



KEHOP-1.1.0-15-2016-00007 azonosító számú NATÉR továbbfejlesztése c. kiemelt projekt
Áram- gáz- és távhőellátás (kritikus infrastruktúrák) éghajlati szempontú értékelése

A távhőellátás éghajlati szempontú értékelése



Készítette: Geogold Kárpátia Kft.

a Fe-Bio Felső-Bácskai Bioenergetikai Kft. bevonásával

a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat megbízásából



NAKFO

NEMZETI ALKALMAZKODÁSI KÖZPONT FŐOSZTÁLY
Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat

Dátum: 2019. május 31.

Tartalom

1	Vezetői összefoglaló	4
2	Bevezetés, feladat meghatározás	6
3	A távhő ellátás, mint kritikus infrastruktúra (hatásviselő rendszer)	7
4	Módszertani alapvetések, a távhőellátási igényeket és a távhő termelést befolyásoló közvetlen és közvetett tényezők.....	9
4.1	Az éghajlati szempontú értékelés módszertana.....	9
4.1.1	Vizsgált jövőképek, időablakok és térségek	10
4.1.2	Adatok az infrastruktúra sérülékenységeinek vizsgálatához	10
4.1.3	Adatok a távhőrendszer kihasználtság változásának vizsgálatához	13
4.2	A távhőrendszerek jellemző struktúrája.....	15
4.3	A hőfogyasztási és termelési viszonyokat meghatározó és befolyásoló klimatikus tényezők.....	17
4.3.1	Fűtési jellegű igények	17
4.3.2	Használati melegvíz igények és elosztási hőveszteség	23
4.3.3	Eredő hőigény	23
4.4	A hőfogyasztási és termelési viszonyokat befolyásoló egyéb tényezők.....	24
5	A távhőellátó rendszer műszaki infrastruktúrájának a klímaváltozás miatti érzékenysége és sérülékenysége	25
5.1	Hőforrások	25
5.1.1	Fűtőművi egységek	25
5.1.2	Fűtőerőművek és speciális hőtermelő egységek	29
5.2	Hőszállító és hőelosztó vezetékhálózat	29
5.3	Hőközpontok.....	29
5.4	Ellenőrző lista.....	29
5.5	A sérülékenység értékeléséhez alkalmazott Excel táblázat	31
5.6	A sérülékenységi adatok értékelése	32
6	A távhőrendszerek kihasználtságának várható változását befolyásoló paraméterek vizsgálata	33
6.1	Kitettség	33
6.2	Klimatikus érzékenység és várható hatás	34
6.3	Nem klimatikus tényezők hatása	35
6.4	Sérülékenység	36
7	Egy mintaterület elemzése, komplex értékelése.....	37
7.1	Mintaterület: a Budapesti Távhőszolgáltató Zrt. (FŐTÁV) Észak-Budai távhőközszolgáltatási körzete	37
7.1.1	Az infrastruktúra sérülékenységének értékelése	38

7.1.2 A távhőrendszer kihasználtságának értékelése	39
7.2 Mintaterület: Kaposvári Városgazdálkodási Zrt. távhőkörzete	47
7.2.1 A mintaterület kiválasztásának szempontjai	47
A mintaterület kiválasztásánál törekedtünk arra, hogy a kiválasztott távhő rendszer ne csak a távhőellátás tipikus sajátosságait mutassa, de jelenítsen meg olyan stratégiai elemeket is, melyek példaként szolgálhatnak más távhő rendszerek klíma-mitigációs és -adaptációs erőfeszítéseihöz. Így esett választásunk Kaposvár MJV távhő rendszerére , melynek üzemeltetője, a Kaposvári Vagyonkezelő Zrt. készséget mutatott az együttműködésre.	
7.2.2 A klímaváltozás hatásainak nyomon követése.....	48
7.2.3 A referencia állapot műszaki adatai.....	49
7.2.4 A klímaváltozás hőforgalomra gyakorolt hatása	49
7.2.5 Értékelés.....	50
8 A sérülékenységi elemzése, alkalmazkodási stratégia	51
9 Mellékletek	53

1 Vezetői összefoglaló

Az éghajlatváltozás nem a távoli jövő réme, a távhőellátás területén az utóbbi évtizedben már megtapasztalt valóság. A katasztrofális hatások elkerülésére még rendelkezésre álló idő rohamosan fogy. A legautentikusabbnak tekinthető IPCC 1,5 fokos jelentés¹ laikusoknak szóló kommunikációja során a sajtóban 12 év hátralévő időt emlegettek². Nagy biztonsággal állíthatjuk, hogy a klímaváltozás hatására bekövetkező változások időhorizontja nem távolibb, mint a most meghozandó stratégiai és beruházási döntéseké.

Az éghajlatváltozás általános kérdéseinek elemzése nem tárgya a tanulmánynak. Az éghajlatváltozás és a távhőszolgáltatás közötti kapcsolat elemzésére szorítunk, különös tekintettel a távhő éghajlati sérülékenységre. Ezt az indokolja, hogy **a távhő kvázi-monopol helyzetben van,** mivel a távfűtött lakásokban többnyire nincs alternatív fűtési mód. A távhőellátás sajátossága, hogy bizonyos fix fenntartási és üzemeltetési költségek attól függetlenül felmerülnek, hogy mekkora a rendszer kihasználtsága. **A kihasználtság romlása veszélyezteti a távhő rendszerek gazdasági fenntarthatóságát,** ezért a tanulmány hangsúlyosan foglalkozik a klímaváltozás miatti kihasználtság-csökkenéssel. A fogyasztók kiválása önmagát erősítő folyamat lenne, mivel ennek következtében a bennmaradó fogyasztóknak többet kell fizetniük a rendszer fix költségeiből. A kihasználtság romlását egyrészt az általános felmelegedés, de különösen az energiatakarékossági intézkedések érintik kedvezőtlen irányban, amit új fogyasztók bekapcsolásával lehetne mérsékelni. Erre a bemutatott mintaterület elemzés adott távhőrendszer adottságainak figyelembe vételével számszerűsített példát mutat be.

Az éghajlatváltozás kérdésével Magyarországon azért szükséges kiemelt módon foglalkozni, mert **a Kárpát-medence Európa leg-klímaérzékenyebb területei közé tartozik.** Az OMSz egyik tanulmányából³ idézünk: megállapítható, hogy a múlt század eleje óta tapasztalt hőmérséklet emelkedés Magyarországon meghaladja az IPCC ötödik értékelő jelentésében⁴ publikált globális emelkedés mértékét. Régióink tehát az átlagosnál jobban melegedő régiókhoz sorolható.

A távhőellátással kapcsolatos fő aggodalom az, hogy az éghajlatváltozás közvetlen vagy közvetett hatásai miatt egyes távhő rendszerek nem tudják majd feladatukat ellátni, a

¹ Az ENSZ Klímaváltozási Kormányközi Testületének különleges jelentése az 1,5 °C-os globális felmelegedés hatásairól, az ehhez kapcsolódó üvegház gáz kibocsátási pályákról, összefüggésben az éghajlatváltozás fenyegetésére adandó globális válasz megerősítésével, a fenntartható fejlődéssel és a szegénység felszámolását célzó erőfeszítésekkel. Az angol szöveget lásd itt: <https://www.ipcc.ch/sr15/>.

https://index.hu/techtud/2018/10/08/varhato_idojaras_12_ev_mulva_pokol_varhato/

² Szinte minden médium foglalkozott a témával. Lásd pl.

https://index.hu/techtud/2018/10/08/varhato_idojaras_12_ev_mulva_pokol_varhato/ vagy

<https://www.theguardian.com/environment/2018/oct/08/global-warming-must-not-exceed-15c-warns-landmark-un-report>.

³ <https://www.met.hu/ismeret->

[tar/erdekesssegek_tanulmanyok/index.php?id=2334&hir=Az_IPCC_1,5_fokos_globalis_homerseklet-emelkedest_ertekelo_Tematikus_Jelentesenek_margojara](https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekesssegek_tanulmanyok/index.php?id=2334&hir=Az_IPCC_1,5_fokos_globalis_homerseklet-emelkedest_ertekelo_Tematikus_Jelentesenek_margojara)

⁴ https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf

rendszerre kapcsolt fogyasztók fűtés nélkül maradnak. Ez nagyobb valószínűséggel a sérülékeny rendszereknél következhet be. Lényeges tehát, hogy a távhő rendszerek felelős üzemeltetői felmérjék, hogy az általuk irányított távhő rendszerek mennyire sérülékenyek.

A kritikus infrastruktúrák működőképességének fenntartása az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás fontos területe. A víz-, villamosenergia- és gázhálózatok mellett a távhő az az infrastruktúra, melynek esetleges működési zavara a távhővel fűtött kb. 660 ezer lakás lakóinak kezelhetetlen problémát okozna alternatív fűtési mód híján.

A klímaváltozás miatt megváltozó időjárás közvetlenül hat a távhőszolgáltatás fizikai infrastruktúrájára (építmények, vezetékek, berendezések). Gondot okozhatnak az időjárási jelenségek hatására bekövetkező közvetett természeti változások is, mint az ár- és belvizek vagy az aszályok.

A fenti kockázatok azonosíthatók, és a létesítmény-fenntartási intézkedések keretében kezelhetők, ezért a közvetlen klimatikus hatásokkal szemben a **távhő műszaki infrastruktúrája kevésbé érzékeny.**

A legsúlyosabb problémát a távhő rendszerek külső fizikai és gazdasági környezetében bekövetkező változások okozhatják. Ha az éghajlatváltozás közvetlen vagy közvetett hatásai miatt zavar áll be a gáz-, villamosenergia- vagy vízszolgáltatásban, a szokásos kialakítású távhő rendszerek működésképtelenné válnak. Valamilyen mértékben ezekre a külső zavarokra is fel lehet készülni alternatív ellátási módok kiépítésével és tartalékok képzésével, de ezek a beavatkozások már meglehetősen költségesek, részletes kifejtésük meghaladja jelen tanulmány kereteit.

A tanulmány a mintaterületek elemzése kapcsán utal a kockázatok csökkentésének lehetőségeire. A javasolt beavatkozások – bizonyos tevékenységek ésszerűsítésén kívül – természetesen mind ráfordításokat igényelnek, de ez így van minden klímavédelmi intézkedéssel. A most végrehajtott beruházások befektetést jelentenek a jövőbe, mégpedig jól megtérülő befektetést. Ennek szükséges alárendelni az energiapolitikai irányítás, finanszírozás, gazdálkodás feltételeit, a távhő rendszerek tulajdonosainak, üzemeltetőinek pedig a stratégia célok kijelölését.

Végül említendő, hogy a távhő a klímaadaptáció egyik eszköze, mert lehetővé teszi olyan energiaforrások hasznosítását, melyek az egyedi fogyasztó szintjén nem alkalmazhatóak gazdaságosan. Gondolunk a földhőre, az ipari hulladékhőre, a kapcsoltan termelt hőre, a biomassa vagy hulladék égetéséből származó energiára vagy a nagy teljesítményű hőszivattyúkra, ha az említett alternatív energiaforrások versenyképesek lesznek a környezetvédelmi terhekkel sújtott hagyományos fosszilis energiaforrásokkal. Másrészt a távhő a klíma-mitigációnak is az eszköze, mert az alternatív megújuló energiaforrások alacsonyabb üvegház gáz kibocsátást okoznak.

2 Bevezetés, feladat meghatározás

A tanulmány a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (MBFSz) „KEHOP-1.1.0-15-2016-00007 azonosító számú NATÉR továbbfejlesztése” című kiemelt projekt keretében készült, mely az áram- gáz- és távhőellátás (kritikus infrastruktúrák) éghajlati szempontú értékelését végzi. A Geogold Kárpátia Kft. kapott megbízást, hogy a távhőellátás vonatkozásában feltárja a változó klímaparaméterek és a klímaváltozás mérséklése és az ahhoz való alkalmazkodást szolgáló fejlesztések közti kapcsolatrendszer. MBFSz feladat-meghatározása szerint két témakört kell részletesebben vizsgálni:

- A klímaváltozással járó normál és extrém időjárási eseményekkel, illetve azok következményeivel szembeni sérülékenység meghatározását lehetővé tevő módszertan kidolgozása, és egy mintaterületre vonatkozóan annak alkalmazása, beleértve az alapadatok és indikátorok meghatározását is.
- A távhőrendszerek kihasználtságának várható változását befolyásoló paraméterek vizsgálata keretében módszertant kell kidolgozni a távhőrendszerek éghajlati kitettségének és érzékenységének meghatározására. Be kell mutatni, mely klímaparaméterek milyen irányú és mértékű változása befolyásolja a távhőrendszerek jövőbeli kihasználtságát. Emellett egy adott mintaterület példáján ismertetni kell, hogy a klímaváltozás mérséklését és az ahhoz való alkalmazkodást is célzó beruházások, így pl. az épületek energetikai korszerűsítése, hőtermelő egységek hatékonyságnövelését célzó rekonstrukciók, hőközpontok korszerűsítése hogyan befolyásolják a távhőrendszerek hatékonyságát, kihasználtságát.

Az éghajlatváltozás általános kérdéseinek elemzése nem tárgya a tanulmánynak. Az éghajlatváltozás és a távhőszolgáltatás közötti kapcsolat elemzésére szorítunk, különös tekintettel a távhő éghajlati sérülékenységére. Ezt az indokolja, hogy **a távhő kvázi-monopol helyzetben van.** A távhőellátás sajátossága, hogy bizonyos fix fenntartási és üzemeltetési költségek attól függetlenül felmerülnek, hogy mekkora a rendszer kihasználtsága. **A kihasználtság romlása veszélyezteti a távhő rendszerek gazdasági fenntarthatóságát,** ezért a tanulmány hangsúlyosan foglalkozik a klímaváltozás miatti kihasználtság-csökkenéssel.

A vizsgálat célja első körben az, hogy a távhő rendszerek felelős üzemeltetői felmérjék, hogy az általuk irányított távhő rendszerek mennyire sérülékenyek.

3 A távhő ellátás, mint kritikus infrastruktúra (hatásviselő rendszer)

A távhőellátás a vezetékes közszolgáltatási szektor (villamosenergia, gáz, víz, csatorna, telekommunikáció) része, és hazánkban alapvetően fűtési és használati melegvíz szolgáltatásra terjed ki, ipari hőenergia szolgáltatására kevésbé. A szolgáltatást igénybe vevők körébe lakossági és intézményi- kereskedelmi jellegű (közületi) fogyasztók tartoznak, jellemzően nagyobb-kisebb lakónegyedekre koncentráltan.

A hazai távhőrendszerek jellemzői a Magyar Távhőszolgáltatók Szakmai Szervezete (MATÁSzSz) és a szabályozó hatóságként működő Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatal (MEKH) adatbázisában (honlapjain) érhetők el⁵ (kiemelt adatokat ld. az 1. mellékletben). Kiemelt adatok:

- távhőrendszerek száma: 2018 db (2017)
- távfűtéssel ellátott: a hazai lakásállomány kerekén 17%-ka
- díjfizetők száma: 678 ezer (ebből lakossági 660 ezer), kerekítve
- felhasznált energiahordozó: 66 PJ/év (2017)
- kiadott hő: 32,5 PJ/év
- értékesített hő: 28,5 PJ/év

A kerekén 1000 PJ/év nagyságrendű hazai primer energiafelhasználásból a távhő termelés – részben villamosenergia-termeléssel kapcsolatosan – 64 PJ/év értékkel részesedik (2015. évi adat).

A távhőszolgáltatásban résztvevők köre - magukon a hőfogyasztókon kívül - hőtermelőkre és vezetékes hőszolgáltatókra bontható. Míg utóbbiak többnyire maguk is rendelkeznek hőtermelő egységekkel, nagyobb hőtermelők lehetnek önálló gazdálkodó egységek is (többnyire fűtőerőművek), szerződéses kapcsolatban a hőszolgáltatóval. A működés engedélyezője a Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatal, ami egyben a hőtermelők és hőszolgáltatók árhatósága is. A távhőszolgáltatók gazdasági működési feltételei behatároltak, mert a közszolgáltatási jelleg miatt nem tisztán piaci körülmények között működnek.

⁵ MATÁSz és MEKH közös kiadványa: Távhő szektor adatai 2017.

1.10 Távhőszolgáltatással ellátott települések | 1.10 Settlements supplied with district heating



Adottság, hogy a hazai gyakorlatban az ellátott fogyasztóknál többnyire nincs más, teljes értékű alternatív fűtési mód. A fogyasztóknál már kiépült épületgépészeti infrastruktúra más forrású ellátásra nagyobb mértékben csak körülményesen lenne átváltható, mert az a gáz- vagy a villamos hálózat nagyarányú bővítését igényelné.

A távhőre jellemző központi hőtermelés lehetőséget ad az egyedi fűtési rendszereknél nem használható energiaforrások (háztartási hulladék, erőművi és ipari hulladékhő, geotermikus hő, kivételes esetben hőszivattyús megoldás) felhasználására is, ami javítja az ellátásbiztonságot és lehetőséget ad energiapolitikai és klímapolitikai célkitűzések érvényesítésére. Így a távhő az üvegház gáz kibocsátás csökkentési stratégiáknak (mitigáció) is az egyik eszköze. Ennek megfelelően az EU klímapolitikájában, és az annak keretében kidolgozás alatt álló Nemzeti Energia- és Klíma Tervben is megfelelő hangsúllyal szerepel. Sokszor hivatkozik a távfűtésre a megújuló energiaforrásokból előállított energia használatának támogatásáról szóló új EU-s direktíva is. Tekintettel a kiterjedt társadalmi érintettségre, a távhőellátás műszaki- gazdasági működőképességének fenntartása a változó klimatikus környezetben is kiemelt fontosságú.

