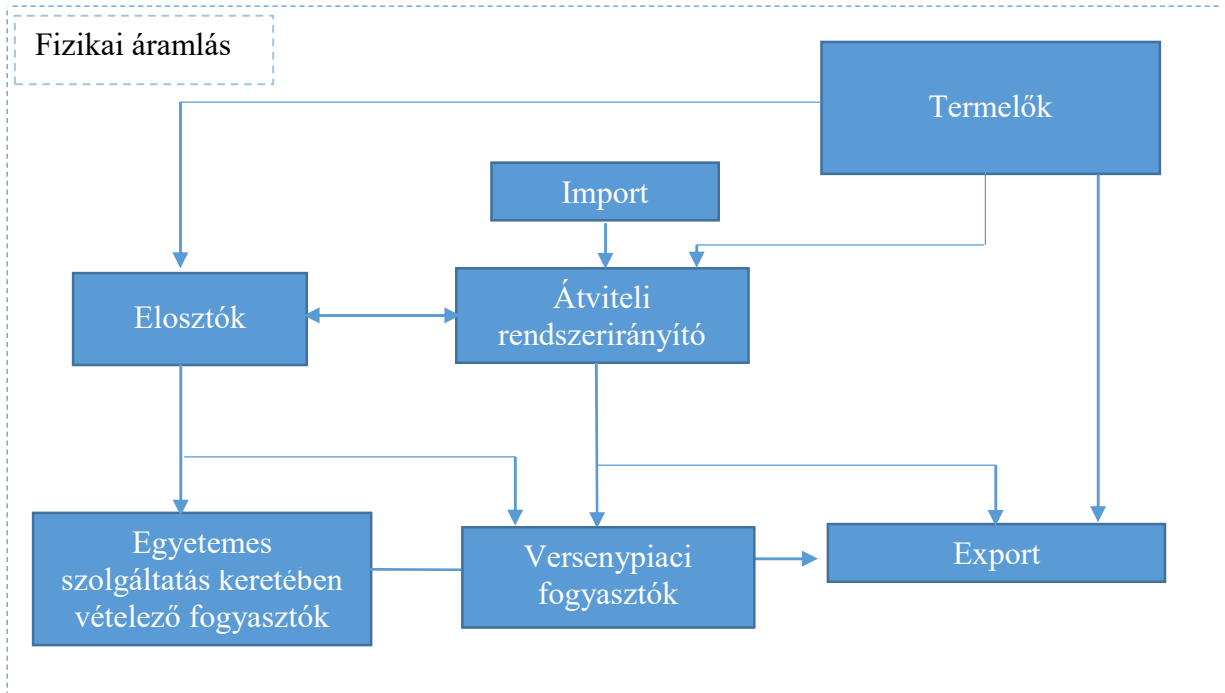
A villamos energiát a termelők állítják elő, mely termeléshez szükséges alapanyag beszerzését a termelőknek kell biztosítani. A villamos energia átvitelére szolgáló vezetékrendszer, a tartószerkezetekkel, a határkeresztező vezetékekkel, a hozzá tartozó átalakító- és kapcsoló berendezésekkel együtt alkotja az átviteli hálózatot.

32?

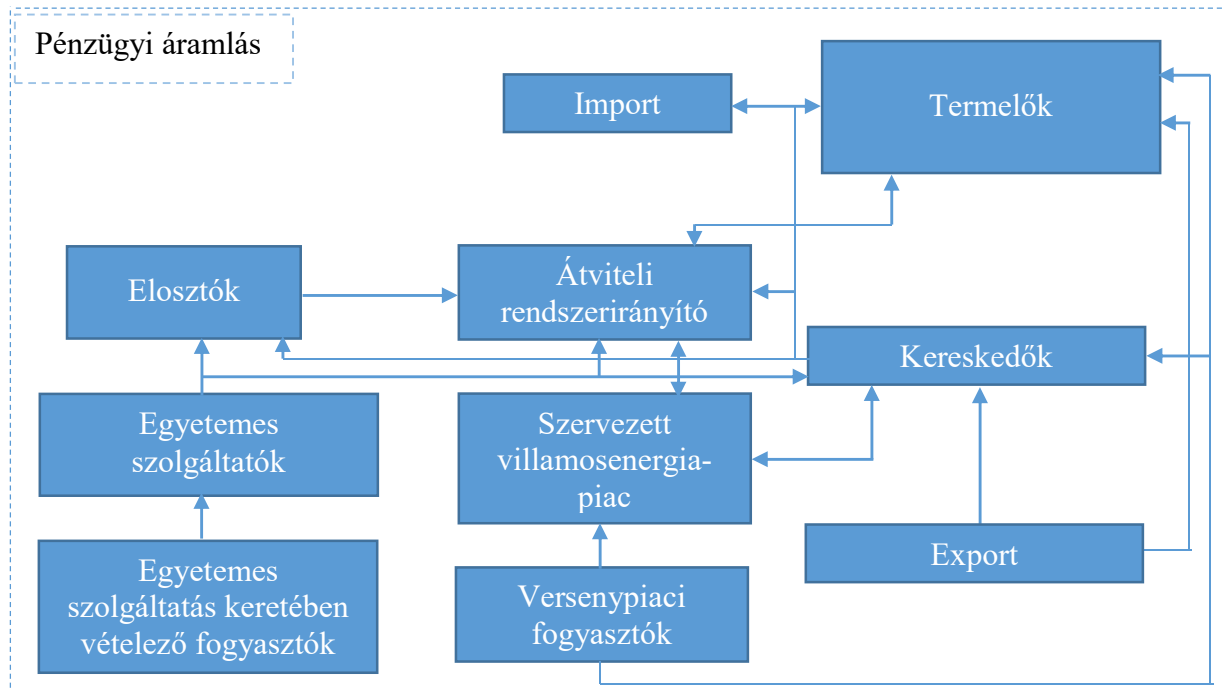


A villamosenergia-rendszer zavartalan és biztonságos működtetését a rendszerirányító biztosítja. További feladata a teljesítmény egyensúlyának biztosítása, valamint a nemzetközi összeköttetések rendelkezésre állását szolgáló célirányos tevékenységek összefogása és koordinációja.

33?



2-6. ábra. A villamosenergia-ellátás működési modellje – fizikai áramlás [63]



2-7. ábra. A villamosenergia-ellátás működési modellje – pénzügyi áramlás [63]



Az elosztók végzik a villamos energiának az elosztó hálózatokon történő továbbítását, a felhasználókhoz történő eljuttatását. Az erőműveket, az átviteli és az elosztó hálózatot összefoglalva *villamosműnek* nevezzük.

A földgázszolgáltatáshoz hasonlóan, a villamosenergia termelése, szállítása és szolgáltatása egyaránt engedélyköteles tevékenység, melyre a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal által kiadott engedély jogosít fel.

A villamosenergia-hálózat feladata az erőművek közötti kooperáció megvalósítása, a nemzetközi összeköttetések biztosítása és a megtermelt villamos energia szállítása és elosztása. A villamosenergia-rendszerek kialakulása során kezdetben a villamos hálózat az erőműtelep és a fogyasztó közötti egyetlen összeköttetésből állt. A folyamatos villamosenergia-ellátás igénye ebben az esetben az erőmű részéről a legnagyobb termelő egység 100%-ának megfelelő tartalék tartását követeli meg, az esetlegesen bekövetkező hibák és karbantartások miatt. Az egyes erőművek és fogyasztó körzetek villamos hálózaton keresztül való összekapcsolása, azaz az együttműködő villamosenergia-rendszerek kialakulása az 1910-es évek végén kezdődött. Az erőművek „együttműködése”, kooperációja révén lehetővé válik – az esetleges hibák bekövetkezése, vagy szükséges karbantartások során – egymás kiegészítése. Az erőművek kooperációjának megvalósításával csökkenthető az egy erőműben tartandó tartalék, növelhető az egységteljesítmények és jelentősen javul a fogyasztók ellátásának biztonsága. Lehetőség nyílik továbbá az egyes erőművek közötti terheléelosztás megvalósítására. A felsorolt előnyök életre hívták az országos méretű együttműködő villamosenergia-rendszereket. Létrejöttek az országok közötti együttműködések, napjainkban földrész nagyságú kooperációs villamosenergia-rendszerek üzemelnek szinkron kapcsolatban.

A hazai villamosenergia-rendszer (VER) 1949-ben alakult. A legfontosabb piaci szereplőket az alábbi táblázat foglalja össze (2-2. táblázat). A hazai VER legfontosabb szereplői).

A villamosenergia-ellátás alapvető feladata a fogyasztói igények kiszolgálása. Számos követelmény határozza meg az energiaellátást. A környezetvédelmi, gazdasági, energiahatékonysági követelmények mellett ki kell emelni, hogy a folyamatosan rendelkezésre álló villamos energia, az ellátásbiztonság alapja. Úgy is megfogalmazhatnánk, hogy a folyamatosan rendelkezésre álló villamos energia mindent felülíró követelmény.



2-2. táblázat. A hazai VER legfontosabb szereplői

50 MW és annál nagyobb teljesítőképességű erőművet üzemeltető társaságok		
Alpiq Csepel Kft.	ISD Power Kft.	Pannongreen Kft.
Bakonyi Erőmű Zrt.	MVM Mátrai Erőmű Zrt.	Tisza Erőmű Kft.
Budapesti Erőmű Zrt.	MVM GTER Zrt.	Uniper Hungary Kft.
Dunamenti Erőmű Zrt.	MVM Paksi Atomerőmű Zrt.	Vértesi Erőmű Zrt.
Átviteli rendszerirányító		
MAVIR Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt.		
Egyetemes szolgáltatók		
NKM Áramszolgáltató Zrt.	E.ON Energiaszolgáltató Kft.	ELMŰ-ÉMÁSZ Energiaszolgáltató Zrt.
Szervezett villamosenergia-piac		
HUPX Zrt.		

Azonban nekünk, mérnököknek tisztában kell lennünk azzal a ténnyel, hogy nincsen „jolly joker” megoldás, vagyis nem létezik olyan termelő, amely minden követelményünket teljes mértékben kielégíti. Elég, ha a csak az időjárásfüggő megújuló energiaforrások időjárásfüggő kitétségére gondolunk. Így a megfelelően kialakított villamosenergia-rendszer kompromisszumok „halmaza”. A biztonság, minőség és gazdaságosság követelményrendszerének együttes teljesítése egyezségeken alapuló feladat, ami a rendszerirányítás központi problémája. Alapvetően fontos a káros környezeti hatások elkerülése, megakadályozása, amelyet a minőségi követelmények közé sorolunk.

Megbízható *rendelkezésre álláson* – lényegében a biztonságon – azt értjük, hogy a villamos energia a vételezési pontokon elegendő mennyiségben és folyamatosan álljon rendelkezésre. A nagyfeszültségű hurokolt hálózat szempontjából a biztonság üzemzavartűrő képességként fogható fel. A biztonságos üzem feltétele, hogy teljesüljön az (n-1) kritérium. Az (n-1) kritérium biztosítja, hogy a rendszer valamely elemének meghibásodása, kiesése ne okozzon fogyasztói kiesést, nem kiszabályozható áram vagy feszültség határérték túllépést, illetve ne veszélyeztesse a többi berendezés biztonságos üzemét. A biztonság növelésének követelménye miatt beszélhetünk (n-2) kritériumról is. Ennek olyan körzetekben van jelentősége, ahol fokozott követelményeket kell biztosítani. Az „n” a mindenkori tervezett és a követelményeket kielégítő rendszer elemszámát jelenti.

35?



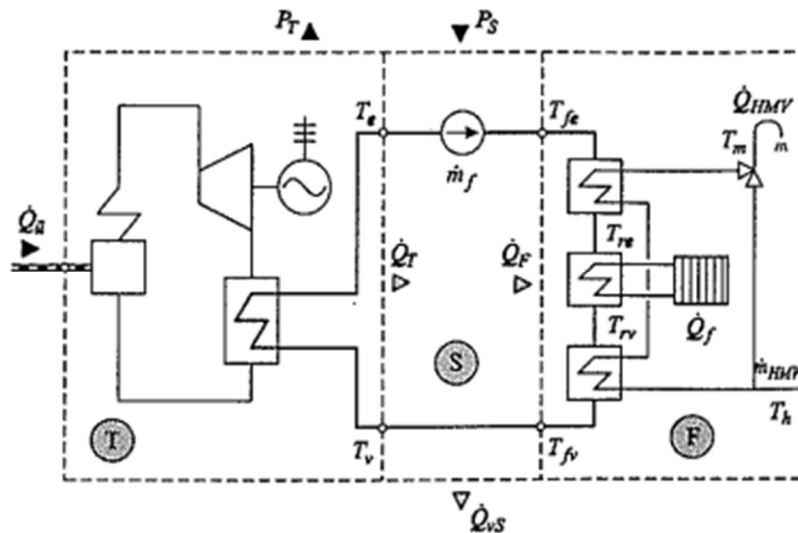
2.3.3. TÁVHŐSZOLGÁLTATÁS

A távhőszolgáltatás is vezetékes energiaszolgáltatás. A közhasznú távhőszolgáltatást akkor érdemes kiépíteni, ha a távhőt energetikailag kedvezően termelhetjük – kapcsolt energiatermeléssel, hulladékhőből, megújuló energiával – és az érintett település hőigénye, illetve területegységre eső fajlagos hőigénye nagy. Távhőellátással szolgálhatjuk ki az ipartelepek technológiai hőigényét, többnyire gőzzel. A közhasznú távhőrendszereket elsősorban lakóépületek, intézmények és ipari üzemek fűtésére és használati melegvízellátására létesítik.

A távhőrendszereknek általában három meghatározó alrendszere van:

1. Távhőtermelés alrendszere,
2. hőszállítás alrendszere,
3. hőfelhasználás alrendszere.

36?



2-8. ábra. Kétsöves, közvetett csatlakozású forróvízes távhőrendszer rendszerstruktúrája [4]

A *T alrendszer* a távhőtermelés alrendszere, amelyben a távhőt kapcsolt és/vagy közvetlen (kizárólagos) energiatermeléssel állítjuk elő. Az előbbi ábra szerint a hőtermelő \dot{Q}_u tüzelőhőteljesítmény felhasználásával, P_T villamos teljesítmény előállításával mellett

$$\dot{Q}_T = \dot{m}_f \cdot c \cdot (T_e - T_v) \quad (13.)$$

hőteljesítményt ad ki, ahol



\dot{m}_f – a primer fűtővíz tömegárama [kg/s ; t/h]⁸,

T_e – a kiadott víz előremenő hőmérséklete [K ; $^{\circ}C$],

T_v – a visszatérő víz hőmérséklete [K ; $^{\circ}C$].

Az *S alrendszer* a hőszállítás alrendszere, amely magába foglalja az elosztó hálózatokat, a gerincvezetéseket és a távolsági hőszállítás vezetékeit. Az egyszerűsített modellünk alapján, a hőszállításnak P_S villamos teljesítményigénye és \dot{Q}_{vS} hővesztesége van. Így az *F alrendszerre* – a hőfogyasztóknak – átadott hőteljesítmény

$$\dot{Q}_F = \dot{Q}_T + \eta_S \cdot P_S - \dot{Q}_{vS} = \dot{m}_f \cdot c \cdot (T_{fe} - T_{fv}) \quad (14.)$$

ahol,

η_S – a szivattyúzás hatásfoka [-; %],

T_{fe} – a víz előremenő hőmérséklete a hőfogyasztóknál [K ; $^{\circ}C$],

T_{fv} – a víz visszatérő hőmérséklete a hőfogyasztóknál [K ; $^{\circ}C$].

Az *F alrendszer* a hőfelhasználás alrendszere, amely rendszer tartalmazza a fűtés és a használati melegvízellátás berendezéseit. A felhasznált távhőteljesítményt a

$$\dot{Q}_F = \dot{Q}_f + \dot{Q}_{HMV} = \dot{m}_f \cdot c \cdot (T_{re} - T_{rv}) + \dot{m}_{HMV} \cdot c \cdot (T_m - T_h) \quad (15.)$$

egyenlettel lehet meghatározni.

Az egyenletben a

\dot{Q}_f - a fűtési hőigényt [W ; J/h],

T_{re} - a szekunder fűtővíz fűtési hőcserélő utáni hőmérséklete [K ; $^{\circ}C$],

T_{rv} - a szekunder fűtővíz hőcserélő előtti hőmérséklete [K ; $^{\circ}C$],

\dot{Q}_{HMV} - a használati melegvíztermelés hőigénye [W ; J/h],

\dot{m}_{HMV} - a használati melegvíz tömegárama [kg/s ; t/h],

T_h - a felhasznált hálózati víz hőmérséklete [K ; $^{\circ}C$],

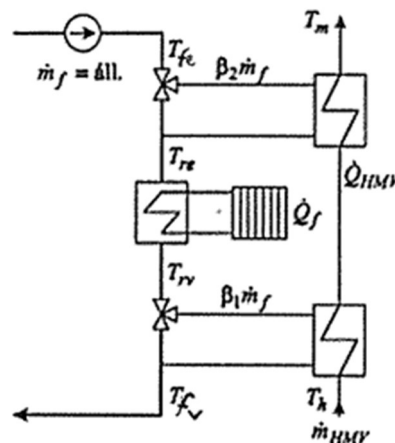
T_m - használati melegvíz hőmérséklete [K ; $^{\circ}C$].

⁸ A kg/s az SI egység, a t/h az ipari gyakorlatban használt szokásos egység. A további mértékegységeknél is ezt a közlési módot alkalmazzuk. Első helyen az SI egység, második helyen az ipari gyakorlatban alkalmazott szokásos egységet közöljük.



Egyértelműen belátható, hogy a fűtési hőteljesítmény igényt a külső levegő hőmérséklete határozza meg. A folyamatosan változó igényt a fűtővíz tömegáramának és hőmérsékletének változtatásával elégíthetjük ki. A két jellegzetes megoldás az *állandó* és *változó tömegáramú* távhőrendszer.

A kezdeti távhőrendszerekben – elsősorban a szükséges helyi szabályozók hiánya miatt – általában állandó tömegáramú távhőrendszereket létesítettek. Az állandó tömegáramú rendszereknél az $\dot{m}_f = \text{állandó}$ (2-9. ábra). A tömegáram állandósága mellett a primer fűtővíz előremenő (T_e) hőmérsékletét a külső levegőhőmérséklet (T_i) függvényében úgy változtatjuk, hogy a fűtés és a használati melegvíztermelés hőigényét a legalacsonyabb hőmérsékletszinten elégítsük ki. A fűtési hőigényt egyetlen hőcserélő segítségével biztosítjuk, egyetlen hőcserélőben adjuk át. A szekunder fűtővíz hőmérséklete a fűtési hőcserélő előtt (T_{rv}) és után (T_{re}) a primer előremenő hőmérséklet szabályozásának hatására úgy változik, hogy egyrészt különbségük, másrészt átlagos hőmérsékletük és a fűtött helyiségben tartandó T_b belső hőmérséklet különbsége arányos legyen a \dot{Q}_f fűtési hőteljesítménnyel [4].



2-9. ábra. Állandó tömegáramú távhőrendszer [4]

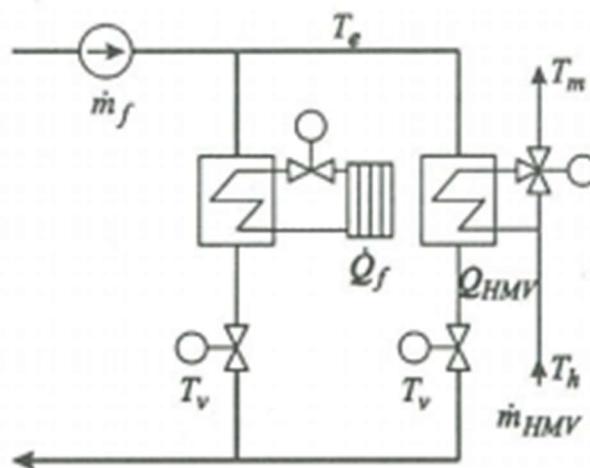
A használati melegvíztermelést két ellenáramú hőcserélő segítségével biztosítjuk. Az első fokozat a fűtési hőcserélőtől visszatérő ághoz, a második fokozat az előremenő ág érkező szakaszához csatlakozik, mindkettő fűtőoldali megkerülési lehetőséggel.

Hidegebb külső hőmérséklet esetén a használati melegvizet egyedül a visszatérő vezetékhez csatlakozó hőcserélőben megtermelhetjük, az előremenő ág nem fűti a második használati melegvíztermelőt ($\beta_2=0$). Melegebb fűtési időszakban a használati melegvizet két lépcsőben kell felmelegíteni. A visszatérő ághoz kapcsolt melegvíztermelőt a minél jobb kihasználás



érdekében nem kerüljük meg ($\beta_1=1$). Nyáron csak használati melegvizet kell szolgáltatni. Az állandó tömegáramú távhőrendszer kényelmes szivattyúzást eredményez, a hőmérsékletek központi változtatása helyi beavatkozások nélkül is biztosítja a rendszer működését.

A helyi szabályozás iránti igény erősödése, a fejlett szabályozások kialakulása, az energiahatékonyságra való törekvés, a szivattyúzási munka csökkentése indokolta a változó tömegáramú rendszer kialakítását (2-10. ábra). A tömegáram ilyen változtatása esetén a fűtési időszakban a fűtővíz előremenő és visszatérő hőmérsékleteinek különbsége állandó ($T_e - T_v = \text{állandó}$), de a hőmérsékleteket még többféle módon változtathatjuk. A változó tömegáramú rendszerek magasabb hőmérsékletei fűtésre és használati melegvíztermelésre mindenkor megfelelő lehetőséget nyújtanak. A távhőrendszer kínálatából helyi szabályozókkal állíthatók be az egyedi fogyasztás kívánt jellemzői.

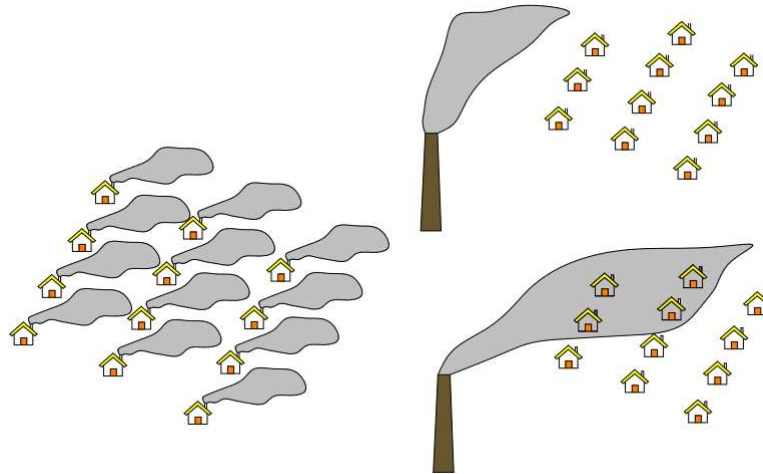


2-10. ábra. Változó tömegáramú távhőrendszer [4]

A távhőtermelés energetikailag akkor hatékony, ha az alábbi feltételek külön-külön, vagy együtt is teljesülnek:

- olcsóbb tüzelőanyagból tudjuk termelni, mint az egyedi hőtermelők,
- energetikailag kedvező kapcsolt energiatermeléssel állítjuk elő,
- teljesen vagy részben hulladék- illetve megújuló energiák felhasználásával nyerjük.

A távhőellátás számos műszaki és gazdasági előnye mellett a fenntartható környezetvédelmi követelményeket is kielégíti. A centrális (fűtő)erőművi kibocsátás környezetvédelmi szempontból nagyon előnyös megoldás (2-11. ábra).



2-11. ábra. A központi és egyedi kibocsátás összevetése [67]

Az erőműveket megfelelő füstgáztisztító technológiával lehet ellátni, illetve a központi kéményen keresztüli kibocsátást is mérni, monitorozni lehet. Ezáltal a jogszabályokban rögzített kibocsátási határértékeket könnyen be lehet tartani, azaz a levegő terheléséről, nem pedig a szennyezéséről beszélhetünk.

További előnyként jelentkezik, hogy a fűtőerőművekben ellenőrzött fűtőanyagok kerülnek felhasználásra. Ezzel szemben a decentrális energiatermelőknél – mely napjainkban, elsősorban a lakosság körében igen elterjedt és népszerű megoldás – nem ellenőrizhető, hogy milyen fűtő- vagy tüzelőanyagot alkalmaznak a háztartásokban. A nem megfelelően kiszárított tüzelőanyag – tűzifa -, a háztartásokban keletkező hulladék (el)tüzelése során tüzeléstechnikailag idegen anyagokat juttatunk be a tüztérbe és a káros anyagok kibocsátása megnő. További hátrány, hogy a házak kéményein kilépő füstgáz nem tisztított füstgáz és a kibocsátás sincs monitorozva a legtöbb esetben, vagyis nincs információnk róla, hogy milyen anyagok, milyen összetételű füstgáz távozik a lakóépületek kéményein.

Az erőművek létesítésének fontos szempontja a megfelelő telephely kiválasztása, azon belül a kémény lokalizációja. A kémények helyét úgy tervezik a szakemberek, hogy az uralkodó széljárást figyelembe veszik. Így a leggyakoribb széljárás során, a kéményeken kilépő füstgáz nem terheli a lakott területeket. Ellentétben a decentrális kibocsátók, vagyis a lakossági kémények mindenféle széljárás során – legyen szó az uralkodó széljárásról, vagy attól ellentétes irányú szélről – terhelik a szomszédos ingatlanokat [9]. Pontos és egyedi elemzést igényel, de akár előnyként jelentkezhethet, a tüzelőanyag-forgalom csökkenése az erőművek esetén. Az

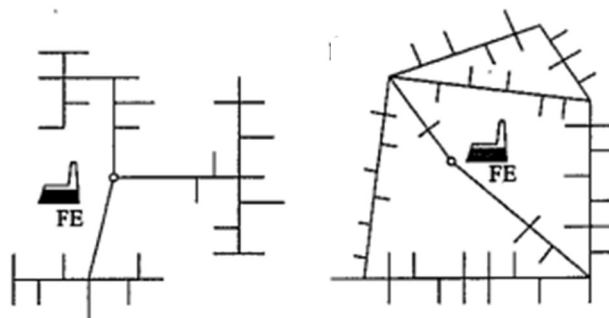


egyedi tüzelőberendezések esetén minden egyes fogyasztóhoz oda kell szállítani a tüzelőanyagot, melyet jelenleg Magyarországon nagy többségében fosszilis forrásból származó üzemanyaggal meghajtott teherautók végzik, hozzájárulva a városok levegőminőségének romlásához.

A fenntartható városi energetika megvalósításának másik hatalmas potenciállal bíró területe az épületenergetika, mely közvetlenül hat a távhőellátás gazdaságosságára. Az épületek energetikai fejlesztéseinek célja olyan épületek, illetve épületszerkezetek kialakítása, amelyek az épületgépészeti berendezésekkel összhangban minél gazdaságosabban biztosítják az épület funkciójának és komfortigényének megfelelő belső hőmérsékletet, valamint az épület állagvédelmét is. Az épület szerkezeti elemeinek megóvásáról is gondoskodnunk kell, hiszen például a nem megfelelően megtervezett épületenergetikai felújítások az épületekben penészesedéseket okozhatnak. Az utóbbi évtizedekben jelentős átalakuláson ment keresztül az építőipar. Új technológiák jelentek meg, mind az építőanyagok piacán, mind pedig az építési technológiákban, amelyek új hőtechnikai problémákat vetettek fel. Ráadásul a komfortigényünk is megnövekedtek. Előtérbe került, és fokozódó igénybevételként jelentkezik a nyári túlmelegedés elleni védelem. A „távenergia-ellátás” erre is megoldást biztosít. Távhűtéssel a nyári forró napokban biztosítani tudjuk a kellemes hőmérsékletet a belső tereinkben.

A távhőrendszerek felépítése sokféle lehet. Meghatározza azt hőenergiával ellátott városok nagysága, az esetlegesen több hőforrás elhelyezkedése, azok együttműködése, egymásra hatása. A távhőrendszereken belül megkülönböztetjük az elosztóhálózatokat, a gerincvezetéseket és a távolsági hőszállítást [4].

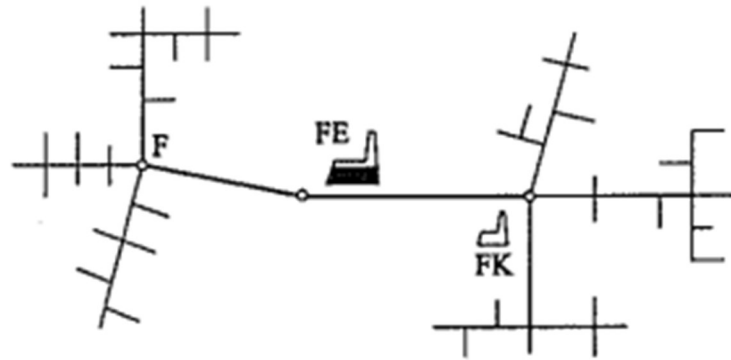
Az elosztóhálózat két jellegzetes típusa a *sugaras* és a *hurkolt elosztóhálózat* (2-12. ábra). A sugaras elosztóhálózatnál a fűtőerőműből – a hőforrásból – a távhő minden fogyasztóhoz csak egyetlen úton juthat el. A hurkolt elosztóhálózatnál a távhőt a fogyasztókhoz több úton el lehet juttatni.



2-12. ábra. Sugaras (bal) és a hurkolt (jobb) elosztóhálózat [4]

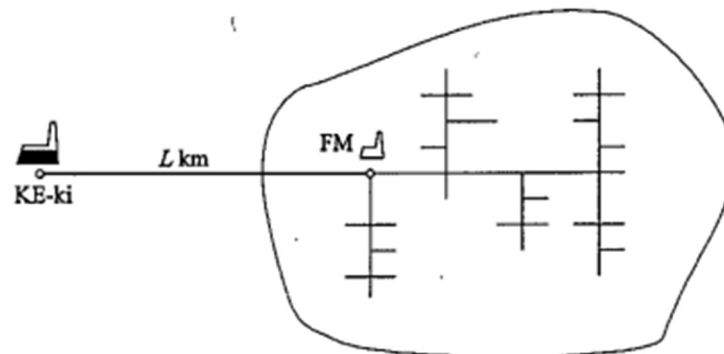


A hőforrásokat és az egyes fogyasztói körzeteket a *gerincvezetékek* kötik össze. A gerincvezetékek feladata az egyes fogyasztói csomópontok hőellátása, illetve – kialakítástól függően – az esetlegesen eltérő telephelyen lévő fűtőerőművi egységek és forróvízkazánok együttműködésének biztosítása (2-13. ábra).



2-13. ábra. Távhőrendszer gerincvezetékekkel [4]

Abban az esetben, ha a hőellátást biztosító hőforrás a fogyasztóktól távol – esetlegesen a település határain kívül – létesült, akkor *távolsági hőellátással* juttatható el a fogyasztókhoz a távhő.



2-14. ábra. Távolsági hőellátás [4]

2.3.4. A TELEPÜLÉSEK VEZETÉKES ENERGIAELLÁTÁSA

A települések energiaigényeit helyi és/vagy központi megoldásokkal elégíthetjük ki. Villamosenergia-ellátás esetén a fogyasztókat szinte kizárólag az együttműködő erőművek látják el az országos villamos hálózaton keresztül. A hőigények helyi (egyedi, decentralis) hőtermelőkkel, vagy távhőrendszerből (centrális termelőből) fedezhetők. Az egyedi tüzelőellátás leggyakoribb tüzelőanyagai a fa, szén, tüzelőolaj, mezőgazdasági melléktermékekből készült biomasszák. Már a lakosság számára is elérhetőek az egyéb alternatív tüzelőanyagok – mint például a cseppfolyós bioethanol -, de használatuk még igen



kis mértékben elterjedt. A hőigények kielégítésére a vezetékes energiahordozók közül, döntően a földgáz energiahordozó terjedt el.

Komfortigények, környezetvédelmi és gazdasági igények kielégítése miatt a települések a vezetékes energiaellátási rendszereket alakítottak ki [66]. A vezetékes energiaellátás lehet teljes, ha az a település minden fogyasztójára és energiaigényére kiterjed, vagy részleges, ha csak a fogyasztók, illetve azok energiaigényének egy részét látja el.

A település energiaigényeit legkomfortosabban háromvezetékes energiarendszerrel elégíthetjük ki. Ez a három rendszer:

1. villamos hálózat,
2. földgázvezeték,
3. távhőrendszer.

A villamos hálózat biztosítja a villamos energiát a települések lakosainak. Magyarországon a településeink gyakorlatilag teljesen villamosítottak. A lakossági és kisebb fogyasztók a kisnyomású gázhálózatokra csatlakoznak, egyes nagyfogyasztókhoz középnyomású gázvezeték épült ki. A településeken a gázfogyasztók csatlakozása többnyire részleges, nem minden háztartás csatlakozik fel a hálózatra.

Nagyobb és koncentrált hőigényű településeken gyakori – és indokolt – a távhőrendszer kiépítése. Ilyen településeken távhővel elégítjük ki a fogyasztók fűtési és használati melegvíztermelési hőigényét, és ha szükséges az ipari fogyasztók technológiai gőzigényét. A használati melegvizet a kézenfekvő távhőn kívül villany- vagy gázbojlerrel is előállíthatjuk.

A települések vezetékes energiaellátásának kialakítása több tényező figyelembevételével alakítható ki. A kisebb falvak, alacsony lélekszámú településeken nem gazdaságos távhőrendszer kiépítése. Ezeken a településeken kisebb beruházási költséggel valósítható meg kétvezetékes energiaellátás. Ebben az esetben a villamos hálózat kiépítése természetes, tehát vagy a földgázvezeték, vagy a távhőrendszer kerül elhagyásra. Abban az esetben, ha a távhőhálózat nem kerül kialakításra, a földgáz biztosíthatja a fűtés és a használati melegvíztermelés hőigényét.

2.4. Atomenergia

Az atomenergiát definíciószerűen megfogalmazni nagyon nehéz, de talán nem is feltétlenül szükséges. Azonban mivel ez egy felkészülési segédlet és feltételezzük, hogy nemcsak a nukleáris energetika területén dolgozó szakemberek felkészülését segíti, ezért fontosnak tartjuk,

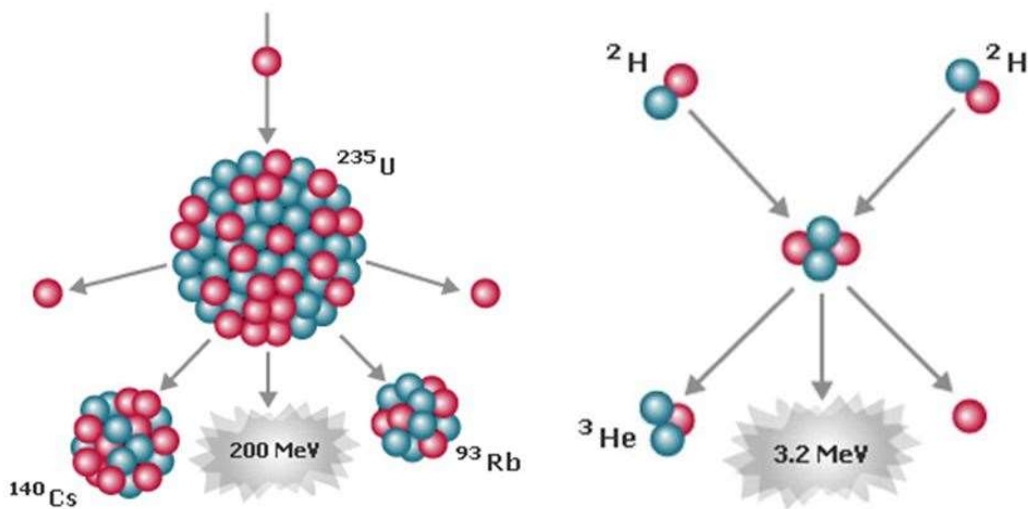


hogyan az olvasók elhelyezhessék az atomenergia szükségességét és lehetőségét a tudomány igen széles asztalán.

Ily módon megfogalmazva, az atomenergia a magreakció ellenőrzött felhasználása a munka, hő és elektromosság formájú energia létrehozása céljából. Fő felhasználási lehetősége a hatékony és gazdaságos villamosenergia-termelés. Az atomenergia egy irányított láncreakció után keletkezik és hőt hoz létre. A hőt a víz felforralására, gőz előállítására, és/vagy gőzturbina meghajtására használják, mely egy generátort megforgatva villamos áram termelésre hasznosítható.

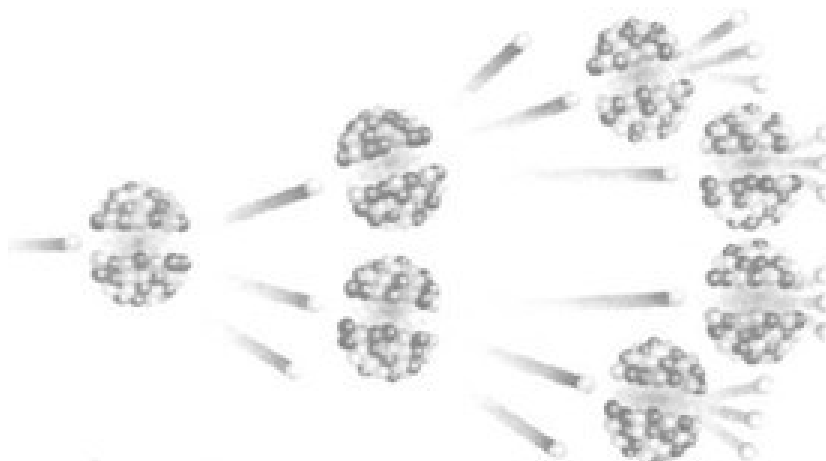
Fizikus szemüvegen keresztül definiálva, az atomenergia gyakorlatilag az atommagok kötési energiáját jelenti, mely nem más, mint az az energia, amely két atom közötti kötés felszakításához szükséges egy molekulában. A két atom általi kötött rendszer mindig alacsonyabb helyzeti energiával rendelkezik, mint az alkotórészei: ez tartja össze a „rendszert”. Általánosabban megfogalmazva a kötési energia az a munka, amit a rendszert összetartó erővel szemben kell végezni ahhoz, hogy a test részeit olyan messze távolítsuk el egymástól, amelynél a további távolítás csak elhanyagolható munkával jár.

39?



2-15. ábra. A fission és a fúzió folyamata [52]

Az atommag átalakulások során az atommag energiájának egy része felszabadul és hasznosítható. Kétféle módon szabadítható föl energia: a maghasadás (fission) során nehéz atommagok hasadnak két könnyebbre, míg a magfúzió során könnyű magok (például hidrogén-izotópok) egyesülnek nehezebb, stabilabb magokká.



2-16. ábra. A maghasadás (fisszió) lánreakciót indít el [36]

A maghasadás vagy magfúzió folyamataiként keletkező hőenergiát – ahogy a bevezetőben már említettük - áramtermelésre hasznosítják. Az első működő atomreaktor a grafit-moderátoros Fermi-féle reaktor volt. 1942. december 2-án indult, de csak néhány percig működött, hogy igazolja az elméleti kutatások által kidolgozott állításokat. Teljesítménye úgy 200 W lehetett, és atommáglyának nevezték. Az akkori kutatásokban számos magyar származású tudós vett részt, akikre méltán lehetünk büszkék.



2-6. kép. Szilárd Leó és Wigner Jenő [47] [45]

Érdekességként érdemes elolvasni Wigner Jenő visszaemlékezését a világtörténelmi eseményről:

„...a Chicago Egyetem Stagg Field sportpályája alatt egy teremben álltam és figyeltem Enrico Fermi. Délután volt, 1942. december 2-a. Az Egyesült Államok a II. világháborúban



harcolt. Úgy éreztük, hogy a háború megnyeréséhez meg kell csinálnunk az atombombát. És, hogy a bombát létrehozzuk, Enrico Fermi be akarta indítani a világ első szabályozott nukleáris láncreakcióját. Az egész része volt annak, amit Manhattan projectnek nevezünk.

Mintegy 50 ember szorongott a 10 x 30 méteres teremben. A terem közepén fekete grafittéglából és fadarabokból összeállított nagy kupac. A kupac alsó része négyzet alakú, a teteje annál keskenyebb volt. A kupac három oldalát szürke ballonvászon takarta, arra az esetre, ha Fermi be akarná gyűjteni az elszökött neutronokat. Ma ezt a kupacot atomreaktornak hívánk. 1942-ben és néhány évig még azután egyszerűen atommáglyának neveztük ...

Hogy mit kerestem abban a teremben? Én is munkatársam voltam a Metallurgiai Laboratóriumnak és egy csoportot vezettem, amely ennél nagyobb reaktort tervezett a Washington állambeli Hanfordban. Az én feladatom technikailag bonyolultabb volt, mint Fermié, mert a mi reaktorunk nagyon nagy volt, nagy teljesítménnyel és hosszú ideig kellett működnie. Ez óriási problémát jelentett. De mindannyian tudatában voltunk Fermi munkájának középponti fontosságával ...

A detektor elkezdett ketyegni. Ahogy a neutronok elnyelődtek, egyre inkább kezdtek megvalósulni a láncreakció feltételei. Az uránium ütközött a neutronokkal és még több neutron keletkezett. Egy időre lehalkult, de ahogy a szabályozórudat teljesen kihúzták, a detektor egyre hangosabban ketyegett. Tudtuk, hogy létrejött a magreakció. Felszabadítottuk az atommag energiáját és sikeresen szabályoztuk ezt az energiát ...

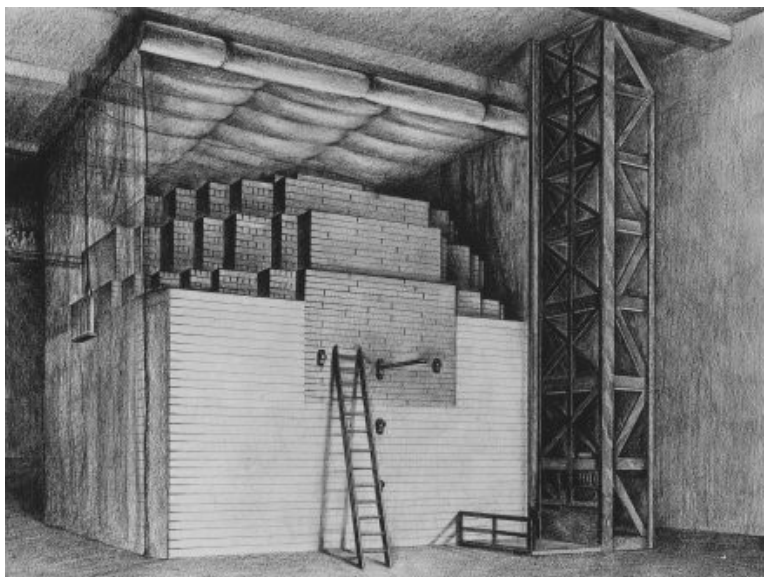
Mindenki mosolygott a teremben, néhányan tapsolni kezdtek, de legfőképpen figyeltünk, kb. 30 percig csak figyeltünk. A világ első atomreaktora működésben volt. Nem volt benne semmi színpadias vagy rendkívüli. Fermi olyan kis teljesítményre tervezte a reaktort, hogy ne öljön meg bennünket ... Kicsivel 4 óra előtt Fermi kiadta az utasítást, állítsák le a reaktort. A szabályozórudat visszatolták és a reakció megállt ...

Erre a pillanatra készülve tíz hónappal korábban Princetonban vettem egy üveg olasz Chianti bort és elhoztam Chicagóba. Úgy gondoltam, hogy a háború miatt az olaszok majd nem exportálják ezt a bort. Tulajdonképpen a Chianti hiányát nehezebb volt előre megjósolni, mint a láncreakció sikeres beindítását. De én már átéltem az I. világháborút és tudtam, hogy az ilyen luxuscikkek gyorsan eltűnnek ...

Fermi kihúzta a dugót és kérte, valaki hozzon papírpoharakat. Hozták is és mi ittuk az édeskés vörös Chiantit. Micsoda kellemes gyönyört ad a bor! Fermi a Chianti felirat alatt aláírta a címkét. Az üveg körbejárt, Fermi aláírása alá valamennyien odaírtuk a nevünket.



Az üveg végül Albert Wattenberg, egy fiatal tehetséges fizikus kezében kötött ki. E történelmi pillanat résztvevőit nem öröközte meg hivatalos jegyzőkönyv, a csoport összetételét később a Chianti címkéjén lévő aláírásokból rekonstruálták...[16]



2-17. ábra. A Stagg Field-i reaktor rajza (1942) [48]

2.4.1. AZ ATOMENERGIA FELHASZNÁLÁSA

Az atomenergia felhasználásának egyik előnye, hogy megfelelő üzembiztonsági környezetben mentes a káros kibocsátásoktól (elsősorban a más hőerőművekre jellemző káros füstgáz kibocsátásoktól), ezért a globális szennyeződések elmaradnak. Baleset esetén viszont a (radioaktív) szennyező hatás igen jelentős. Költségnövelő – és jelenleg még nem teljesen kidolgozott - tényező a radioaktív hulladék tárolása.

A teljes hőenergia egy része nem alakítható át villamos energiává, ez a környezetbe távozik hővesztésként (mint minden hőerőmű esetében). Az atomenergiát hatékonyan és gazdaságosan használják az ipar, a mezőgazdaság, az egészségügy és a tudományos kutatások területein. Napjaink energiaellátásában fontos szerepet játszik. Vannak országok – köztük Magyarország is -, ahol a nukleáris bázisú energiatermelés a villamos energia előállítás alapbázisát adja. Ezek az atomenergia békés célú felhasználási módjai. Ez azonban veszélyes is lehet, mert károsíthatja az egészséget és a környezetünket, emiatt nagyon szigorú technológiai magatartás szükséges az atomenergia alkalmazása során. Megfelelő szabályozás, és a fontos szabályok betartása mellett zajlik csak az atomerőművekben az energiatermelés.

Hadseregek, valamint civilek is (például néhány jégtörő hajó) használják a nukleáris meghajtást.



2.4.2. A NUKLEÁRIS ENERGIAHORDOZÓK

A nukleáris anyagok, radioaktív anyagok, más néven radioizotópok, valamely elem radioaktív atomfajtájának a neve. Jellemzője, hogy az elemmel megegyező rendszámú, de eltérő neutronsámú, illetve eltérő tömegszámú atom, meghatározott felezési idővel bomlik. Lehetnek természetes, vagy mesterséges magok. Előbbire példa ^{238}U , utóbbira ^{60}Co .



2-7. kép. Az uránérc [40]

A természetes radioaktív izotópok a bomlásuk során háromféle radioaktív sugárzást bocsátanak ki, így megkülönböztetünk az α -részecskéket kibocsátó sugárzást, a β -részecskéket kibocsátó sugárzást és a γ -részecskéket kibocsátó sugárzást.

A mesterséges radioizotópok bomlásakor – ezen három sugárzáson kívül – neutronsugárzás, pozitronsugárzás és héjelektronbefogás kísérő röntgensugárzás (*K-sugárzás*) is előfordul. A radioaktív anyagok közül kisebb csoportot képeznek a nukleáris anyagok. Jellemzőjük, hogy önfenntartó nukleáris láncreakcióra képesek, vagy képessé tehetők. Ide tartoznak ezek vegyületei, vagy az elemet, illetve vegyületét tartalmazó anyagok, különösen az urán, a tórium, a plutónium és bármilyen anyag, amely az előbbiekből egyet vagy többet tartalmaz, a bányászat, illetve az ércfeldolgozás körébe tartozó ércek és érchulladékok kivételével.

Az urán a világon mindenhol megtalálható, ám koncentrációja eltérő. Külszíni fejtéssel vagy felszín alatti bányákban bányásszák. Az érc urániumtartalma jellemzően 0,1-0,2%-os. A felszín alatti bányászat rendkívül költséges, mivel a megfelelő mennyiséghez nagyon sokat kell kitermelni. A bányászat során a rádium-226 bomlásakor radioaktív radon gáz keletkezik, ami tüdőrákot okozhat.

40?



2.4.3. ENERGIAÁTALAKÍTÁS ATOMERŐMŰVEKBEN

Minden atomerőműben különbséget teszünk a *hűtőközeg* és a *munkaközeg* között. Atomerőműveknél a munkaközeg – azaz az a közeg, amelynek munkája révén a hőből mechanikai energia lesz – azonos a nagyteljesítményű fosszilis üzemanyagú hőerőművekben használatos munkaközeggel. Ez a munkaközeg a vízgőz.

41 ?

A munkaközeggel szemben támasztott igen nagy minőségi követelményeknek gazdaságilag elfogadható módon csakis a teljes gőzmennyiség kondenzálásával és a kondenzátumnak a ciklusba való visszavitelével lehet eleget tenni. Éppen ezért, a kondenzációs hőerőművekben a munkaközeg mindig zárt körben kering, a vízfolyás és a kondenzátum egyéb veszteségeinek a pótlására szükséges pótvizet csak igen kis mennyiségben adagolják. Ugyanez vonatkozik a hőszolgáltató erőművekre is, kivéve azokat, amelyekben *ellennyomású turbinákat* használnak. Ugyanis amennyiben a gőz a turbinák után egy másik termelési folyamatba léphet, ahol azt teljes egészében felhasználják, a munkaközeg köre nyitottá válik és a teljes vízmennyiség pótlására víztisztító berendezéseket kell felhasználni.

A hűtőközegnek fontos rendeltetése van. Az a feladata, hogy elvezesse azt a hőmennyiséget, amely a reaktorban a magenergia felszabadításakor keletkezett. Annak érdekében, hogy meg lehessen akadályozni bármilyen anyagnak a fűtőelemekre való lerakódását, elengedhetetlen követelmény a hűtőközeg igen nagyfokú tisztasága, ezért a hűtőközeg mindig zárt körben kering. Másik, az előzőnél még jelentősebb oka annak, hogy a hűtőközeget zárt körben kell keringetni, az, hogy a hűtőközeg, a reaktoron való áthaladása közben felaktiválódik és így szivárgása igen komoly radioaktív veszélyt jelenthet.

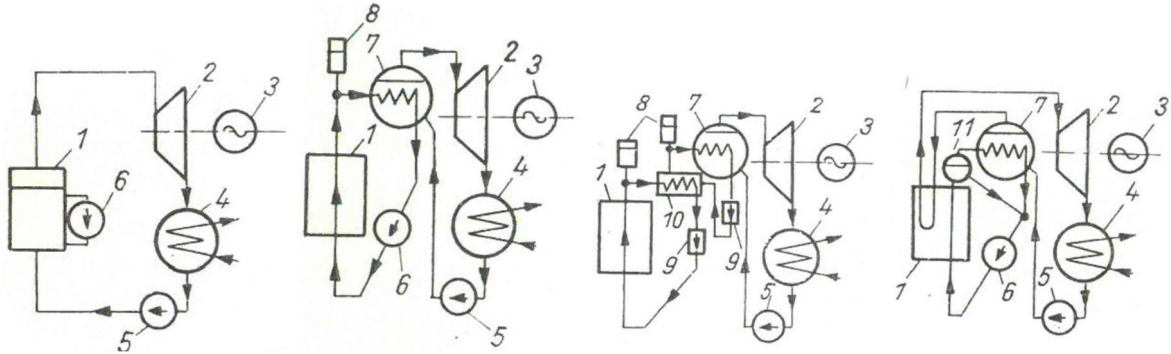
42 ?

Az atomerőműveket többféle módon csoportosíthatjuk. A leggyakoribbak:

- Körök száma szerint – egy-, két-, háromkörös vagy vegyes körfolyamatú atomerőmű,
- milyen a reaktor típusa- termikus vagy gyors,
- milyen a gőzturbinák típusa és paraméterei. Például telített gőzzel vagy túlhevített gőzzel működő atomerőmű (egynyomású vagy kétnyomású) stb.,
- milyen a hűtőközeg típusa és paraméterei – gáz, nyomás alatti víz, folyékony fém stb.,
- milyenek a reaktor szerkezeti megoldásai. Például csatorna – vagy tartály – típusú, természetes vagy kényszer cirkulációjú elgőzölögtető stb.,
- mi a moderátor, illetve az üzemanyag. Például urángráfit-moderátoros reaktor, könnyűvíz, nehézvíz stb..



Ha egy atomerőművet teljes egészében jellemezni kívánunk, akkor a jellemzésnek ki kell terjednie a fenti osztályozás teljes egészére. Az atomerőmű fő berendezéseinek működési körülményei és a hőkapcsolási terv szemszögéből nézve, a körök száma és azok energetika paraméterei szerinti osztályozásnak van a legnagyobb jelentősége.



2-18. ábra. Egy-, két- és háromkörös, illetve a vegyes körfolyamatú atomerőmű [4]

1: reaktor, 2: gőzturbina, 3: villamos generátor, 4: kondenzátor, 5: tápszivattyú, 6: keringető szivattyú, 7: gőzfejlesztő, 8: térfogatkiegyenlítő, 9: folyékony fém szivattyú, 10: közbenső hőcserélő, 11: gőzszárító

Az erőművek (nem csak az atomerőművek!) hőkapcsolási terve – pongyolán és hétköznapi szóhasználatlal megfogalmazva – mutatják meg a munkaközeg útját az erőművi körfolyamatban.

Az atomerőművek összes hőenergetikai berendezését – a technológiai folyamat lépcsőinek megfelelően – reaktor-, gőzfejlesztő-, gőzturbinás és kondenzációs berendezésre, valamint tápházi részre oszthatjuk. Az erőmű hőkapcsolási tervét a felsorolt rendszerek közötti kapcsolat alkotja.

Elemezzük gondosan a kétkörös atomerőművek hőkapcsolási tervét, melyen keresztül megérthetjük a nukleáris bázison működő erőművek energiaátalakítási folyamatát.

A hőforrás a reaktor. A gőzfejlesztőben a hűtőközeg hőt ad át a munkaközegnek, miközben gőz fejlődik, amely a turbinákban munkát végez. Mivel a gőz kezdeti túlhevítése általában csekély, vagy sok esetben – például kétkörös vízhűtésű rendszereknél – a turbinába már telített állapotba lép, kiterjedése közben nedvességtartalma nő. Vagyis a turbina lapátjain a gőz nedvesség tartalma növekszik. Ezt úgy kell érteni, hogy a kezdetben 100%-ban gőz részecskét tartalmazó munkaközegben megjelennek a vízrészecskék is, vagyis a 100%-os gőz arány csökken. Annak érdekében, hogy elkerüljük a turbinában a lapátok vízcseppek okozta eróziós kopást, a gőz nedvességtartalmának felső határa a körülményektől függően nem haladhatja meg a 8-12%-ot. Amikor a gőz eléri a határnedvességet, kilép a nagynyomású házból, átmegy a nedvességleválasztón, majd a cseppleválasztás után a kisnyomású turbinaházba lép. Itt a



kiterjedése következtében, a gőz újra nedves lesz, majd a megengedett nedvességhatár elérése után a kondenzátorba kerül.

A jó hatásfok érdekében a kondenzátorban a lehető legnagyobb vákuumot kell tartani, így vákuum alatt van a turbina kisnyomású házának egy része is.

43 ?

A kondenzátorban a hűtővízzel elvont hőmennyiség véglegesen elvész. A hőveszteség azáltal is csökkenthető, ha a kondenzátorba vezetett gőz mennyisége csökken, ami azzal érhető el, ha a gőz egy részét a gőzturbina megcsapolásain a regeneratív tápvíz-előmelegítő rendszerbe irányítják.

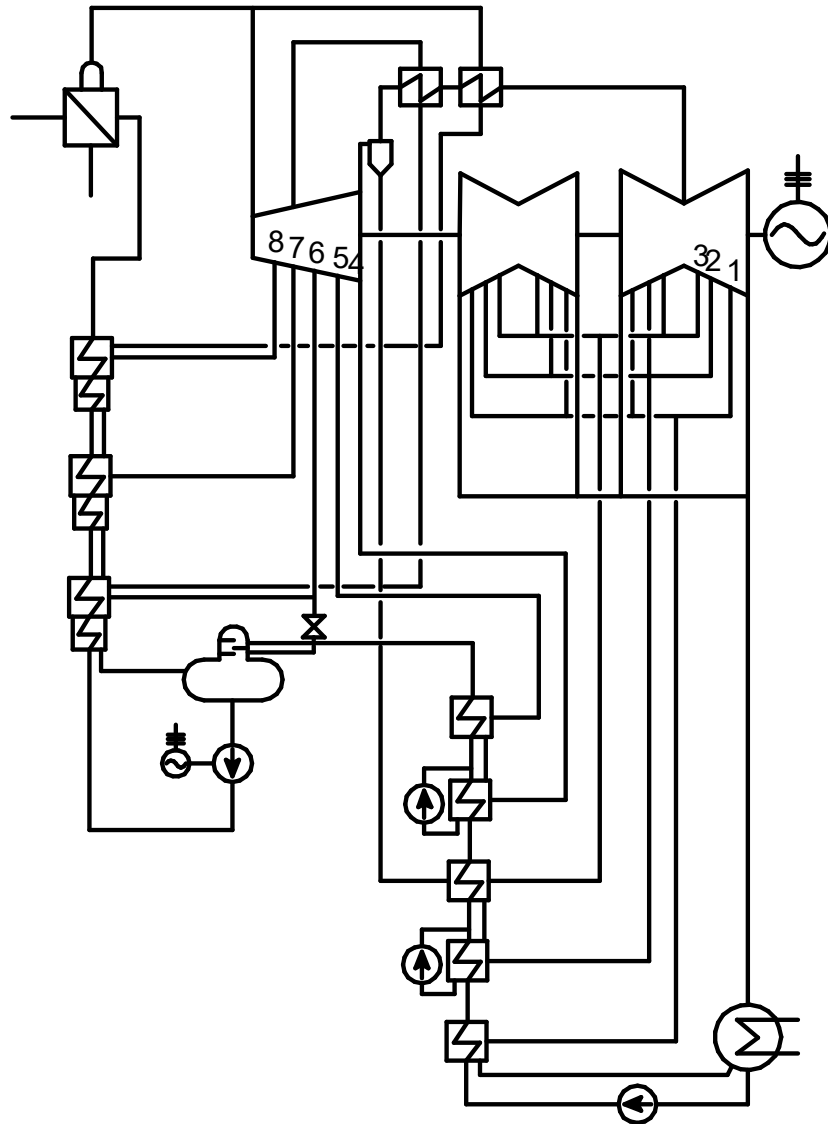
44 ?

Mínt hogy a munkaközeg ciklusa zárt, az egész kondenzátumot szivattyú segítségével vissza kell vezetni a gőzfejlesztőbe. A kondenzátorból a gőzfejlesztőig terjedő szakaszt általában két részre osztják. A kondenzátorból a kondenzátumot a kisnyomású regeneratív előmelegítőkön keresztül előbb a gáztalanító-táptartályba nyomja a kondenzszivattyú.

Az atmoszférikus nyomásnál nagyobb nyomású táptartályból a tápszivattyú nyomja át a vizet a nagynyomású regeneratív előmelegítőkön keresztül a gőzfejlesztőbe. A kondenzátor-gőzfejlesztő szakaszt kondenzvíz-táprendszernek nevezik és ennek megfelelően a táptartály előtti részt kisnyomású kondenzvíz-rendszernek, míg a táptartály utáni nagynyomású táprendszernek nevezik.