4 Módszertani alapvetések, a távhőellátási igényeket és a távhő termelést befolyásoló közvetlen és közvetett tényezők

4.1 Az éghajlati szempontú értékelés módszertana

A NATÉR keretében a CIVAS modell-t⁶ használják, melynek alapfogalmai a jelen tanulmány különböző fejezeteiben az alábbi pontok szerint értelmezettek.

Alapfogalmak:

- Kitettség
A kitettség a klímaparaméterek megváltozása miatt az adott (helyi) távhőellátó rendszer elemeire gyakorolt külső hatás változását jelenti a bázis és a távlati időszaki időablak között.
- Közvetlen - távhőellátást érintő - éghajlati hatások
 - Forróbb és szárazabb nyarak (extrém hőmérsékletváltozású napok száma)
 - Gyakoribb és súlyosabb viharok, extrém csapadékos időszakok (extrém csapadékkal terhelt napok száma)
 - Helyi szélviharok valószínűsége nő (nagy szellőkésekkel terhelt napok száma)
- Közvetett – távhőellátást érintő - éghajlati és természeti hatások pl.
 - Hőhullámok (hőségnapok számának változása)
- Érzékenység
Az érzékenység egy távhőellátó rendszer egészének, vagy egyik elemének időjárásfüggő jellemzője. Azt mutatja meg, hogy egy klímaparaméter változása mekkora hatást okoz az adott távhőellátó rendszer működésében, valamely indikátor változásában kifejezve.
- Várható hatás
A várható hatás az adott klímaparaméter változás (kitettség) és a távhőellátó rendszer adott klímaparaméterre való érzékenységének kombinációjaként határozható meg.
- Nem klimatikus tényezők

Ezek a klimatikus tényezőkön túlmenően azon társadalmi, gazdasági hajtóerők, egyéb természeti tényezők, alkalmazkodási stratégiák, amelyek a közvetlen klíma kitettségen felül érvényesülnek („hajtóerők”), és az arra adott válaszokra reagáló alkalmazkodóképességet („válaszokat”) befolyásolják. Ezek a hajtóerők azon

⁶ A modell ismertetése megtalálható pl. itt: https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_16_klimastrategiak/ch03.html.

intézkedéseket is magukban foglalják, amelyekkel egy távhőellátó rendszer egy adott klímáparaméter változása miatti érzékenysége csökkenthető.

- **Sérülékenység**

Komplex mutató, amely a várható hatásokat kombinálja az alkalmazkodó képességgel, figyelembe véve a nem klimatikus tényezőket is. Ez a mutató a sérülékenység.

4.1.1 Vizsgált jövőképek, időablakok és térségek

A Megbízó által kijelölt modell-kombináció:

RCA4 regionális modell, EC-EARTH globális modell adatokkal meghajtott szimulációk adatai alapján, az RCP 4.5, illetve az RCP 8.5 forgatókönyvekre alapozva.

A jelen vizsgálathoz alapul vett időablakok:

- Bázis: 1971 – 2000 közötti évek átlaga.
- Jövő: 2021 – 2050 közötti évek átlaga.

Térségek, melyekre az adatmegadás történt:

- Kaposvár (HU_RCA_123)
- Budapest (HU_RCA_477)
- Debrecen (HU_RCA_528)

4.1.2 Adatok az infrastruktúra sérülékenységének vizsgálatához

Ezen alapadatok megfeleltethetők a NATÉR keretében a hazai épületállomány sérülékenységének vizsgálatánál használtakkal⁷. A táblázatokban a változás az időablak éveinek átlagában kifejezett napok számának különbségét jelenti a bázishoz képest.

⁷ „Magyarországi épületállomány éghajlatváltozási sérülékenység- vizsgálatát lehetővé tevő módszertan”, Lechner Nonprofit Kft, 2018. november

Nagy szélőkéséssel terhelt napok számának változása:

		1971-2000	2021-2050	Szélvész, heves szélvész, orkán (85 km/h-t meghaladó szélőkésések) jelenséggel érintett napok éves átlagos számának változása 1971-2000 - 2021-2050	1971-2000	2021-2050	Szélvész, heves szélvész, orkán (90 km/h-t meghaladó szélőkésések) jelenséggel érintett napok éves átlagos számának változása 1971-2000 - 2021-2050
RCP 4.5	ID			≥ 85 km/h			≥ 90 km/h
Kaposvár	HU_RCA_123	0,73333	1,03333	0,30000	0,26667	0,56667	0,30000
Budapest	HU_RCA_477	0,16667	0,06667	-0,10000	0,06667	0,03333	-0,03333
Debrecen	HU_RCA_528	0,6	0,63333	0,03333	0,26667	0,16667	-0,10000
RCP 8.5	ID						
Kaposvár	HU_RCA_123	0,73333	0,5	-0,23333	0,26667	0,20000	-0,06667
Budapest	HU_RCA_477	0,16667	0,03333	-0,13333	0,06667	0,00000	-0,06667
Debrecen	HU_RCA_528	0,6	0,46667	-0,13333	0,26667	0,16667	-0,10000

Extrém hőmérsékletváltozású napok számának változása

		1971-2000	2021-2050	Hirtelen hőmérsékletváltozással (5°C 3 óra alatt) érintett napok éves átlagos számának változása 1971-2000 - 2021-2050	1971-2000	2021-2050	Hirtelen hőmérsékletváltozással (10°C 3 óra alatt) érintett napok éves átlagos számának változása 1971-2000 - 2021-2050
RCP 4.5	ID			≥ 5 °C			≥ 10 °C
Kaposvár	HU_RCA_123	277,7	267,8667	-9,8333	3,4	3,2333	-0,1667
Budapest	HU_RCA_477	252,1333	241,3	-10,8333	3,4	3,0667	-0,3333
Debrecen	HU_RCA_528	243,7	237,5333	-6,1667	2,9667	2,9333	-0,0333
RCP 8.5	ID						
Kaposvár	HU_RCA_123	277,7	283,4	5,7000	3,4	3,7667	0,3667
Budapest	HU_RCA_477	252,1333	256,0333	3,9000	3,4	3,4	0,0000
Debrecen	HU_RCA_528	243,7	244,9333	1,2333	2,9667	3,4667	0,5000

Hőségnapok számának változása

		1971-2000	2021-2050	Hőségriadós napok (Tátl > 25 °C) éves átlagos számának változása 1971-2000 - 2021-2050
RCP 4.5	ID			Tátl > 25 °C
Kaposvár	HU_RCA_123	12,267	18,233	5,9667
Budapest	HU_RCA_477	12,467	18,5	6,0333
Debrecen	HU_RCA_528	11,7	16,967	5,2667
RCP 8.5	ID			Tátl > 25 °C
Kaposvár	HU_RCA_123	12,267	19,1	6,8333
Budapest	HU_RCA_477	12,467	21,8	9,3333
Debrecen	HU_RCA_528	11,7	19,1	7,4000

Extrém csapadékkal terhelt napok számának változása

		1971-2000	2021-2050	30 mm, vagy azt meghaladó (PRmax > 30 mm) csapadékmennyiségű napok éves átlagos számának változása 1971-2000 - 2021- 2050
RCP 4.5	ID			PRmax > 30 mm
Kaposvár	HU_RCA_123	0,9	1,167	0,2667
Budapest	HU_RCA_477	0,867	0,833	-0,0333
Debrecen	HU_RCA_528	0,833	1,167	0,3333
RCP 8.5				PRmax > 30 mm
Kaposvár	HU_RCA_123	0,9	1,467	0,5667
Budapest	HU_RCA_477	0,867	1,1	0,2333
Debrecen	HU_RCA_528	0,833	1,033	0,2000

4.1.3 Adatok a távhőrendszer kihasználtság változásának vizsgálatához

Az adatok október 15-április 15 közötti (névleges fűtési) időszakra vonatkozó klímamodell kigyűjtések, az időablakok éveinek átlagában. A kihasználtság klímaérzékenysége vonatkozó vizsgálatokban a változás mértéke a mértékadó.

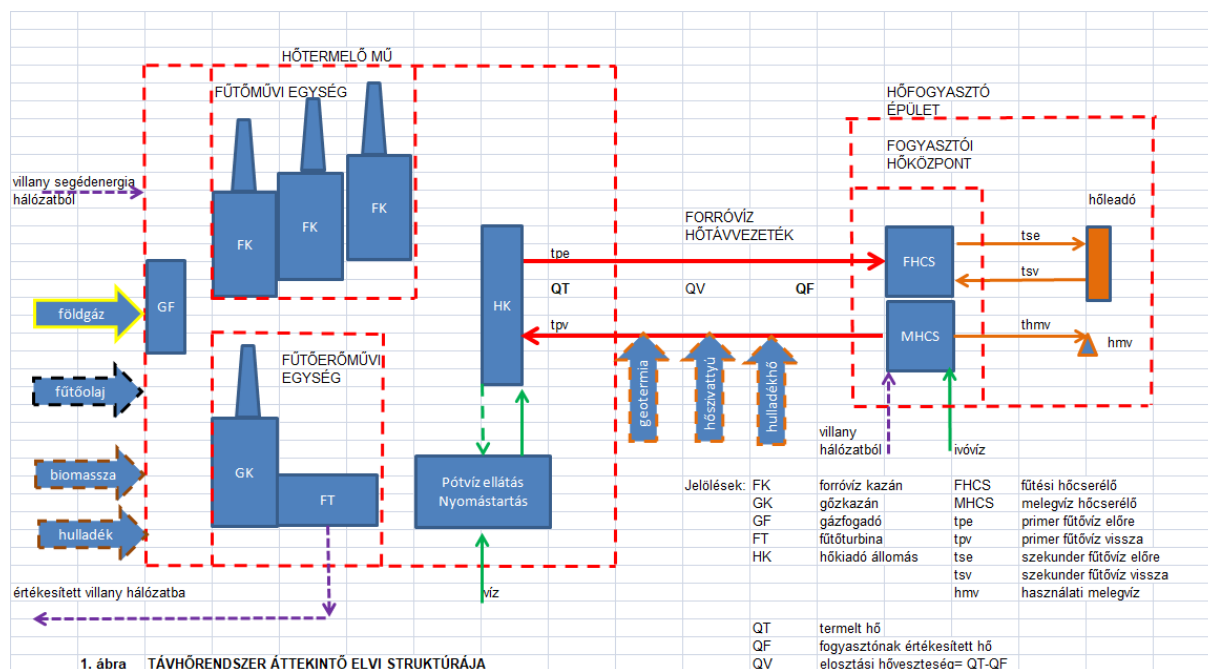
	Hőmérséklet [°C]					Hőmérséklet szórása			
	RCP4.5	Kaposvár	Budapest	Debrecen		[°C] RCP4.5	Kaposvár	Budapest	Debrecen
1971-2000		3,2148	2,1689	2,1958	1971-2000		5,0789	5,4767	5,5732
2021-2050		4,6089	3,8704	3,9154	2021-2050		4,7957	4,8754	4,8411
DIFFERENCIA		1,3941	1,7015	1,7196	DIFFERENCIA		-0,283	-0,601	-0,732
	Hőmérséklet [°C]					Hőmérséklet szórása			
	RCP8.5	Kaposvár	Budapest	Debrecen		[°C] RCP8.5	Kaposvár	Budapest	Debrecen
1971-2000		3,2148	2,1689	2,1958	1971-2000		5,0789	5,4767	5,5732
2021-2050		4,8438	4,1578	4,1218	2021-2050		4,6630	4,8017	4,8474
DIFFERENCIA		1,6290	1,9889	1,9260	DIFFERENCIA		-0,416	-0,675	-0,726
Legalacsonyabb átlaghőmérsékletű nap [°C]									
	RCP4.5	Kaposvár	Budapest	Debrecen					
		-10,5188	-11,4918	-12,9332					
		-6,4417	-6,6882	-7,1973					
		4,077	4,804	5,736					
Legalacsonyabb átlaghőmérsékletű nap [°C]									
	RCP8.5	Kaposvár	Budapest	Debrecen					
		-10,5188	-11,4918	-12,9332					
		-5,4235	-6,5927	-7,0615					
		5,095	4,899	5,872					

Napfénytartam			
[h/nap] RCP4.5	Kaposvár	Budapest	Debrecen
	7,3968	7,3274	7,0596
	7,2856	7,1906	6,8590
	-0,1112	-0,1368	-0,2006
Napfénytartam			
[h/nap] RCP8.5	Kaposvár	Budapest	Debrecen
	7,3968	7,3274	7,0596
	7,2932	7,1668	6,8702
	-0,1036	-0,1606	-0,1894
Szélsebesség			
[m/s] RCP4.5	Kaposvár	Budapest	Debrecen
	3,8029	2,9216	3,6695
	3,7957	2,8460	3,6538
	-0,0071	-0,0756	-0,0157
Szélsebesség			
[m/s] RCP8.5	Kaposvár	Budapest	Debrecen
	3,8029	2,9216	3,6695
	3,7429	2,8031	3,5961
	-0,0600	-0,1185	-0,0734
Széllokés [m/s]			
RCP4.5	Kaposvár	Budapest	Debrecen
	10,2685	9,1351	9,9081
	10,5463	9,3299	10,1097
	0,2778	0,1947	0,2016
Széllokés [m/s]			
RCP8.5	Kaposvár	Budapest	Debrecen
	10,2685	9,1351	9,9081
	10,3568	9,2055	9,9108
	0,0883	0,0704	0,0027
Napfok RCP4.5			
Kaposvár	Budapest	Debrecen	
	2343	2535	2530
	2088	2223	2215
	-255	-312	-315

Megjegyzés: a „napfok” szám a gáziparban használatos fogalom, hasonló, de számértéke nem azonos a fűtésteknikában használatos „hőfokhíddal” a vonatkoztatási határhőmérséklet eltérése miatt.

4.2 A távhőrendszerek jellemző struktúrája

A távhőrendszerek jellemző hazai struktúráját az 1. ábra szemlélteti.



A főbb funkcionális alrendszerek:

- hőtermelés (fűtőmű, fűtőerőmű),
- hőszállítás, hőelosztás (hőtávvezeték),
- hőátadás (hőközpont).

A távhőszolgáltatási tevékenység keretében alapvetően fűtési és használati melegvíz (hmv) szolgáltatásról van szó (kivételes esetben hidegenergia/hűtési szolgáltatásról is). A szolgáltatás végső soron a hőfogyasztók hőleadó eszközein, valamint a melegvíz fogyasztói pontokon (csapolókon) keresztül valósul meg. Utóbbiak a hőfogyasztók (épületek) terjedelmén belül vannak, a távhő szolgáltatás elszámolási határa a fogyasztói hőközpontok primer oldala. Az épületen belüli felosztás adott esetben átalány elven, vagy újabban egyedi mérőkkel, költségmegosztási elven valósul meg.

A hőfogyasztók jellege szerint megkülönböztethetők:

- lakossági,
- közületi, közszolgáltatási,
- ipari, kereskedelmi

tipusok, amelyek fogyasztási és elszámolási szempontból eltérőek lehetnek. A különböző fogyasztókat a távhőszolgáltató szempontjából a hőközpontban lekötött hőátadó teljesítmény (kW), valamint a hőfogyasztás (GJ) jellemzi, utóbbi adatokat az éves csúcskihasználási tényező (óraszám) köti össze.

A **hőelosztás** jellemzően forróvíz hőhordozóval történik (gőz hőhordozó alkalmazása az ipari fogyasztók visszaszorulása miatt nem jellemző).

Alapvető körülmény, hogy a központi távhőszolgáltatás szabályozása a fogyasztói igényeket kell, hogy kövesse. Utóbbiak hatása a hőközpontok szekunder oldali fűtési előremenő hőmérséklet és használati melegvíz hőmérsékletének szabályozásán keresztül valósul meg, és végeredményben a hálózathoz vételezett forróvíz mennyiségi változásában jelenik meg. (Mindez a ma korszerűnek tekintett hőközpontokra áll fenn). Az épületfűtés rendszerén belül a hőközponti szabályozásra kihat a hőleadók egyedi szabályozása (termosztatikus radiátorszelepek), amennyiben a korszerűsítés erre is kiterjed. A hőtermelő műben ezt támogatandóan a keringetett forróvíz előremenő hőmérsékletének előszabályozása, valamint a keringetett víz mennyiségi változásának követése valósul meg (kombinált minőségi-mennyiségi szabályozás). Fűtési időszakban ez időjárás függő előszabályozást jelent az alkalmazott hőfokmenetrend szerint.

A **hőtermelő mű** jellege szerint megkülönböztethetők:

- csak hőtermelésre szolgáló fűtőművi egységek (többnyire forróvíz kazánokkal),
- hő-és villamosenergia kapcsolt szolgáltatására alkalmas fűtőerőművi egységek.

A fentiek egy telephelyen, vagy külön telephelyeken is működhetnek.