A regeneratív előmelegítőkből a kondenzátumot és a tápvizet a turbina csapolt gőzével melegítik. Mivel a turbina kisnyomású házában vákuum van, a csapolási gőzvezetékek a kisnyomású előmelegítőig, az előmelegítők gőz oldalai és a fűtőgőz kondenzátumának vezetékei is vákuum alatt vannak. A táprendszerbe épített nagynyomású előmelegítők fűtőfelületének mindkét oldala nyomás alatt van, mert ezeket a turbina nagynyomású házából csapolt gőz fűti. A nagynyomású ház csapolásait felhasználják fűtési, szellőztetési, melegvíz-szolgáltatási célokra is (lásd 2-19. ábra, 1,2,3...8 számokkal jelölt megcsapolási helyei).

A legnagyobb számban az úgynevezett nyomott vizes, vízhűtésű atomerőművek üzemelnek a világon. Ilyen típusú erőmű a paksi atomerőmű 1-4. blokkja is. Az erőmű kondenzációs gőzerőműegységének hőkapcsolását az alábbi ábrán láthatjuk (2-19. ábra).



2-19. ábra. A VVER-440 atomreaktorhoz kapcsolódó kondenzációs gőzerőműegység [4]

2.5. Megújuló energiaforrások

A világ számos pontján és hazánk jelenlegi energiaellátásában is elsősorban a kimerülő energiaforrások vesznek részt. Magyarországon a nukleáris energiahordozó bázisán működő paksi atomerőmű jelentős részesedést vesz ki az ország energiamixéből. Azokban az országokban, ahol túlnyomó részben a növényi és állati eredetű fosszilis tüzelőanyagok bázisán alapuló energiatermelés a jellemző, ott azok kimerülési lehetősége gazdasági és esetenként politikai következményekkel (áremelés, függőség) járhat, hasznosításuk pedig káros környezeti hatásokat vált ki.



Az olajválságok és egyéb – a környezetvédelemmel szorosan összefüggő - energetikai témájú konferenciák, események (például az ENSZ környezeti világkonferenciája, 1972, Stockholm, Környezet és Fejlődés Világbizottság, 1984 stb.) rádöbentették a világot, hogy „az energia sincs ingyen”. Az energiahatékonyság irányába mutató intézkedések, fejlesztések miatt fokozódott az érdeklődés a hagyományos energiahordozókat kiegészítő, vagy alternatív energiaforrások iránt.

Az energetikusok és a környezetvédők közös célja a fenntarthatóság biztosítása, melynek egyik alapja a megújuló energiák alkalmazása. A megújuló energiák közös forrása a Nap, amelynek energiája gyakorlatilag kifogyhatatlan. (Számítások szerint a kisugárzás következtében 10 milliárd év alatt a Nap tömegének csupán mintegy 100%-e fogy el. [4]) Mindenképpen megújuló energiaként tekinthetjük és tárgyaljuk a napenergia közvetlen hasznosítását, továbbá a naptevékenységgel összefüggően a vízenergia, a szélenergia és a bioenergia felhasználását. A Föld hőtartalmából származó geotermikus energiát is a megújuló energiák közzé soroljuk, noha megújulása nem tekinthető teljesnek. Ebben a körben kell megemlítsük a hulladékok energetikai hasznosításának lehetőségét is, még ha a hulladékok esetenként bővülő megújulásában az emberi tevékenységnek is része van.

A megújuló energiák lehetséges szerepének egységes és reális megítélése még nem alakult ki, gyakoriak a szélsőséges felfogások még szakmai körökben is. Az egyes megújuló energiaforrások ismertetése előtt két alapelvet kell szem előtt tartunk.

1. A megújuló energiák (jövőbeni) szerepét csak a kimerülő energiaforrásokkal együtt és egymással összefüggésben szabad megítélni.
2. A gazdaságossági és a környezetvédelmi szempontok a megújuló energiák hasznosításában éppúgy követelmény, mint a hagyományos (kimerülő) energiák alkalmazásában.

2.5.1. VÍZENERGIA

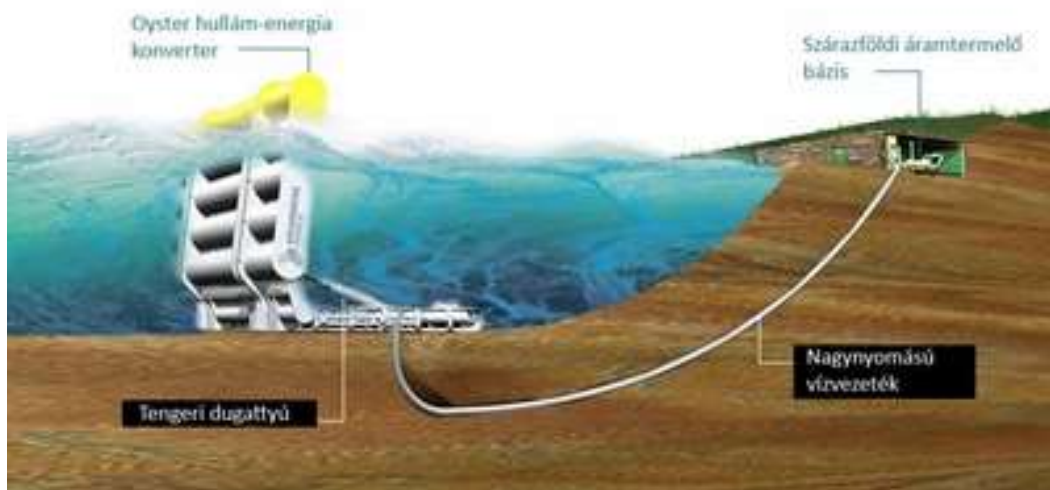
A megújuló energiák közül a vízenergiát hagyományosnak tekinthetjük. Kedvező hidrológiai adottságokkal (nagy esésű folyókkal) rendelkező országokban a hő- és atomerőművek mellett a vízerőművek régóta és számottevő mértékben vesznek részt a villamosenergia-termelésben. A vízenergiát általában tiszta energiának tekintik, amelynek villamosenergia-termelésre történő hasznosítása a környezetet nem szennyezi. A villamosenergia-termelést nagy-, kis- és törpevízerőművekben valósítják meg.



A nagy vízerőműveket ($>25\text{ MW}$) hosszú időn keresztül sikeresen építették. Villamosenergia-termelésük gazdaságossága kedvezően alakult, sok helyütt a vízerőművekben termelt villamos energia volt a legolcsóbb. A nagy vízerőművek többsége környezeti gondokat sem vetett fel, ezeket a mesterséges létesítményeket többnyire sikeresen illesztették a természeti környezetbe. A kis vízerőművek ($100\text{ kW} \dots 25\text{ MW}$) és törpe vízerőművek ($<100\text{ kW}$) vízgazdálkodási és energetikai célokat egyaránt szolgálnak. Környezetre káros hatásuk szinte nincs, létesítésük gyakran vízrendészeti szándékból vetődik fel. A kis teljesítmények miatt jelentőségük az országos villamosenergia-ellátásban nem nagy, de a helyi energiaellátásban hasznosak lehetnek.

A naptevékenység a nagy kiterjedésű vizek (tengerek, óceánok) esetén néhány sajátos megújuló energiafajtát hoz létre. Tetemes, de kétségesen hasznosítható termikus energiapotenciált jelent, hogy a tenger felszíne és $400\text{-}500\text{ méter}$ mélysége között mintegy $20\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletkülönbség van. A Föld és a Hold közötti vonzás a Föld forgása következtében napi periodicitással váltakozó szintkülönbséget hoz létre a nagy vizek felszínén, amely átlagosan egy méter nagyságrendű, de helyenként $10\text{-}20\text{ méter}$ is lehet. A váltakozó gravitációt kihasználó árapály erőművek lehetséges kapacitása 100000 MW nagyságrendű. A tengereken kialakuló hullámok is óriási megújuló energiákat hordoznak, hasznosításukra hullámerőműveket egyelőre kísérleti jelleggel építenek.

45?



2-20. ábra. Hullámerőmű működési vázlat [21]

2.5.2. SZÉLENERGIA

A szél energiájának használata már nagyon korán megjelent az energia struktúrában. A szélkerekek használata a közlekedési hajózásban a vitorlákkal felfogott szél energiájának



kiaknázása, már több száz éve használatos módszerek. Ennek ellenére a szélenergia hasznosítása nem tekinthető hagyományosnak, pár évtizede terjedt el az ipari (elsősorban erőművi méretű) alkalmazása.

A szél a napenergia közvetett megjelenési formája, amelyet a Föld egyenlőtlen felmelegedéséből és forgásából keletkező légköri áramlatok idéznek elő. A szél energetikai potenciáljának felmérésekor figyelmesen kell eljárni. A műszakilag hasznosítható készlet az elméletinek csak töredéke, mert csak a földfelszín felett a szélkerekekkel elérhető légréteg mozgási energiája hasznosítható, ezen belül sem lehet kihasználni a túl kicsi és a túl nagy szélességeket.

46?



2-8. kép. Szélturbina szárnylapátai [27]

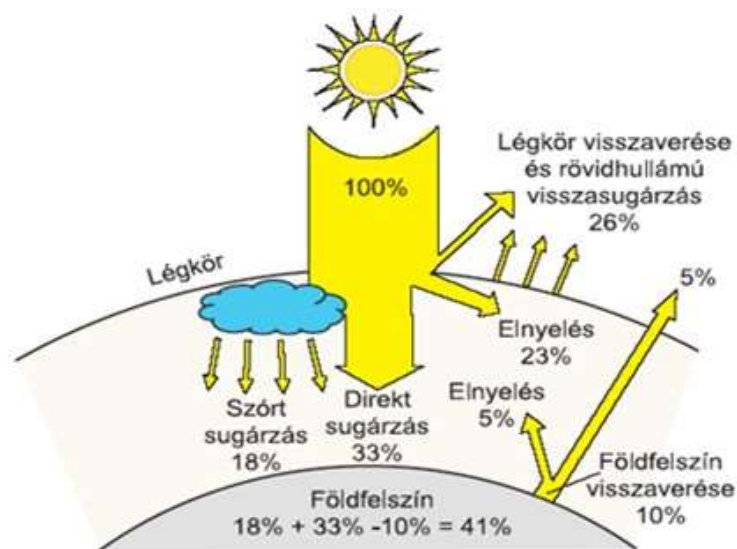
A korszerű szélturbinákat általában három szárnylapáttal építik. A szárnylapátok *30-70 méter* átmérőjű kört, *700-3800 m²* légfelületet sűrolnak. Szélkerekeket az átmérőtől függően *30-80 méter* magas tornyokon helyezik el. A szélkerék átmérőjének növelésekor csökkentik a fordulatszámot. A szélkerék és a generátor között bolygókerekes hajtómű viszi át a teljesítményt. A generátor kettős tekercselésű annak érdekében, hogy kis szélességtartományban kisebb fordulatszámmal és jobb hatásfokkal üzemelhessenek a szélturbinák. A szélkerekek *2-4 m/s* szélességnél kezdik meg működésüket, *25-30 m/s* viharos szélnél leállítják őket. Névleges teljesítményüket *12-16 m/s* értéken érik el. A szélerőművet, s annak fékrendszerét a feltételezhető legnagyobb szélességre is méretezni kell. A szélerőművek



szélirány-beállító berendezéssel is rendelkeznek, amely a szélkerekeket mindenkor a szélirányra merőlegesen állítja be.

2.5.3. NAPENERGIA

Minden megújuló energia forrása a Nap. Napenergián általában a Nap energetikai célokra közvetlenül hasznosítható készletét és eljárásait értjük. A közvetlen napenergia-hasznosítás kezdeti célja elsősorban az aktív és passzív rendszerű hőellátás volt, de napjainkra teret hódított magának a villamosenergia-termelésére irányuló – erőművi méretű - alkalmazása is.



2-21. ábra. A Nap sugárzása [26]

A Nap évente $5,5 \times 10^{24}$ J/év energiát sugároz Földünk atmoszférájának külső határára. Ennek jelentős része a légkörből visszaverődik vagy abban elnyelődik (23%). A Föld felszínére direkt sugárzás, illetve szórt sugárzás formájában mintegy 51%-a érkezik a légkört érő sugárzásnak. A földfelszín is visszaver hozzávetőleg 10% sugárzást, így a Föld felszínére mintegy 41% energia érkezik (2-21. ábra).

Az aktív napenergia-hasznosítás lehetősége az alacsony hőmérsékletű hőellátásban rejlik, elsősorban az épületgépészeti felhasználásban: használati melegvíz ellátásban, uszodák vízének a melegítésére és hőntartására, illetve mezőgazdasági termékek szárítására is használható.

A passzív napenergia-hasznosítás esetében a napsugárzásnak azt a tulajdonságát használják ki, hogy a napsugárzásból eredő szoláris nyereség csökkenti az épületek fűtési hőigényét. A passzív napenergia-hasznosítás ezen felül tudatosan, építészeti eszközökkel is igyekszik az



épületek fűtési hőigényét minél nagyobb mértékben napenergiából fedezni. Ezt elérhetjük kedvező térkiosztással, térszervezéssel is vagy akár napterek, napházak kialakításával is.

Az aktív és passzív hőhasznosítás mellett a Nap energetikai potenciáljának kiaknázására a villamosenergia-termelés lehetősége adódik. Erre két lehetőség van. Az egyik utat a naperőművek képviselik, amelyek a hagyományos hőerőművek hő-mechanikai energia átalakítás termodinamikai körfolyamatát veszik alapul. A másik irányzatot a napelemek jelentik, amelyek - termodinamikai körfolyamat közbeiktatása nélkül - a napsugárzást közvetlenül alakítják át villamos energiává.

47?

A naperőművek termodinamikai körfolyamat segítségével alakítják át a napsugárzás szoláris „hatását” villamos energiává. Erőművi méretben a *torony típusú naperőművek*, illetve a *farm típusú naperőművek* a legelterjedtebbek. Az előbbinél a terepszinten síktükröket, úgynevezett heliosztátokat helyeznek el, melyek segítségével a talajszintre beérkező napsugarakat a központi tornyon elhelyezett fókuszáló parabolatükörré irányítják. Vagyis a napsugarakat koncentrálnak „összegyűjtik”. A napternyőben a koncentrált sugárzás hevíti a hőhordozó közeget, mely a gőzfejlesztőben adja át a hőt a munkaközegnek. Hőhordozó közegként sólét, folyékony nátriumot, munkaközegként vízgőzt alkalmaznak a leggyakrabban [4].

48?

A farm típusú naperőműveknél a talajszinten koncentrálnak a kollektorokat helyeznek el. Ezek a kollektorok egyedileg, vagy csoportosan hevítik a munkaközeg gyűjtővonalában elhelyezett vezetékét és ez a vezeték szállítja a felhevített munkaközeg az erőműbe.

A napsugárzást közvetlenül átalakító *napelemeket* (gyakori elnevezése még a *napcella*) nehezen hozzáférhető, felügyeletet nem igénylő, kisebb teljesítményű fogyasztók ellátására alkalmazzák. Egyik megoldásuk a *termovillamos átalakítók*, melyek a napsugárzás hosszú hullámú hősugárzását alakítják át közvetlenül villamos energiává. A hőmérsékletkülönbség hatására villamos feszültséget szolgáltatnak. A *fotovillamos átalakítók* a napsugárzás spektrumának a látható fény tartományába eső részét hasznosítják. A fotovillamos napelemek működési elvének az alapja, hogy a fénysugárzás fotonjai a félvezető elektronjait kimozdítják a kötésükből. Az egyik típusú félvezetőben elektron többlet, a másik típusúban elektronhiány alakul ki. A félvezetőt jól vezető lapra szerelve, az elektromos energia elvezethető.

A fent említett napelemek akár kapcsolt hőtermeléssel is megvalósíthatók. Amennyiben a fotovillamos cellákat hűtik, akkor növelhető az energiaátalakítás hatásfoka, és a hűtőközeg felmelegítése egyidejűleg kapcsolt hőtermelést is jelent.



2.5.4. GEOTERMIKUS ENERGIA

Az eddig tárgyalt megújuló energiaforrások a meteorológia viszonyoktól függenek, ezért ezeket a típusú energiaforrásokat időjárásfüggő megújuló energiaforrásoknak nevezhetjük.

A geotermikus energia nem napenergia, nem is teljes mértékben megújuló energia, de mindenképpen a hagyományos energiakészleteket kiegészítő energiaforrás. A geotermikus energia forrása nem a Nap, hanem a Föld kőzeteinek radioaktív bomlása. Mivel eredete a Föld, a Nap energifolyamataihoz mérten nem tekinthető megújulónak. Használhatjuk hőhasznosításra is, illetve villamosenergia-termelésre is. Az alkalmazhatóságának a korlátjait a rendelkezésre álló *geotermális fluidum* (geotermális hőhordozó közeg) hőmérséklete határozza meg.

A kőzetek radioaktív bomlásából származó hő a Föld belsejében jelenik meg és onnét folyamatosan áramlik a felszín felé. A hőáramlás hajtóerejét a *geotermális gradiens* fejezi ki, illetve határozza meg, mely matematikai értelmezését a

$$g_F = \frac{\Delta T}{\Delta h} \quad (16.)$$

egyenlet írja le, ahol

ΔT – a hőmérséklet változás [K],

Δh – mélységváltozás [m].

Vagyis az egyenlet alapján azt mondhatjuk, hogy a geotermális gradiens nem más, mint a mélységváltozásra eső hőmérsékletváltozás.

A geotermikus energiát csak azokon a geológiai helyeken lehet potenciális energiaforrásként számításba venni, ahol a geotermikus hő megfelelő – elégséges – koncentrációban jut a felszínre. Konkrétan ez azt jelenti, hogy elegendően nagy a geotermikus gradiens, nagy a geotermikus hő mennyisége és hőmérséklete és ezt víz vagy gőz hozza fel.

Hogyan lehet hasznosítani a geotermikus energiát? Többféle hasznosítási móddal találkozhatunk.

Az alacsony hőmérsékletű termálvizeket (100-130 °C) elsősorban hőellátásra alkalmazhatjuk. A termálvizek leggyakrabban alkalmazott hasznosítási lehetőségei az alábbiak.

A termálvíz egy része balneológia célokat, fürdők, elsősorban gyógyfürdők ellátást szolgálják, míg egy másik részük palackozott gyógyvíz forgalmazását szolgálja. Kifejezetten energetikai célokat elégíti ki, ha a termálvizet fűtésre és használati melegvízellátásra fordítjuk.



Széleskörű alkalmazási lehetőséget szolgáltatnak a mezőgazdaság nyújtotta felhasználási lehetőségek. Növényházak, fóliasátrak, állattartó telepek fűtésére, valamint termékszárításra használják.

A villamosenergia-termelés feltétele a megfelelő hőmérsékletszinten és koncentráltan rendelkezésre álló fluidum. A geotermikus erőmű kialakítását – és alapvetően a gazdaságosságát is – az határozza meg, hogy az energiát hordozó geotermikus közeg milyen formában (gőz, nedves gőz vagy forróvíz) áll rendelkezésünkre. A geotermikus erőmű legegyszerűbben akkor létesíthető, ha a geotermikus fluidum gőzként tör föl. A feltörő száraz telített vagy túlhevített gőz közvetlenül kondenzációs gőzturbinába vezethetjük. Ebben az esetben a hagyományos gőzerőműhöz képest előnyként jelentkezik, hogy nincs szükség gőzkazánra. Ennél az alkalmazási módnál más hátrányokkal kell szembenézzük. Gondot okozhat a gőz magas só- vagy gáztartalma. A só lerakódásokat, a gáztartalom pedig korróziót okozhat és emeli a kondenzátor nyomását.

Nehezebb a geotermikus erőmű kialakítása, ha forróvíz a geotermikus energiaforrás. Ebben az esetben a legfontosabb feladat, hogy a forróvízből gőzt kell biztosítanunk az erőmű számára. Erre többféle lehetőségünk van. Kigőzöltetéssel telített vagy felületen keresztül túlhevített gőzt nyerünk, egy- vagy több nyomáson fejlesztünk gőzt, vízgőzt vagy más közegű (freon, ammónia) gőzt állítunk elő.

2.5.5. BIOENERGIA

A napsugárzás fotoszintézis útján jelentős mennyiségű biomasszát hoz létre megújuló jelleggel. A biomassza termelés elsődleges célja az élet fenntartása, de meghatározott része energetikai célokra is hasznosítható. A biomasszából származó megújuló energia tehát végső soron napenergia.

A biomassza fogalma nem teljesen egységes. A biomasszán, illetve egyes csoportjain a következőket értjük.

2-3. táblázat. A biomasszák csoportosítása [7]

<i>elsődleges biomassza</i>	természetes vegetáció, szántóföldi növények, erdő, rét, legelő, kertészeti növények, vízben élő növények
<i>másodlagos biomassza</i>	állatvilág, gazdasági haszonállatok, az állattenyésztés főtermékei, melléktermékei, hulladékai
<i>harmadlagos biomassza</i>	biológiai eredetű anyagokat felhasználó iparok termékei, melléktermékei, hulladékai, emberi települések szerves eredetű hulladékai

50?

51?



A szilárd biomasszák energetikai hasznosítási lehetőségei közül a legkézenfekvőbb megoldás az égetés, és az abból nyert hő hasznosítása, akár a hőellátásban, akár a villamosenergia-termelésben.

Tüzeléssel a biomassza szilárd melléktermékei hasznosíthatók. A tűzifát, mint az erdőgazdaság egyik főtermékét régóta egyedi fatüzelésű tűzhelyekben és kályhákban tüzeljük el. A technológia fejlődésével, a megfelelően előkezelt faipari melléktermék erőművi kazánban is elégethető, így centralizált energetikai hasznosítása is megvalósítható.

A szántóföldi növénytermesztés melléktermékei közül elsősorban a szalma, a kukoricaszár és –csutka, a napraforgószár elégetése jöhet számításba, de lehetőség van más szár-, héj- és egyéb szilárd maradványanyagok biotüzelőanyagként történő hasznosítására. A biotüzelőanyagok egyes tüzelési jellemzői eltérőek. Jelentős különbség van betakarításkor a nedvességtartalomban. Fűtőértékük a nedvességtartalomtól függ, légszáraz anyagra vonatkoztatva körülbelül $10...20 MJ/kg$ között változik.

A mezőgazdasági termelésből származó szilárd biotüzelőanyagok, a nagy területen szétszórtan és kis sűrűségű formákban jelennek meg. Összegyűjtésük és tárolásuk módját meghatározza a további hasznosításuk. A betakarításnak és tárolásnak széles körben elterjedt módja a bálázás, amely a szalmáknál szinte kizárólagos, de kukoricaszár, szőlővenyige és fanyesedék esetén is alkalmazott módszer. Amennyiben a további felhasználás azt kívánja meg, akkor akár szecskázással, esetleg aprítással is (szőlővenyige, fanyesedék) betakarítható és tárolható a biomassza.

A tüzelőanyagok kis sűrűsége és szálás szerkezete további feldolgozást igényel: őrlést, szecskázást és tömörítést tesz szükségessé. A bálázott, szecskázott és aprított biotüzelőanyagok sűrűsége nagyon kicsi, ami forgalmazásukat a lakossági fogyasztók számára lehetetlenné teszi. Ahhoz, hogy decentralizáltan – háztartási méretben és a lakosság körében – is fel tudjuk használni, a biotüzelőanyagok szárítását és tömörítését kívánja meg. A folyamatot *brikettálásnak* hívjuk.

A fa- és egyéb szilárd hulladékokat egyéb más módon is hasznosíthatjuk energetikailag. Lehetőség van például anaerob módon, az oxigéntől elzárva úgynevezett *hőbontással* (*pirolízissel*) gáz halmazállapotú energiahordozót nyerni. A hőbontás nagy karbontartalmú anyagok lebontását és depolimerizációját eredményezi. A fa- és egyéb szilárd biohulladékokból a pirolízis eredményeképpen fagáz terméket kapunk.

A hőbontás eljárásával ellentétes folyamat az *elgázosítás*. Ezen eljárás technikai folyamat oxidáló közeg (levegő, oxigén) jelenlétében zajlik le. Az elgázosítás folyamata magas



hőmérsékleten, a sztöchiometriai mennyiségnél kevesebb oxidáló közeg jelenlétében meggyégbe. Az elgázosítási eljárás során a fa erősen bomlik és polimerizálódik, kis molekulájú gázok és szénhidrogének (CO, CO₂, H₂, CH₄ stb.) képződik. A keletkező fagázt energetikailag – műszakilag és gazdasági értelemben egyaránt – jó hatásfokú gázmotorban tudjuk hasznosítani.



2-9. kép. Szilárd pelletizált biomassza [55]

A szerves anyagok oxigéntől elzárt környezetben végbemenő erjedése – anaerob fermentációja – során gáz halmazállapotú energiahordozó, úgynevezett *biogáz* keletkezik. A biogáz előállításához elvben minden szerves anyag felhasználható. Gyakorlatilag elsősorban a környezetszennyező szerves anyagok ilyen módon történő hasznosítása azért célszerű, mert az anaerob fermentáció során csökken a kórokozó csírák száma, a kellemetlen szaghatás, s a lebontott szerves anyag stabillá, kitűnő növényi tápanyaggá válik. A biogáztermelés céljára elsősorban az állattartó telepeken keletkező hígtrágya és a nagytömegű szennyvíz veendő számításba. A biogáz elsődleges alapanyagait jól kiegészítik az élelmiszeripar hulladékai, a növénytermesztés mellékterékei és a kifejezetten erre a célra termesztett energianövények. A biogáz készítésre felhasznált alapanyag a biogáz mennyiségét, összetételét és fűtőértékét befolyásolja.

A biogáz felhasználására több lehetőség van. Elsősorban helyi hasznosításra célszerű gondolni, mert ekkor nem szükséges a biogáz fűtőértékének a növelése. A biogáz energiahordozó felhasználható épületek fűtésére és hűtésére, használati melegvíz előállításra, továbbá terményszárításra, növényházak és fóliasátrak fűtésére.

52?



2.5.6. A HULLADÉKOK ENERGETIKAI HASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI

A települések és az ipartelepek hulladéka folyamatosan újratermelődik. A fejlettebb országokban a hulladékok keletkezésének mennyisége ugyan csökkenő tendenciát mutat, azonban a fejlődő országokban – részben a népesség számának növekedése miatt – a megvált, elhasznált termékek bővülő újratermelődéséről, vagyis a hulladék mennyiségének növekedéséről beszélhetünk. A periodikus újratermelődés miatt a települések hulladékának elhelyezése, megsemmisítése vagy hasznosítása egyre fontosabb feladat.

A települési hulladékok energetikai hasznosításának (is) több módja lehetséges. A szemét elégetése a gőztermelésre, s ennek bázisán a hőhasznosításra, a hőellátásra, a villamosenergia-termelésre vagy a kapcsolt energiatermelésre ad lehetőséget. Energetikai hasznosítási lehetőség a biogáztermelés és ehhez kapcsolódva gázmotorok, gázturbinák és gáz/gőzerőművek alkalmazása is.

53?

2-4. táblázat. Hulladékok energetikai hasznosításainak eljárásai [11]

	oxigén jelen van a folyamatban	oxigén kizárásával megy végbe a folyamat
<i>fiziko-kémiai átalakítás</i>	termikus oxidáció: égetés	hőbontás: száraz lepárlás, elgázosítás, pirolízis
<i>mikrobiológiai átalakítás</i>	aerob erjedés: komposztálás	metános erjedés: metanolízis, biogáz előállítás alkoholos erjedés: etanol- előállítás

Az előbbi táblázatban összefoglalt hulladék energetikai hasznosítási lehetőségei közül az oxigén jelenlétében végbemenő folyamatokból hő nyerhető, míg az anaerob körülmények között lejátszódó folyamatok végeredménye energiahordozó (például biogáz) lesz (2-4. táblázat) [10].

54?

55?

3. ERŐMŰVI FŐBERENDEZÉSEK

A villamosenergia-termelése döntően – ipari méretben szinte kizárólag – erőművekben történik. A hő- és atomerőművek nagy része jelenleg gőz körfolyamatú, az előállított gőz gőzturbinát, rajta keresztül villamos generátort hajt meg és így szolgáltat elektromos energiát.



Az ilyen erőműveket általában nagy teljesítményekre építik és többnyire állandó üzem tartására tervezik. A korszerű hőerőművek blokkokra tagozódnak. Egy blokk minden fontos berendezésből egyet tartalmaz úgy, hogy egy blokk önállóan is képes energiatermelésre.

Az ipari gőzellátás és a gőzerőművek hőtermelő berendezései a *gőzkazánok*. A gőzkazán feladata, hogy nagytisztaságú, magasnyomású és hőmérsékletű gőzt szolgáltatson a generátort hajtó gőzturbinának. A kazán tartalmazza a füstgázokkal működtetett tápvíz-előmelegítőt (economiser vagy eco), a kazándobot, a gőzfejlesztő csöveket és a túlhevítő csőkígyókat. A hőhordozó közeg tulajdonságai alapján az alábbi kazánokhoz tartozó fogalmakat kell tisztázzuk:

- gőzkazán: 1 bar abszolút nyomásnál nagyobb nyomású gőz termelésére szolgál,
- forróvíz-kazán: 388 K-nél nagyobb hőmérsékletű víz termelésére szolgál,
- melegvíz-kazán: legfeljebb 388 K hőmérsékletű víz termelésére szolgál.

A gőzkazánok azon részét, amely a gőz hőmérsékletének telítési hőmérséklet fölé emelését szolgálja, *gőztúlhevítőnek* nevezzük. *Gőzújrahevítőnek* pedig a gőzkazán azon részét hívjuk, amelyik a gőz hőmérsékletének ismételt növelését szolgálja.

Veszélyes gőztúlnyomás elleni védelemként a megfelelő pontokon biztonsági szelepeket építenek be.

Ezzel szemben az atomerőművekben a hőtermelő berendezések a maghasadás elvén működő atomreaktorok.

Elsősorban a gáz- és vízhűtésű atomreaktorok terjedtek el, és ezeken belül már több megvalósult és tervezett generációról is beszélhetünk.

Magyarországon Pakson található atomerőmű. Ott jelenleg négy blokkon könnyűvízes reaktor (Light Water Reactor - LWR) működik, amelyben a moderátor és a hűtés szerepét könnyűvíz (H₂O) tölti be. Ezen belül nyomottvízes reaktor (Pressurized Water Reactor - PWR), amelyben a hűtőközeg a felmelegítés során mindvégig folyadékfázisban marad. A nyomottvízes reaktorban a víz sűrűsége nem változik. A könnyűvíz nagy neutronelnyelése miatt dúsított uránt kell alkalmazni, az üzemanyagban kialakuló magas hőmérsékletek miatt.

Az atomerőművekben a reaktorokhoz kapcsolódó primer kör szerves elemei a gőzfejlesztők, melyek a reaktorokban termelt hőenergiát a szekunderkörü munkaközegnek átadva gőzt termel.

A megtermelt gőzt gőzturbinákra vezetve nyerünk ki munkát. A gőzturbina több, egymáshoz kapcsolt forgórészből és házból áll, a tengely végéhez a villamos generátor csatlakozik. A turbina és a generátor rendszerét – összevont nevén - *turbó gépcsoportnak* hívjuk [10].

56?
57?



3-1. kép. A Paksi Atomerőmű turbina csarnoka, előtérben a turbinával [28]

Ahogy a gőz expandál a turbinában, térfogata fokozatosan nő, így a turbina átömlő keresztmetszete és a lapátok mérete is egyre nagyobb lesz. A kisnyomású turbinát két egyforma részre is szokás osztani emiatt. A teljes forgó tömeg együttesen a *200 tonnát* is eléri, de ugyanakkor igen kis rések vannak az állórész és a forgórész között. A turbina tengelyirányú hőtágulása a *30–35 mm* is lehet. A turbina leállítása után egy külön hajtómű, a tengelyforgató berendezés kis fordulatszámon (*3-20 1/min*) tovább forgatja a forgórészt, hogy elkerülje a tengely nem egyenletes lehűléséből származó elgörbülését és ennek következtében kiegyensúlyozatlanságát, ami az újraindításnál tönkretethetné a berendezést. A nagynyomású turbinából kilépve a gőz hőmérséklete és nyomása csökken, ezért a közeget újrahevítik és ezzel a nedvességtartalmát csökkentik, a gőzt szárítják.



3-2. kép. Turbina lapátsor [19]

A turbinán munkát végezve, a turbina gépegységéből kilépő gőz a kondenzátoron folytatja „útját”. A kondenzátor nem más, mint egy hőcserélő. A kondenzátor nagy mennyiségű hűtővizét vagy természetes vizek (tó, folyó, tenger) szolgáltatják vagy hűtőtorony hűti vissza a víz egy részének elpárologtatásával.



3-3. kép. Heller–Forgó-féle⁹ hűtőtorony a franciaországi Tricastin atomerőművében [42]

⁹ Heller–Forgó-féle légkondenzációs hűtőberendezés, Heller László és Forgó László - két Kossuth-díjas magyar mérnök - találmánya.



A lekondenzálódott gőz ismét víz fázisban – előmelegítések után – jut vissza a hőcserélőhöz (például: atomerőművekben a gőzfejlesztőhöz) és kezdi meg ismét útját az energiatermelés végtelen körfolyamatában.

Természetesen a valóságban sokkal több berendezés szolgálja az erőművek biztonságos energiatermelését (segédrendszerek, gázalanítók, előmelegítők stb.), de e segédlet korlátozott terjedelme miatt, jelen fejezetben csak az energiatermelés legfőbb berendezéseit említettük.

4. KÖZVETLEN ENERGIATERMELÉS

Energiatermelés? Energiaátalakítás? A hétköznapi nyelvhasználatban az energia előállítására leginkább az energiatermelés kifejezést használják. Azonban szakmai környezetben – természettudományos megközelítéssel – az energiamegmaradás elve szerint az energiát csak átalakítani lehet az energiahordozókból, nem pedig termelni. Ebben a vonatkozásban energia vesztéséről sem lehet beszélni, mert „*az energia nem vész el csak átalakul*” tartja a mondás, mely a mindennapjainkba is beivódott már.

Az energiatermelés szót az energetikai szakmai gyakorlatból mégsem hagyhatjuk el. Ipari méretű energiaátalakítás esetén - legyen szó előállításról vagy felhasználásról – jogosan használjuk az energiatermelés kifejezést.

A fenti okfejtést követve ugyanilyen nehezen értelmezhető fogalom a közvetlen energiatermelés fogalma is. Értelmezhetjük úgy is, hogy olyan energiatermelésre utalhat, amely egyetlen bevitt energiából – vagyis energiahordozóból, például tüzelőanyag – csak egy energiaterméket (hőt vagy villamosenergiát) állít elő. Illetve értelmezhető úgy is, hogy az energiatermelés folyamatából mindkét irányú hő/mechanikai energiaátalakítást kizárjuk.

4.1. Közvetlen hőtermelés, fűtőművek

A közvetlen hőtermelő „fűtőművek” a tüzelőanyagok kötött energiájából a felhasználók, vagy fogyasztók számára használható hőt állítanak elő. A fűtőművek szót az előző mondatban azért szerepel idézőjelben, mert az előző definíció szerint akár egy háztartási méretű kandalló is betöltheti azt a szerepet, hogy például tűzifából – mint biomassza energiahordozóból – hőt állítson elő. Azonban itt – elsősorban a méretéből adódóan – a fűtőmű elnevezés talán kicsit túlzó.



Erőművi gyakorlatban a közvetlen hőtermelő berendezések a kazánok és az atomreaktorok¹⁰ lehetnek.

A kazánok gőz- vagy forróvízkazánok lehetnek, és részük a *tüzelőberendezés*. A tüzelőanyagok kémiai kötött energiáját tüzelőberendezésekben szabadítjuk fel és alakítjuk át hővé. A műszaki gyakorlat a tüzelőberendezések konstrukcióival szemben minél jobb tüzelési hatásfokot vár el, és az egyre szigorodó környezetvédelmi követelmények miatt minél kisebb szennyezés kibocsátást támaszt követelményként. Olaj- és földgáztüzelés esetén e követelményeknek megfelelő tüzelőberendezés kialakítása egyszerűbb. Szén, és egyéb más szilárd (például RDF – Refuse Derived Fuel, hulladékból előállított másod-tüzelőanyag, másodlagos tüzelőanyag) tüzelőanyagok alkalmazása esetén eltérő rendszerű és felépítésű tüzelőberendezések alakultak ki.

Korábban szinte kizárólag rostélytüzelésű berendezéseket alkalmaztak. Az álló és mozgó rostélyokat nagyobb teljesítményű széntüzelésű kazánoknál a szénportüzelés váltotta fel. A szénportüzelés környezetvédelmi kibocsátásai igen kedvezőek. Továbbfejlesztéséből alakult ki a *fluidtüzelés* és a *szénelgázosítás*.

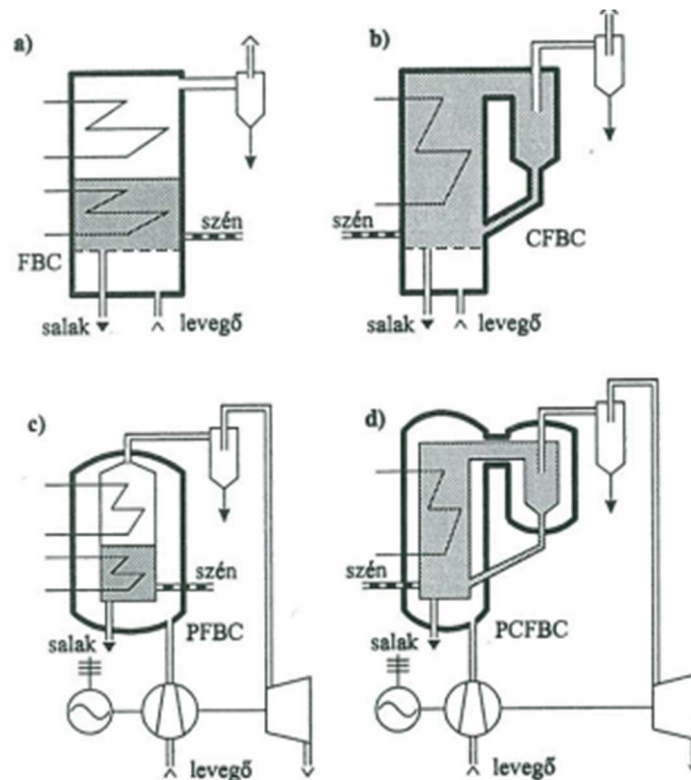
A fluidtüzelés elve, hogy szilárd szemcsés anyagot tartalmazó inert ágyon, gáz halmazállapotú közeggel – levegővel – azt lebegő állapotba hozzák. Az égéságyat alulról levegővel fűjják és az a levegő bizonyos áramlási sebességét elérve lebegtetni kezdi az égéságyat. A folyamatot egy háztartási grill sütőrács segítségével érhetjük meg igazán. A grillrácsot, mint álló rostélytüzelés kell értelmeznünk. Alulról plusz égési levegőt biztosítva – melyet erőművi méretben ventilátorok biztosítanak – az álló rostélyon az égéshez szükséges levegőt biztosítjuk. Kis áramlási sebességek esetén, a rostélyon a szilárd anyag – tüzelőanyag – nyugalomban marad, a gáz a tüzelőanyag szilárd szemcséinek a rései között átáramlik. Egy bizonyos sebességet elérve a halmaz lazulni kezd, szemcséi a folyadékhoz hasonlóan mozogni kezdenek, fluidizált állapotba kerülnek.

A fluidágyas tüzelésnek több alaptípusa terjedt el (4-1. ábra). A *nyugvó fluidágyas* tüzelésnél a gázsebesség relatíve alacsony. A *cirkulációs fluidágyas tüzelésnél* a gázsebesség már nagyobb. Mind a nyugvó, mind a cirkulációs fluidágyas tüzelés alkalmazható nagy nyomáson is, ha az égési levegőt kompresszor szállítja, például gázturbinák, illetve gáz/gőzerőművek esetén. A *nyomásalatti nyugvó fluidágyas tüzelésnél* és a *nyomásalatti cirkulációs fluidágyas*

¹⁰ Az atomreaktorok – mint „kazánok” – részletes bemutatásával jelen jegyzetben nem foglalkozunk, mert az atomerőművi hőtermelést egyéb fejezetek a kellő mélységben bemutatták.



tüzelésnél a tüzelőberendezések fajlagos hőterhelése egy nagyságrenddel nagyobb lehet, mint a nyomásalatti változatoknál, hasonló tüzelőanyag paraméterek mellett.



4-1. ábra. A fluidágyas tüzelés alaptípusai 128[4]

- a) nyugvó fluidágyas tüzelés, b) cirkulációs fluidágyas tüzelés,
b) c) nyomásalatti fluidágyas tüzelés, d) nyomásalatti cirkulációs fluidágyas tüzelés

A fluidágyas tüzelés előnye, hogy a szemcsék és a levegő érintkezése tökéletes, így a tüzelés hatásfoka kedvezőbb, mint a rostélytüzelésnél. Előnyként kell azt is értékelnünk, hogy az izzó szénagy jól érintkezik a fűtőfelülettel is és a közvetlen érintkezés kedvező hőátviteli tényezőt eredményez.

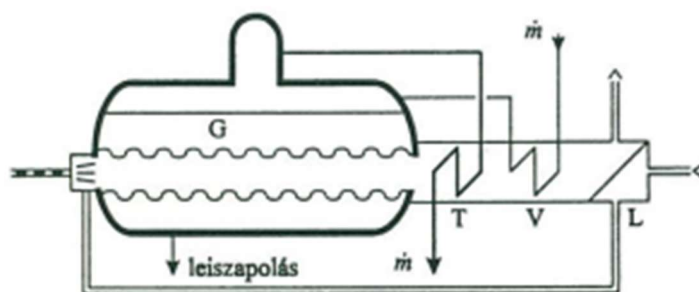
58?

A fluidágyának a salakolvasztás elkerülése végett hőmérsékleti korlátja van. Az ágy hőmérséklete nem haladhatja meg a $800 - 850 \text{ }^\circ\text{C}$ -ot és előre meghatározott szilárd anyag arány és gáz arány szükséges. Ráadásul e követelmény betartása kedvező feltételeket biztosít a környezetvédelmi előírások kielégítéséhez is.

A nyomás alatti fluidtüzeléshez magas hatásfokú gáz/gőzkörfolyamatú erőmű illeszthető, mely a *szénelgázosítás* kialakítását is motiválja. Erőművi alkalmazás esetén a levegővel és vízgőzzel történő gázosítás jöhet szóba. Az elgázosítás számos környezetvédelmi előnyt tartalmaz, például a tüzelőanyag kén tartalma kénhidrogénné alakul át, mely egyszerűbben választható le, mint a hagyományos kazánok füstgázaiból keletkező kén-dioxid.



A *gőzkazánok* az ipari gőzellátás és a gőzerőművek hőtermelő berendezései lehetnek, melyeknek sokféle rendszere alakult ki. Az ipari technológiák relatíve kis nyomású telített vagy enyhén túlhevített gőzt igényelnek. A kis teljesítményre is tekintettel ezeket az igényeket gyakran *nagyvízterű kazánokkal* elégítik ki. Az ilyen típusú berendezéseknél a víz a lángcsövek és a füstcsövek közötti térben áramlik. Egy vagy több lángcsőben történik a tüzelés, és ezek hevítik a füstcsöveket, és gőzölögtetik el a víztérben lévő kazánvizet. A telített gőzt a kazán tetején lévő gőzdómból lehet elvezetni, ami betöltheti a gáztalanító szerepét is. Szükség esetén a gőzt túlhevíthetjük, mely túlhevítést a füstcsövekből kilépő füstgázokkal végezhetjük el (4-2. ábra T betű). A füstgázokat jobban lehűthetjük különválasztott vízhevítőben (4-2. ábra V betű), és ezzel a kazán hatásfokát javíthatjuk.



4-2. ábra. Lángcsöves nagyvízterű gőzkazán sematikus ábrája [4]

G: elgőzölögtető, T: túlhevítő, V: vízhevítő, L: léghevítő

A *dobos kazánok* természetes és kényszeráramlással – szivattyú közbeiktatásával - üzemeltethetők. A dob feladata víz- és hőtárolás és a víz és a gőzfázis szétválasztása. A halmazállapot szétválasztásával a kazán dob fix pontot képez a gőztermelés folyamatában. A dobban fejeződik be az elgőzölögtetés és kezdődik a túlhevítés. A kritikus nyomás elérésével a kazán dob szerepe megszűnik és kazán dob nélküli kényszeráramlású kazánok alkalmazandók. Feladatuk szerint a belépő tápvíz végig halad a kazán egyes szakaszain és a kazánból gőzként távozik.

A forróvízkazánok felépítésüket, konstrukciójukat tekintve egyszerűbbek, mint a gőzkazánok, mivel csak egy fázis van jelen. Lehetnek nagyvízterűek, vagy kisvízterűek és kényszeráramlásúak, melyet a teljesítményigényük határoz meg. A nagyobb teljesítményű forróvízkazánok kisvízterűek és kényszeráramlásúak.

A forróvízkazánok távhőrendszerben történő alkalmazását alapvetően a távhőrendszer tömegárama, az előremenő és a visszatérő hőmérsékletek hőigények függvényében történő



változásához kell illeszteni. A hőigényeket a forróvízkazán egyedül vagy más hőforrással együtt láthatja el.

A kondenzációs kazánok használatát a tüzelőanyagok energetikailag hatékonyabb hasznosítása indokolja. A tüzelőanyagok klasszikus értelmében értelmezett fűtőértéke alatt az ún. alsó fűtőértéket értjük. A felső fűtőértéket a magyar terminológiában égéshőnek hívjuk. (Az alsó- és felső fűtőérték definíciók az angolszáz szakirodalomból származó LHW- Lower Heating Value és a HHV – Higher Heating Value fogalmak tükörfordításából származnak.) Az égéshő (felső fűtőérték) értéke a nagyobb, mert abba beleszámítjuk az égésnél keletkező vízgőz kondenzációs hőjét, mely az égésvégi hőmérsékletről a szoba hőmérsékletre lehülő és cseppfolyósodó víz által visszanyert hőmennyiséget.

A tüzelőanyagból kinyerhető hőmennyiség alatt általában a fűtőértéket értjük, mert a használatos berendezéseknél az égés folyamán keletkező H₂O rendszerint gőzként távozik a füstgázokban. A gőz kondenzációjára csak a harmatpont elérésekor kerül sor. Ezt a viszonylag alacsony hőmérsékletet a kazánba belépő nagyobb hőmérsékletű közeggel nem tudjuk elérni, mert például az előmelegített tápvíz hőmérséklete meghaladja azt. Az is gyakran előforduló technológia követelmény, hogy a kondenzátum korróziós hatása miatt kerülnünk is kell az alacsony hőmérsékletet. Előre definiált körülmények megléte mellett alkalmazhatunk olyan kondenzációs kazánokat, amelyekben a füstgáz H₂O tartalmát kondenzálva és a tüzelőanyag égéshőjét hasznosítva érhetjük el a tüzelőanyag nagyobb hatásfokú kihasználását [4].

A kondenzációs kazánok alkalmazása elsősorban a földgáz tüzelőanyag esetén lehetséges. A földgáz fűtőértéke $h_a \approx 36 \text{ MJ/kg}$, az égéshője $h_f \approx 40 \text{ MJ/kg}$. E két érték aránya megadja az energetikai hatékonyságának a potenciálját.

$$\frac{h_f}{h_a} \cong \frac{40 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}}{36 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}} \cong 1,11 \quad (17.)$$

Vagyis földgáz esetében az égéshő mintegy 11%-kal nagyobb, mint a fűtőérték.

Alacsonyabb füstgáz hőmérsékletek esetén a füstgázveszteségek jelenős csökkenését két hatás idézi elő. Egyrészt a harmatpont felett is csökken a fizikai hőveszteség a hőmérséklettel. Másrészt a kondenzációs kazánál a harmatpont alatt a vízgőz párolgási hője is hasznosul.

A kondenzációs kazánt olyan rendszerekben tudjuk alkalmazni, ahol a megfelelő technológiai feltételek a rendelkezésre állnak. Ilyen legfontosabb feltétel, hogy a füstgázok lehűtéséhez megfelelően alacsony hőmérsékletű hőigény legyen. Ilyen hőigényű rendszerek

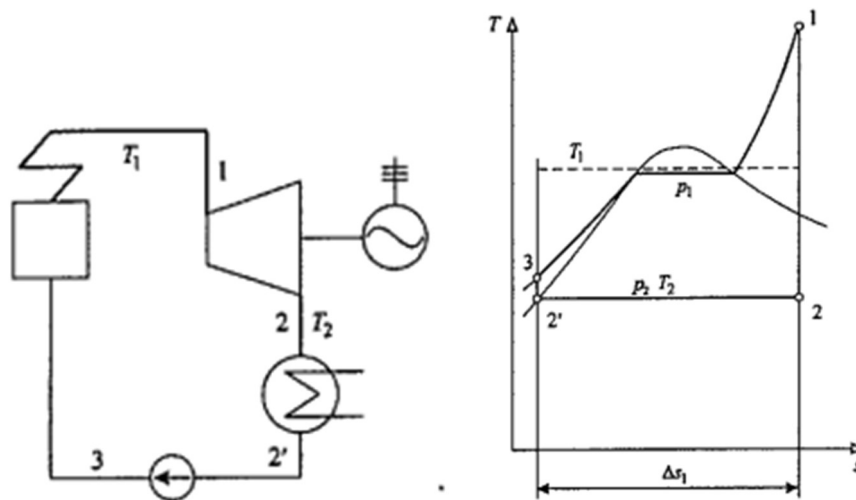


például az alacsony hőmérsékletű sugárzó fűtések, például a lakóingatlanokban kialakított padlófűtések, vagy a használati melegvíztermelés, illetve a szellőző levegő melegítése.

4.2. Közvetlen villamosenergia-termelés

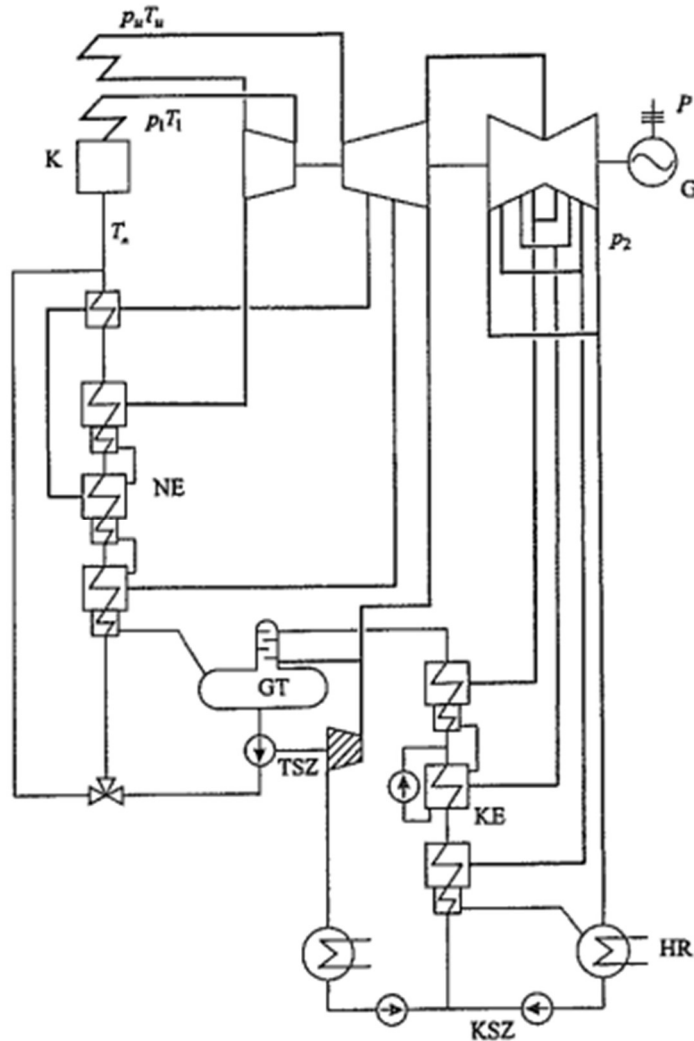
A kizárólagosan csak villamos energiát vonalra adó erőművek a kezdetekkor csak gőzerőművi körfolyamattal rendelkeztek. Mára már a gázturbinás és a kombinált gáz/gőzerőművek is teret hódítottak maguknak.

A gőzközegű erőművi energiaátalakítás alapsémája a *Rankine-körfolyamat*. Ez az alap körfolyamata a kondenzációs gőzerőműveknek. A körfolyamat tartalmaz minden elemet, amely az energiaátalakításban feltétlenül szükséges: hőközlő, turbina, hőelvonó és szivattyú (4-3. ábra). A Rankine-körfolyamattal elérhető hatásfokot minimálisan elérhető hatásfoknak értelmezhetjük, mert semmilyen hatásfokjavítást célzó berendezést nem tartalmaz. A valóságban előmelegítők és egyéb más igényeket is kiszolgáló berendezések is beépítésre kerültek a gőzerőművekbe.



4-3. ábra. A reverzibilis Rankine-körfolyamat és a körfolyamat T-s diagramja [4]

A gőzerőművek felépítése viszonylag egységes képet mutat, melynek tipikus kapcsolását az alábbi ábrán láthatjuk (4-4. ábra). A bemutatott gőzerőművi felépítésnek a gőzturbinája háromhásas, nagy-, közép- és ikeráramú kisnyomású turbinaházzal. A *tápvíz-előmelegítés* a gőzerőművek körfolyamatának szerves része, melyek lehetnek kisnyomásúak (KE), nagynyomásúak (NE) és keverő előmelegítő, mely gáztalanítóként is funkcionál (GT).



4-4. ábra. Nagynyomású kondenzációs gőzerőmű tipikus kapcsolása [4]

A víz szivattyúzása kétfokozatú. Az első fokozat a kondenzszivattyú (KSZ), a második a segédturbinával hajtott tápszivattyú (TSZ). Az újrahevítés a hatásfokjavítás érdekében kívánatos, mely történhet többfokozatban is. Az újrahevítés a nagynyomású gőzerőműben pedig a végnedvesség-csökkentés miatt – is – szükséges.

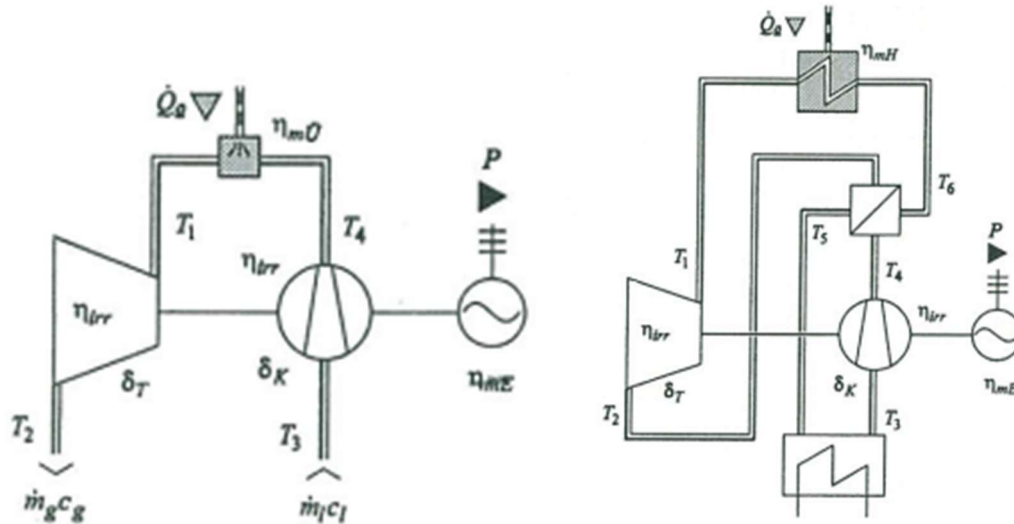
A tartalék kapacitás alappilléreiként szolgálnak a gázturbinás erőművek. A készenlétben álló kapacitások felhasználására olyan teljesítményhiányt okozó üzemzavari helyzetekben kerülhet sor, amikor az egyensúly helyreállításához az igénybe vehető hazai teljesítmény, a többleteljesítmény, illetve a külföldi partnerekkel egyeztethető kiegészítés sem elegendő. Ilyen esetekben a tartalék kapacitások igénybevételére a rendszerirányító MAVIR ZRt. Országos Diszpécser Szolgálat (ODSZ) ad utasítást.



4-1. kép. Sajószögedi erőmű látképe [32]

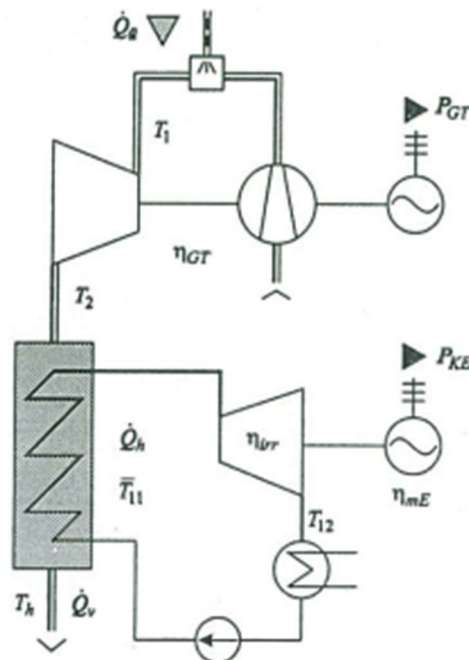
A hazai villamosenergia-rendszernek az UCTE – Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity, Európai Villamosenergiái Rendszeregyesülés – előírásai szerint, készenlétkben álló tartalékokkal is rendelkeznie kell. Ennek a folyamatosan rendelkezésre álló tartalékkapacitásnak gyorsan – 15 perc alatt – ténylegesen igénybevehető tartalékkapacitásnak kell lennie, melyeket nagy részben gázturbinás erőműveink (például a litéri, sajószögedi, lőrinci és bakonyi gázturbinás erőműveink) biztosítanak.

A gázturbinás erőművi körfolyamatok többféle típusát különböztethetjük meg. A *nyitott körfolyamatú*, belső tüzelésű gázturbina sémájára az alábbi ábra bal oldalán, a *zárt körfolyamatú*, külső hevítésű gázturbina sémájára ugyanezen számú ábra jobb oldali ábráján láthatunk példát (4-5. ábra). Természetesen mindegyik típusú rendszernek megvannak a maga sajátosságai és beépítési feltételei. A zárt és külső hevítésű gázturbina csak olyan helyen alkalmazható például, ahol nem okoz gondot az égéstermék megfelelő lehűtése.



4-5. ábra. Nyitott körfolyamatú belső tüzelésű és zárt körfolyamatú külső hevítésű gázturbina tipikus sémái [4]

Nagyon magas hatásfok elérését teszi lehetővé a hőhasznosító kondenzációs gáz/gőzerőmű. A magas hatásfok műszaki alapja, hogy a gázturbinából kilépő hulladékhőt koncentráltan hasznosítja. A gázturbinából kilépő nagyhőmérsékletű gáz oxigéntartalma jelentős, ennek segítségével tüzelőanyagot lehet elégetni a hőhasznosítóban, ezáltal póttüzelést lehet megvalósítani, amivel teljesítmény növelést és terheléstartomány szélesítést tudunk elérni (4-6. ábra).



4-6. ábra. Hőhasznosító kondenzációs gáz/gőzerőmű [4]



A gáz- és gőzkörfolyamat összekapcsolására többféle lehetőség adódik még, például a nyomás alatti tüzterű, úgynevezett *feltöltött kazánban*, vagy *nyomás alatti fluidkazánban*.