Utóbbiak műszaki kialakítása szerint megkülönböztethetők:

- kis-közepes teljesítményű blokkfűtőerőművi egységek (jellemzően gázmotorokkal, adott esetben kisebb gázturbinákkal, hulladék hő hasznosítással),
- közepes-nagyobb teljesítményű fűtőerőművek (régábban gőzkazánokkal és gőzturbinákkal, korszerűbb kombinált ciklusú kivitelben gázturbinához kapcsolt hőhasznosító kazánnal és gőzturbinával). A hőkiadás a gőzturbinából (fűtőturbinából) hőcserélőn keresztül történik.

Speciális hőtermelő egységnek tekinthető a hulladékhasznosító mű (gőzturbinával), továbbá a geotermikus hőforrás, a hőszivattyú, valamint a technológiai hulladék hő hasznosítás (jellemzően a távhőhálózatra kapcsolódva).

A felhasznált tüzelőanyag szempontjából hazai viszonylatban a földgáz alapú hőtermelés meghatározó (tartalék tüzelőanyagként adott esetben fűtőolaj rendelkezésre állása mellett).

Megújulónak tekintett tüzelőanyagként biomassa (fa, szalma), továbbá a települési – nem veszélyes minőségű – nyers vagy válogatott hulladék (MSW, RDF, SRF) megújulónak tekintett része, valamint az említett geotermikus hő állhat rendelkezésre. Speciális hőtermelő a hőszivattyú, adott esetben geotermikus hőforrásra támaszkodva.

Megújuló energia forrása lehet továbbá a fogyasztóknál telepített napkollektor, mint kiegészítő hőforrás. Hőszivattyú esetében a környezetből felvett hő tekinthető megújulónak.

A hőtermelő mű része a hőkiadó állomás, amely a hőhordozó közeg (jellemzően forróvíz) keringetését végzi. Ehhez szorosan kapcsolódik a pótvíz ellátás, nyomástartás és vízelőkészítés alrendszere. Egyéb létesítmények körébe tartozik a gázfogadó, adott esetben a fűtőolaj lefejtés/tárolás rendszere, valamint a villamos segédenergia ellátás műszaki berendezései. Fűtőerőművi egységeknél még a technológiai hűtés rendszere említendő.

4.3 A hőfogyasztási és termelési viszonyokat meghatározó és befolyásoló klimatikus tényezők

A távhőrendszerek felvázolt struktúrájából következik, hogy a hőfogyasztási igényeket a fogyasztók határozzák meg, és azok a távhőszolgáltató szintjén aggregáltan jelentkeznek.

Az alábbiakban a NATÉR tágabb felhasználói körének számára áttekintő jelleggel tárgyaljuk a hőigényeket befolyásoló tényezőket, amelyekre később a 6. fejezetben hivatkozunk. Ezek a távhő szakmai gyakorlatban ismertnek vehetők.

4.3.1 Fűtési jellegű igények

A **fűtési jellegű** igényt (q_f , kW fűtési teljesítményt- hőveszteséget) az egyedi fogyasztók szintjén az alábbi főbb klimatikusan változó tényezők befolyásolják (kisebb jelentőségű hatások elhanyagolva):

$$q_f = q_a + q_w - q_s$$

ahol:

q_a - alap hőveszteség (konvektív és filtrációs hőleadás a határoló felületeken keresztül, a belső hőfejlődést is beleértve), a t_k külső hőmérséklet függvénye

q_w - szélhatás érvényesülése a hőátadási tényező és a filtrációs légcsere változásán keresztül (többlet hőveszteség), a szélsébség/szélnyomás függvénye

q_s - napsugárzás hatásának érvényesülése a határoló falakon és üvegezésen keresztül (hőnyereség), a napsugárzási intenzitás függvénye.

Fentiek közül meghatározó az alap hőveszteség, amely a külső léghőmérséklettel és a belső helyiség hőmérséklettel arányos kapcsolatban van:

$q_a = k \cdot A \cdot (t_b - t_k)$, ahol $k \cdot A$ a határoló felület (m^2) és k a hőátadási tényező ($kW/m^2, h, ^\circ C$), t_b a helyiség belső hőmérséklete, t_k a külső léghőmérséklet. Ez így csak egy adott fűtött helyiség szintjén értelmezhető, de a távhőrendszer egészét tekintve jó közelítéssel fennáll $q_a = m \cdot (t_b - t_k)$, ahol m arányossági tényező.

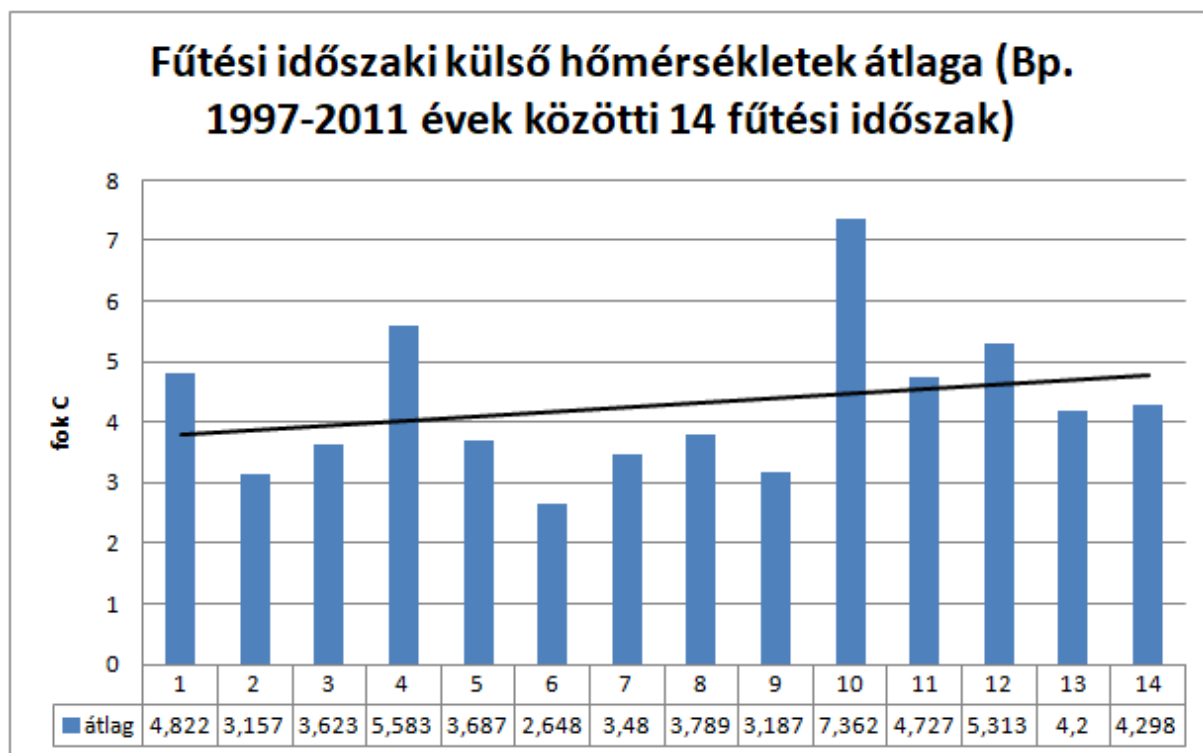
A szolgáltatás megfelelő szintjét kifejező t_b belső hőmérsékletet a távfűtési tervezési gyakorlatban eredőként $20\ ^\circ C$ -ra veszik, ahol a tényleges belső hőmérséklet a belső hőnyereségek (pl. villamos készülékek hőleadása) és a másodlagos klimatikus hatások eredőjeként alakul. A tényleges épületfűtöttség- szabályozási és statisztikai eltérések miatt is- meg kell, hogy haladja a minimális tervezési értéket.

Az egyéb másodlagos klimatikus tényezők (szél, napsugárzás) az alap hőveszteségre vetített pótlékokkal vehetők figyelembe.

A pillanatnyi aktuális igény jelentősen ingadozik, a fűtést illetően a külső hőmérséklet nappali és éjszakai ingadozása, szélerősség és a napsugárzás hatása miatt.

Jelen távlati vizsgálatok céljára a **napi átlagos** értékek használata elegendő, ezen belül is a tk napi átlagos külső hőmérséklet meghatározó.

A fűtési időszakon belül a napi átlagos külső hőmérsékletek eloszlását jellemző átlag és szórás historikus értékeit egy mintaterületre (Budapest) és vizsgálati időszakra az alábbi diagramok szemléltetik:



2. ábra

A diagramon kivehető, hogy a klímaváltozás hatása már az elmúlt évtizedekben kimutatható, a fűtési időszak középhőmérséklete 4 °C körüli értékről 5 °C körüli értékre emelkedett, a vizsgált időszakon belül jelentős ingadozással.

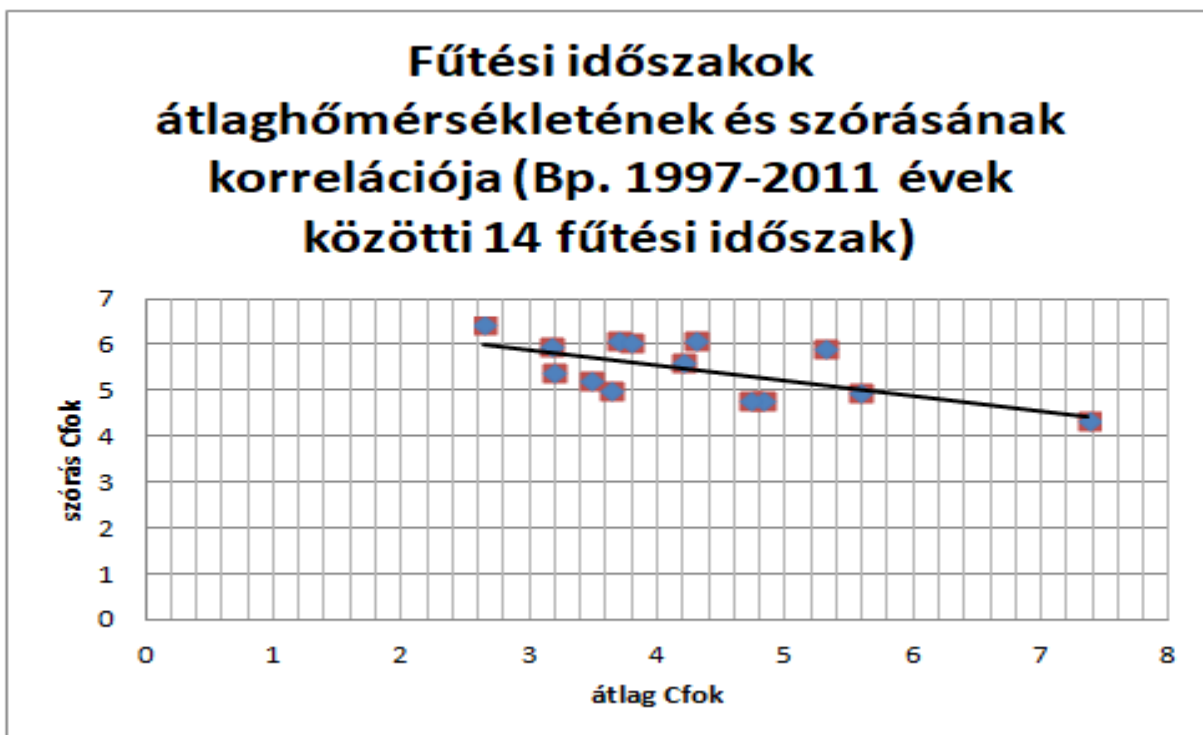
Megjegyzendő, hogy fenti tényadatok kb. 2 C-fok-kal meghaladják a NATÉR vizsgálati klímamodellekből nyert átlagértékeket, de a változás tendenciája hasonló.



3. ábra

A fűtési időszakon belüli hőmérséklet ingadozás szórása 5,5 °C körül alakult, ugyancsak ingadozva.

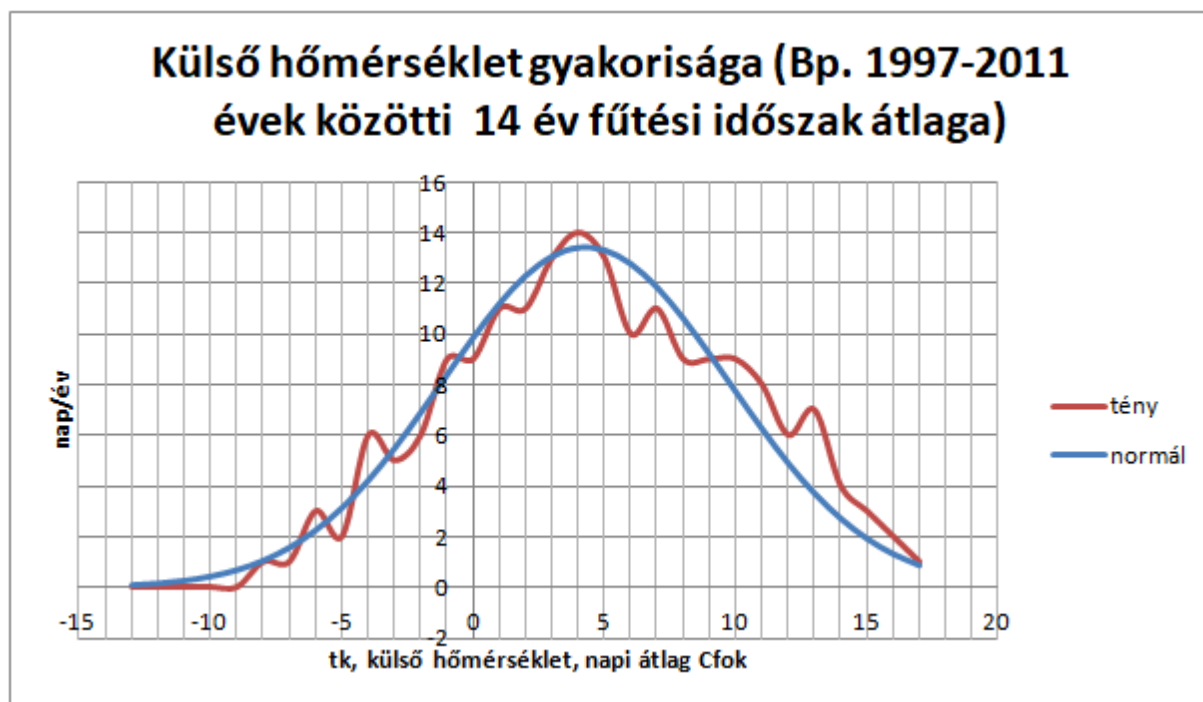
A két változó korrelációját az alábbi diagram szemlélteti:



4. ábra

A szórás e szerint emelkedő átlaghőmérséklettel csökkenő tendenciát mutat, magasabb középhőmérséklet átlaghoz alacsonyabb érték rendelhető.

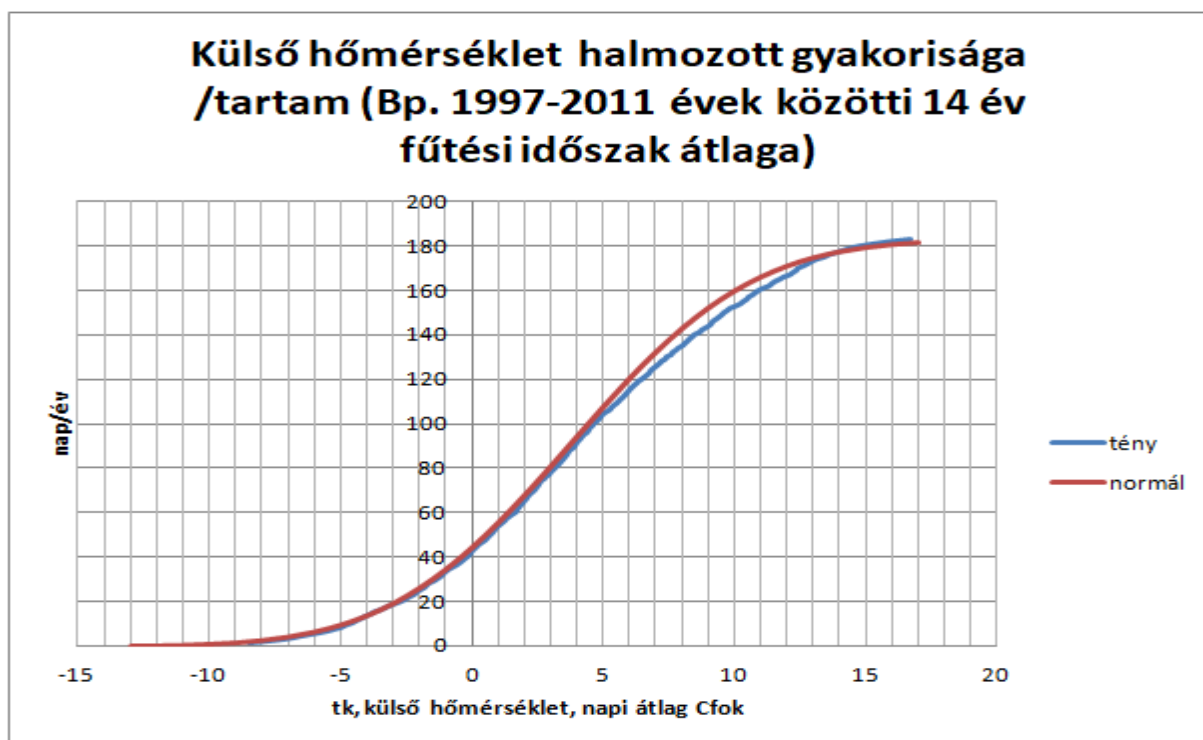
A vizsgált évek eredő átlagértékeit tekintve a külső hőmérséklet eloszlása (gyakorisága) jó közelítéssel a normál eloszlást követte⁸. A tényadatokból is látható, hogy a tényleges fűtési időszakban 12 °C-nál magasabb külső hőmérsékletek is előfordultak (átmeneti időszak, a fűtést nem állították le).