5. KAPCSOLT ENERGIATERMELÉS

A kapcsolt energiatermelést a terminológia gyakran *kogenerációnak* is nevezi. Ezen energiatermelési mód a hatékony energiaellátás egyik legkoncentráltabb és legjelentősebb módszere. Leegyszerűsítve és letisztázva a kogeneráció nem más, mint a felhasznált tüzelőhőteljesítményből egyazon berendezés technológiai folyamatában kapcsoltan villamos teljesítményt és hasznos hőteljesítményt előállítani és kiadni. Az előállított hőenergia felhasználhatóságának bővítését szolgálja, ha nemcsak fűtésre, hanem hűtésre is alkalmazzuk az átalakított energiát.

A kapcsolt energiatermelésnek az előállított termékek elsődlegessége szerint két alapmegoldását különböztethetjük meg:

- 1) Elsődleges termék lehet a villamos energia. Az erőművek jelentős része villamosenergia-termelésre épül, de szinte kivétel nélkül adnak ki – akár háziüzemi célokra, akár értékesítésre – kisebb-nagyobb mennyiségű hőt is. Erre kiváló példa a paksi atomerőmű is, mely alaperőműként teljesít „szolgáltatot” a magyar VER-ben, de mind az erőmű épületeinek fűtésére, mind Paks városának ad ki hőenergiát fűtési célokra.
- 2) Elsődleges termék lehet a hő, ha a kapcsolt energiatermelő erőművet elsődlegesen hőellátásra létesítjük és/vagy üzemeltetjük.

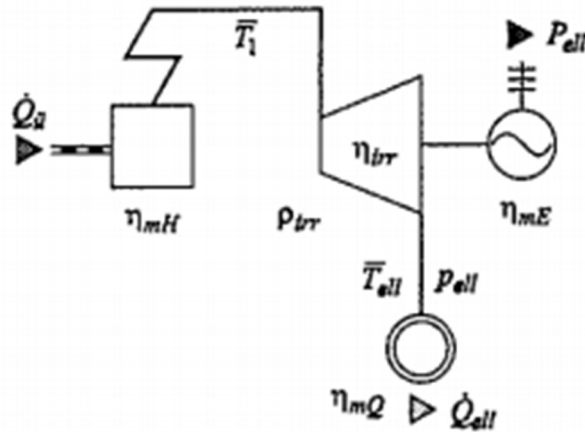
5.1. Ellennyomású erőművek

Az elsődlegesen hőkiadásra létesített gőzerőmű jellegzetes megoldása az ellennyomású erőmű (5-1. ábra). A gőz expanzióját – vagyis munkavégzését – itt olyan nyomáson (P_{ell}), illetve termodinamikai átlaghőmérsékleten (\bar{T}_{ell}) fejezzük be, amely lehetővé teszi a kiadott (\dot{Q}_{ell}) hőteljesítmény értékesítését.

Az ellennyomású erőműveket gyakran fűtési hő előállítására alkalmazzák. Felépítésüket a fűtővízmelegítő rendszer kialakítása határozza meg alapvetően. Legegyszerűbb megoldását az egyfokozatú fűtővízmelegítés kialakítása jelenti, de a nagyobb egységtelejesítményű



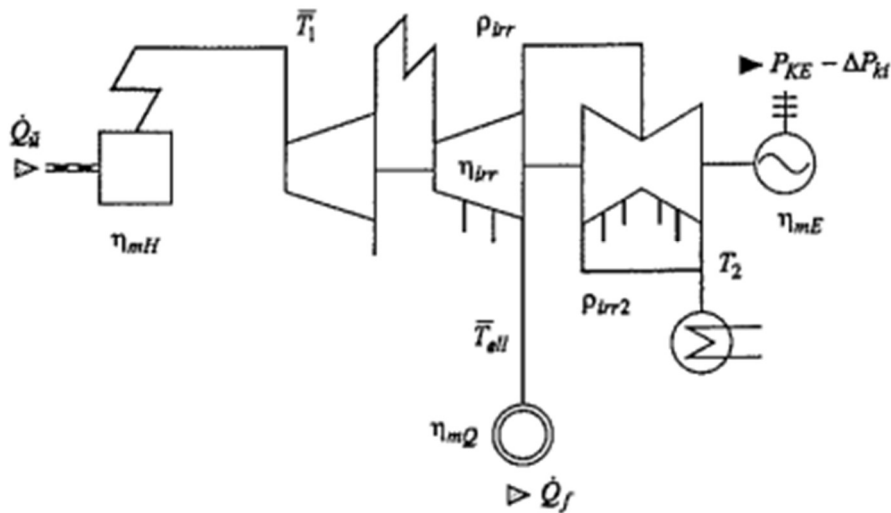
fűtőblokkoknál az energiahatékonyságot javító kétfokozatú fűtővízelőmelegítés kialakítása célszerűbb [4]. Erre a megoldásra klasszikus példa a Pécsi Erőmű III. gőzturbinája.



5-1. ábra. Az ellennyomású erőmű általános sémája [4]

5.2. Hőkiadás kondenzációs gőzerőműből

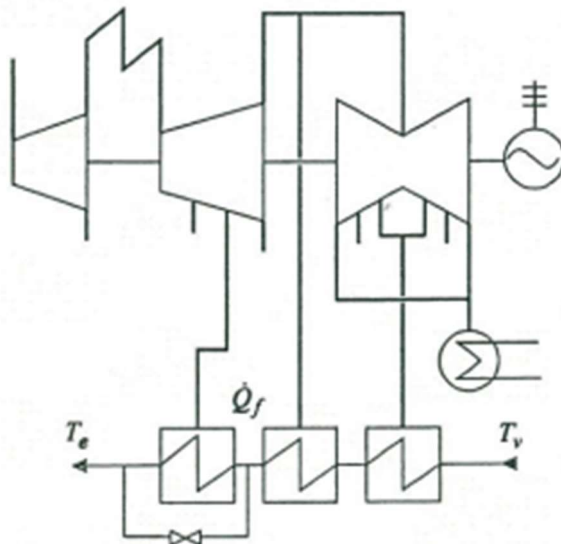
Ahogy említettük korábban az elsődlegesen villamosenergia-termelésre létesített gőzközegű hőerőművek is ad(hat)nak ki hőt (5-2. ábra). A gőzelvétellel a turbinán kisebb tömegáramú gőz végez munkát, vagyis a vonalra adható villamos energia mennyisége kevesebb lesz, a hőkiadás hatékonyságát a *fajlagos villamosenergia-kiesés* jellemzi. Ezt azonban nem feltétlenül kell hátrányként értékelnünk, mert az elvett gőzmennyiség nem jelenik meg a kondenzátoron és így az elvonandó hőmennyiség is kevesebb lesz, a hűtőrendszert kevésbé veszi igénybe. Frissvízhűtés esetén – például természetes folyóból származó hűtővíz esetén – kevesebb hűtővizet kell igénybe venni. Az elvételes-kondenzációs hőtermelés a termelő erőműnek akkor éri meg, ha a villamosenergia-értékesítés kieső árbevételét a kiadott hő ellenértéke legalább kiegyenlíti. Az ezt biztosító hőárat a villamos energia értékesítési ára mellett alapvetően befolyásolja a hőkiadás átlagos nyomásszintje, amit a fajlagos kiesett villamos energia mutató fejez ki.



5-2. ábra. Hőkiadás kondenzációs gőzerőműből [4]

Kondenzációs erőműegységéből többféleképpen adhatunk ki hőt. Alapvetően meghatározza a blokkok kialakítását, hogy a fűtésre forróvizet vagy technológiai felhasználásra gőzt adunk-e ki.

A leggyakoribb eset a részleges hőkiadás rendszere, mely megvalósítható egy-, vagy többfokozatban. Az egyfokozatú részleges hőkiadás viszonylag egyszerűen kialakítható, de a hőkiadás rendszere energetikailag nem optimális. A hőkiadás energetikai viszonyai kedvezőbben alakulnak, ha a részleges hőkiadást több fokozatban valósítjuk meg. A többfokozatú részleges hőkiadás rugalmasabbá teszi az üzemeltetést. A fűtővíz hőmérsékletviszonyaitól és a gőzturbina terhelésétől függően egyes fűtővíz-melegítőkben a felmelegítés arányai eltolódhatnak, sőt a fűtővíz-előmelegítők szükség szerint átkapcsolhatók. A fűtővíz hőmérsékletét az utolsó fűtővíz-melegítőnél a megcsapolás fojtásával vagy a vízdali megkerüléssel állíthatjuk be.



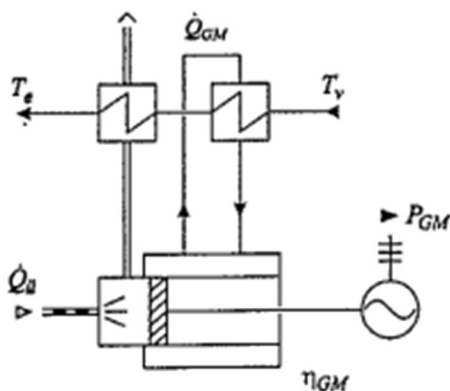
5-3. ábra. Többfokozatú részleges hőkiadás kondenzációs erőműből [4]

A kondenzációs gőzturbina teljes gőzárámát is kiadhatjuk fűtésre, ha megfelelő helyen, teljes torlasztást valósítunk meg.

5.3. Gázturbinás és gázmotoros fűtőegységek

Szénhidrogén bázisú energiatermelés során gázturbinás és gázmotoros fűtőegységekkel hatékony kapcsolt energiatermelés valósítható meg. Nagyobb teljesítményen a kombinált ciklusú egységek és a fűtőgázturbinák, míg kisebb teljesítményen a gázmotorok hatékonyabbak.

A gázmotorral történő kapcsolt hő- és villamosenergia-termelést az alábbi ábrán mutatjuk be (5-4. ábra).



5-4. ábra. Gázmotoros fűtőegység [4]



Hőtermelésre egyrészt a távozó füstgáz hőtartalma, illetve a motorhűtés során keletkező hő szolgál. Gázmotorral szintén hatékony energiatermelést lehet megvalósítani, mely rendszereknél az a különbség – elsősorban gépészeti oldalon – a fűtőgázturbinákhoz képest, hogy a forgógépet dugattyús gép váltja fel.

5.4. Kombinált gáz/gőzközegű fűtőerőművek

A gőz- és gázturbinás fűtőegységeket vagy távhőrendszerben kapcsoljuk össze, vagy kooperációjukkal kombinált körfolyamatú fűtőerőművet alakítunk ki.

A kondenzációs fűtőblokk és a fűtőgázturbina egyszerű összekapcsolásában egy közös távhőhálózatra dolgozik. A fűtővízmelegítők sorosan és párhuzamosan kapcsolhatók. Az összes kiadott hőteljesítmény

$$\dot{Q}_f = \dot{Q}_{GE} + \dot{Q}_{GT} \quad (18.)$$

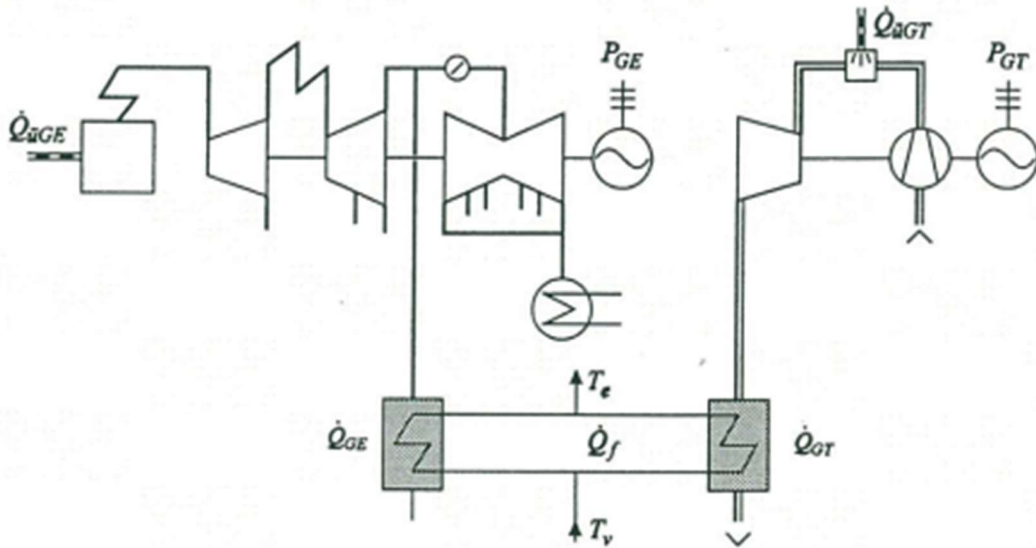
egyenlet alapján számolható, ahol

\dot{Q}_f – összes kiadott hőteljesítmény [W ; J/h],

\dot{Q}_{GE} – gőzturbinából fűtött fűtővízmelegítő hőteljesítménye [W ; J/h],

\dot{Q}_{GT} – gázturbinából fűtött fűtővízmelegítő hőteljesítménye [W ; J/h].

A gőz- és gázturbinás fűtőegységek távhőrendszerben történő összekapcsolása a fűtőblokkok laza összekapcsolását jelenti. Itt a „laza” szó alatt azt kell értenünk, hogy üzemvitel szempontjából lehetséges mind a kondenzációs fűtőblokk, mind a fűtőgázturbina önálló üzeme. Ez a jellegű összekapcsolás mind a villamos terhelés, mind a hőigények szempontjából rugalmas üzemvitel lehetőségét biztosítja, azonban ez idáig Magyarországon nem épült ilyen rendszer (5-5. ábra).



5-5. ábra. Gőz- és gázturbinás fűtőegység összekapcsolása a távhőrendszerben [4]

A kombinált gáz/gőzközegű egységek hő- és villamosenergia-termelésre is összekapcsolhatók. Az összekapcsolásuknak többfajta variációjuk lehetséges.

Az alábbi ábra bal oldalán a kombináció gőzrészében ellennyomású fűtőturbina van kialakítva (P_{ell} , \dot{Q}_{ell}), és a hőkiadásban közvetlenül szerepet kap a hőhasznosító is (\dot{Q}_f) (5-6. ábra).

Az ellennyomású gáz/gőzturbina fűtőblokk villamos teljesítményét az

$$P_{gáz/gőz} = P_{GT} + P_{ell} \quad (19.)$$

egyenlet adja meg, ahol

$P_{gáz/gőz}$ – a kapcsoltan kiadott villamos teljesítmény [W],

P_{GT} – a gázturbinához kapcsolt generátor villamos teljesítménye [W],

P_{ell} – a gőzturbinához kapcsolt generátor villamos teljesítménye [W].



A hőteljesítményét pedig a

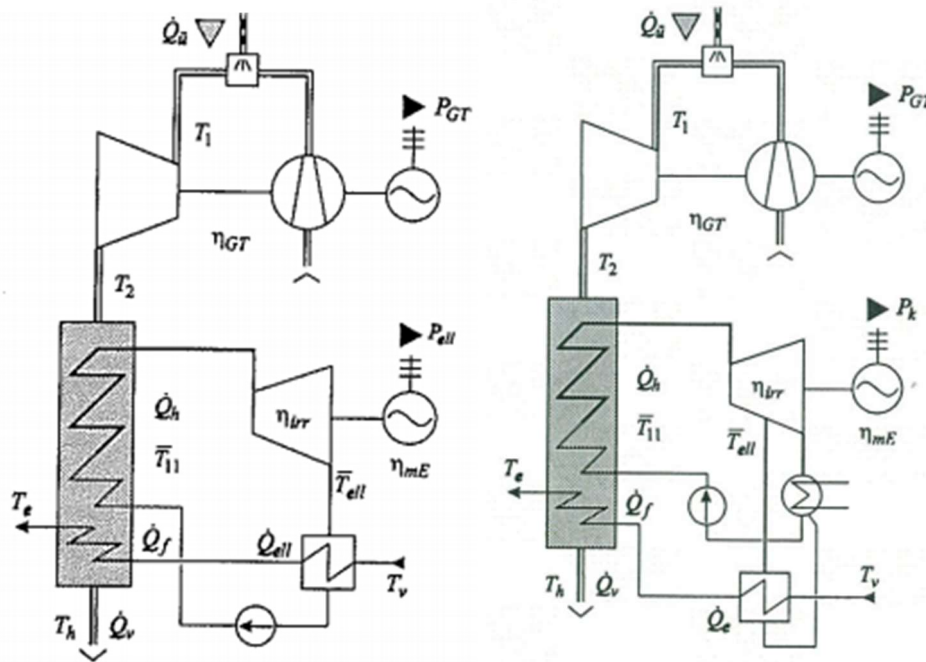
$$\dot{Q}_{gáz/gőz} = \dot{Q}_{ell} + \dot{Q}_f \quad (20.)$$

egyenlet adja meg, ahol

$\dot{Q}_{gáz/gőz}$ – összes kiadott hőteljesítmény [W; J/h],

\dot{Q}_{ell} – az ellennyomású fűtőturbina hőteljesítménye [W; J/h],

\dot{Q}_f – a hőhasznosító hőteljesítménye [W; J/h].



5-6. ábra. Hőszolgáltató gáz/gőzerőmű ellennyomású fűtőturbínával és kondenzációs fűtőturbínával [4]

Az előbbi ábra jobb oldali kapcsolása szerinti kombinált gáz/gőzerőmű gőrzésében az ellennyomású fűtőturbina helyett, kondenzációs fűtőblokk szerepel. Ez a kooperáció nagyon hatékony energetikai megoldás, mert megtartja a kapcsolt és a kondenzációs energiatermelés kedvező energetikai hatékonyságát, a villamos és a hőteljesítmény változtatását pedig rugalmasabbá teszi.

5.5. Hőszivattyús hőtermelés

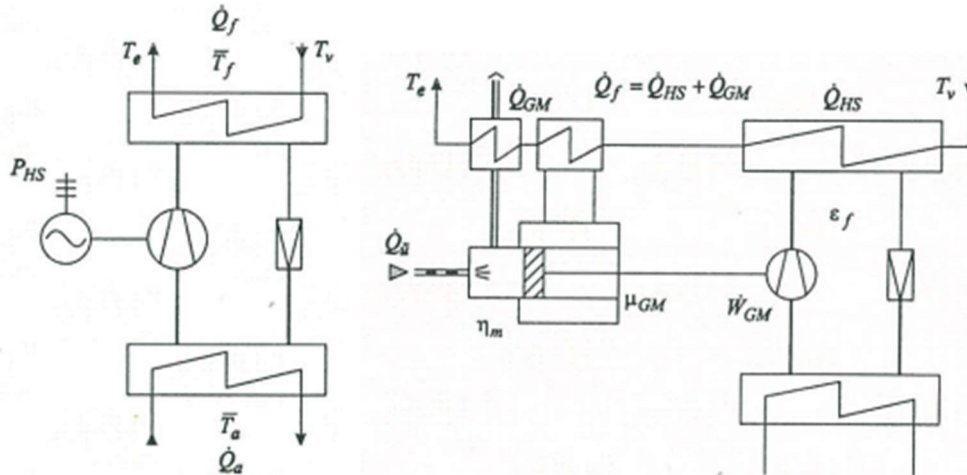
A címben szereplő berendezések energiaátalakítási alapjai sem térnek el az eddig tárgyalt rendszerektől: mechanikai munka – hőenergia átalakítás az alapjuk [5] [6]. Az erőművi kapcsolt energiatermeléshez hasonlóan ezek is hatékonyan termelhetik a fűtési hőt.

59?



Energetikai működésüket tekintve egy adott átlaghőmérsékletű (\bar{T}_a) környezeti, illetve hulladékhőforrásból valamilyen „külső teljesítményt” felhasználva (P_{HS}, \dot{W}_{GM}), egy adott hőteljesítményt (\dot{Q}_a) magasabb átlaghőmérsékletre (\bar{T}_f) emelünk. Ezen a magasabb átlaghőmérsékleten fűtési hőteljesítményt (\dot{Q}_f) adunk ki.

A „külső teljesítmény” bevitele történhet villamos hajtással és akár gázmotorral is (5-7. ábra). A gázmotorral történő hajtásnak az az előnye, hogy helyben hasznosíthatjuk a gázmotor hulladékhőjét is a hőszivattyú hőtermelésével összekapcsolva [12].



5-7. ábra. Villamos hajtású és gázmotoros hőszivattyú [4]

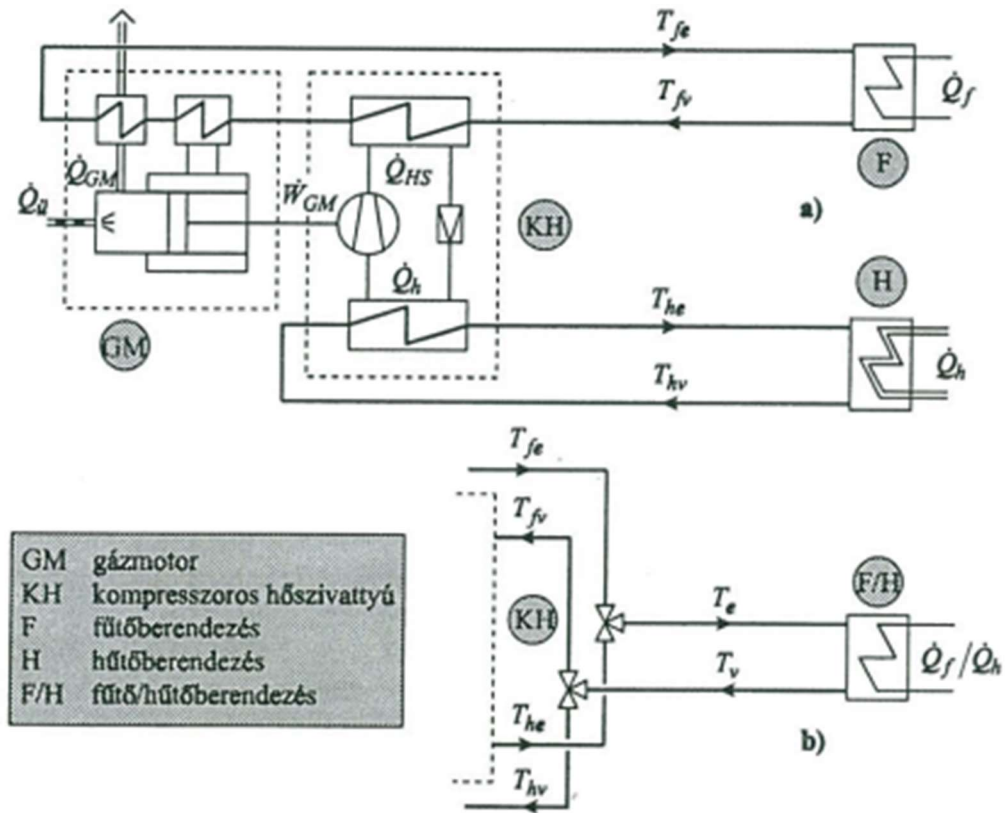
A kompresszoros hőszivattyúk mellett többféle szorpciós (*abszorpciós, rezorpciós*) hőszivattyút is alkalmazunk. Ezeknél a rendszereknél a mechanikus kompressziót termikus kompresszió váltja fel.

5.6. Kapcsolt villamosenergia- és fűtési/hűtési hőtermelés

Az elmúlt években, évtizedekben az életvitelünk nagymértékben megváltozott. Az időnk nagy részét a belső tereinkben, hétköznapi szóhasználattal élve a „négy fal között” töltjük. Részben ezért a helyiségekkel szemben támasztott komfort követelményeink nagymértékben megváltoztak az elmúlt időkben. Gondoljunk csak bele, hogy 100-150 évvel ezelőtt milyen lehetőségek voltak a belső tereink hőigényeinek kielégítésére, illetve hasonlítsuk össze a ma elvárt igényeinkkel. Napjainkban teljesen természetes – és ez megoldandó feladatok elé állítják az energetikusokat –, hogy az épületek fűtési és hűtési igénye egyszerre lép fel. Kapcsolt energiatermelés keretei között célszerű lehet, hogy egy-egy hőellátó rendszerben a



villamosenergia-termeléshez kapcsolódóan fűtési és hűtési célra is hőt szolgáltatunk. Ilyen lehetőségre – például - a gázmotor alkalmazásával van lehetőség (5-8. ábra).



5-8. ábra. Távfűtés és távhűtés gázmotor hajtású kompresszoros hőszivattyúból.

a) párhuzamos fűtés és hűtés, b) alternatív fűtés vagy hűtés [4]

A fűtés és a hűtés forrása gázmotor hajtású hőszivattyú. Az előbbi ábra felső kapcsolási vázlata (a ábrarész) (táv)fűtésre és (táv)hűtésre mutat példát oly módon, hogy a fűtésre és a hűtésre külön-külön vezeték-pár szolgál, ezáltal egyidejű fűtés és hűtés lehetséges.

Az alsó kapcsolási vázlaton (b ábrarész) csak egy vezeték-pár látható, így – bár a rendszer tud fűteni is, és hűteni is -, egyidejű fűtés és hűtés nem lehetséges. A gázmotor kapcsoltan termel mechanikai munkát, mely a hőszivattyú hajtására fordítódik, így villamos energiát ez a rendszer nem ad ki, fogyasztói igényeket nem tud fedezni.



6. VILLAMOS ENERGETIKA

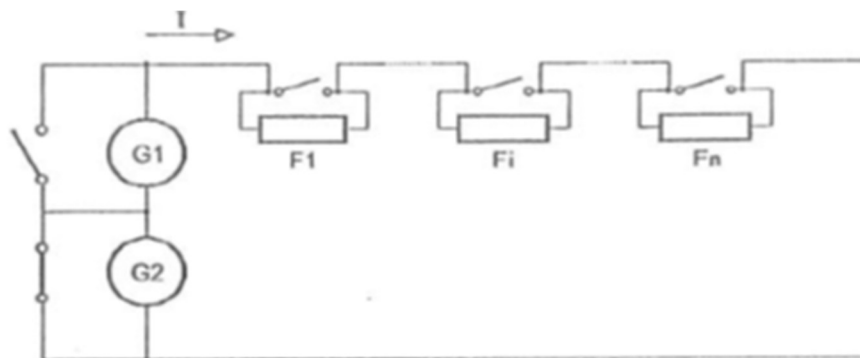
A villamos energia szerepe rendkívül sokrétű. Mérnöki szempontból – kifejezetten energetikusi szemüvegen keresztül – a villamos energia egyik legfontosabb szerepe, (vagy úgy is fogalmazhatnánk, hogy legfontosabb mérnöki feladata), hogy a fogyasztók energia szükségleteit kielégítsük. A felhasználók energiát igényelnek, amelyeket vezetékes energiaellátás esetén a fogyasztói csatlakozási pontján átadott, úgynevezett végső energia szerkezettel lehet biztosítani.

A villamosenergia-ellátás kialakítása az egyes nemzetek országos szintű feladata, a megfelelően kialakított villamosenergia-ipar alapvető nemzetgazdasági érdek.

6.1. A villamosenergia-ellátás áramköre

Áramköri szempontból az energiaellátás kialakítása lehet *soros* (névleges áramú), vagy *párhuzamos* (névleges feszültségű) rendszer.

Iskolai tanulmányainkból emlékezhetünk a soros kapcsolás iskolapéldájára, a karácsonyi égősorra. Sőt talán meg is tapasztalhattuk, hogy ha akár egyetlen izzó is meghibásodott, akkor a teljes égősor elsötétedett, egyetlen elem szakadása az egész áramkört üzemképtelenné tette.



6-1. ábra. A soros áramköri kialakítású ellátó rendszer [69]

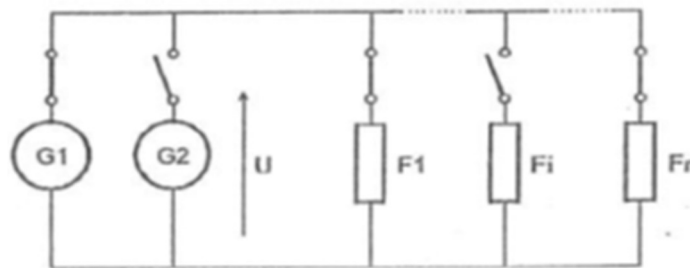
Soros rendszernél a generátornak és minden fogyasztónak azonos az árama (6-1. ábra). A változó fogyasztói igények esetén a generátor – illetve sorba kötött generátorok együttesének – feszültségét úgy kell szabályozni, hogy az áram közel névleges értéken maradjon. A soros hálózat nehezen bővíthető, már az első üzembe helyezéskor ki kell alakítani az összes csatlakozási pontot [69].



Amennyiben csatlakozni, vagy éppen leválni szeretnénk egy adott elemmel (például a 6-1. ábra „F₁ – Fogyasztó” eleme) akkor azt egy *söntölő-kapcsoló* nyitásával vagy éppen zárásával tehetjük meg. A söntölő-kapcsoló nem más, mint egy párhuzamosan kapcsolt kapcsoló.

Akár az egyetlen elem meghibásodása okozta hálózati szakadás, akár a bővíthetőségi nehézségek miatt a soros jellegű energiaellátás nem terjedt el a villamos energetikában.

Az üzemelő villamosenergia-hálózatok párhuzamos rendszerűek, melynél az azonos csomópontra kapcsolódó fogyasztók névleges feszültsége azonos (6-2. ábra).



6-2. ábra. Párhuzamos áramköri kialakítású ellátó rendszer [69]

Amennyiben a párhuzamos áramköri kapcsolású hálózathoz kapcsolódni, vagy leválni szeretnénk, akkor azt az adott elemmel sorba iktatott kapcsoló zárásával, vagy éppen nyitásával tehetjük meg. A generátorok feszültségtartása a változó fogyasztói igények kielégítése miatt feltétlen szükséges. Előnyként jelentkezik, hogy a párhuzamos kialakítású hálózat rugalmasan bővíthető új generátorok, illetve új fogyasztók párhuzamos kapcsolásával.

Az egyes párhuzamosan kapcsolt elemek szakadása nem veszélyezteti a többi elem üzemét, az egyes elemek meghibásodása rövidzárlata túláramot okoz, elsősorban a zártatos leágazásban.

A gazdaságos és hatékony villamos energetikai rendszer megkerülhetetlen részei a *centrálisan termelő erőművek*. Vagyis ki kell jelenteni, hogy a termelők és a fogyasztók közötti távolságok nagyok. Míg a termelés – kifejezetten a nagy egységteljesítményű erőművi egységek esetén – koncentrált, a fogyasztók területileg elszórtan vannak.

A termelők és a fogyasztók között olyan kapcsolat vált szükségessé, amely mind a nagy távolságú átvitelt, mind pedig az elosztást lehetővé teszi. Ezeket az igényeket a villamosenergia-átvitel tudja legjobban kielégíteni.



6.2. A villamosenergia-ellátás áramneme

Az áramnemek szerint megkülönböztetünk *egyen-,* vagy *váltakozó áramú* villamosenergia-ellátást. A váltakozó áramú szolgáltatás pedig lehet *egyfázisú* vagy *háromfázisú*.

Mindkét áramnemnek megvannak az előnyös és hátrányos tulajdonságai. Az egyenáramú villamos energia akkumulátorokban jól tárolható. Ami előnyös, mert így a közlekedésben – autók -, szükségáramforrásoknál, illetve olyan helyeken ahol a termelésnek nem kell folyamatosan követnie a fogyasztói igényeket jól alkalmazható. További előnye az egyenáramnak, hogy a kábelek szigetelésében nincs polarizációból eredő dielektromos veszteség, nincs töltőáram és nem lépnek fel frekvenciatartási és stabilitási problémák. Ezeket a tulajdonságokat kihasználják nagyfeszültségen is (HVDC – High-voltage direct current, nagyfeszültségű egyenáramú átviteli hálózat), továbbá nagy távolságú szárazföldi és tengeri átvitelek megoldásánál, valamint eltérő frekvenciájú rendszerek egyenáramú betétekkel történő összekapcsolásánál.

Jelentős hátrányként kell kezelnünk, hogy az egyenáram mágneses csatolással nem transzformálható, ami a villamos energia szállításánál és elosztásánál okoz nehézségeket.

A váltakozó áramú villamos energia legfontosabb tulajdonsága – erőművi szempontból -, hogy nem tárolható. Tehát a termelésnek és a fogyasztásnak egyensúlyban kell lennie. Ez mindenképp hátrány és megoldandó feladatok elé állítják a szakembereket.

Előnye viszont az ilyen rendszereknek, hogy mágneses csatolással transzformálhatók. A mágneses csatolás azt jelenti, hogy a transzformátor egyik – primer – tekercsében folyó áram hatására létrejövő fluxus egy része a másik, illetve a többi – szekunder – tekercsen is áthalad. (A csatolás akkor jelentős, ha a tekercsek közös zárt vasmagra vannak tekercselve.)

A transzformálás segítségével a termelés, a szállítás, az elosztás és a fogyasztás a leggazdaságosabb feszültség szinten oldható meg. A ma üzemelő villamosenergia-rendszerek párhuzamos kialakítású, háromfázisú váltakozó áramú, szinkron járó rendszerek.

A hálózat *hurkoltságának* a tulajdonsága azt jelenti, hogy bármely két hálózati csomópont között egynél több átviteli út létezik. A hálózat alakzatok szerint megkülönböztetünk:

- sugaras hálózatot,
- gyűrűs hálózatot,
- íves hálózatot,
- körvezeték,
- párhuzamos vezeték,

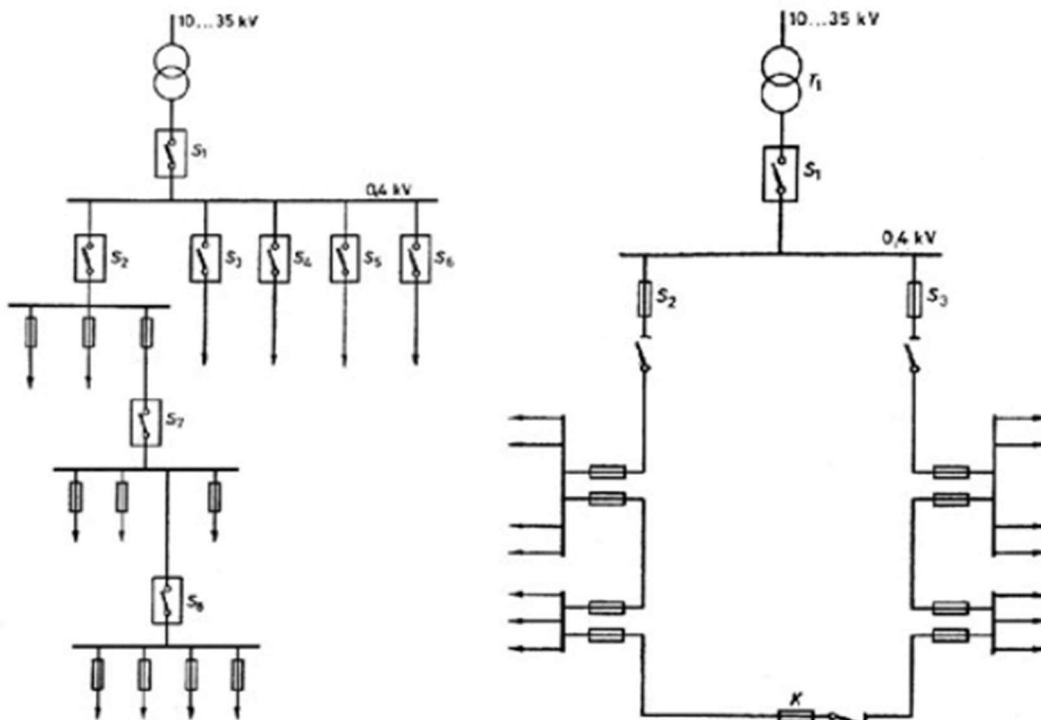
60?



- hurkolt hálózatot.

A *sugaras hálózatnak* nevezzük az egyik végéről táplált, esetlegesen többszörösen elágazó, nyitott vezetékrendszert, amelynek minden fogyasztójához az áram csak egy irányból, egy úton juthat el, vagyis az energiaáramlás iránya kötött. Minden esetben a táppontból a fogadó pont felé mutat. Létesítése egyszerű és relatíve olcsó, könnyen áttekinthető és a hibás vezetékszakasz megállapítása, leválasztása a legegyszerűbb. Hátránya, hogy a tápponthoz közeli tartós hibák, illetve a táppont tartós hibái esetén a vezetéken át a teljes fogyasztói területen megszűnik az energiaellátás (6-3. ábra).

61?



6-3. ábra. Sugaras hálózat és gyűrűs hálózat [53]

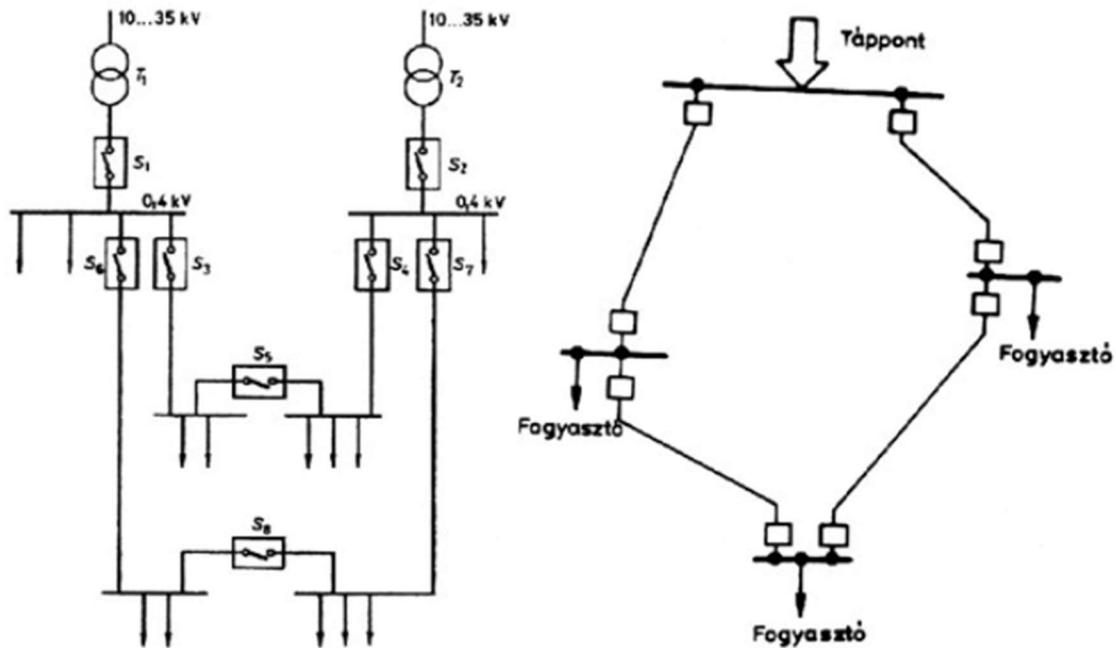
A *gyűrűs hálózat* két sugaras vezetékből álló hálózat, melynek fővezetékei egy táppont azonos gyűjtősínéről indulnak és kapcsolókészülék közbeiktatásával egy pontban találkoznak (6-3. ábra).

Az olyan sugarasan üzemelő vezetékpárt, amelyek fővezetékei különböző táppont gyűjtősíneiről indulva egy pontban találkoznak *íves hálózatnak* nevezzük (6-4. ábra).

A *körvezeték* olyan vezetékhalózat, amely a táppontból kiindulva az összes fogyasztó érintése után visszatér a táppontba. Az egyes fogyasztói gyűjtősíneket összekötő vezetékszakaszokról további leágazások nincsenek. A körvezetékre csatlakozó fogyasztó üzemszerűen mindig két irányból kap táplálást, ami az energiaellátás minőségét és biztonságát



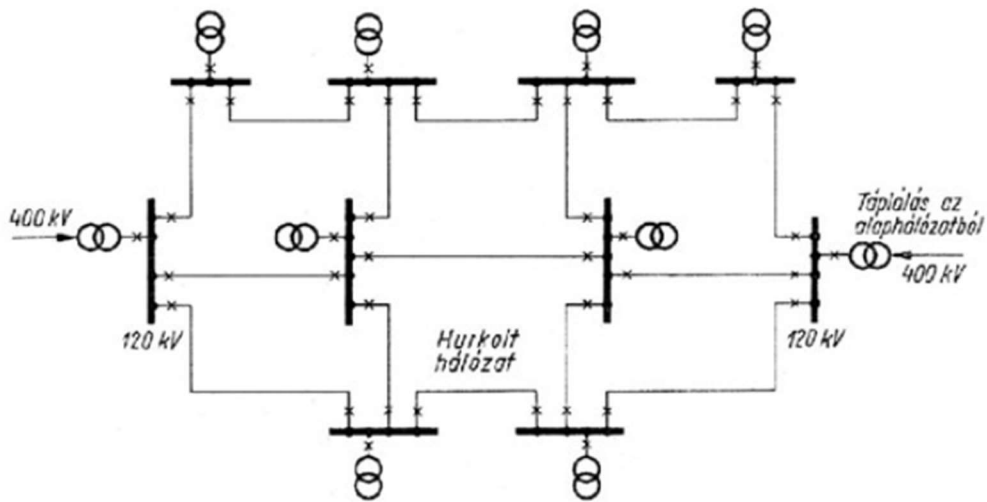
növeli. Hátrányként kell megemlítenünk a nagyobb beruházási költséget, valamint, hogy a táppont kiesése az összes fogyasztót érinti (6-4. ábra).



6-4. ábra. Íves hálózat és a körvezeték [32]

A *párhuzamos vezeték* nagy fontosságú csomópontokat vagy üzemeket köt össze két vagy több vezetéken keresztül. Ilyen lehet például a kétrendszerű távvezeték vagy a két párhuzamosan lefektetett kábel. Ezek egymás tartalékául szolgálnak.

Alapvető jelentőségű a *hurkolt hálózat*, melynél a vezetékek egymással összekapcsolt, bonyolult, zárt rendszert alkotnak. A vezetékek több csomópontot és fogyasztói táppontot kötnek össze, aminek eredményeképpen ez a hálózat a legüzembiztosabb. Mivel a fogyasztókhöz egyidejűleg több úton juthat el az energia, ezért itt a legkisebb a feszültségesés. Hátránya, hogy bonyolult védelmet igényel, és a létesítési, beruházási költsége is nagy. Ilyen kialakítású általában az elosztóhálózat, az alaphálózat és a városi középvezettségű kábelhálózat (6-5. ábra).



6-5. ábra. Hurokolt hálózat [53]

6.3. A villamosenergia-rendszer feszültség szintjei

A hazai VER névleges feszültség szintjeit az alábbi táblázat foglalja össze (6-1. táblázat). A feszültség szinteket azok névleges vonali feszültségével jellemezzük. Az U^i feszültség szintet követő U^{i+1} fázisfeszültség szint közötti kapcsolatot az

$$U_{\text{vonali}}^{(i+1)} \approx \sqrt{3} \cdot U_{\text{vonali}}^{(i)} \quad (21.)$$

összefüggés írja le.

6-1. táblázat. A magyar VER névleges feszültség szintjei¹¹

Névleges vonali feszültség [kV]	Névleges fázisfeszültség [kV]
750	433
400	231
220	127
120	69,3
35	20,2
20	11,5
10	5,77
6	3,46
0,4	0,231

62?

¹¹ Minden érték effektív érték!



A villamos energetikában alkalmazott berendezések névleges egységteljesítményeit egy mértani sorozathoz közelítően alakították ki (6-2. táblázat). A mértani sorozatot az

$$S^{(i+1)} \approx (\sqrt[10]{10})^2 \cdot S^{(i)} = 1,585 \cdot S^{(i)} \quad (22.)$$

egyenlet írja le. A fenti mértani sorozatot követik a régebben a háztartásokban alkalmazott izzólámpák teljesítményei: 25, 40, 60, 75, 100... W.

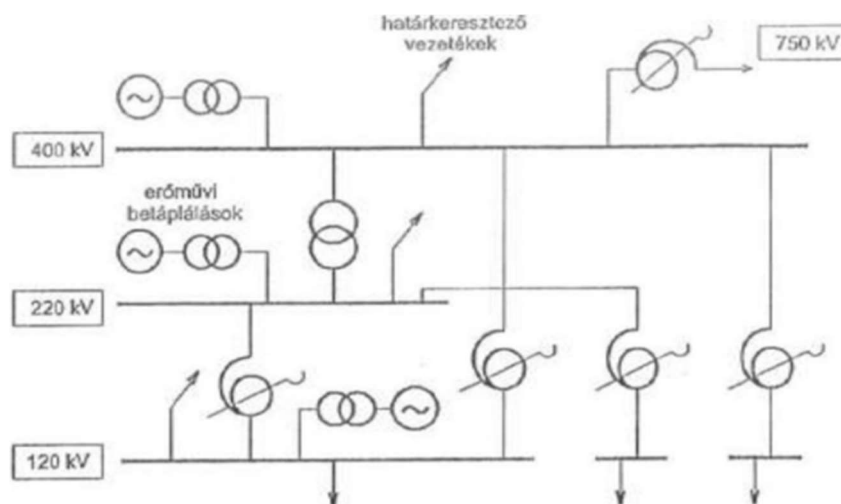
6-2. táblázat. Erőátviteli transzformátorok névleges teljesítményei

Közép/kisfeszültségű transzformátor	Nagy/középfeszültségű transzformátor	Nagy/nagyfeszültségű transzformátor
16 kVA, 160 kVA, 1600 kVA	16 MVA	160 MVA
25 kVA, 250 kVA	25 MVA	250 MVA
40 kVA, 400 kVA	40 MVA	
		500 MVA
63 kVA, 630 kVA	63 MVA	
100 kVA, 1000 kVA		

6.4. Hálózati feszültség szintek

A magyar VER villamos hálózatának a gerincét a nagyfeszültségű (NAF) hurkolt átviteli hálózat adja. Ezt régebbi szakirodalmak alaphálózatnak nevezték. E hálózat feszültség szintjei 750 kV, 400 kV, 220 kV és kis részben 120 kV (6-6. ábra).

63?
64?

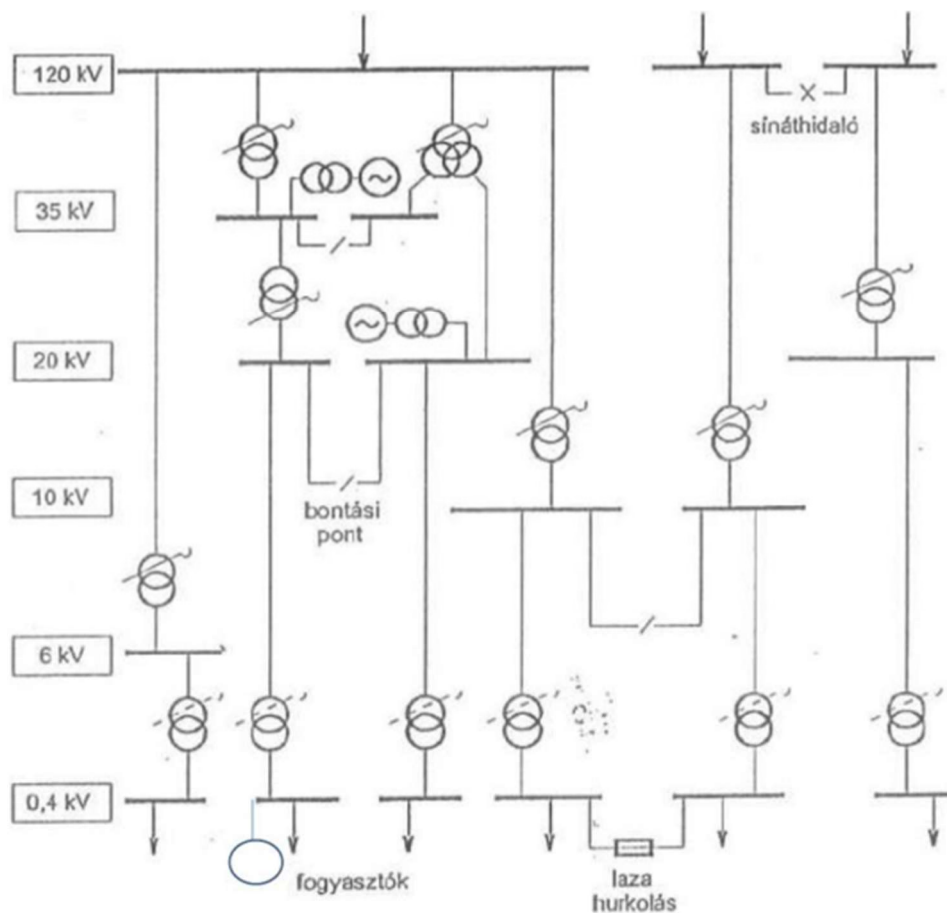


6-6. ábra. A hazai VER transzformációi 750 kV - 120 kV [68]



Az átviteli hálózat definícióját többféleképpen értelmezhetjük. Összefoglalóan talán az alábbi fogalmi meghatározás írja le legtalálébban az *átviteli hálózatot*: Az átviteli rendszerirányítói felügyelet alá tartozó nagyfeszültségű hálózat és hálózati elemek összessége.

Az átviteli hálózatra kapcsolódnak a nagyteljesítményű erőművek, a határkeresztező vezetékek. A *400/120* és *220/120* feszültség szintek közötti transzformátorok *120 kV*-os oldali gyűjtősínje az átviteli hálózat és az elosztó hálózat közötti ún. *átadási pont*.



6-7. ábra. A hazai VER transzformációi 120 kV – 0,4 kV [68]

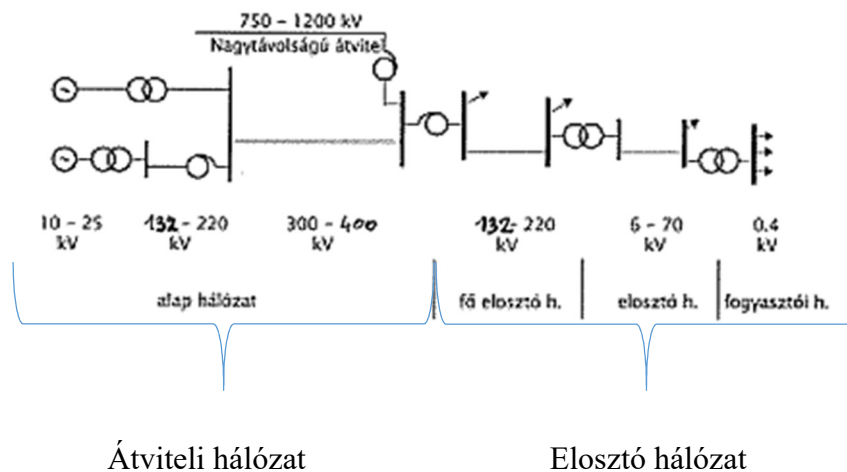
A *35*, *20* és *10 kV*-os középfeszültségű (KÖF) elosztó hálózat üzemszerűen sugaras kialakítású, a táppont és a fogadó pont között egy átviteli út van (6-7. ábra). A *120 kV*-os elosztóhálózatot a régebbi terminológia főelosztó hálózatnak hívta. Sok esetben hurkolt kialakítású és üzemű. A KÖF elosztó hálózat fogadó pontjai a középfeszültségű elosztó hálózati gyűjtősínnek, transzformátorállomások. Az azonos feszültség szinten sugarasan üzemelő vezetékeken az energiaellátás folyamatosságának és így a fogyasztók ellátása biztonságának növelésére bontási helyeket – ún. összekapcsolási lehetőségeket – alakítanak ki, ezáltal a sugarasan ellátott körzetek nagysága változtatható.



A vidéki szabadvezetékes elosztóhálózat jellemző feszültség szintje 20 kV , a városi kábelhálózatok nagyrésze 10 kV névleges feszültségű. Az agglomerációs, és külvárosi területeken 20 kV -os szabadvezetékes és kábelhálózatokat is alkalmaznak. A 6 kV -os szintet jellemzően ipartelepek elosztóhálózatán alkalmazzák. A kisebb teljesítményű, illetve ipartelepi erőművek részben közepfeszültségre csatlakoznak.

A kisfeszültségű hálózatot KIF rövidítéssel használjuk műszaki környezetben. A KIF elosztóhálózat $0,4\text{ kV}$ -os, sugarasan üzemel, de lehetséges az ún. lazán hurkolt megoldás is. Ennél a kialakításnál a sugaras vezetékeket biztosítón keresztül összekapcsolják, növelve a fogyasztók ellátásának a biztonságát. Túláramok esetén a hurkoltságot adó biztosító kiolvad és a hálózat sugarasodik. A kisfeszültségű elosztóhálózat transzformátorai a 20 , 10 és 6 kV -os feszültség szintre kapcsolódnak. A $0,4\text{ kV}$ -os feszültség szinten jelentős betáplálás általában nincs.

A hazai VER feszültség szintjeit az alábbi ábra foglalja össze (6-8. ábra).



6-8. ábra. Névleges feszültség szintek a hazai VER-ben [68]

6.5. A villamosenergia-ellátás követelményei

A villamosenergia-ellátással szemben mennyiségi és minőségi követelményeket fogalmazhatunk meg. A mennyiségi követelményeket gyakorlatilag a folyamatos rendelkezésre állás követelménye fogalmazza meg. Erről korábbi fejezetben részletesen írtunk, így itt még egyszer e helyütt nem részletezzük (2.3.2. fejezet).

A villamosenergia-ellátás minőségi követelményeinek jellemzői annak *frekvencia értéke*, a *feszültség effektív értéke* és *hullámalakja*.



A váltakozó áramú rendszerek frekvenciája az alapharmonikus feszültség egységnyi időre vetített, másodpercenkénti szinusz-periódusainak mérőszáma. Meghatározása a T alapharmonikus periódusidő mérésén alapul. A definíció szerinti értékét az

$$f = \frac{1}{T} \quad (23.)$$

összefüggés írja le, ahol

f – frekvencia [Hz],

T – alapharmonikus periódusidő [s].

Állandósult állapotban egy szinkronjáró villamosenergia-rendszerben mindenütt azonos a frekvencia. Európában a frekvencia névleges értéke $f=50 \text{ Hz}$ (az USA-ban $f=60 \text{ Hz}$). A megengedhető eltérés $50 \text{ Hz} \pm 50 \text{ mHz}$ a megfigyelési időtartam 100%-ában. A megfigyelési időtartam egy hétre vonatkozik, 10 másodperces mérési időtartamok középértékének figyelembevételével.

65?

A feszültség minőségi követelménye „lazább” határokat enged meg. Ez több okra vezethető vissza. A feszültség – a frekvenciával szemben – helyi, vagyis lokális jellemző. Effektív értéke az azonos feszültségű hálózatban is pontról pontra különbözik az átvitelrel járó feszültségváltozás következményeként. A névleges értéktől való eltérés feszültségszintenként különböző lehet (6-3. táblázat).

6-3. táblázat. Magyarországon előírt feszültséghatárok nagyfeszültségű hálózatra

Hálózati feszültség U_n [kV]	Megengedhető legkisebb érték [kV]	Megengedhető legnagyobb érték [kV]
120	108	138
120(*)	114	138
220	189	244
400	380	420
750	697	787

(*): NAF/120 kV-os transzformátor 120 kV-os feszültségű oldala, ún. átadási pontok.

Normál üzemi körülmények között a feszültségek értékét az egyhetes megfigyelési időtartam 100%-ban a 10 perces átlag effektív értékek figyelembevételével az előírt feszültségtartományban kell tartani.

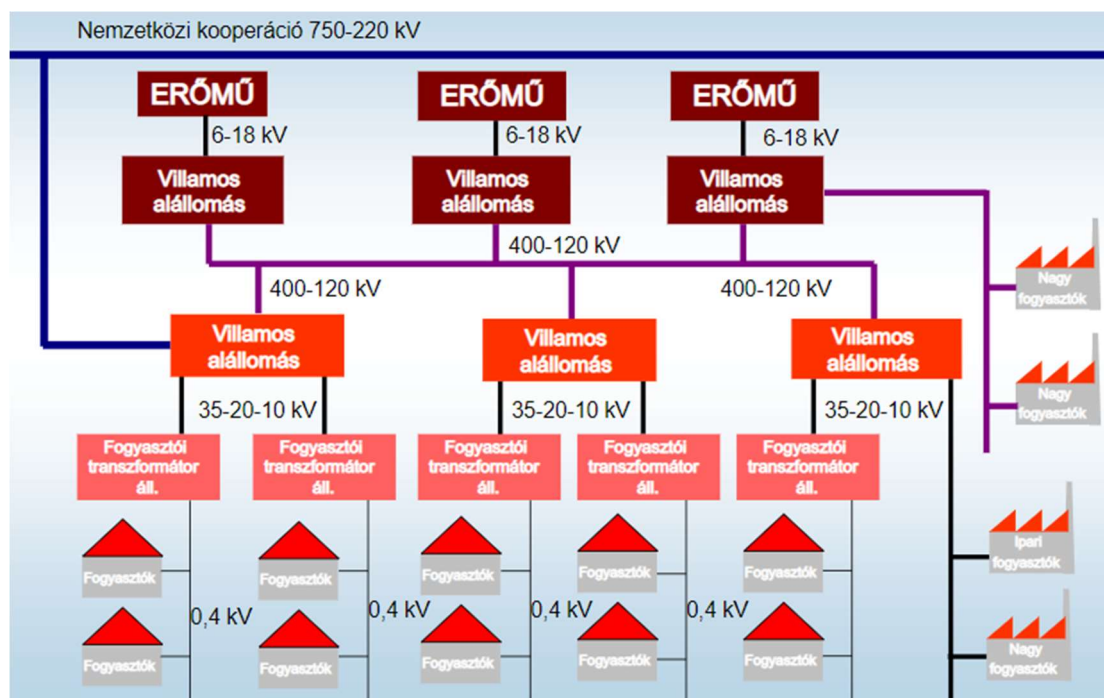
A tűréshatáron belül tartás azért fontos, hogy ne legyenek gyors feszültségingadozások, illetve, hogy a hullámalak közelítse az ideális szinuszgörbét, vagyis az 50 Hz-hez tartozó ideális alapharmonikust.



Meg kell még említsük az *alállomásokat* melyeknek fontos szerepe van a rendszerben. Az alállomásokban végzik a feszültség transzformációt, a hálózati konfiguráció kialakítását – gyűjtősín, megszakító, szakaszoló -, helyi monitoringot biztosítanak, és a védelmek, automatikák felszerelésének is helyet adnak.



6-1. kép. 400 kV-os villamos alállomás [31]



6-9. ábra. A magyar VER sematikus felépítése [51]



Minden fogyasztó villamos energiával történő ellátása alapvető követelmény mind a műszaki, mind a gazdasági szempontokat figyelembe véve. Az energiaellátás elvi költségminimumát a termelés, szállítás, elosztás összköltségének minimuma adja. A nyitott áramkereskedelmi rendszerben nem beszélhetünk rendszerszintű költségoptimumról. Napjainkban a rendszerirányítást a legkisebb költség elve szerint kívánatos elvégezni.

7. ENERGIAGAZDÁLKODÁS

A gazdaság és az energia kapcsolatának egyik kulcskérdése, hogy a gazdaság milyen és mennyi energiát használ, és megfordítva: „*meghatározott energiafelhasználás mellett a gazdaság mekkora termelést és termelési értéket valósít meg*” [4].

7.1. Veszteségfeltárás, takarékoság

A termodinamika második főtétele értelmében „*másodfajú perpetuum mobile*” nem létezik, azaz energetikai szemszögből ez annyit tesz, hogy az energetikai folyamatok mindig veszteséggel járnak.