5. ábra

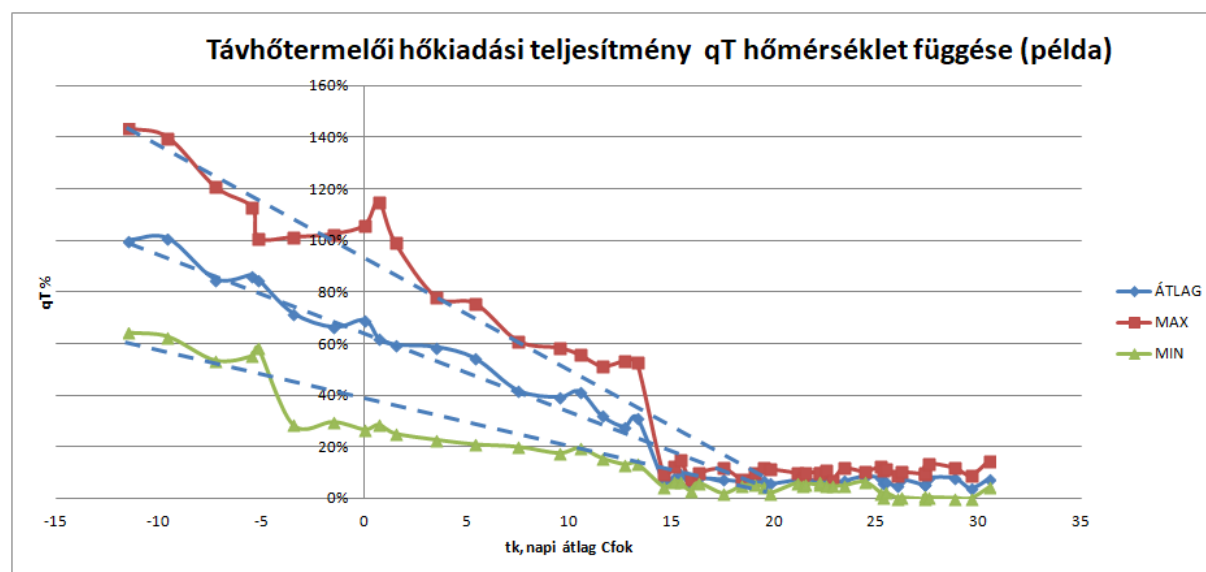
A gyakorisági görbe integrálja a külső hőmérsékletek fennállásának eloszlásfüggvénye (tartam diagramja), az alábbiak szerint:

⁸ Távhőellátás, hőszállítási, szerkesztette dr. Garbai László, Typotex, 2012



6. ábra

A tartamdiagramon a fűtési időszak hossza is látható, ez a megfigyelt időszak átlagában 183 nap volt, más esetekben ettől eltérő lehet. Mindezek elvi kapcsolatban vannak a fűtéstechikában használatos „hőfokhíd”, illetve a gáziparban használatos „napfokszám” fogalmával. A távhőszolgáltatás energetikai adatai a továbbiakban a tartamdiagram segítségével közvetlenül követhetők, a hőigények hőmérséklet függéséből kiindulva (ld. még 6. fejezet). Normatív viszonyítási értéként használják a +4 C fok fűtési időszaki külső középhőmérsékletet, amely +12 C fok fűtési határhőmérséklettel 186 napos fűtési időszakra vonatkozik, több évtizedes múltbeli időjárás adatokat tükrözve. A hőtermelési igénynek a külső hőmérséklettől való függését szemlélteti az alábbi diagram:



7. ábra

Az adott tk napi átlaghőmérsékletéhez a hőigényt befolyásoló másodlagos tényezők következtében jelentősen különböző napi hőkiadási értékek rendelkezhetők, nagyvonalú közelítéssel:

ÁTLAG adatokhoz: átlagos szélesség és napsugárzás; MAX értékekhez: max szélesség, min napsugárzás; MIN értékekhez: szélcsend, max napsugárzás.

A másodlagos klimatikus tényezők figyelembe vétele csak akkor indokolt, ha azok a jövőben szignifikánsan érvényesülnek. A távhő szakmai gyakorlatban az átlagra vonatkozóan a napi hőkiadás értékeinek regressziós függvényét használják. Ezt a külső hőmérséklet tartamdiagramjával kapcsolatba hozva a teljesítmény-tartamdiagram adódik, amiből az éves hőforgalom számítható.

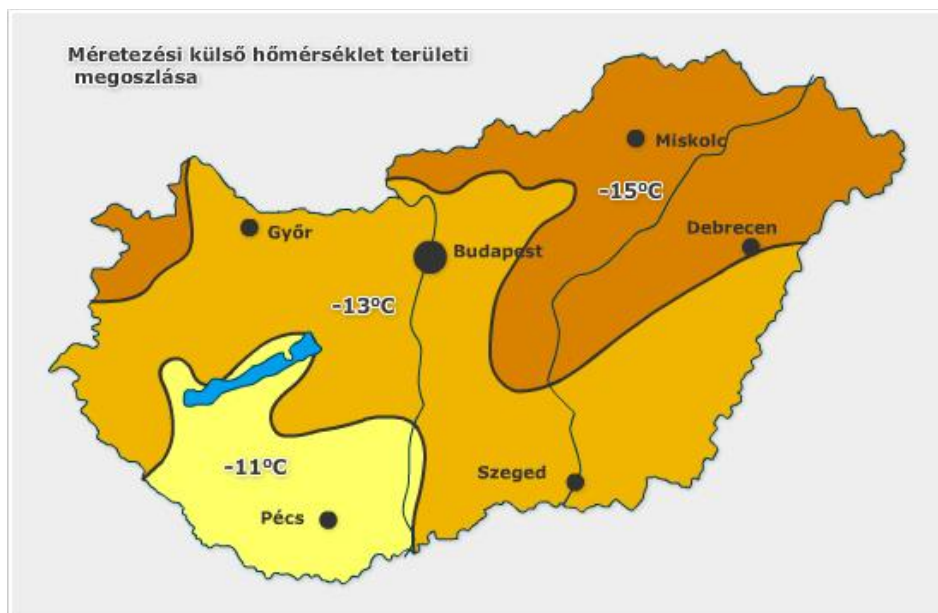
A távhőrendszer hőforrásának **kapacitása szempontjából** a vizsgált leghidegebb időszak klimatikus viszonyai a mértékadók, amelyek a tervezési előírások szerint regionálisan különbözők:

Nyugat- és Közép- Magyarország, Dél- Alföld (Budapest, Győr, Szeged környéke): -13 °C

Kelet- Magyarország (Miskolc, Debrecen környéke): -15 °C

Dél- Dunántúl (Pécs, Kaposvár környéke): -11 °C.

A fenti értékekhez a másodlagos klimatikus tényezők együttállása mellett fellépő napi hőigény rendelkezhető (egyéb adatok híján a napi átlagértékekre fektetett regressziós egyenes szerint).



8. ábra

4.3.2 Használati melegvíz igények és elosztási hőveszteség

A **használati melegvíz** hőigénye (q_{hmv} , kW) alapvetően a melegített víz fogyasztással arányos:

$$q_{hmv} = m_{hmv} \cdot c_v \cdot (t_{hmv} - t_h), \text{ ahol}$$

m_{hmv} a felmelegített víz mennyisége (kg/s), c_v - a víz fajhője (4,2 kW/kg, °C),

t_{hmv} - a melegített víz hőmérséklete (°C), t_h - a felmelegítendő hidegvíz hőmérséklete (°C). Itt t_{hmv} a hőközponti átadó ponton jellemzően 45-50 °C, t_h pedig a hálózati víz szezonálisan változó értéke, 5-12 °C. Fenti összefüggéshez a felmelegített víz mennyisége a hőközpontokban mérve van.

A használati melegvíz igény a vételezési szokásokat követően széles határok között, sztochasztikusan változik. A rövid távú melegvíz ingadozásokat a fűtési rendszer tehetetlenségét kihasználva egyenlítik ki (előnykapcsolásos szabályozás). A távhőrendszer szintjén, a hőforrásnál a távhő vezetékhálózati víztöltet hőtároló hatása is érvényesül (néhány helyen ezt a hőforrásban létesített hőtárolók is kiegészítik).

Az elosztási hőveszteség (q_v) a távvezetékek, hőközpontok környezeti hőleadásával kapcsolatos, a fűtőközeg hőmérsékletének és a környezeti hőmérsékletnek a különbségével arányos, a teljes távhőrendszerre értelmezve. Értéke éves szinten ismertnek vehető, mint a hőforrási és a hőközponti mérések különbsége.

4.3.3 Eredő hőigény

A fentiek alapján összesített eredő csúcshőigényt a fogyasztók által lekötött (hőközponti kapacitások által meghatározott) q_{Fmax} (MW), illetve a hőtermelőnél lekötött q_{Tmax} (MW) **csúcshőigény** jellemzi, utóbbi az egyidejűségek és a hőelosztási veszteség figyelembe vételével magasabb. A mértékadó érték a sztochasztikusan változó értékek statisztikai elemzése alapján, elfogadott kockázattal határozható be. A távhőtermelői **beépített kapacitást** (q_{TB} , MW) a tervezési gyakorlat szerint úgy határozzák meg, hogy a legnagyobb egység kiesése esetén is a maradék kapacitás legalább a lekötött csúcshőigény 75%-át fedezze. Erre tekintettel a hőtermelő létesítmény minden körülmények között több egységből áll, és tartalékkal rendelkezik.

A fűtési és használati melegvíz fogyasztási éves hőforgalmat a távhőszolgáltató szintjén összesítve a fogyasztói szinten vételezett hő Q_F (GJ) és a hőtermelőnél mért kiadott hő Q_T (GJ) jellemzi. A két érték különbsége az elosztási hőveszteség, Q_V (GJ), azaz

$$Q_T = Q_F + Q_V.$$

Q_V értéke az éves termelési hőforgalomra vetítve kb. 8-12% -ra tehető, a hőelosztó hálózat kiterjedésétől, fektetési módjától, hőszigeteléstől és kapacitás kihasználásától függően.

A távhőrendszer éves **eredő kapacitás kihasználását** jellemző **kihasználási óraszám** fentiek alapján, a viszonyítási alap értelmezésétől függően (ld. részletesebben a 6. fejezetben):

- hőtermelői szinten, a lekötött kapacitásra: $\tau_T = Q_T / q_{Tmax} / 3,6$ (h/év).

- hőtermelői szinten, a beépített kapacitásra: $\tau_{TB} = Q_{TB} / q_{TB} / 3,6$ (h/év).

4.4 A hőfogyasztási és termelési viszonyokat befolyásoló egyéb tényezők

Az egyéb hőtermelési tényezők a távhő infrastruktúra távlati kihasználtságát további tényezőkkel befolyásolják.

A fogyasztói fűtésekszerűsítések, egyedi mérés és szabályozás hatása a fűtési célú hőértékesítést csökkenti (akár 20%-kal). Az épület hőszigetelés hatása a fűtési hőigényt jelentősebb mértékben érinti (akár további 30%-kal). A használati melegvíz célú hőértékesítést csökkenthetik pl. az épületekre telepített napkollektorok. Az elosztási hőveszteséget csökkenthetik a korszerű technikával végzett vezeték felújítások, növelhetik új vezetékszakaszok építése. Mindezeket együttesen érinti új fogyasztók bekapcsolása.

A hőfogyasztási és termelési tényezőket fentiek révén tágabb értelemben befolyásolják a klíma- és energiapolitikai intézkedések, a településfejlesztési tervek, a rendelkezésre álló források, támogatások, amelyek az adaptációs képességet is meghatározzák.

Egyéb tényezők között említhetők még a fogyasztói magatartást befolyásoló tényezők, a versenyző fűtési módok preferenciái, amelyek elsődlegesen új potenciális hőfogyasztók választását befolyásolják.

5 A távhőellátó rendszer műszaki infrastruktúrájának a klímaváltozás miatti érzékenysége és sérülékenysége

Az üzembiztonságot csökkentő sérülékenység ebben a pontban leírt vizsgálati módszere általános jellegű, a konkrét értékelés az adott távhőellátó rendszerre egyedileg végezhető el.

A sérülékenység vizsgálata a

- 4.1 pontban található alapfogalmakat és módszertant használva, az ott ismertetett jövőképek és időablakok, alapadatok valamint a
- 4.2 pontban leírt távhőellátó struktúrák egyes elemeinek részletes elemzése

alapján történik.

Egy konkrét távhőellátó rendszer értékelése során az 5.5 pontban szereplő ellenőrzési lista szerint célszerű az érzékenységi jellemzőket egyenként figyelembe venni. A lista minden lehetséges veszélyforrást tartalmaz, még ha ezek közül néhány a legtöbb rendszer esetében nagy valószínűséggel elhanyagolható értékű is.

Az értékelési adatlap mintája és értelmezése az 5.6 pontban található.

5.1 Hőforrások

A hőforrások egy távhőellátó rendszerben kombinálhatók, azaz egy rendszer többféle hőforrást is tartalmazhat. Ezekben a konkrét esetekben a hőforrásokat egyenként kell vizsgálni és értékelni, majd a végeredményeket a teljes rendszerre összegezni.

5.1.1 Fűtőművi egységek

5.1.1.1 A fűtőmű kitettsége

Egy fűtőmű klímaváltozási hatásoknak való kitettségét a helyi klímaparaméterek determinálják. Ez fűtőművenként eltérő lehet, attól függően, hogy azok az ország mely részén helyezkednek el, ezért klímaváltozás miatt szükséges vizsgálatokat minden fűtőműre egyedileg kell elvégezni.

A klímaváltozásra jellemző, vizsgált időjárási paraméter változások:

- extrém hőmérsékletváltozás
- nagyobb szélviharok
- hőségnapok számának növekedése
- az egy nap alatt lehulló nagyobb csapadékmennyiség gyakoriságának növekedése.

A kitettségi adatok az egyes paraméterekben a klímaváltozásból adódó, várható módosulások, melyek változástól függően növekvő vagy csökkenő értéket is eredményezhetnek.

A rendszerelemek érzékenységeinek áttekintéséhez az 5.4 pontban szereplő táblázat, az értékeléshez az 5.5 pontban ismertetett pontozásos rendszer használható. Kitölthető Excel értékelő táblázat a 3. mellékletben van csatolva.

A vizsgált klímaparaméter változása alapján a kitettség értékelése: elhanyagolható kitettség esetén a pontszám **0**, mérsékelt kitettség esetén a pontszám **1**, jelentős kitettség esetén pedig a pontszám **2**.

5.1.1.2 Fűtőművek érzékenysége

- A fűtőmű érzékenysége az extrém hőmérsékletváltozásokra

Fűtőművek az extrém hőmérsékletváltozásokra nem tekintetők érzékenyek, de a hőmérséklet tartós megemelkedése okozhat zavarokat.

- A fűtőmű érzékenysége a hőségnapok számának növekedésére

A fűtőművek a hőségnapokra akkor érzékenyek, ha valamely helyi berendezésük túlmelegszik és kiesik. Érintettek lehetnek a villamos berendezések, motorok, frekvenciaváltók, valamint a számítógépes folyamatirányító rendszerek, klíma berendezések.

- A fűtőmű érzékenysége a nagyobb szélviharok gyakoriságának növekedésére

A fűtőművek főberendezései ipari épületekben helyezkednek el, így azok a megnövekedett viharveszélyre érzéketlenek. Ugyanakkor a szabadban felállított építmények között kiemelt a kémény (ek), amely(ek) a konstrukcióból függően a viharok számának növekedése miatt kritikus állapotba kerülhet(nek). Ezt az adott építmény statikai és állagfelmérési adatainak az ismeretében lehet megítélni. Ugyanez vonatkozik a telekommunikációra használt antennák esetére is.

Az érzékenység megállapítása során figyelembe kell venni, hogy adott esetben a kémény jelentős sérülése esetén a hőtermelés ellehetetlenül. A telekommunikációs antennáknál az érzékenységi faktor nem ennyire drasztikus.

A szélviharok miatt a légkábellel való csatlakozás esetén a fűtőmű áramellátását is értékelni kell, mert ha az megsérül, az a távhőellátó rendszer leállítását, adott esetben a fűtővíz kigőzölgését okozza. Mivel a külső áramellátás a hőellátó rendszert üzemeltetőjének kompetenciáján kívül esik, az áramszolgáltatóval együttműködve lehet az érzékenységi pontszámot megállapítani.

- A fűtőmű érzékenysége a nagyobb csapadékmennyiség gyakoriságának és mértékének megnövekedésére

A hirtelen lehulló nagyobb csapadékmennyiség nagyobb kiterjedés esetén árvíz-, lokális esetben belvízveszélyt okozhat.