Ezt egy, a hétköznapi életből vett példán keresztül is könnyen beláthatjuk. Tankoláskor a legtöbb esetben kőolajból származó üzemanyagot (gázolajat, benzint) töltünk a gépjárműveinkbe, még hozzá a legtöbbször környezeti hőmérsékleten. Az üzemanyagok belső égésű motorjainkban történő elégetése során az azokban kémiaiilag kötött energiát felszabadítjuk. Az égetés során füstgáz keletkezik, amely a kipufogón keresztül távozik a gépjárműveinkből. Azonban a távozó kipufogógázok hőmérséklete a kilépéskor magasabb, mint a tankoláskor az üzemanyag belépési hőmérséklete, vagyis hőveszteség keletkezik. A kipufogógáz hőenergiája a környezetünket melegíti, amely a gépkocsi meghajtása szemszögből számunkra haszontalan.

Az energetikai veszteségeket többféle módon tudjuk csoportosítani. Lehetnek *mennyiségi és minőségi veszteségek*, vagy lehetnek *közvetlen*, illetve *közvetett veszteségek*.

A minőségi veszteségek az energia értékének változásával vannak szoros kapcsolatban. Ebben az esetben hő-mechanikai munka átalakítás hővel kapcsolatos folyamataiban olyan veszteségek is fellépnek, amelyeknél a hő mennyisége ugyan változatlan marad, de állapotjellemezői úgy változnak meg, hogy a hő értéke a munkavégzés szempontjából csökken.



Minőségi veszteséggé tekinthető a hőátadás, keveredés és fojtás. Például a hőcserélők esetében általánosságban arról beszélhetünk, hogy a hőcserélőn átadásra kerülő energiának a hőátadás során csökken az energetikai értéke. Hasonlóképpen megállapítható ez a különböző hőmérsékletű összekevert közegek és az adiabatikus fojtás esetére is. Egyik esetben sem változott az energia mennyisége, de megváltozott a minősége. A fojtásokra jellemző tipikus energetikai minőségcsökkenés a munkavégzés nélküli nyomáscsökkenés, melyre a hétköznapi életből vett jelenség a sűrlődés.

66?

A hőátadás során a hőcserélő felület növelésével csökkenthető a minőségi veszteség, mert a nagyobb hőátadó felületen javul a hőcsere hatásossága és a hőátadás során magasabb minőségű energiához juthatunk.

A mennyiségi veszteségek a túlméretezés, a fölöslegesen üzemelő gépek és berendezések (például le nem kapcsolt villanykapcsolók), a rosszul megépített és beszabályozott rendszerek, a hiányos vagy rossz állapotú szigetelés miatt az energia környezetbe távozásával vannak szoros kapcsolatban.

Közvetlen veszteségnek a hőforrásban, elosztóhálózaton, szerelvényeken a környezetbe távozó hőt, a szivattyúzáshoz felhasznált villamosenergia-többletet nevezik. Ez a veszteség a mennyiségi veszteséggel egyezik meg. Közvetett veszteség a túlméretezés, az adott feladat ellátására nem megfelelő rendszerelem (berendezés), alrendszer (kapcsolási mód) kiválasztása miatti fölösleges, vagy helytelen beruházások miatt keletkezett veszteségek.

Az energetikai veszteségfeltárás feladata megállapítani azt, miképpen jobbíthatók a működő rendszerek, miképpen csökkenthető energiafelhasználásuk, illetve üzemeltetési költségük a biztonságos üzemvitel megtartása mellett. Fontos kiemelni azt, hogy minden energetikai rendszer biztonságos üzemeltetéséhez tartozó feltételek, mindennemű gazdasági érdek előtt kell álljanak!

67?

A veszteségfeltárás során azt elemezzük, milyen intézkedéssel, korszerűsítéssel csökkenthetők a veszteségek.

7.2. *Energiamérleg*

Az energetikai tervezés során az energianyereséget, az energiaveszteséget, valamint az energiaforrásokat úgy kell irányítani, hogy a lehető legkedvezőbb eredményt érhessük el. Összefoglalva úgy is mondhatjuk, hogy optimalizálnunk kell a veszteségeket és a nyereségeket, az ésszerűen elérhető legjobb energiahatékonyságot kell tervezzünk, terveinkkel elérnünk. Mit



értünk az alatt, hogy „ésszerűen”? Vegyünk egy példát a mindennapjainkból! Épületeink energetikai felújításának egyik leggyakoribb módszere a homlokzati hőszigetelés kialakítása. Természetesen a „minél vastagabb, annál jobb elv” csak részben érvényesül. Való igaz, hogy minél vastagabb a hőszigetelés az épület homlokzatán, annál jobban csökkenti a homlokzati hőveszteséget, de azért könnyen beláthatjuk, hogy például egy méter vastag hőszigetelés kialakítása, már az „ésszerűség” határát súrolja. Az ideális hőszigetelés vastagságának megtalálása az energetikai tervezés célja.



7-1. kép. Homlokzati hőszigetelés [18]

Az energiamérlegek szerepét – könnyebb megérthetőség végett - épületenergetikai példán keresztül mutatjuk be, mert épületekkel már mindenki találkozott.

Az energiamérleg nem más, mint egy egyenlet. Az egyenlet egyik oldalán az épületre ható nyereségek szerepelnek, melyeket össze kell vessünk az épületre ható veszteségekkel. Az épületre felírandó energiamérlegnél az alábbi nyereségeket kell optimalizálni, melyek értelmezését az alábbi ábra mutatja (7-1. ábra):

- a szoláris nyereséget (napenergia-nyereséget), melyet a tárgyi terek ablakfelületének méretével és tájolásával lehet pozitívan befolyásolni (Q_{SG} - szoláris hőnyereség),
- a belső hőnyereséget, amelyet például a háztartási készülékek és a lakók termelnek (Q_{VG} – villamos fogyasztók hőtermelése, Q_{LG} – világító testek hőtermelése, Q_{OG} – metabolikus hőtermelés),

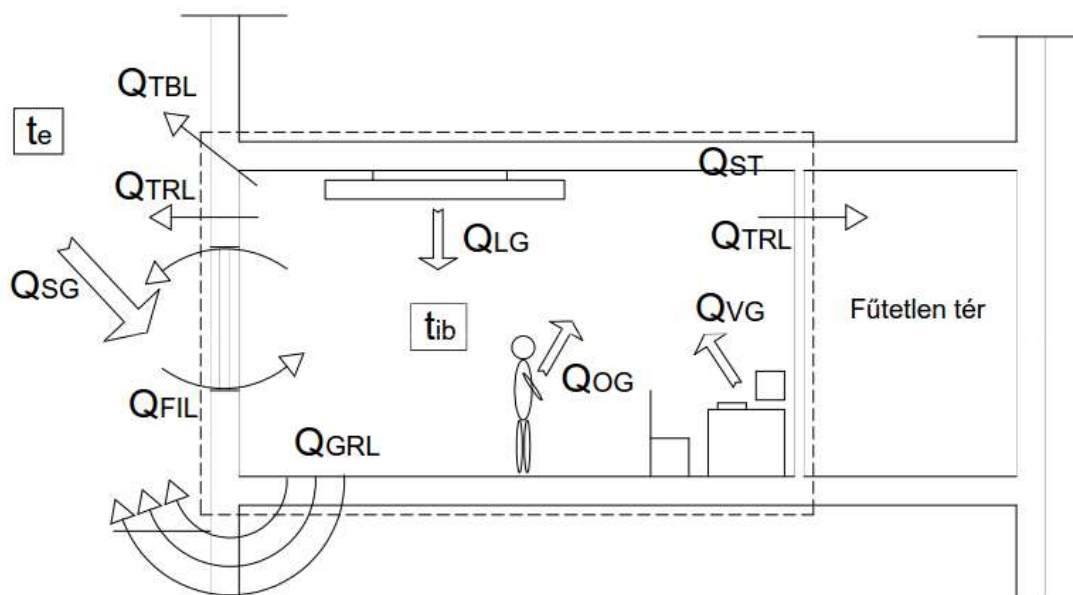


- a tárolt hőt, amelyet például a tömör, hőtárolóként szolgáló szerkezetek tárolnak, költséghatékonyan lehet hasznosítani (Q_{ST} – tömör szerkezet hőátbocsátása).

A veszteségek, amiket figyelembe kell venni és lehetőség szerint minimalizálni:

- a külső szerkezeti elemeken, mint például ablaknál, fal, tető, pincefödém, stb. keletkező hőátbocsátásból eredő hőveszteséget a hővédelem javításával (Q_{TBL} – vonalmenti hőátbocsátási veszteség, Q_{TRL} – felületek transzmissziós hővesztesége, Q_{GRL} – talajra fektetett szerkezetek hőátbocsátási vesztesége),
- a légáteresztő réseknél fellépő veszteséget, a célirányos és a berendezéssel történő szellőztetéssel, hővisszanyerő berendezéssel vagy anélkül (Q_{FIL} – filtrációs veszteség).

A fent felsoroltak alapján (és az ott felhasznált jelölésekkel) felírható az építmények energiamérlege, melyet a (24.)-es egyenletben írunk. (Az egyenletben használt jelölések megegyeznek a 7-1. ábra jelöléseivel. A nevezett ábrán a t_e – jelölés a külső hőmérsékletet, a t_{ib} – pedig a kívánt belső hőmérsékletet jelöli.)



7-1. ábra. Építmények energiamérlege [77]

Az épület energiamérlegének egyenlete:

$$Q_{SG} + (Q_{LG} + Q_{OG} + Q_{VG}) = (Q_{TRL} + Q_{GRL} + Q_{TBL}) + Q_{FIL} \pm Q_{ST} \quad (24.)$$

Az értelmezése könnyen belátható. Amennyiben a térrészt érő nyereségek meghaladják a veszteségek mértékét, akkor az épület melegedni fog, ellenkező esetben – ha a veszteségek



értékei haladják meg a nyereségek értékeit – akkor az épület ki fog hűlni, vagyis fűteni kell az adott épületet, hogy a veszteségeket pótoljuk. Ezzel arra a kérdésre is választ kaptunk, hogy miért kell az épületeinket fűtsük? A válasz a fent leírtak alapján egyszerű: A veszteségek pótlása végett szükséges az épületeink fűtése.

7.3. Az energetika és a fenntartható fejlődés

Korábban számos szakirodalomban lehetett olvasni, hogy az „energetika a hő- és villamosenergia előállításának a tudománya”. Napjainkra az energetika tudományága kiszélesedett, kibővült. Energetikáról a fenntartható fejlődés szemlélete nélkül nem lehet beszélni, ezért feltétlenül szükséges, hogy a fenntartható fejlődés fogalmát tisztázzuk.

Az ENSZ-közgyűlés 1983 decemberében hozott döntése nyomán alakult meg 1984-ben a Környezet és Fejlesztés Világbizottság. Feladatául tűzte ki, hogy hosszú távú stratégiát dolgozzon ki annak érdekében, hogy a környezetkímélő fejlődést biztosítsa a világ minden szegletében. Célja volt a bizottságnak, hogy a környezet megóvása érdekében együttműködést dolgozzon ki a fejlődő országok és a különböző gazdasági fejlettségű és társadalmi berendezkedésű országok között, olyan közös és kölcsönösen előnyös megoldások érdekében, amelyek figyelembe veszik az emberek, erőforrások, a környezet és fejlődés kölcsönhatásait. A bizottság további feladata volt, hogy fel kellett mérni azokat a módszereket és eszközöket, amelyek a nemzetközi együttműködést hatékonyabbá teszik a környezet megóvása érdekében. Fontos volt továbbá, hogy a környezetvédelmi problémákat megfogalmazzák, azok megoldására hosszú távú cselekvési programot, illetve programokat dolgozzanak ki.

A bizottság 1987-ben a *Közös jövőnk* címmel kiadta jelentését, amelyben rögzítették azokat az elveket és követelményeket, amelyek megtartása esetén a Föld megmenthető a jövő generációi számára. (A bizottság vezetője Gro Harlem Brundtland Norvégia akkori miniszterelnök asszonya volt. E miatt a jelentést *Brundtland-jelentésnek* is hívják.)

Az idők során megfogalmazódott a *fenntartható fejlődés* definíciója is, mely értelmében a fenntartható fejlődés, olyan fejlődés, amely biztosítani tudja a jelen szükségleteinek kielégítését anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő generációk lehetőségeit saját szükségleteinek kielégítésére. A fenntarthatóság gazdasági, ökológiai, és társadalmi fejlődést jelent, vagyis belátható, hogy igen összetett, komplex folyamatról beszélünk.

A fenntartható fejlődés definíciójának két kulcsfontosságú eleme van.

1. A szükségletek: amelyeknek feltétlen elsődlegességet kell biztosítani.

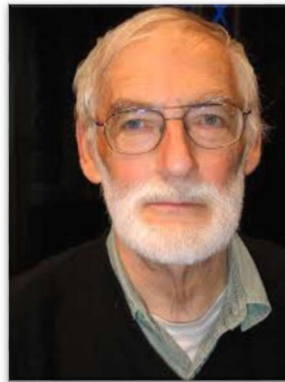


2. A korlátozások: a környezet képes legyen mind a jelen, mind a jövő igényeinek kielégítésére. Ezt a technológiai fejlettség és a társadalom szervezete hívja életre.

A bizottság úgy fogalmazott, hogy a fenntartható fejlődés a természet, társadalom, gazdaság komplex rendszerének nem megmerevedett állapota, „*hanem sokkal inkább a változás olyan folyamata, amelyben az erőforrások kiaknázása, a beruházások szétosztása, a technológiai fejlődés irányítása és a szervezési változások megfelelnek a jövő, ugyanakkor a jelen igényeinek is*” [71].

A fenntartható fejlődésnek, mint a „közös jövőnk” alapvének megvalósítási stratégiájaként a bizottság jelentésében következtetésként a következők olvashatóak: a legszélesebb értelemben a fenntartható fejlődés stratégiája azt célozza meg, hogy az emberi lények közötti harmónia, valamint az emberiség és a természet közötti harmónia megvalósuljon.

Donella és Dennis Meadows fenntarthatónak azt a társadalmat nevezi, „*amely képes nemzedékeken át fennmaradni, amely elég előrelátó, elég rugalmas és elég bölcs ahhoz, hogy ne ássa alá saját fizikai vagy társadalmi éltető rendszerét. [...] Rendszerszemléleti szemlélettel úgy is fogalmazhatunk, hogy fenntartható az a társadalom, amelynek vannak olyan információs, szociális és intézményi mechanizmusai, melyek folyamatosan ellenőrzik azokat a pozitív visszacsatolási hurkokat, amelyek a népesség és a tőke exponenciális növekedését okozzák*” [72].



7-2. kép. Donella és Dennis Meadows, illetve Herman Daly [17] [38] [54]

Az anyagi és energetikai fenntarthatóság eléréséhez a gazdaság anyagátalakító teljesítményének Herman Daly szerint a következő három feltételt kell teljesítenünk:

1. a megújuló erőforrások felhasználási üteme nem haladhatja meg azok regenerálódási ütemét,



2. a nem megújuló erőforrások felhasználási üteme nem haladhatja meg a fenntartható megújuló helyettesítők megújulási ütemét,
3. a szennyezőanyag kibocsátásának üteme nem haladhatja meg a környezet asszimilatív¹² kapacitását.

A fent megfogalmazott Daly-féle hármas feltételen túl H. Opschoor kitér az időtényezőre is, amely a „negyedik” feltételként értelmezhető. Az időfaktor alapján:

4. az emberi beavatkozás időtényezőjének egyensúlyban kell lennie a természeti folyamatok időtényezőjével: a hulladékok lebomlásával vagy a megújuló nyersanyagok és ökoszisztémák regenerációs ütemével.

Fontos kiemelni, hogy az időtényező bevezetésével megjelenik napjaink egyik legkritikusabb sarokpontja: az ökoszisztéma semlegesítő-nyelő kapacitása napjainkban különösen korláatosnak mutatkozik [13].

Összességében megállapítható, hogy a fenntartható fejlődés alapvetően a jövő nemzedékek szükséglet kielégítési jogának, a mai generáció jogával azonos kezelése.

8. SZAKMAGYAKORLÁS

Magyarországon az építésügyi és az építésüggyel összefüggő szakmagyakorlási tevékenységeket a 266/2013. (VII.11.) Kormány rendelet rögzíti és szabályozza [60]. Jelen fejezetben összefoglalva mutatjuk be a fontosabb elemeit a fent említett jogszabályban. (Ebben a fejezetben csak a „mindennapi” szakmagyakorlási tevékenységhez kapcsolódó gyakorlati tudnivalókat emeljük ki. A szakmagyakorló mérnök kollégáknak ajánljuk, hogy a „266-os Korm. Rendelet” részletes tanulmányozásával készüljenek fel a mindennapi mérnöki tevékenységük folytatásához.)

A nevezett Korm. Rendelet a településrendezési tervezési, az építészeti-műszaki tervezési, a településrendezési szakértői, az építésügyi műszaki szakértői, az építési műszaki ellenőri, a felelős műszaki vezetői és az energetikai tanúsítói tevékenységre terjed ki. Ezen belül leírja az összeférhetlenségi szabályokat, a tervezési díj mértékére vonatkozóan ajánlásokat fogalmaz

¹² asszimiláció: beolvadás, egybeolvadás. Itt: a környezet feldolgozó képességét jelenti.



meg, tehát a szakmagyakorlási tevékenységhez tartozó összes jogszabályi rendelkezésére információt ad a kollégáknak.

A *szakmagyakorlás* folytatásához Mérnöki Kamarai *jogosultság* szükséges. Ahhoz, hogy valaki a tevékenységéhez szükséges jogosultsággal rendelkezzen, megfelelő végzettség és megfelelő szakmai gyakorlat szükséges. A különböző – energetikai szakterületet érintő szakmagyakorlási tevékenységekhez szükséges végzettségeket és a minimálisan szükséges szakmai időt az alábbi táblázatokban foglaltuk össze (8-2. táblázat, 8-2. táblázat, 8-3. táblázat, 8-4. táblázat, 8-5. táblázat, 8-6. táblázat [60]). Felhívva arra a figyelmet, hogy a naprakész információk érdekében a kollégák tájékozódjanak a vonatkozó jogszabály hatályos állapotáról (1. melléklet a 266/2013. (VII. 11.) Korm. rendelethez [60])!

Amennyiben a jogosultságot igénylő kolléga rendelkezik az előírt szakmai végzettséggel, és (!) gyakorlati idővel, akkor abban az esetben a lakóhelye szerinti területi – megyei – kamarához benyújthatja az igényét a kívánt jogosultsághoz.

A szakmai gyakorlatot igazoltatni szükséges, olyan mérnök kolléga, vagy kollégák által, aki(k) az adott szakmagyakorlási jogosultsággal rendelkeznek. Előfordulhat olyan eset, hogy az adott szakterületen tevékenykedő kolléga az oklevele szerint, nem a jogszabályban előírt végzettséggel rendelkezik. Ebben az esetben is lehetőség van az adott jogosultság megszerzésére. Ennek a lehetőségét biztosítja a kreditelismertetési eljárás. Az MMK Energetikai Tagozata működtet egy ún. oklevél szakirányúságát és a szakirányú szakképzettség egyenértékűségét megállapító szakértői testületet. E testület feladata, hogy megállapítsa azt, hogy ha valaki egy adott szakterületen megfelelő tanulmányokat folytatott, elegendő számú kreditet teljesített felsőfokú tanulmányai során, akkor az adott jogosultságot megkaphassa. Erre kiváló példa, hogy ha valaki szakirányú továbbképzésen – posztgraduális képzésen, szakmérnöki képzésen – tovább képezte magát és ott a jogosultság szempontjából beszámítható tantárgyakat hallgatott és az ott előírt követelményeket teljesítette, akkor a tantárgy kredit értéke a jogosultság elbírálása során beszámítható. Erre is ad iránymutatást a „266-os kormányrendelet”.

A kreditelismertetési eljárást gyakorlati példán keresztül mutatjuk be a legjobban. Ha a példa kedvéért valaki EN-ME tervezői jogosultságot szeretne szerezni, akkor ehhez a Korm. Rendelet előírása szerint, (okl.) gépészmérnöknek, (okl.) villamosmérnöknek, vagy (okl.) energetikai mérnöknek kellene lennie. Az adott illető okl. bányamérnöki végzettséggel szeretne megújuló – például geotermikus szakterületen – tervezési jogosultságot szerezni. Ezt az oklevelében szereplő végzettsége szerint nem kaphatja meg. A példa okáért tegyük fel, hogy a kolléga



szerezett még egy geotermális szakmérnök végzettséget is. Ez esetben lehetősége van a kreditelismertetési eljárás keretében az alapidplomája és a szakmérnöki diplomája során hallgatott tantárgyak kreditelismertetésére és a jogosultság megszerzése, ha az adott ismeretekből (természettudományos alapismeretek, szakmai törzsanyag, gazdasági és humán ismeretek stb.) elegendő kreditet teljesített. Jelen példánál maradva – ha a kolléga elegendő szakmai gyakorlattal is rendelkezik – feltételezhetően megkaphatja a kívánt jogosultságot.

A jogosultságokat a kollégák 5 évre kapják meg. Az 5 év alatt minden évben a kollégáknak kötelező kamarai szakmai továbbképzésen kell részt venniük. Ezeket a továbbképzéseket minden esetben a területi kamarák szervezik.

Főszabályként azt kell megjegyezzük, hogy minimálisan egy továbbképzés teljesítése szükséges évente. Abban az esetben, ha egy kollégának több szakterületen van valamilyen jogosultsága – az említett bányamérnök kollégánál maradva, a kolléga EN-ME (energetikai szakterület) mellett van ME-B (szilárdásvány-bányászati szakterület) műszaki ellenőri jogosultsága is, akkor mind a két szakterülethez tartozó jogosultságához az öt év alatt minimálisan egy továbbképzést teljesítenie kell. Vagyis, minden évben kell részt vegyen éves kötelező szakmai továbbképzésen, de az öt év alatt tetszőlegesen feloszthatja magának, hogy melyik szakterületen hány továbbképzésen vesz részt. Tehát lehetséges, hogy öt év alatt, 3-szor energetikai továbbképzést hallgat meg a kolléga, és 2-szer szilárdásvány-bányászati továbbképzést teljesít. A fő szabály, hogy minden évben kell továbbképzést teljesítenie, és az öt év alatt minden szakterületi jogosultságához legalább egy továbbképzést meg kell hallgatnia.

Ha valaki új jogosultságot szerez, akkor a jogosultság megállapítását követően egy éven belül jogosultsági és beszámoló vizsgát kell tennie – a jelen felkészülési segédlet segítségével.

Az öt éves jogosultsági periódus alatt, egyszer jogi továbbképzést és vizsgát kell tenniük a szakmagyakorló mérnököknek, melyet nem a területi kamarák, hanem a Magyar Mérnöki Kamara szervez és bonyolít le.

Nukleáris szakterületen, az atomenergia alkalmazása körében eljáró független műszaki szakértői kérelmek engedélyezési eljárásában közreműködő Minősítő Bizottság az Országos Atomenergia Hivatallal (OAH) közösen működik, segítve ezzel a jogosultság elbírálásának felelős tevékenységét.



8-1. táblázat. A **településtervezési** szakmagyakorlási jogosultságokhoz szükséges képesítési követelmények, szakmai gyakorlati idők, továbbá feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni [60]

Szakmagya- korlási terület megne- vezése	Szakterület/ rész- szakte- rület jelölése	Szakte- rület/ rész- szakte- rület jelölése	Feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni	Képesítési minimum követelmény és az ezzel egyenértékű szakképzettség	Szak- mai gyak- . idő
Települést ervezési szakági tervezési terület	Településtervezési energia-közmű szakterület	TE	Energiagazdálkodás, energiaellátás és megújuló energiaforrás alkalmazás vizsgálata, helyzetelemzés, értékelés, energiaellátási és a tervezési feladat elvégzéséhez szükséges szakági munkarész és javaslat készítése.	okleveles energetikai mérnök, okleveles gépészmérnök, okleveles villamosmérnök	5 év



8-2. táblázat. Az **építészeti-műszaki tervezés** szakmagyakorlási jogosultságokhoz szükséges képzési követelmények, szakmai gyakorlati idők, továbbá feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni [60]

Szakmagyakorlási terület megnevezése	Szakterület/ részszakterület megnevezése	Szakterület/ részszakterület jelölése	Feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni	Képzési minimum követelmény és az ezzel egyenértékű szakképzettség	Szakmai gyakorlati idő
Sajátos műszaki tervezési terület	Energiaellátási építmények tervezési szakterület hőenergetikai építmények tervezési részszakterület	EN-HŐ	Hőenergetikai előállító-átalakító és -tároló rendszerek építményeinek és berendezéseinek tervezése, energiaátviteli, elosztó és szolgáltató rendszerek építményeinek tervezése	okleveles szakirányú gépészmérnök, okleveles villamosmérnök, okleveles energetikai mérnök gépészmérnök, villamosmérnök, energetikai mérnök okleveles szerkesztő-építészmérnök (tartószerkezeti kredit-teljesítéssel)	3 év,
	Energiaellátási építmények tervezési villamosenergetikai építmények tervezési részszakterület	EN-VI	Villamosenergetikai előállító-átalakító és -tároló rendszerek építményeinek és berendezéseinek, energiaátviteli, elosztó és szolgáltató rendszerek építményeinek tervezése.		5 év,
	Energiaellátási építmények tervezési szakterület megújuló energia építmények tervezési részszakterület	EN-ME	Megújuló energia építmények tervezése: geotermikus, napkollektoros, fotovillamos, biomasza és biogáz, széltermőművek, vízerőművek energetikai előállító-átalakító és -tároló rendszerek építményeinek és berendezéseinek tervezése, energiaátviteli, elosztó és szolgáltató rendszerek építményeinek tervezése.		7 év
	Energiaellátási építmények tervezési szakterület atomenergia építmények tervezési részszakterület	EN-A	Atomenergia alkalmazására szolgáló építmények tervezése.		



8-3. táblázat. A **településrendezési szakértés** szakmagyakorlási jogosultságokhoz szükséges képesítési követelmények, szakmai gyakorlati idők, továbbá feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni [60]

Szakmagya- korlási tevékenység megnevezése	Szakterület/ rész- szakte- rület jelölése	Feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni	Képesítési minimum követelmény és az ezzel egyenértékű szakképzettség
Településr endezési szakági szakértői tevékenység	SZE	A szakterületnek megfelelően a településrendezési körbe tartozó tevékenységek szakmai véleményezése, jogi megfelelésség vizsgálata. Tervezetek, jóváhagyott tervek hiányosságainak, ellentmondásainak feltárása. A szakterülettel kapcsolatos tanácsadás.	okleveles energetikai mérnök, okleveles gépészmérnök, okleveles villamosmérnök



8-4. táblázat. Az **építésügyi műszaki szakértés** szakmagyakorlási jogosultságokhoz szükséges képzési követelmények, szakmai gyakorlati idők, továbbá feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni [60]

Szakterület/ részszakterület megnevezése	Szakterület/ részszakterület jelölése	Feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni	Képzési minimum követelmény és az ezzel egyenértékű szakképzettség
Sajátos építményfajtákkal összefüggő építésügyi műszaki szakértői szakterület energetikai építmények szakértői részszakterület	SZÉM6	Energia előállító-átalakító és -tároló rendszerek építményeinek berendezéseinek, energiaátviteli, elosztó és szolgáltató rendszerek építményeinek, az energiafogyasztó rendszerek, építmények és berendezések szakértése.	okleveles gépészmérnök
Szakági építésügyi műszaki szakértői szakterület építményvillamosági szakértői részszakterület.	SZÉS 7 (régebben SZÉS 5)	Építmények és szabad terek közép- és kifestültségű rendszereinek (kül- és beltéri világítás, villámvédelem, folyamattirányítás, építményautomatika, távközlési és informatikai hálózat, villamos energiaellátó rendszerek a fogyasztói oldaltól a közcélú csatlakozási pontig) szakértése.	okleveles villamosmérnök



8-5. táblázat. Az **építési műszaki ellenőrzés** szakmagyakorlási jogosultságokhoz szükséges képesítési követelmények, szakmai gyakorlati idők, továbbá feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni [60]

Szakterület/ részszakterület megnevezése	Szakterület/ részszakterület jelölése	Feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni	Képesítési minimum követelmény és az ezzel egyenértékű szakképzettség	Szakmai gyakorlati idő
Energiaellátási építmények szakterület	ME-EN	Energetikai, szénhidrogén-ipari építmények építésének műszaki ellenőrzése korlátozás nélkül.	okleveles gépészmérnök, okleveles energiamérnök, gépészmérnök	3 év, 4 év
Energiaellátási építmények szakterület vegyipari építményeinek építése részszakterület	ME-EN-VE	Vegyipari építmények építésének műszaki ellenőrzése.	okleveles vegyészmérnök, vegyészmérnök	3 év, 4 év
Energiaellátási építmények szakterület távhő termelésre és szállításra szolgáló sajátos műszaki építmények építése részszakterület	ME-EN-TH	Föld feletti és föld alatti távhővezetékek, azok tartozékai és védőberendezési építésének műszaki ellenőrzése korlátozás nélkül.	okleveles gépészmérnök, okleveles energetikai mérnök, gépészmérnök, energetikai mérnök	3 év, 4 év
Energiaellátási építmények szakterület villamosenergetikai részszakterület	ME-EN-VI	Föld feletti és föld alatti vezetékek, átalakító- és kapcsolóberendezések (nagy-, középvezettség, kifesztültségű hálózatoknál) építésének műszaki ellenőrzése korlátozás nélkül.	okleveles villamosmérnök, villamosmérnök	3 év, 4 év
Energiaellátási építmények szakterület atomenergia építmények részszakterület	ME-EN-A	Atomenergia építmények építésének építési műszaki ellenőrzése	okleveles építőmérnök	5 év



8-6. táblázat. A **felelős műszaki vezetés** szakmagyakorlási jogosultságokhoz szükséges képzési követelmények, szakmai gyakorlati idők, továbbá feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni [60]

Szakterület/ részszakterület megnevezése	Szakterület/ részszakterület jelölése	Feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni	Képzési minimum követelmény és az ezzel egyenértékű szakképzettség	Szakmai gyakorlati idő
Energiaellátási építmények szakterület	MV-EN	Energetikai, vegyipari, szénhidrogén-ipari berendezések építményei építésének felelős műszaki vezetése korlátozás nélkül.	okleveles gépészmérnök, okleveles energetikai mérnök, okleveles vegyészmérnök, gépészmérnök, energetikai mérnök, vegyészmérnök	3 év, 4 év
Energiaellátási építmények szakterülete	MV-EN-R	Energetikai, vegyipari, szénhidrogén-ipari berendezések építményei építésének felelős műszaki vezetése 50 bar nyomásig és nyomás alatti vezeték és berendezések 600 mm belső átmérőig.	vegyész technikus, gépészttechnikus vagy szakképző iskola	5 év
Energiaellátási építmények szakterület atomenergia építmények részszakterület	MV-EN-A	Atomenergia építmények építésének felelős műszaki vezetése.	okleveles építőmérnök	5 év
Távhővezetékek és berendezések építése szakterület	MV-TH	Föld feletti és föld alatti távhővezeték, azok tartozékai és védőberendezései építésének felelős műszaki vezetése.	okleveles gépészmérnök, okleveles energetikai mérnök, gépészmérnök, energetikai mérnök	3 év, 4 év



Folytatás az előző oldalról.