A belvíz a következő események és állapotok együttes bekövetkezte, illetve fennállása esetén okozhat problémát a fűtőmű működésében:

- a meglévő helyi csatornarendszer a lehulló csapadékot nem tudja elvezetni,
- a fűtőmű környezetében olyanok a terepszint viszonyok, hogy a fűtőmű területén összegyűlő víz nem tud mélyebb területek felé elfolyni, és

- a fűtőműben olyan berendezések vannak a várható belvízszint alatt (alagsori vagy pincében elhelyezett berendezések, nem megfelelően szigetelt belső földkábelek), amelyeket az oda folyó víz károsíthat.

A nagymennyiségű, hirtelen lehulló csapadék okozta belvíz a fűtőmű áramellátását is veszélyeztetheti, ha az egy erre érzékeny földkábelben és tartalék nélkül történik. A vizsgálatnál ennek lehetőségét is figyelembe kell venni. Mivel az áramellátás a hőellátó rendszert üzemeltető cég kompetenciáján kívül esik, az áramszolgáltatóval együttműködve lehet az érzékenységi pontszámot megállapítani, ha erre reális veszély mutatkozik.

Ha a nagyobb csapadékmennyiség hó formájában jelentkezik, a szilárd tüzelőanyaggal (biomassza, hulladék) üzemelő fűtőmű esetében a kitermelés és a beszállítás akadózóvá válhat, vagy egyes esetekben teljesen el is lehetetlenülhet. Amennyiben nincs megfelelő mennyiségű tüzelőanyag tartalék a fűtőmű területén, vagy nincs megbízhatóan működő csővezetékes vagy helyi tartalék tüzelőanyag ellátás (földgáz, olaj), ez a fűtőmű leállását okozhatja.

A nagyobb hómennyiség vagy deresedés légkábellel való áramellátás esetén áramellátási zavart okozhat. A vizsgálatnál ennek lehetőségét is figyelembe kell venni. Mivel az áramellátás a hőellátó rendszert üzemeltető cég kompetenciáján kívül esik, az áramszolgáltatóval együttműködve lehet az érzékenységi pontszámot megállapítani.

Az összesített érzékenységi értéket ennél a klímaparaméternél az összes itt felsorolt érzékenység együttes figyelembe vételével kell megállapítani.

A kitettséghez hasonlóan az érzékenység pontozással jellemezhető. Elhanyagolható érzékenység esetén a pontszám **0**, mérsékelt érzékenység esetén a pontszám **1**, jelentős érzékenység esetén pedig a pontszám **2**.

5.1.1.3 Várható hatás

Az egyes klímaparaméterek esetében a várható hatásokat az adott klímaparaméter megváltozásának és a fűtőmű adott klímaparaméter változására való érzékenységeinek ismeretében lehet kiszámítani. Az értékelő táblázat szerint a várható hatás értéke a kitettségi és az érzékenységi értékek szorzata. Minimális értéke 0, maximális értéke 4. A várható hatás értékek jellemzik a fűtőmű jelenlegi felkészültségét a klímaváltozásra, és (ha ez a felkészültség nem elégséges) ezek ismeretében lehet dönten a jövőben szükségessé váló intézkedésekről.

5.1.1.4 Alkalmazkodóképesség

Az alkalmazkodóképesség azon műszaki intézkedések együttese, melyekkel a klímaváltozás miatt várható negatív hatásokat csökkenteni lehet.

Fűtőművek szakcég által üzemeltetett létesítmények, és a cégnek és alkalmazottainak elemi érdekük, hogy a hőszolgáltatás a megfelelő módon működjön. Ebből következően várható, hogy a szükséges megelőző illetve javító intézkedéseket a klímaváltozás hatásainak csökkentése érdekében (ha azok ismertek előttük) megteszik.

Az alkalmazkodási igény kétfajta intézkedést jelenthet. Az egyik, mikor a fűtőmű saját hatáskörben intézkedik, a másik pedig mikor a sérülékenységet a külső vezetékes szolgáltatóval együttműködve csökkentik.

Az alábbiakban ezen lehetséges intézkedéseket tekintjük át a fentebb alkalmazott klímaparaméter felosztás szerint.

- Alkalmazkodóképesség az extrém hőmérsékletváltozások gyakoriságának megnövekedése miatti érzékenység csökkentése érdekében

A fűtőművek erre a klímaparaméter változásra nem tekinthető érzékenynek, ezért intézkedés nem szükséges.

- Alkalmazkodóképesség a hőségnapok számának növekedése miatti érzékenység csökkentése érdekében

Az alkalmazkodóképesség ennél a klímaparaméternél a fűtőmű fontos berendezéseit hűtő alrendszerek felülvizsgálatát és szükség esetén kapacitásának megnövelését jelenti.

- Alkalmazkodóképesség a nagyobb szélviharok gyakoriságának növekedése miatti érzékenység csökkentése érdekében

A hatás a fűtőmű berendezéseit tekintve várhatóan a kéményeknél és a távközlési antennáknál léphet fel. Kétség esetén célszerű a berendezések statikai felülvizsgálatát szakcéggel elvégeztetni, és ha szükséges, a megerősítésükről dönteni.

A szélviharok gyakoriságának növekedése okozta másik hatás (légkábeles áramellátás esetén) az áramellátás kimaradásával jelentkezhet. Ezt a hatást illetően a fűtőmű saját hatáskörben nem tud intézkedni, azaz az alkalmazkodóképesség az külső féllel együttműködés lehetőségével együtt értékelendő.

- Alkalmazkodóképesség a nagyobb csapadékmennyiség gyakoriságának és mértékének megnövekedése miatti érzékenység csökkentése érdekében

Az alkalmazkodóképesség első lépése annak felülvizsgálata, hogy a megnövekedett csapadékmennyiség eredményezhet-e a távhőrendszer valamely berendezésében hibát okozó elárasztást. Ehhez a talajszintek, a talajviszonyok és a vízelvezető csatornák kapacitásának ismerete szükséges. Amennyiben előfordulhat ilyen, a szükséges intézkedéseket (vízszigetelés, belső földkábel csere, berendezés áthelyezés) a felülvizsgálat eredményei alapján lehet megtenni.

A nagyobb csapadékmennyiséggel többnyire együtt járó villámlások gyakoriságának megnövekedése a villamos energia ellátás esetén az áramellátás kimaradását okozhatja. Ezt a hatást illetően a fűtőmű saját hatáskörben nem tud intézkedni, azaz a saját alkalmazkodóképessége nulla.

Ha a nagyobb csapadékmennyiség szilárd halmazállapotban jelentkezik (hó) a szilárd tüzelőanyagot (biomassza, hulladék) használó fűtőművekben tüzelőanyag ellátási nehézségeket okozhat. Az erre való érzékenység megfelelő helyi tárolással csökkenthető.

A téli deresedés kedvezőtlen esetben a fűtőmű áramellátását blokkolhatja. Ezt a hatást illetően a fűtőmű saját hatáskörben nem tud intézkedni, azaz a saját alkalmazkodóképessége nulla.

Az összesített alkalmazkodóképesség értékének megállapításához ennél a klímaparaméternél a fenti alkalmazkodóképességi lehetőségek mindegyikét figyelembe kell venni.

Az alkalmazkodóképesség pontozással jellemezhető. Nem elégséges alkalmazkodóképesség esetén a pontszám **0**, korlátozottan elégséges alkalmazkodóképesség esetén a pontszám **1**, elégséges alkalmazkodóképesség esetén pedig a pontszám **2**.

5.1.1.5 Sérülékenység

Az egyes klímaparaméterek szempontjából külön-külön értékelt fűtőműi sérülékenység az Excel formátumú értékelő táblázatban alapján a program úgy számolja ki, hogy a várható hatás értékét az alkalmazkodóképesség értékével arányosan csökkenti.

A sérülékenység értéke a fűtőmű esetében klímaparaméterenként **0** és **4** közötti érték. A magasabb érték a nagyobb sérülékenységet jelzi.

5.1.2 Fűtőerőművek és speciális hőtermelő egységek

A hagyományos és gázturbinás fűtőerőművek, gázmotoros blokk-fűtőerőművi egységek, hulladékhasznosító művek a kapcsolt villamosenergia termelés berendezései miatt komplexebb létesítmények, mint a fűtőművek.

A speciális hőtermelő egységek egyedi sajátossággal bírnak (geotermikus hőforrások, hulladékhőt használó egységek, hőszivattyúk).

Ezek sérülékenységi értékelését a fűtőműveknél leírtakhoz hasonló elvek alapján, a teljes távhőrendszerre gyakorolt kihatásuk figyelembe vételével lehet elvégezni.

5.2 Hőszállító és hőelosztó vezetékhálózat

A távhőellátó rendszerek hőszállító és hőelosztó vezetékhálózatai, aknáik a klimatikus változásokra érzékenyek, sérülékenységgel egyedül a nagymennyiségű csapadék, belvíz okozta elárasztás veszélye, fagyveszélye időszakban pedig a pangó vezetékszakaszok elfagyása jelentkezhet.

5.3 Hőközpontok

A hőközpontok épületen belüli telepítésük miatt a várható klimatikus változásokra nem érzékenyek.

5.4 Ellenőrző lista

Az ellenőrző lista a fentebbi, érzékenységre vonatkozó pontokban található leírások alapján készült, és a klímaparaméterek függvényében figyelembeveendő jelleggel minden olyan

berendezést/alrendszert tartalmaz, amelyek esetében az érzékenység nullától eltérő lehet, azaz a vizsgálat folyamán ki kell rá térni.

Az adott egység teljes kiesését okozó érzékenységi pontok **xx**-szel, a kisebb negatív hatással járó pontok **egy x**-szel vannak jelölve. Amely cellák üresek, ott érzékenység nem valószínűsített.

A külső vezetékes ellátás (villany, gáz, víz) sérülékenysége a szolgáltató cégekkel való együttműködés keretében mérhető fel.

			Változó klímaparaméterek						
			Extrém hőmérséklet-változás	Nagyobb szélviharok gyakoriságának növekedése	Hőségnapok számának növekedése	Az egy nap alatt lehulló nagyobb csapadékmennyiség gyakoriságának növekedése			
						Eső		Hó	
						Árvíz	Belvíz		
Fűtőmű / Fűtőerőmű	Berendezések	Kémény		XX					
		Telekommunikációs antenna		X					
		Klíma-berendezések			X				
		Vízvezető rendszer					X		
	Áram-ellátás	Légkábel		XX					XX
		Földkábel						XX	
	Vízellátás								
	Kazán tüzelőanyag-ellátás	Földgáztüzelés							
		Hulladéktüzelés							X
		Biomassza tüzelés							X
	Hőszivattyú	Levegő - víz típus		X					
		Víz-víz típus							
	Geotermikus hőellátás								
	Hulladékhő ellátás								
Hőszállító és elosztó vezetérendszer									
Hőközpontok									

5.5 A sérülékenység értékeléséhez alkalmazott Excel táblázat

A táblázat a beírt adatok alapján a távhőellátó rendszernek a kiemelt klímaparaméterre értelmezett sérülékenységét számolja ki a klimatikus kitettségben bekövetkező változás és felmért érzékenységek figyelembe vételével. A felmérés a rendszert üzemeltető szakemberek feladata.

A számító Excel táblázat az 3. mellékletben található. A bemenő adatokat a megfelelő cellákba kell beírni, a számítás ezek után automatikus.

A bemenő és a számított adatok:

- Az első bemenő adat a klímaváltozás adatai minden klímaparaméterre. Az adatok a HU_RCA_123 klímamodell alapján vannak kiszámítva, mintaterületenként változók, és két forgatókönyvet vesznek figyelembe: az optimistább RCP 4,5 verziót és a pesszimistább RCP 8,5 verziót.

Az adatok két csoportból állnak: a bázis időszak (1971 – 2000. év) átlagértékei és az ettől a 2021 – 2050. évek átlagában várható eltérés. A mértékegység napban értendő. Az eltérés pozitív és negatív is lehet.

- A második bemenő adat a kitettség. Ezt az aktuális klímaparaméter százalékos változása alapján lehet megbecsülni.
(0: elhanyagolható; 1: mérsékelt; 2: jelentős)
- A harmadik bemenő adat az adott klímaparaméterre való érzékenység. Ez a távhőellátó rendszer adottságaiból következik. Az ellenőrzési lista alapján lehet az adott klímaparaméterre az értékét (több veszélylehetőség esetén összegezve) meghatározni.
(0: elhanyagolható; 1: mérsékelt; 2: jelentős)
- Az első számított adat várható hatás. Ezt a táblázat a kitettség és az érzékenység szorzataként állítja elő. Értékei: 0, 1, 2, 4. A növekvő értékek nagyobb várható hatást jelentenek.
- A negyedik bemenő adat az alkalmazkodóképesség. Ezzel azt lehet megadni, hogy az adott klímaparaméter változása esetén várható negatív hatást a megfelelő műszaki intézkedésekkel mennyire lehet ellensúlyozni a szükséges erőforrások rendelkezésre állására is tekintettel.
(0: ellensúlyozásra nem elégséges; 1: ellensúlyozásra részben elégséges; 2: ellensúlyozásra elégséges)
- A második számított adat a sérülékenység. Értéke a várható hatásnak az alkalmazkodóképességgel arányos csökkentésével számítja ki a program.
Értékei: 0, 1, 2, 4. A növekvő értékek nagyobb sérülékenységet jelentenek.

Ha az adott távhő szolgáltató rendszert több hőforrásból látják el, akkor ezeket együttesen kell értékelni annak függvényében, hogy milyen mértékben tudják egymást kisegíteni, azaz mennyire szolgálnak egymás tartalékául.

5.6 A sérülékenységi adatok értékelése

Egy távhőellátó rendszer sérülékenysége annál nagyobb, minél nagyobb egy adott klímaparaméter jövőben várható, negatív hatást okozó változása, minél nagyobb a rendszer érzékenysége az adott klímaparaméter változására, és minél kevésbé tudja a rendszer üzemeltetője a várható hatást műszaki intézkedésekkel ellensúlyozni.

A számítás során kapott értékek tájékoztatásul szolgálnak az üzemeltető számára, hogy hol vannak a klímaváltozás miatt várható veszélyes helyek a rendszerben, azaz hol van szükség olyan intézkedésre, amely a veszélyhelyzetet megszüntetni, de legalább az elfogadható értékre csökkenteni tudja.

Az értékelést célszerű időről-időre megismételni, hogy

- az újabb és pontosabb klímaadatokkal a sérülékenységi értékeket az adott időponthoz lehessen igazítani,
- figyelembe lehessen venni a távhőrendszer infrastruktúrájában bekövetkezett változásokat, fejlesztéseket.

Várható, hogy a távhőellátó rendszerek – lévén rendszeresen karbantartott és szakmailag felügyelt ipari létesítmények – a klímaváltozásra kevésbé érzékenyek, de a sérülékenység elemzése a veszélyes pontok felderítése érdekében nem hanyagolható el.

6 A távhőrendszerek kihasználtságának várható változását befolyásoló paraméterek vizsgálata

A „kihasználtság” általános értelemben egy forgalomnak egy adott kapacitásra vetített értéke, amely a távhőrendszer különböző alrendszereire értelmezhető. Jelen esetben a kihasználtságot a korábbi 4.3 fejezetben bevezetett módon a hőtermelő kiadó határán értelmezzük, éves szinten:

- hőtermelői szinten, a lekötött kapacitásra: $\tau_T = QT/qT_{\max}/3,6$ (h/év).
- hőtermelői szinten, a beépített, rendelkezésre álló kapacitásra: $\tau_{TB} = QT/q_{TB}/3,6$ (h/év).

A kapacitás kihasználtság összefüggésben van a gazdálkodás tényezőivel, tekintettel arra, hogy a vezetékes szolgáltatások, így a távhő elszámolása, ennek révén a szolgáltató árbevétele jellemzően a rendelkezésre bocsátott kapacitással, pontosabban az állóeszközök körének állandó költségeivel arányos alapidíjból (teljesítmény díjból), valamint a tényleges forgalommal arányos energiadíjból (hődíjból) tevődik össze. A kapacitás rendelkezésre állása feltételezi, hogy a rendszerelemek egyike sem korlátozza annak igénybevételét, így pl. a leghidegebb időszakban is rendelkezésre áll. Ebből következően a beépített kapacitásnak megfelelő tartalékokkal kell rendelkeznie. Utóbbi kapacitások fenntartása a gazdálkodásban az állandó költségeken keresztül érvényesül.

A kihasználtsági tényező a bázis és távlati viszonyokra kis- közepes és nagy távhőrendszerekre különböző mélységben és részletességgel számítható (ld. előző fejezetek), a klímaváltozás hatása a tényező változása.

6.1 Kitettség

Rendelkezésre álló klímaadatokat, mint a környezeti terhelés tényezőit lásd a 4. fejezetben.

Ezek közül kiemelt a fűtési időszakra jellemző napi átlagos külső hőmérséklet (t_k) átlagértékek és szórás értékei a bázis és a jövőbeli állapotra.

Megjegyzendő, hogy a NATÉR értékelési rendszerében a bázisnak tekintett időszak egységesen a 1971-2000. évek közötti időszak modellezési átlaga, függetlenül az adott időszakban az adott távhőrendszerben mért hőmérsékleti adatoktól (utóbbiak jellemzően magasabbak). A vizsgálat a bázis és a jövő közötti időszak (időablakok) közötti nagyléptékű változás (cca 50 év!) kimutatására irányul.

A klíma adatszolgáltatás három nagy területi térségre és kétféle klímamodellre vonatkozik, ezek közül a jövőre vonatkozóan az érintett térséghez közelálló választandó. A klímamodellek közül a nagyobb változást az RCP 8.5 modell mutatja. Ebből vett kiemelt adatok a fűtési időszaki átlaghőmérséklet és szórás, valamint a leghidegebb nap hőmérséklete.

A távlati időszakra vonatkozóan ezzel – normál elosztás feltételével- számítható a fűtési időszaki külső hőmérséklet gyakorisági eloszlása és tartam diagramja, és megbecsülhető a fűtési és nyári időszak hosszának változása.

A vizsgálatokhoz az egyes térségekre és klímamodellekre vonatkozó tartamdiagramok számított adatai a 2. mellékletben találhatók.

6.2 Klimatikus érzékenység és várható hatás

A távhőrendszer időjárás függése (állapot) a 4.3 fejezet szerinti összefüggések tükrében követhető.

Az adott távhőrendszerre vonatkozóan tényadatok feldolgozásából ismertnek vehető a bázis állapoti hőteljesítmény csúcsigény (q_{Tmax}), illetve a hőigény külső hőmérséklet függése a teljes évre vonatkozóan (tél + átmeneti időszak = fűtési időszak, nyár = csak hmv szolgáltatási időszak). Mivel a távhőszolgáltatók kimutatásai nem terjednek ki a távoli múltba, hőigény bázis szempontjából a közelmúlt tényadatainak figyelembe vétele ajánlható.

A modellszámításhoz a bázis időszakra vonatkozóan meg kell adni a fűtés, hmv és hőveszteségre vonatkozó alapadatokat, amelyre vonatkoztatva a jövőbeli állapot (évközi értékek) számítható. Egyszerűsített vizsgálathoz a mintaterületi példa (7. fejezet) adatai (hőteljesítmény arányok) értelemszerűen felhasználhatók.

Tájékoztatásul célszerű az üzemeltető által nyilvántartott tényadatokból képzett közelmúltbeli hőigény lefutási adatsorokat, diagramokat is bemutatni.

A jövőbeli állapotra a klímaadatoknál a NATÉR adatszolgáltatásból átvett módosuló érték szerepel, ahol a változásnak van kiemelt szerepe. A másodlagos klimatikus tényezőknek (napsugárzás, szél) változása csekély, elhanyagolható.

A 7. fejezetben bemutatott „Mintaterület elemzése” fejezetben a részletesebb számításra alkalmas bemenő adatok táblázata szerepel, ahol a bázis időszaki csúcshőigény (q_{Tmax}) és a beépített, rendelkezésre álló hőtermelő kapacitás (q_{TB}) értékén kívül a fűtési és használati melegvíz célú csúcshőigény, valamint a hálózati hőveszteség %-os felbontása is szerepel. A felbontásnak különösen akkor van jelentősége, ha a nem klimatikus tényezők (társadalmi, gazdasági hatások) az egyes tényezőkre eltérő mértékben hatnak ki.

A regionálisan mértékadó leghidegebb időszakra vonatkozóan értelmezett a hőforrás maximális hőteljesítmény igénye (q_{Tmax}), amit a hőforrás beépített kapacitásának (q_{BT}) a tartaléktartás elvei szerint meg kell haladnia.

A tartamdiagram adatai alapján ebből származtatható a hőteljesítmény igény tartamdiagramja, ennek integrálja az éves hőforgalom (QT). Az értékelés alapja voltaképpen a jövőbeli és a bázis időszaki hőforgalom különbözete, illetve az ehhez rendelt kihasználtsági tényező változása. A klimatikus változás a fűtés-hmv- hőveszteség összetevőkre különböző mértékben hat ki.

Részletesebb számítások alapján számított értékek a 7. Mintaterület elemzése fejezetben találhatók.

Egyszerűsített vizsgálatokhoz (kisebb rendszereknél, tipikusnak tekinthető fogyasztói struktúrájú távhőrendszerekre) az alábbi adatok lehetnek irányadók:

A QT éves hőforgalom megoszlása a „bázis” időablakra, Budapest térségére és az RCP8.5 (pesszimistább) klímamodellre:

fűtés: cca 70%

hmv: cca 18%

hővesztesség: cca 12 %

Ugyanez a megoszlás a QT éves hőforgalomra, a „jövő” időablakra, Budapest térségére és az RCP8.5 (pesszimistább) klímamodellre:

fűtés: cca 66%

hmv: cca 21%

hővesztesség: cca 13 %.

A bázis-jövő időablakai közti változás az éves hőforgalomra fenti példánál mintegy -16 %, ami a távhőrendszer klimatikus érzékenysége a kihasználtság szempontjából a bázis állapothoz viszonyítva. Az indikátornak tekintett kihasználtsági tényezőben (τ_T , τ_{BT} h/év) kifejezett változás ezzel azonos mértékű a vonatkoztatási bázis hőteljesítményre vonatkoztatva (ld. a 7. Mintaterület elemzése fejezetben bemutatott eredmény tábla).

6.3 Nem klimatikus tényezők hatása

A nem klimatikus tényezők alatt azok a társadalmi, gazdasági hajtóerők és egyéb természeti tényezők, alkalmazkodási stratégiák értendők, amelyek az adaptációs képességet befolyásolják (válaszok). Ezek jelentős része az energiatakarékossági célú fogyasztói intézkedések hatását tükrözi, és az adott távhőrendszerre vonatkozólag csak egyedileg rögzíthetők. A távhőrendszeri kihasználtság változása szempontjából a hőforgalmat (QT) befolyásoló tényezők számottevők. A jövőre vonatkozó feltevések tekintetében különböző scenáriók képezhetők.

A már a korábbi években megkezdett **energiahatékonysági intézkedések** (ÖKO program, Zöld Beruházási Rendszer-ZBR, helyi programok) alapján ismertnek vehető azok kihatása a fogyasztói vételezésekre a jelenlegi klimatikus viszonyok mellett. Ezek erőteljesen az értékesítési hőforgalom csökkenése irányában hatnak.

A **piacbővítő intézkedések** alatt itt a hőigények csökkenését ellensúlyozó potenciális intézkedések értendők.

Az energetikai adatokban a jövőre kimutatott változások a bázis állapotra értelmezett csúcshőteljesítményre (q_{Tmax}) vonatkoznak. Utóbbi érték – egyéb információ híján – a közelmúlt tényadatain alapul, és így figyelembe veszi, hogy különböző épületenergetikai korszerűsítési és piacbővítő intézkedések a meglévő fogyasztó állományon már megtörténhettek. Így a jövőre értelmezett, %-ban kifejezett változások csak az ezt követő

időszakra vonatkozhatnak! (bázis és jövő együttesen $\leq 100\%$!). Az adatmegadásnál a „terjedelem” a bázis állapotú igényszinten becsült érték, míg az „egyedi hatás” erre vonatkoztatva már a jövőbeli állapotot tükrözi (a jövőben a tervezett intézkedéseknél fokozott energiatakarékossági követelményeket feltételezve), így a jövőbeli állapotra már a kétszeres értéke érvényesül.

Fentiekhez célszerűnek vehető, részletesebb bemenő adatai Excel táblázat a 3. mellékletben van csatolva.

6.4 Sérülékenység

A távhőrendszeri kihasználtság, mint kiemelt mutató sérülékenysége az **alapállapotú csúcshőigényre** (q_{Tmax}) és az akkor beépített, rendelkezésre álló kapacitásra (q_{TB}) vonatkoztatva, az 7. Mintaterület elemzése tárgyú fejezetben közölt eredménytáblázatban a bázis és a jövőbeli hőforgalomra (Q_T) vetítve van kifejezve.

A nem klimatikus tényezők (energiatakarékossági intézkedések) eredő hatásaival együtt a hőforgalom akár jelentős mértékben csökkenhet, ha azt piacbővítő intézkedések nem ellensúlyozzák. (Természetesen a jövőben az aktuálisan mértékadó csúcshőigény is csökken, és ennek következtében akár a beépített kapacitást is csökkenthetik, így a jövőbeli állapotban érvényesülő kihasználtság formálisan javulhat. Jelen vizsgálathoz azonban a bázis állapothoz képesti változás kimutatása a feladat).

Fenti értékelések adott távhőrendszerre különböző térségi klímamodellre és időablakra vonatkozóan, különböző nem klimatikus tényezőkre (szcenáriókra) végezhetők el.

Fentiekhez célszerűnek vehető, részletesebb értékelő Excel táblázat a 3. mellékletben van csatolva.

7 Egy mintaterület elemzése, komplex értékelése

7.1 Mintaterület: a Budapesti Távhőszolgáltató Zrt. (FŐTÁV) Észak-Budai távhőkörzete

A FŐTÁV Budapest III. kerületi, Kunigunda utcai fűtőművi hőtermelő telephelyére Óbuda, Kaszásdűlő, Római Part és Békásmegyer lakótelepi építményei (lakások és közintézmények) kapcsolódnak. A hőközvetítő fogasztói köre az elmúlt évtizedekben képzült, stabilizálódott.

A hőhordozó közeg forróvíz, amely a hőigényekhez igazodóan változó hőfokon, változó tömegárammal kerül kiadásra két fő (déli és északi) induló gerincvezetési irányban. A távvezetésekre a hőfogasztók indirekt kapcsolású, változó tömegáramú szabályozású hőközpontokkal csatlakoznak, fűtési és használati melegvíz ellátás céljából.

A FŐTÁV Fűtőművének meghatározó főberendezései az alternatív földgáz/fűtőolaj tüzelésű 3 db PTVM-50 típusú forróvíz kazán, a fűtővíz keringetésére szolgáló keringető szivattyúk, a nyomástartó és pótvíz előkészítő rendszer, továbbá a segédüzemi gőzellátást biztosító 2 db földgáztüzelésű HOK segédkazán. A beépített, rendelkezésre álló hőteljesítmény $174+10=184$ MW.

A földgáz tüzelőanyag ellátása a fűtőművi gázfogadón keresztül történik, a fűtőolaj ellátásra a fűtőművi olajtárolókhoz kapcsolódó olaj-előmelegítő és nyomásfokozó rendszer szolgált. (Az olajkészletet időközben FŐTÁV felhasználta, az olajtüzelést megszüntette).

A füstgázok elvezetése egy több füstcsöves, 200 m magas vasbeton kéményen keresztül történik.

Az 1972-1977 évek között több lépcsőben kiépült Kunigunda utcai Fűtőműre a hőközvetítők fokozatosan csatlakoztak, a korábbi években a Fűtőmű az Óbuda, Zápor utcai Fűtőművel együttműködve üzemelt. A telephelyen létesített (2007-ben üzembe helyezett) gázturbinás MVM Fűtőerőmű üzembe lépésével a Zápor utcai Fűtőmű hőtermelői szerepe megszűnt, azóta az Észak-Budai Fűtőmű a kogenerációs erőművel hő kooperációban üzemel.

Az MVM Fűtőerőmű 3 db gázturbinás kogenerációs egységből áll, amelyek fűtővíz oldalon a Fűtőmű belső rendszerére csatlakoznak. A Fűtőerőmű földgáz tüzelésű, füstgázai hőhasznosító kazánoként önálló kéményeken keresztül vannak elvezetve. A távhőszolgáltatás céljára garantáltan rendelkezésre álló hőteljesítmény 60 (szükség, illetve gazdasági érdek esetén max. 100) MW. Ezzel a távhőközvetítő számára rendelkezésre álló beépített hőteljesítmény együttesen 244 MW (qTB).

7.1.1 Az infrastruktúra sérülékenységeinek értékelése

Az 5. fejezet szerinti módszertan alapján a kijelölt klimatikus tényezőkre elvégzett vizsgálat eredményei az alábbi adatlapokon szerepelnek:

Távhőrendszeri infrastruktúra sérülékenységeinek változása									
A NATeR vizsgálat klimatadatai alapján									
Mintaterület:				FŐTÁV Észak-budai távhőköri					
Távhőrendszer üzemeltetője:				FŐTÁV					
Időablak bázis:				1971-2000		évek átlaga			
Időablak jövő:				2021-2050		évek átlaga			
Klimamodel:				HU_RCA_123					
Klimaparaméter	30 mm, vagy azt meghaladó (PRmax > 30 mm) csapadékmennyiségű napok éves átlagos számának változása								
	Klimaadatok			Bemenő adat 1	Bemenő adat 2	érintett struktúra	Számított adat 1	Bemenő adat 3	Számított adat 2
	Bázisnapok száma	Jövőbeli napok száma	Napok számának százalékos változása	Kitettség pontszám	Érzékenység pontszám		Várható hatás pontszám	Alkalmazkodóképesség pontszám	Sérülékenység eredő pontszám
RCP 4.5 verzió	0,867	0,833	-3,922%	1	1	aknák	1	2	0
RCP 8.5 verzió	0,867	1,100	26,874%	1	1	aknák	1	2	0
Értékelési pontszámok				(1) Klíma kitettség	(2) Érzékenység			(3) Alkalmazkodóképesség (hatás ellensúlyozása)	
				0: elhanyagolható	0: elhanyagolható			0: nem elégséges	
				1: mérsékelt	1: mérsékelt			1: részben elégséges	
				2: jelentős	2: jelentős			2: elégséges	
Klimaparaméter	Hőségriadós napok (Tátl > 25 °C) éves átlagos számának változása								
	Klimaadatok			Bemenő adat 1	Bemenő adat 2	érintett struktúra	Számított adat 1	Bemenő adat 3	Számított adat 2
	Bázisnapok száma	Jövőbeli napok száma	Napok számának százalékos változása	Kitettség pontszám	Érzékenység pontszám		Várható hatás pontszám	Alkalmazkodóképesség pontszám	Sérülékenység eredő pontszám
RCP 4.5 verzió	12,467	18,5	48,4%	2	1	vilamos berendezések klímák folyamat irányítás	2	1	1
RCP 8.5 verzió	12,467	21,8	74,9%	2	1	vilamos berendezések klímák folyamat irányítás	2	1	1
Értékelési pontszámok				(1) Klíma kitettség	(2) Érzékenység			(3) Alkalmazkodóképesség (hatás ellensúlyozása)	
				0: elhanyagolható	0: elhanyagolható			0: nem elégséges	
				1: mérsékelt	1: mérsékelt			1: részben elégséges	
				2: jelentős	2: jelentős			2: elégséges	
Klimaparaméter	Szélvész, heves szélvész, orkán (85 km/h-t meghaladó szélhőkésék)								
	Klimaadatok			Bemenő adat 1	Bemenő adat 2	érintett struktúra	Számított adat 1	Bemenő adat 3	Számított adat 2
	Bázisnapok száma	Jövőbeli napok száma	Napok számának százalékos változása	Kitettség pontszám	Érzékenység pontszám		Várható hatás pontszám	Alkalmazkodóképesség pontszám	Sérülékenység eredő pontszám
RCP 4.5 verzió	0,73333	1,03333	40,909%	1	1	kémény villamosenergia telekommunikáció	1	2	0
RCP 8.5 verzió	0,73333	0,50000	-31,818%	0	1	kémény villamosenergia telekommunikáció	0	0	0
Klimaparaméter	Szélvész, heves szélvész, orkán (90 km/h-t meghaladó szélhőkésék)								
	Klimaadatok			Bemenő adat 1	Bemenő adat 2		Számított adat 1	Bemenő adat 3	Számított adat 2
	Bázisnapok száma	Jövőbeli napok száma	Napok számának százalékos változása	Kitettség pontszám	Érzékenység pontszám		Várható hatás pontszám	Alkalmazkodóképesség pontszám	Sérülékenység eredő pontszám
RCP 4.5 verzió	0,26667	0,56667	112,499%	2	1	kémény villamosenergia telekommunikáció	2	1	1
RCP 8.5 verzió	0,26667	0,20000	-25,001%	0	1	kémény villamosenergia telekommunikáció	0	0	0
Értékelési pontszámok				(1) Klíma kitettség	(2) Érzékenység			(3) Alkalmazkodóképesség (hatás ellensúlyozása)	
				0: elhanyagolható	0: elhanyagolható			0: nem elégséges	
				1: mérsékelt	1: mérsékelt			1: részben elégséges	
				2: jelentős	2: jelentős			2: elégséges	

Klimaparaméter	extrém hőmérsékletváltozás ($\pm 5^\circ \text{C} / 3 \text{ h}$),			Bemenő adat 1	Bemenő adat 2	érintett struktúra	Számított adat 1	Bemenő adat 3	Számított adat 2
	Klímaadatok								
	Bázisnapok száma	Jövőbeli napok száma	Napok számának százalékos változása	Kitettség pontszám	Érzékenység pontszám		Várható hatás pontszám	Alkalmazkodóképesség pontszám	Sérülékenység eredő pontszám
RCP 4.5 verzió	277,7	267,8667	-3,541%	0	0	nincs	0	2	0
RCP 8.5 verzió	277,7	283,4000	2,053%	0	0	nincs	0	2	0
Klimaparaméter	extrém hőmérsékletváltozás ($\pm 10^\circ \text{C} / 3 \text{ h}$),			Bemenő adat 1	Bemenő adat 2		Számított adat 1	Bemenő adat 3	Számított adat 2
	Klímaadatok								
	Bázisnapok száma	Jövőbeli napok száma	Napok számának százalékos változása	Kitettség pontszám	Érzékenység pontszám		Várható hatás pontszám	Alkalmazkodóképesség pontszám	Sérülékenység eredő pontszám
RCP 4.5 verzió	3,4	3,2333	-4,903%	0	0	nincs	0	2	0
RCP 8.5 verzió	3,4	3,7667	10,785%	0	0	nincs	0	2	0
Értékelési pontszámok				(1) Klíma kitettség	(2) Érzékenység			(3) Alkalmazkodóképesség (hatás ellensúlyozása)	
				0: elhanyagolható	0: elhanyagolható			0: nem elegendő	
				1: mérsékelt	1: mérsékelt			1: részben elegendő	
				2: jelentős	2: jelentős			2: elegendő	