Szakterület/ részszakterület megnevezése	Szakterület/ részszakterület jelölése	Feladatok, amelyeket az adott szakterületi jogosultsággal lehet végezni	Képesítési minimum követelmény és az ezzel egyenértékű szakképzettség	Szakmai idő
Távhővezetékek és berendezések építése szakterület részszakterülete	MV-TH-R	Föld feletti távhővezetékek, azok tartozékai és védőberendezéseinek építésének felelős műszaki vezetése.	gépész felsőfokú technikus	5 év
Villamosság szakterület	MV-VI	Erősáramú föld feletti és föld alatti vezetékek, átalakító- és kapcsolóberendezések építésének felelős műszaki vezetése korlátozás nélkül.	okleveles villamosmérnök, villamosmérnök	3 év, 4 év
Villamosság szakterület részszakterülete	MV-VI-R	Erősáramú föld feletti és föld alatti vezetékek, átalakító- és kapcsolóberendezések építésének felelős műszaki vezetése kisméretű hálózatoknál.	villamosipari technikus	5 év



9. FELHASZNÁLT FORRÁSOK

Könyvek, jegyzetek, publikációk

- [1] BÖRCSÖK D. (1993): Az Elektromos Művel 100 éve. Magyar Energetika, 1993/5
- [2] BUDÓ, ÁGOSTON, PÓCZA JENŐ (Hőtan) (1986): *Kísérleti fizika I.*, Tankönyvkiadó, Budapest ISBN 963 17 8772 9
- [3] BUZÁS NORBERT (2001): *A környezetgazdaságtan alapjai*, Jatepress, Szeged
- [4] BÜKI GERGELY (1997): *Energetika*, Műegyetem kiadó, Budapest ISBN 963 420 533 X
- [5] EDER W, MOSER F. (1982): *Die Wärmepumpe in der Verfahrenstechnik*, Springer Verlag
- [6] HEINRICH G. ET AL. (1979): *A hőszivattyú és alkalmazásai*, Műszaki Könyvkiadó Budapest
- [7] LÁNG ISTVÁN (1985): *A biomassza komplex hasznosításának lehetőségei*, Mezőgazdasági kiadó, Budapest ISBN 963 232 2150
- [8] LAROUSSE (1992): *A természet enciklopédiája*, Glória kiadó, Budapest ISBN 963 7495 32 0
- [9] MOLNÁR SZABOLCS (2020), *A hulladékégetés szerepe az emisszió mentes városokban*, Energiagazdálkodás, 61. évf. 2020. 1-2. szám
- [10] MOLNÁR SZABOLCS, NAGY JÁNOS (2020): *Nukleáris Technológiák Környezetvédelme*, Hermann Ottó Intézet, Budapest, ISBN 978-963-309-117-3
- [11] OLESSÁK – SZABÓ (1984): *Energia hulladékból*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest ISBN 963 10 5526 4
- [12] STACHEL K. ET AL. (1993): *Thermodynamic heating with various types of cogeneration plants and heat pumps*. ASME Cogen Turbo power
- [13] SZLÁVIK JÁNOS (2012): *Környezetgazdaságtan*, Typotex kiadó, Budapest ISBN 978 963 279 698 7
- [14] T. H. MARGULOVA (1977), *Atomerőművek*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- [15] VAJDA GYÖRGY (1981): *Energetika I.*, Akadémiai kiadó, Budapest ISBN 963 05 2371 X



Internetes források

- [16]<http://atomenergiainfo.hu/tudastar/az-atomenergia-bolcsoje-a-chicagoi-atommaglya>,
letöltés dátuma: 2018.05.10.
- [17]<http://donellameadows.org/donella-meadows-legacy/donella-dana-meadows/>,
letöltés dátuma: 2018.04.20.
- [18][http://down.archicentrum.hu/3/prospektusok/pdf/passzivhaz6old.pdf?f_\[cegid\]=3](http://down.archicentrum.hu/3/prospektusok/pdf/passzivhaz6old.pdf?f_[cegid]=3),
letöltés dátuma: 2018.07.24.
- [19]<http://energiaoldal.hu/tag/gozturbina/>, *letöltés dátuma: 2018.05.19.*
- [20]http://geosci.elte.hu/pdf/Kontsek_Tamas_BANYASZATI_ALAPISMERETEK_jegyzet_2011.pdf, *letöltés dátuma: 2020.12.25.*
- [21]http://hvg.hu/tudomany/20090311_hidro_energia_aram_hullam_tenger_eromu,
letöltés dátuma: 2018.08.28.
- [22]http://kornyezetbarat.hulladekboltermek.hu/cikk/0827/323907/20080701_uveg_hullad_1.htm, *letöltés dátuma: 2018.06.01.*
- [23]<http://oroscafe.hu/2016/01/10/megszunt-az-uvegyartas-meglepo-es-felhaboritonyilatkozat/>, *letöltés dátuma: 2018.07.01.*
- [24]<http://termtud.akg.hu/okt/8/1/2eatal.htm>, *letöltés dátuma: 2018.09.01.*
- [25]<http://tudaskapu.hu/muzeum/rocks/143>, *letöltés dátuma: 2018.06.30.*
- [26]<http://varazslatosbolygo.blogspot.de/2013/03/322-levego-felmelegedese.html>,
letöltés dátuma: 2018.05.15.
- [27]<http://www.alon.hu/szeleromu-park-epul-ikervaron-18-darab-turbinat-epitenek-falu-hataraban>, *letöltés dátuma: 2018.03.29.*
- [28]<http://www.atomeromu.hu/hu/rolunk/technika/HogyMukodik/Lapok/default.aspx>,
letöltés dátuma: 2018.05.08.
- [29]<http://www.beltanoda.hu/segedanyagok/foldrajz/b3csop/Fosszilis%20energiahordozok2.pdf>, *letöltés dátuma: 2018.06.28*
- [30]<http://www.chempoint.cz/neenergeticke-aplikace-lignitu>, *letöltés dátuma: 2018.06.10.*
- [31]<http://www.erbe.hu/szolgaltatasok-termekek/energiatermeles-es-atvitel/atviteli-halozatok-2/>, *letöltés dátuma: 2020.12.16.*
- [32]<http://www.gter.hu/bemutakozas/tevekenyseg/gazturbinas-eromuvek/>, *letöltés dátuma: 2020.12.23.*



- [33]http://www.kertplusz.com/hu/product/natur_tozeg/, *letöltés dátuma: 2018.03.29.*
- [34]http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0025_kor_3/ch02s02.htm
1, *letöltés dátuma: 2018.11.03.*
- [35]http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038_foldrajz_KajatiFoci/ch01s23.html, *letöltés dátuma: 2018.04.12.*
- [36]http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Lancreak_.htm, *letöltés dátuma: 2018.07.05.*
- [37]<http://www.wikiwand.com/hu/Bentosz>, *letöltés dátuma: 2018.07.08.*
- [38]https://en.wikipedia.org/wiki/dennis_meadows, *letöltés dátuma: 2018.07.09.*
- [39]<https://hu.wikipedia.org/wiki/Antracit>, *letöltés dátuma: 2018.06.30.*
- [40]<https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Ur%C3%A1n%C3%A9rc.jpg>, *letöltés dátuma: 2018.06.30.*
- [41]<https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%B6ldg%C3%A1z>, *letöltés dátuma: 2018.05.12.*
- [42]https://hu.wikipedia.org/wiki/Heller%E2%80%93Forg%C3%B3-f%C3%A9le_h%C5%B1t%C5%91berendez%C3%A9s#/media/File:Tourcondensati%20on.JPG, *letöltés dátuma: 2018.06.27.*
- [43]https://hu.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6nyveti_er%C5%91forr%C3%A1s,
letöltés dátuma: 2018.08.29.
- [44]<https://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9nb%C3%A1ny%C3%A1rszat>, *letöltés dátuma: 2018.06.30.*
- [45]https://hu.wikipedia.org/wiki/wigner_jen%20, *letöltés dátuma: 2018.05.04.*
- [46]https://kep.index.hu/1/0/2959/29593/295931/29593179_a3713e3107891a1f06e132a8273a995e_x.jpg, *letöltés dátuma: 2020.12.20.*
- [47]<https://moly.hu/enciklopedia/szilard-leo>, *letöltés dátuma: 2018.06.24.*
- [48]https://mult-kor.hu/20121130_amikor_az_atomkorszak_elkezdodott?pIdx=3,
letöltés dátuma: 2018.08.06.
- [49]https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Energetika/ch01.html,
letöltés dátuma: 2020.12.25.
- [50]https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFFTT600120/sco_15_02.htm, *letöltés dátuma: 2020.12.25.*
- [51]<https://slideplayer.hu/slide/2112960/>, *letöltés dátuma: 2020.12.18*
- [52]<https://slideplayer.hu/slide/2201363/>, *letöltés dátuma: 2018.11.04.*
- [53]<https://slideplayer.hu/slide/2223910/>, *letöltés dátuma: 2020.12.18.*



- [54] <https://www.humansandnature.org/herman-daly>, *letöltés dátuma: 2018.05.04.*
- [55] <https://www.pressherald.com/2015/09/27/whats-that-a-wood-pellet-boiler/>, *letöltés dátuma: 2018.06.23.*
- [56] <https://www.thoughtco.com/definition-of-joule-604543>, *letöltés dátuma: 2018.05.10.*

Egyéb közlések

- [57] 1993. ÉVI XLVIII. TÖRVÉNY A BÁNYÁSZATRÓL
- [58] 2007. ÉVI LXXXVI. TÖRVÉNY A VILLAMOS ENERGIÁRÓL
- [59] 2008. ÉVI XL. TÖRVÉNY A FÖLDGÁZELLÁTÁSRÓL
- [60] 266/2013. (VII. 11.) KORM. RENDELET, az építésügyi és az építésüggyel összefüggő szakmagyakorlási tevékenységekről
- [61] A MAGYAR BÁNYÁSZATI TERMELÉS TÖRTÉNETE: *A magyar bányászati termelés története.* www.kbm.hu. Központi Bányászati Múzeum.
- [62] A MAGYAR FÖLDGÁZRENDSZER 2017. ÉVI ADATAI (MEKH kiadvány)
- [63] A MAGYAR VILLAMOSENERGIA-RENDSZER ADATAI (VER) 2017. ÉVI ADATAI (MEKH KIADVÁNY)
- [64] ANALYSIS OF THE FUNDAMENTÁL CONCEPTS OF RESOURCE MANAGEMENT, GESELLSCHAFT FÜR UMFASSENDE ANALYSEN GMBH, VIENNA, EUROPEAN COMMISSION, DIRECTORATE-GENERAL ENVIRONMENT, DIRECTORATE B – INTEGRATION POLICY AND INSTRUMENTS, ENV.B.2 – ECONOMIC ANALYSES AND EMPLOYMENT, AUGUST 2000
- [65] ÁSVÁNYVAGYON-HASZNOSÍTÁSI ÉS KÉSZLETGAZDÁLKODÁSI CSELEKVÉSI TERV, NFM, 2013
- [66] DR. BÜKI GERGELY (1996), *A települések energiaellátása. A településfejlesztés elmélete és gyakorlata*, CEBA Kiadó
- [67] DR. GÁCS IVÁN NYOMÁN
- [68] DR. LADÁNYI JÓZSEF (2020), *Villamos energetika – előadás*, BMEVIVEAB01
- [69] FALUDI ANDOR, SZABÓ LÁSZLÓ (2012), *Villamosenergia-rendszer üzeme és irányításai*, BMEVIVEM265
- [70] GYÖRKE ISTVÁN KÁROLY (2010), *Befutósori szelepek hozam szabályozása*, diplomamunka, Debrecen
- [71] KÖZÖS JÖVŐNK 32. JELENTÉS



- [72] MEADOWS ET AL, (2005)
- [73] MOLNÁR SZABOLCS (2013): *Instacioner hővezetési folyamatok épületszerkezetekben*, szakdolgozat, BME, Építészmérnöki kar, Budapest
- [74] NAGY SÁNDOR (2012): *Hulladékból dugattyús présrel történő kompaktálásának vizsgálata*, doktori (PhD) értekezés, Miskolc
- [75] PROF. DR. CSÖKE BARNABÁS *előadásain készített jegyzetek (A hulladékgyűjtés műszaki és informatikai eszközrendszere, 2017. tavaszi félév - PTE)*
- [76] SOMFAI, 1981
- [77] SZIKRA CSABA (2010): *Szoláris épületek, előadás jegyzet*, BME, Építészmérnöki kar, Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék, Budapest

10. FOGALOMTÁR

Aerob folyamat: Oxidáló közeg (levegő, oxigén) jelenlétében lezajló folyamat.

Aktív zóna: Az atomreaktor azon szakasza, ahol a láncreakció zajlik.

Aktivitás: Egy adott radioaktív anyag aktivitásán az időegység alatt bekövetkező bomlások számát értjük. Mérték egysége: Bq.

ALARA-elv: As Low As Reasonably Achievable. Az ésszerűen elérhető legalacsonyabb személyi sugárterhelés angol mozaikszava.

Anaerob folyamat: A levegőtől elzárt degradációs (leépülési) folyamat.

Aromás szénhidrogén: Olyan gyűrűs telítetlen szénhidrogének, amelyek molekulájukban egy vagy több benzolgyűrű, vagy ahhoz hasonló gyűrűrendszer található.

Atomreaktor: Maghasadás elvén működő, nukleáris hőtermelő berendezés.

Átviteli hálózat: Az átviteli rendszerirányítói felügyelet alá tartozó nagyfeszültségű hálózat és hálózati elemek összessége.

BAT-elv: Best Available Technology. Az elérhető legjobb technológia angol mozaikszava.

Biogáz: A szerves anyagok oxigéntől elzárt környezetben végbemenő erjedése során keletkező gáz halmazállapotú energiahordozó.



Biokémiai szénülés: A szénképződés kezdeti szakasza, amiben mikroorganizmusok végzik a lebontást.

Brundtland-jelentés: Norvégia akkori miniszterelnökjéről elnevezett jelentés („Közös jövőnk” jelentés), melyet az ENSZ Környezet és Fejlődés Világbizottsága adott ki 1987-ben.

Bruttó (hazai) termelt energia: A hazai erőműpark által termelt, erőművi gépkapcsokon mért villamos energia.

69?

Bruttó (hazai) villamosenergia-felhasználás: Teljes hazai villamosenergia-felhasználás, beleértve az erőművi önfogyasztások és hálózati veszteségek mennyiségét és az import-export szaldót.

Bruttó csúcsterhelés: A vizsgálati időszak azon negyedórájának tényleges mért átlagteljesítménye, amelyben a bruttó rendszerterhelés értéke maximális volt.

Bruttó rendszerterhelés: A hazai erőműpark által termelt erőművi gépkapcsokon mért villamos teljesítmény és az import-export szaldó teljesítmény előjelhelyes összege.

Bruttó villamosenergia-fogyasztás: Az országos összes villamosenergia-felhasználásnak a hazai erőművek önfogyasztásával csökkentett mennyisége.

Dúsítás: A természetes uránban található izotóp koncentrációjának növelése.

Égéshő: Az a fajlagos hőmennyiség, amely egy kilogramm tüzelőanyagból összesen felszabadul, ha az égéstermékeket a kiindulási hőmérsékletre hűtjük vissza, vagyis a füstgázzal együtt távozó víz cseppfolyós halmazállapotban van jelen.

Egyetemes szolgáltatás: A jogosult felhasználók földgázellátására vonatkozó, a földgázellátásról szóló 2008. évi XL. törvényben és külön jogszabályban meghatározott szolgáltatások értékesítése.

Együttműködő földgázrendszer: Az összekapcsolt szállítóvezeték, a szállítóvezetékhez közvetlenül kapcsolódó elosztóvezeték, a földgáztároló, valamint a részleges szigetüzem.

Elosztóhálózat: Elosztói kezelésben lévő 120 kV-os, valamint kis- és középfeszültségű hálózatok.

70?

Emisszió: Légszennyező forrásból időegység alatt kijutó szennyezőanyagok mennyisége. A szennyezőanyag környezetbe történő kibocsátását jelenti.

71?

Fenntartható fejlődés: Olyan fejlődés, amely biztosítani tudja a jelen szükségleteinek kielégítését anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő generációk lehetőségeit saját szükségleteinek kielégítésére.

Fluid ágy: Az égőtérben lebegtetett éghető anyagok.



Földgáz: Olyan természetes éghető gáz, amely a földkéregben keletkezett, bányászati tevékenység során kerül a felszínre, valamint bármely, a 2008. évi XL. törvény szerint alkalmazott berendezésben környezetvédelmi és műszaki biztonsági szempontból megfelelő módon, biztonságosan felhasználható, ideértve a földgázellátásról szóló 2008. évi XL. törvény 3. § 26. pont szerinti gázfajtákat is.

Földgázelosztás: A földgáznak elosztóvezetéken történő továbbítása a felhasználóhoz.

Földgáztároló: Az a besajtoló és kitermelő technológiai létesítménnyel ellátott föld alatti természetes földtani szerkezet, mesterségesen kialakított föld alatti üreg vagy a földfelszínen létesített építmény, amely földgáz tárolására alkalmas.

Földtani vagyon: Az ásványi nyersanyag kutatási adatokkal igazolt teljes mennyisége.

Fűtőérték: Az a hőmennyiség, amely egységnyi tüzelőanyagból kinyerhető olyankor, ha a füstgázzal együtt távozó víz, gőz halmazállapotban hagyja el a berendezést.

Geotermális fluidum: Geotermális hőhordozó közeg.

Geotermikus gradiens: A mélységváltozásra eső hőmérsékletváltozás.

Hálózati veszteség: Az energiaátvivő és elosztó rendszerbe betáplált és a fogyasztóknak átadott villamos energia különbsége.

HMKE: Háztartási méretű kiserőmű: olyan, a kiefeszültségű hálózatra csatlakozó kiserőmű, melynek csatlakozási teljesítménye egy csatlakozási ponton nem haladja meg az 50 kVA-t.

Hő: A hőmérsékleteloszlás inhomogenitására létrejövő transzportmennyiség.

Hűtőközeg: A hőtermelő berendezésben (hőforrás) felszabaduló hőmennyiség elvezetését biztosító közeg.

Immisszió: A légszennyező anyagok emissziója és transzmissziója után kialakult minőségi állapot.

Import-export szaldó (teljesítmény és energia): A határmetszékeken importált és az exportált villamos teljesítmény vagy villamos energia előjelhelyes különbsége. (Import +, Export -).

Izotóp: Izotópoknak nevezzük azokat a kémiai elemeket, amelyek atommagjai azonos számú protonból, de eltérő számú neutronból épülnek fel. Egy adott elem izotópjai ugyanazon helyet foglalják el a periódusos rendszerben, ugyanakkor a tömegszámuk eltérő.

Jogosultság (szakmagyakorlási szempontból): A névjegyzéket vezető szerv által engedélyezett és névjegyzékbe vett szakmagyakorlási tevékenység végzésének igazolt lehetősége, vagy a bejelentéshez előírt feltételeknek való megfelelés.

Kiserőmű: Az 50 MW-nál kisebb beépített teljesítőképességű erőmű.

72?

73?



Korrózió: Némely anyagnak, különösen fémnek a felületén a környezet hatására kezdődő, fizikai és vegyi folyamatok formájában végbemenő elváltozása, rongálódása.

Maradó teljesítmény: A maradó teljesítmény a ténylegesen rendelkezésre álló teljesítmény (VER TIT), csökkentve a csúcsterheléssel, valamint a fel irányú rendszerirányítói tartalékkal (primer, szekunder, terciér tartalék).

Munka: Egy adott testre ható erő munkavégzése, a test elmozdulásának és az erő elmozdulásának irányába eső összetevőjének a szorzata.

Munkaközeg: Az a közeg, amelynek munkája révén a hőből mechanikai energia lesz.

Műrevalóság: Egy adott telep gazdaságos bányászhatósága.

Nagyerőmű: Az 50 MW és azt meghaladó beépített teljesítményű erőmű.

Nedves gáz: A kettő-négy szénatomszámú parafinokat is tartalmazó gáz.

Nettó hazai villamos energia (hálózatra kiadott): A bruttó hazai termelt energia erőművi önfogyasztásokkal, átviteli, elosztói, határkeresztezői hálózati veszteségekkel és transzformátor veszteségekkel csökkentett értéke.

Nettó rendszerterhelés: A hazai erőműpark hálózatra kiadott teljesítménye és az import-export szaldó teljesítmény előjelhelyes összege.

Nettó villamosenergia-fogyasztás: Teljes hazai villamosenergia-fogyasztás az erőművi önfogyasztások, transzformátor veszteségek, az átviteli, elosztói és határkeresztezői hálózati veszteségek mennyisége nélkül.

Radioaktív bomlás: Az atommag külső beavatkozás nélküli átalakulásának a jelensége.

Radioaktív sugárzás: A nagy energiájú kibocsátott sugárzás definíciója.

RDF – Refuse Derived Fuel: Másodlagos tüzelőanyag, amit a kevert települési hulladék, illetve a szelektív hulladékgyűjtés maradék hulladékának kiválogatása után nyernek. Erőművekben vagy cementgyárakban hasznosítják.

Rendszerszintű koordinációban résztvevő erőművek: Azok a nagy- és kiserőművek, szabályozási csoportok, amelyek részt vesznek a rendszerszintű szolgáltatások piacán és/vagy közvetlenül az átviteli hálózatra csatlakoznak.

Sújtólég: A levegő és a metán robbanóképes elegye (keveréke) a mélyművelésű bányászatban.

Szabályozható erőművek: Rendszerszintű szabályozásba bevonható erőművek.

Szabályozott erőművek: Azok a nagy- és kiserőművek, szabályozási csoportok, amelyek részt vesznek a rendszerszintű szolgáltatások szekunder, terciér és üzemzavari piacán.



Szakmagyakorló: Szakmagyakorlási tevékenységet folytató, jogosultsággal rendelkező személy.

75?

Száraz gáz: A tiszta metánból álló földgáz.

Települési szilárd hulladék: A települési hulladék a háztartásokból származó szilárd hulladék, illetőleg a háztartási hulladékhoz hasonló jellegű és összetételű (háztartási-, intézményi-, kerti-, közterületi hulladék stb.), azzal együtt kezelhető más hulladék.

Turbó gépcsoport: A turbina és a generátor rendszerének összevont neve.

Villamosmű: Az erőművek, az átviteli hálózat és elosztóhálózat összefoglaló elnevezése.

11. FELKÉSZÜLÉST SEGÍTŐ KÉRDÉSBANK

1. Melyik az energia felszabadítására irányuló leggyakoribb kémiai reakció?
2. Mi a fűtőérték mértékegysége?
3. Mi az égéshő fogalma?
4. Mi az égéshő mértékegysége?
5. A tömegek összeadhatók. Ez alapján milyen mennyiségek közé sorolható a tömeg?
6. Mi a villamos kölcsönhatás intenzív jellemzője?
7. Mit fejez ki a hatásfok?
8. Mi jellemzi a zárt rendszereket?
9. Mely típusú berendezések alakítják át a hőenergiát mechanikai munkává?
10. A települési szilárd hulladék szitán történő szétválasztásánál mi jellemzi a szita felső maradékot energetikai szempontból?
11. Hogyan nevezzük a másod-tüzelőanyagként nem hasznosítható, biológiailag lebomlott hulladékfrakciókat?
12. Soroljon fel környezeti erőforrásokon alapuló ágazatokat!
13. Mely megújuló energiaforrás(ok) képesek a hasznosítás mértékétől függetlenül a megújulásra?
14. Mi jellemzi az üvegcserep olvadási hőmérsékletét, ha másodnyersanyagú üvegcserepet olvasztunk?
15. Mit nevezünk energiahordozónak?
16. Soroljon fel szekunder energiákat!



17. Mit nevezünk hőhordozó közegnek?
18. Mit nevezünk energiaiparnak?
19. Az energiaipar klasszikus csoportosítása szerint melyik három részre tagolható?
20. Milyen alapenergia-források vannak?
21. Hogyan hasznosította energetikailag a nem fogyasztható maradékanyagokat (hulladékokat) a neandervölgyi ősember?
22. Melyik volt az emberiség első technológiai forradalma?
23. Energetikai vonatkozásban mit bizonyít a barlangok falain felfedezett koromréteg?
24. A tüzeléstechnikával kapcsolatosan, levegőtisztaságvédelmi jogszabályok már a római jogban is megjelentek. Ismertessen egy szabályozási követelményt!
25. Mi a különbség a környezetterhelés és a környezetszennyezés definíciója között?
26. Mi a szerepe a szennyezési folyamatban a hatásértékelésnek?
27. Mit jelent a fosszilis szó?
28. Mit nevezünk biokémiai szénülésnek?
29. Melyik a legfiatalabb szénfajta?
30. Mik azok a bentoszformák?
31. Soroljon fel legalább három települést, ahol Magyarországon földgáztároló található!
32. Mit jelent az, hogy a villamos energia 100%-ban exergia?
33. Kinek a feladata a villamosenergia-rendszer zavartalan és biztonságos működtetésének biztosítása?
34. Mely hivatal engedélye jogosít fel a villamos energia, termelési, szállítási és szolgáltatási tevékenységre?
35. Mit jelent a villamos energetikában az (n-1) kritérium?
36. Melyek a távhőrendszer meghatározó alrendszerei?
37. Mi határozza meg alapvetően a fűtési hőteljesítmény igényt?
38. A központi kibocsátású erőművek kéményeinek helye (lokalizációja) pontos tervezést igényel. Mi ennek az oka?
39. Mely fogalomra gondoltunk? Egy molekulában található két atom közötti kötés felszakításához szükséges energia.
40. Milyen bányászati eljárásokkal fejthető az uránérc?
41. Mi a feladata az atomerőművi munkaközegnek?
42. Mi a feladata az atomerőművi hűtőközegnek?



43. A jó hatásfok elérése érdekében milyen nyomásviszonyt kell kialakítani a kondenzátorokban?
44. Mi jellemzi a kondenzátorban a hűtővízzel elvont hőmennyiséget?
45. Mely jelenséget használják ki az árapály erőművek?
46. Mi idézi elő a szelet?
47. A naperőművek milyen körfolyamat segítségével alakítják át a napsugárzást villamos energiává?
48. Melyek a naperőművek leggyakrabban alkalmazott hőhordozó közegei?
49. Mi határozza meg a geotermális energia alkalmazhatóságának a korlátját?
50. Mik tartoznak az elsődleges biomasszák közé?
51. Mik tartoznak a harmadlagos biomasszák közé?
52. A szerves anyagok oxigéntől elzárt környezetben végbemenő erjedése (anaerob fermentációja) során mely energiahordozót kapjuk?
53. Hogyan tudjuk hasznosítani a vegyesen gyűjtött települési szilárd hulladék égetése során nyert energiát?
54. Milyen végterméket kapunk a hulladékok oxigéntől elzárt körülmények közötti energetikai hasznosítása során?
55. Milyen végterméket kapunk a hulladékok aerob körülmények közötti energetikai hasznosítása során?
56. Hány reaktorblokk működik jelenleg Pakson?
57. Mit jelent az, hogy „könnyűvízes reaktor”?
58. Milyen előnyei vannak a fluidágyas tüzelésnek a rostélyos tüzeléshez képest?
59. Mi az energiaátalakítási alapja a hőszivattyús berendezéseknek?
60. Tárolás szempontjából mi jellemzi az egyenáramú villamos energiát?
61. Mely hálózatot nevezünk a villamos energetikában sugaras hálózatnak?
62. Melyek a magyar VER névleges feszültség szintjei?
63. Minek a rövidítése a NAF?
64. Mely villamos hálózatot nevezték régen alaphálózatnak?
65. Mekkora Európában a villamos hálózatok frekvenciájának névleges értéke?
66. A fojtásokra jellemző tipikus energetikai veszteség a munkavégzés nélküli nyomásesés, melyre a hétköznapi életből vett jelenség a sűrűdés. Milyen energetikai veszteségek közé csoportosítható a fenti mondat értelmében a fojtás?
67. Mi az energetikai veszteségfeltárás feladata?



68. Mely intézmény rövidítése az OAH?
69. Mit jelent a bruttó (hazai) termelt energia fogalma?
70. Mit nevezünk elosztóhálózatnak a villamos energetikában?
71. Mit jelent az emisszió szó?
72. Mi a földgázelosztás?
73. Minek a rövidítése a HMKE?
74. Melyek a szabályozható erőművek?
75. Kit nevezünk szakmagyakorlónak?