1. táblázat

A sérülékenység fenti elemzéséből levonható következtetések:

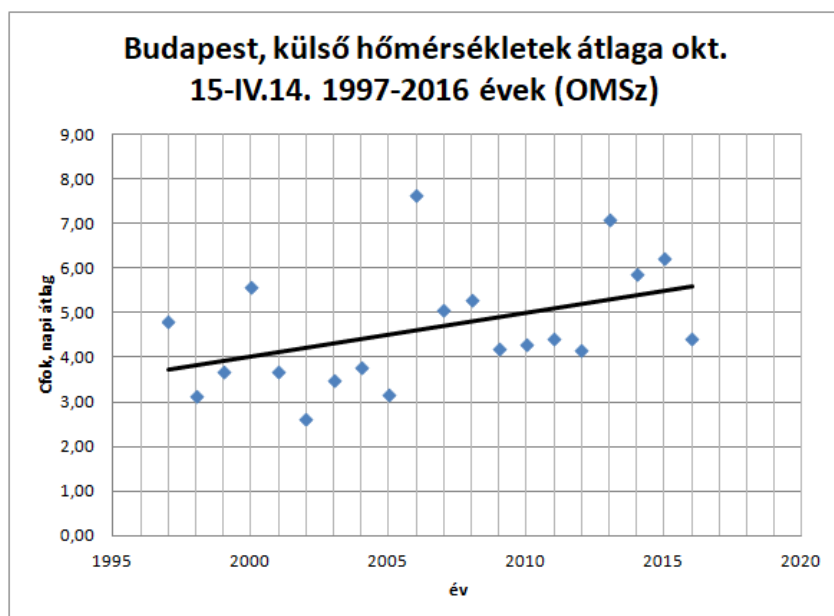
- a vizsgált klímiparaméterekben jelentős kedvezőtlen változás a szélvész és a hőségriadós napok számában mutatkozik, ami a rendszerelemek érzékenysége alapján a várható hatás tekintetében is megmutatkozik. Az itt kiemelt érintett alrendszerek között a kémény, a villamos és folyamatirányító és klíma berendezések szerepelnek. A hőtermelésben szerepet vállaló MVM Fűtőerőmű gázturbináinak tekintetében még a technológiai hűtők hőmérsékleti érzékenysége említhető.
- Ezekre a távhőrendszer elemei gyakorlatilag **kis mértékben sérülékenyek**, az alkalmazkodó képességet „részben elégségesnek” ítélve. Utóbbi azt fejezi ki, hogy az ezen tényezőkhöz való alkalmazkodás a jelenleg szokásos eszközfenntartási gyakorlathoz képest a jövőben fokozott figyelmet igényel, megfelelő források hozzárendelésével.

A közvetlen klimatikus érzékenység vonatkozásain túlmenően megemlítendő a földgáz ellátás, külső villamos betáplálás és a vízellátás kritikus területei, amelyek sérülékenységi elemzése túlmutat jelen NATÉR vizsgálat keretein.

7.1.2 A távhőrendszer kihasználtságának értékelése

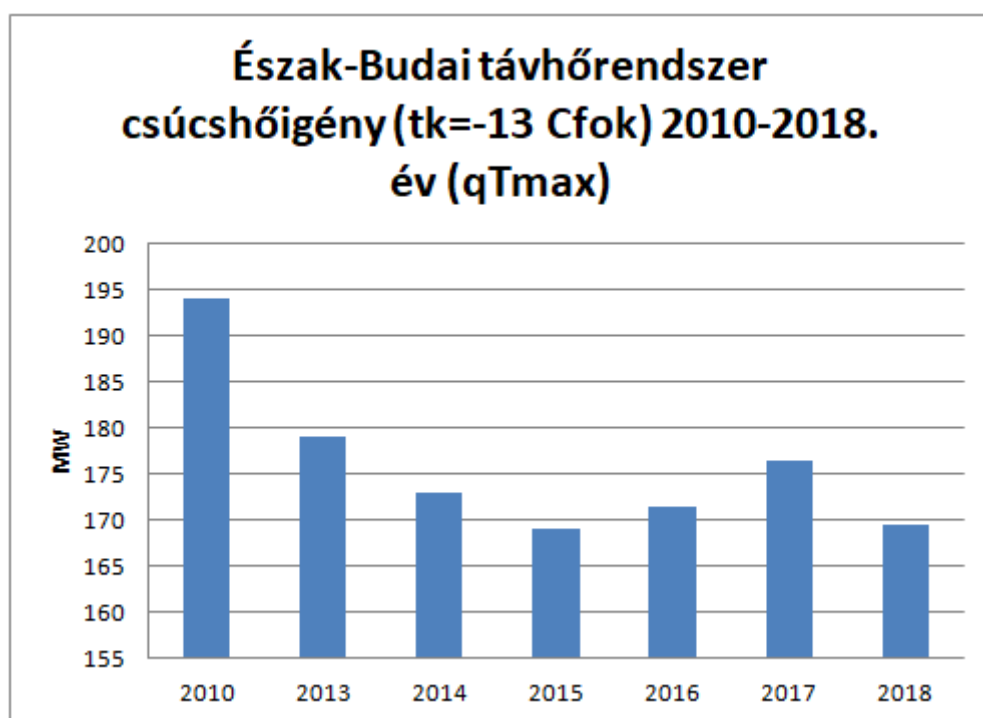
A 6. fejezetben tárgyalt módszertanhoz kapcsolódva a távhőrendszer hőforgalmát érintő tényezők tekintetében a közelmúltbeli évek tényadatait a következők jellemzik.

A fűtési időszak külső átlaghőmérséklete az alábbiak szerint alakult, jellemző emelkedést mutatva:



9. ábra

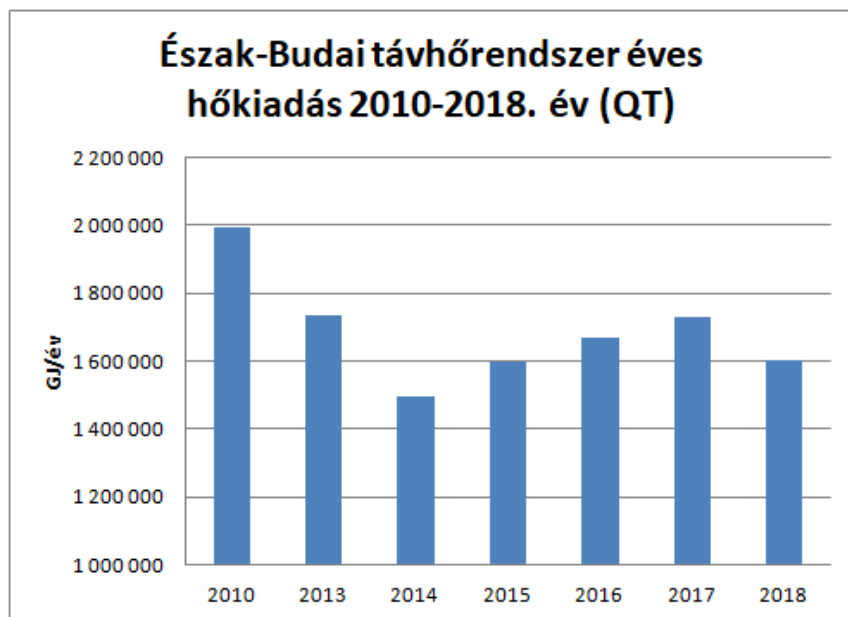
A $t_k = -13$ C fok külső hőmérsékletre értelmezett (regressziós számításból extrapolált) csúcshőigény értékeit az alábbi diagram mutatja, ebből az utóbbi évekre 170 MW körüli érték vehető jellemzőnek:



10. ábra

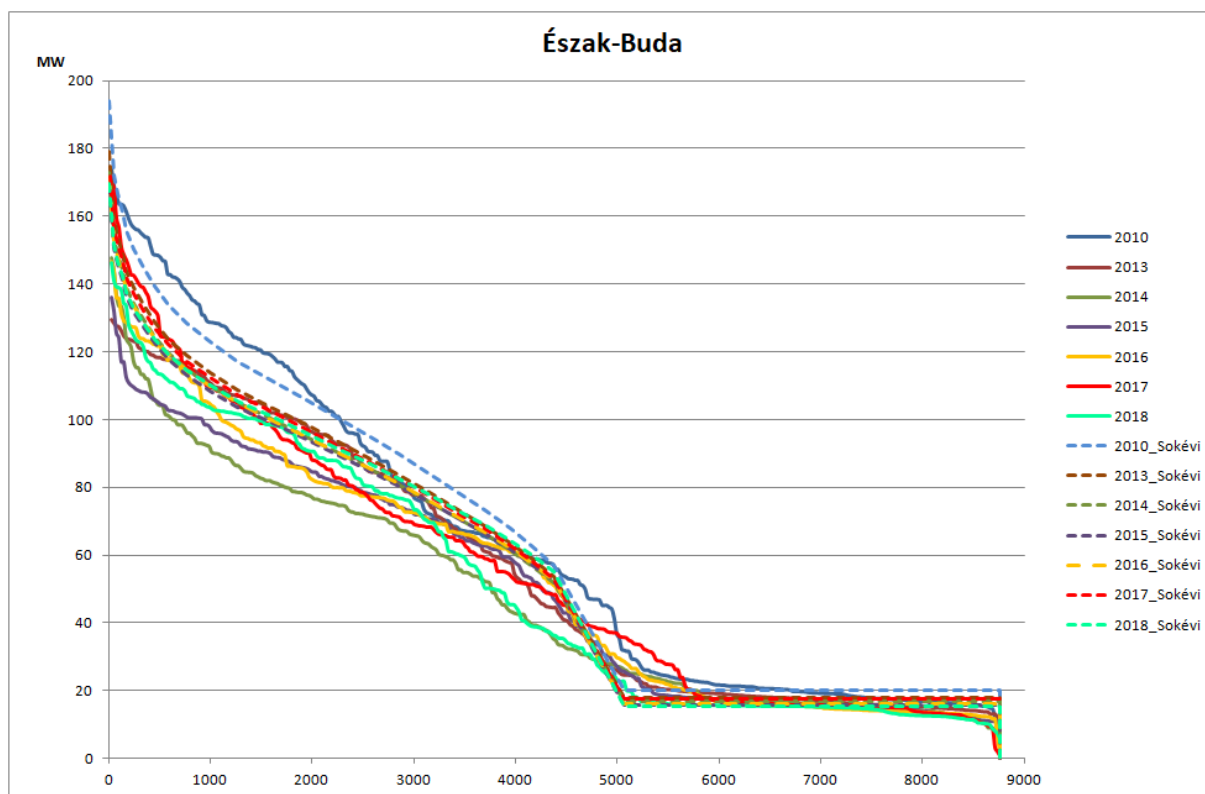
Ezzel párhuzamosan az utóbbi években fokozatosan megvalósított fogyasztó oldali energiatakarékosági intézkedések (épületszigetelések, nyílászárók cseréje, hőközponti

korszerűsítések, mérés alapú elszámolás bevezetése) hatására a körzeti hőigények fokozatosan csökkentek, a 2010. év óta 2000 TJ/év-ről 1600 TJ/év közelébe.



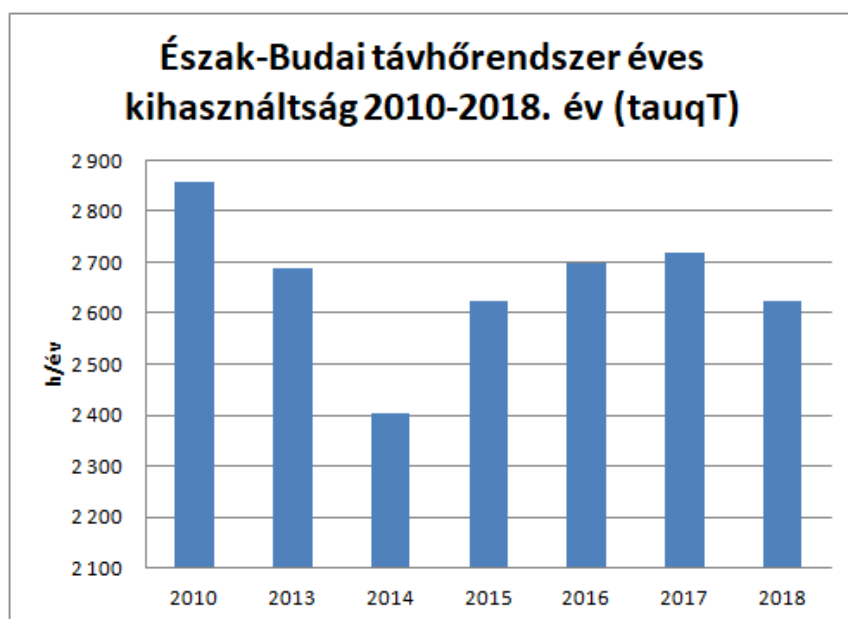
11. ábra

Az évközi hőigény lefutást az alábbi tartamdiagramok szemléltetik, ahol a 4500-5000 h/év közötti időszak értelmezhető pótűtésnek, vagy átmeneti időszaknak:



12. ábra

Az aktuális évi csúcshőigényre vonatkoztatott kihasználtság a következően alakult:



13. ábra

A távhőszolgáltató szakembereivel folytatott egyeztetés alapján a részletesebb energetikai vizsgálat bemenő adatai a NATÉR RCP8.5 klímamodell adatait használva.

A fűtési időszak napi középhőmérsékleteinek átlaga bázis-jövő időablakok között kerekén 2 °C-ot fog emelkedni, az adatok szórásának kismértékű csökkenése mellett. A mértékadónak vett bázis csúcshőigény $q_{Tmax} = 170$ MW, a tényadatokból következtetve, -13 C fok külső hőmérsékletnél. A mértékadó legalacsonyabb hőmérsékletben a klímaadatok szerint akár 5 C fok emelkedés is felléphet, ennek következtében a fűtési időszak hossza is rövidül. A részletesebb számítás bemenő adatait az alábbi táblázat tartalmazza:

Mintaterület:		Észak Budai távhőkörzet					
Távhőrendszer üzemeltetője:		FŐTÁV					
Időablak bázis:		1971-2000	évek átlaga		NATÉR klíma adatokkal		
Időablak jövő:		2021-2050	évek átlaga		RCP8.5 klímamodell		
			bázis		jövő		
Távhőrendszer							
Beépített, rendelkezésre álló hőtermelő kapacitás	qTB	244	MW				
Méretezési leghidegebb napi középhőmérséklet	tkmin	-13	Cfok		-8		
Hőtermelőnél mért/lekötött csúcshőigény	qTmax	170	MW				
Fűtési szolgáltatás							
Fűtési csúcshőigény részaránya	qTmax-ra	86,0%	%				
Fűtött helyiségek névleges belső hőmérséklete	tb	20	Cfok				
Fűtési időszak névleges határhőmérséklete		12	Cfok				
Fűtési időszak határhőmérséklete (pótfűtéssel)		17	Cfok				változás
Fűtési időszaki napi középhőmérsékletek átlaga		2,17	Cfok		4,16	Cfok	1,989
Fűtési időszaki napi középhőmérsékletek szórása		5,48	Cfok		4,80	Cfok	-0,675
Fűtési időszak hossza		183	nap		160	nap	-23,000
Másodlagos klimatikus tényező: szélhatás többlet (növelő)		0%			0%		
Másodlagos klimatikus tényező: napsugárzás többlet (csökkentő)		0%			0%		
Használati melegvíz szolgáltatás							
Használati melegvíz napi csúcshőigény részaránya	qTmax-ra	7%					
Nyári időszak hossza		182	nap		205	nap	
Felmelegítendő hidegvíz téli minimum hőmérséklete		4	Cfok		4	Cfok	
Felmelegítendő hidegvíz nyári maximum hőmérséklete		15	Cfok		15	Cfok	
Felmelegített melegvíz névleges hőmérséklete		50	Cfok				
Hőelosztási veszteség							
Hőelosztási hőveszteség részaránya, maximum	qTmax-ra	7,0%					
Hőelosztási hőveszteség részaránya, minimum	qTmax-ra	3%					
Vezeték környezeti hőmérséklet, minimum		-13	Cfok		-13	Cfok	
Vezeték környezeti hőmérséklet, maximum		30	Cfok		30	Cfok	

2. táblázat

A nem klimatikus tényezőkben bekövetkező feltételezett változások a közelmúltbeli állapothoz, illetve az alapul vett csúcshőigényhez viszonyítva az alábbiakat tükrözik:

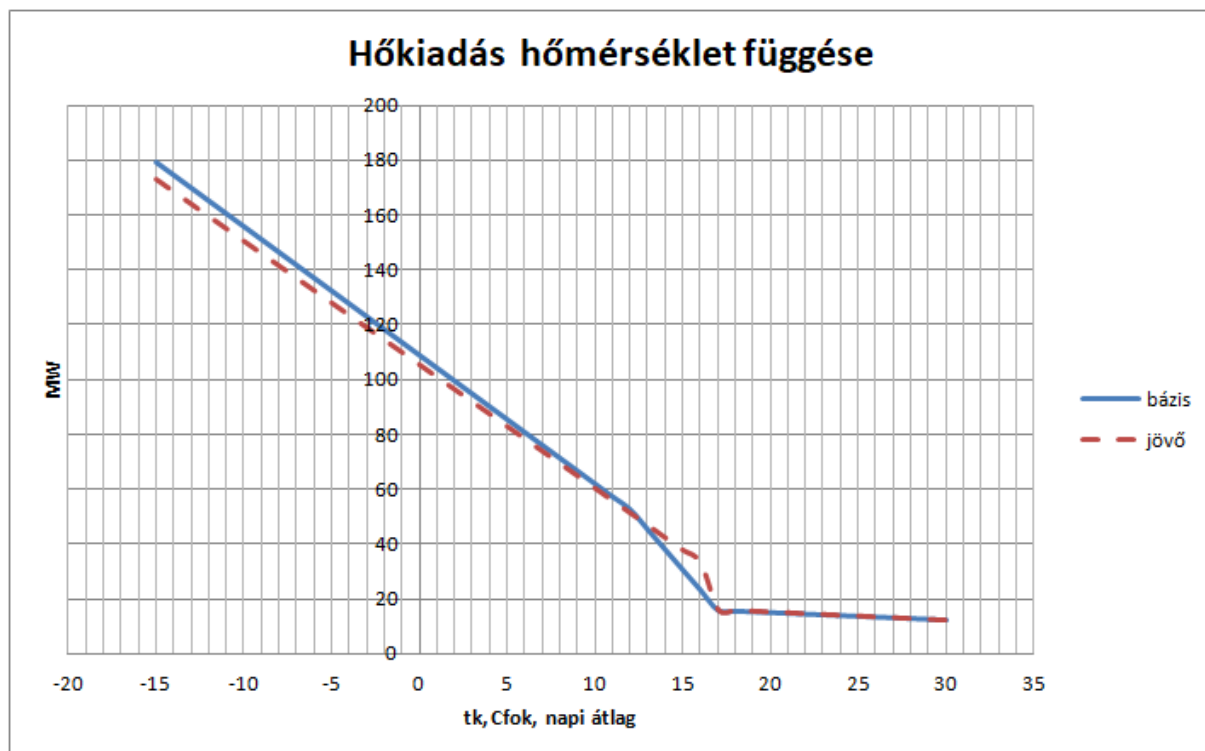
- részben megvalósult, a jövőben tovább folytatódik a fogyasztói energetikai megtakarítását célzó kormányzati programok hatása (fűtőkorszerűsítés, pótlólagos hőszigetelés, ablakcsere)
- időközben megvalósult, és a tényleges hőforgalmi adatokban tükröződik a használati melegvíz termelés vonatkozásában a tetőre épített napkollektorok hatása (Óbudai lakótelepen időközben megvalósított fejlesztés)
- piacbővítésre a stabilizálódott távhőrendszer környezetében csak kismértékben lehet számítani, az új épületeket fokozott hővédelem jellemzi.

Nem klimatikus tényezők (hajtóerők)									
Alkalmazkodóképességet befolyásoló tényezők a távhőrendszer kihasználásának vonatkozásában									
Időablak bázis:				1971-2000	évek átlaga				
Időablak jövő:				2021-2050	évek átlaga				
%-os adatok a bázis csúcshőigényre (qTmax-ra) vonatkoztatva!									
1 Épületenergetikai vonatkozások a meglévő fogyasztói állományra									
				már megvalósult bázis	jövőre feltételezett jövő	összes érintett	egyedi hatás %/MW	vonatkoztatási bázis MW	eredő hatás MW
			hatásviselő	terjedelem	terjedelem	terjedelem			
- pótlólagos hőszigetelés	fűtés	70%	30%	100%	25%	146,2	-10,97		
- nyílászáró csere	fűtés	70%	30%	100%	15%	146,2	-6,58		
- fogyasztó rendszer mérés/szabályozás	fűtés	100%	0%	100%	15%	146,2	0,00		
- napkollektor	hmv	10%	0%	10%	70%	11,9	0,00		
- hőközpont korszerűsítése	fűtés	100%	0%	100%	5%	146,2	0,00		
- hőtávezeték hőszigetelés felújítása	hővesztesség	0%	30%	30%	50%	11,9	-1,79		
- egyéb									
Összesen									-19,33
2 Piacbővítő intézkedések									
				jövőre feltételezett jövő	egyedi hatás %/MW	vonatkoztatási bázis MW	eredő hatás MW		
			hatásviselő	terjedelem					
- új fogyasztók belépése	fűtés	10%	70%	146,2	10,23				
- új fogyasztók belépése	hmv	10%	100%	11,9	1,19				
- hűtés/klíma	hmv nyár	0%	9,5	0,00					
- hőtávezetési hálózat bővítése	hővesztesség	5%	70%	11,9	0,42				
- egyéb									
Összesen									11,84
3 Nem klimatikus tényezők kihatása összesen									
- fűtésre						146,2	-7,31	-5,0%	
- hmv-re						11,9	1,19	10,0%	
- hűtés/klíma/hmv nyár-ra						9,5	0,00	0,0%	
- hővesztességre						11,9	-1,37	-11,5%	

3. táblázat

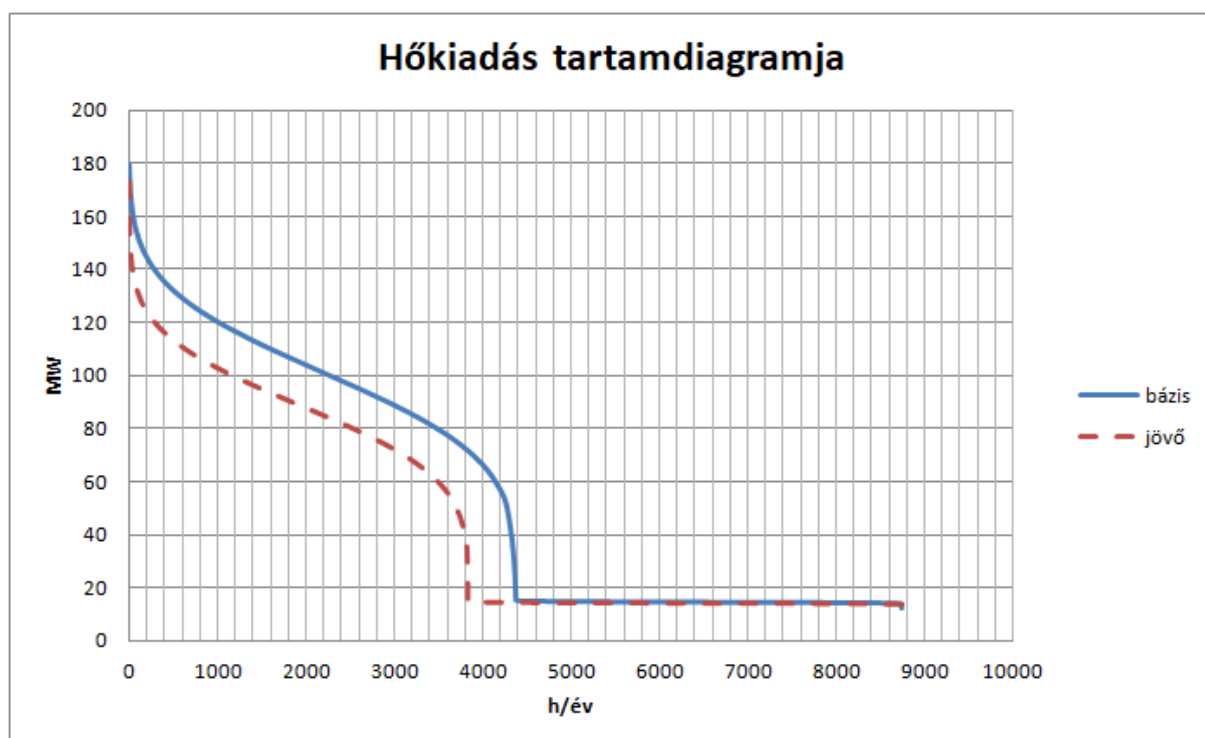
Fenti feltételezések nagyvonalú becslések, és távoli jövőre nézve nem tekinthetők tervezett állapotoknak. A kihatások a hőigény egyes összetevőit (fűtés, hmv, hővesztesség) különböző mértékben érintik.

A hőigények lefutása és tartamdiagramja a 4.3 fejezet szerinti összefüggésekkel az alábbiak szerint alakulna:



14. ábra

A hőigény tartamdiagramját a NATÉR klímadataival számítva az alábbi ábra mutatja:



15. ábra

A tényadatokkal való összehasonlítás az átmeneti időszakban mutat eltéréseket (a tényleges lefutás elnyújtottabb), de eltérés van a téli átlagos külső hőmérséklet értékében is (a bázis

tényadat kb. 2 C-fok-kal nagyobb). Ezek következtében a számított bázis energetikai adatok abszolút értékében értelemszerű eltérések mutatkoznak.

A távhőrendszer éves hőforgalma és kihasználtsága mindezek alapján, a tartamdiagram alapján számított energiamennyiségekkel és a 4.3 fejezet szerinti értelmezésekkel az alábbi eredménytáblázat szerint alakulna:

Távhőrendszeri kihasználtság érzékenysége és sérülékenysége változása A NATÉR vizsgálat klímadatai alapján												
Mintaterület:												
Távhőrendszer üzemeltetője:												
Időablak bázis:												
Időablak jövő:												
		Klíma	Klíma	Klíma								
		bázis	jövő	kitettség változása	bázis	bázis megoszlás %	jövő várható hatással	jövő megoszlás %	klíma érzékenység (változás) %	jövő alkalmazkodási stratégiákkal	jövő megoszlás %	jövő sérülékenység (változás) %
RCP 4.5 verzió				tkmin=	-13,0		-8,0			-8,0		
tk átlag, fűtési időszak	Cfok	2,17	4,16	1,99								
tk szórás, fűtési időszak	Cfok	5,48	4,80	-0,67								
fűtési időszak hossza	nap/év	183	160	-23,00								
nyári időszak hossza	nap/év	182	205	23,00								
fűtés qFmax	MW				146,2	86,0%	124,0	83,9%		117,8	83,3%	
hmv qhmv, max	MW				11,9	7,0%	11,9	8,0%		13,1	9,3%	
vesztesség qv, max	MW				11,9	7,0%	11,9	8,0%		10,5	7,4%	
csúcsigény qTmax	MW				170,0	100,0%	147,8	100,0%		141,5	100,0%	
fűtés	GJ/év				1280565	70,4%	1000611	65,7%	-21,9%	950580	64,2%	-25,8%
hmv	GJ/év				323600	17,8%	321323	21,1%	-0,7%	353455	23,9%	9,2%
vesztesség	GJ/év				215412	11,8%	200569	13,2%	-6,9%	177503	12,0%	-17,6%
éves hőkiadás QT	GJ/év				1819577	100,0%	1522503	100,0%	-16,3%	1481539	100,0%	-18,6%
Rendelkezésre álló beépített kapacitás qBT	MW	244										
Hőtermelőnél mért, lekötött csúcsteljesítmény qT	MW	170										
éves kihasználtság qTB-re	h/év				2071		1733		-16,3%	1687		-18,6%
éves kihasználtság bázis qTmax-ra	h/év				2973		2488		-16,3%	2421		-18,6%
éves kihasználtság aktuális qTmax-ra	h/év				2973					2909		

4. táblázat

A klimatikus adatokban bekövetkező változás következtében az éves hőkiadás kb. 16%-al csökkenhet, ezen belül a fűtési célú hőkiadás jelentősebb mértékben. Ugyanezen adat a kihasználtsági tényező, mint indikátor vonatkozásában is azonos, a bázis állapoti vonatkoztatási teljesítményekre tekintettel, és ez a távhőrendszer klimatikus érzékenysége.

A nem klimatikus társadalmi hatások és a számításba vett adaptációs intézkedések (piacbővítés) eredő hatására a kihasználási tényező csökkenése 18,6%-ra adódott, ami ezen indikátor sérülékenységi mutatójának tekinthető. A klimatikus érzékenységhöz közelálló érték itt arra utal, hogy a fogyasztói oldalon feltételezett további fogyasztói energiatakarékosági intézkedések, kormányzati programok hőforgalmat csökkentő hatását és becsült piacbővítés nem tudná teljeskörűen ellensúlyozni. E következtetéssel kapcsolatosan ismét utalunk arra, hogy az nem konkrét tervadatokat, hanem a távoli jövőre vonatkozó nagyvonalú becslésen alapul, így inkább szemléltető mintapéldának tekintendő.

(Megjegyzés: a táblázatban szereplő számított energetikai adatok a fűtési időszaki modellezési klímadatakra vonatkoznak, a tényadatokkal csak közelítőleg vethetők össze, a NATÉR vizsgálat szempontjából azonban csak a százalékos változás kimutatása mértékadó).

7.2 Mintaterület: Kaposvári Városgazdálkodási Zrt. távhőközrete

7.2.1 A mintaterület kiválasztásának szempontjai

A mintaterület kiválasztásánál törekedtünk arra, hogy a kiválasztott távhő rendszer ne csak a távhőellátás tipikus sajátosságait mutassa, de jelenítsen meg olyan stratégiai elemeket is, melyek példaként szolgálhatnak más távhő rendszerek klíma-mitigációs és -adaptációs erőfeszítéseihhez. Így esett választásunk **Kaposvár MJV távhő rendszerére**, melynek üzemeltetője, a Kaposvári Vagyonkezelő Zrt. készséget mutatott az együttműködésre.

A kaposvári távhő rendszer létrejötte és korai fejlődése hasonló sok hazai távhő rendszer történetéhez. A paneles szerkezetű lakótelep építéskor gőzös technológiájú, szigetüzemi struktúrájú távhő ellátást alakítottak ki, mely ellátta a lakótelepi lakásokat és különböző intézményi hőfogyasztókat. A múlt század 70-es, 80-as éveiben azért használták a gőzös technológiát, mert bár veszteségei jelentősek, ennek a berendezéseit lehetett beszerezni, ezzel a technológiával volt tapasztalat.

A rendszerváltozás után a távhő szektor részére túlélési feltétel lett a költségekkel való takarékoskodás. Kaposváron mind a szolgáltatói, mind a fogyasztói oldalon végrehajtották azokat a műszaki korszerűsítéseket, melyek végső soron az energiafogyasztás 50%-os csökkenéséhez vezettek. Az intézkedések köre magában foglalta a következőket:

- áttérés gőzös technológiáról forróvizesre, ezzel a hőszállítási, ill. elosztási veszteség csökkentése,
- a szigetüzemek összekötése, így az összes fogyasztót egy hőforrásból lehet ellátni,
- változó tömegáramú keringetés a hőszállító-elosztó rendszerben, ami hő- és villamosenergia-megtakarítást eredményez,
- a mérés és szabályozás lehetőségének kiépítése, ezzel a fogyasztók takarékosági érdekeltiségének megteremtése,
- a fűtött épületek szigetelése, nyílászáró-cseréje,
- kapcsolt energiatermelés bevezetése.

Az intézkedések hatására csökkent a fogyasztók fűtési energiaszükséglete, ami csökkentette a város üvegház gáz kibocsátását is. Ez egyértelműen problémaenyhítésnek, mitigációnak minősül. Ugyanakkor a lakóépületek szigetelése, a kis energiaveszteségű hőelosztás megvalósítása egyben adaptáció is. A szigetelt lakásokban a nyári hőség idején lassabban alakulnak ki magas belső hőmérsékletek, illetve könnyebben lehet a hőmérsékletet légkondicionálással korlátozni. A nagy hatékonyságú hőelosztás pedig mozgásteret biztosít arra az esetre, ha a gáz, mint fosszilis energiahordozó felhasználása klímapolitikai intézkedések hatására visszaszorul.

Együttműködés alakult ki a városban működő cukorgyárral, ahonnan megújuló biogázt tudnak átvenni. Folyamatban van egy biomassza tüzelésű fűtőművi bővítés, mely egyrészt

biztosítani fogja a megújuló energiafelhasználás lényegi növelését (mitigáció), másrészt fokozni fogja az ellátásbiztonságot (adaptáció).

Az alábbiakban az infrastruktúra sérülékenységének részletes vizsgálatától eltekintünk, az az 5. fejezet szerinti általános kijelentések szerint kevésbé sérülékeny. A továbbiakban a hőforgalmat és kihasználtságot érintő kérdésekre térünk ki.

7.2.2 A klímaváltozás hatásainak nyomon követése

A kaposvári távhő rendszer – mint általában minden távhő rendszer – hőforgalmát több tényező befolyásolja, a legjelentősebbek a következők:

- a) az ellátott fogyasztók száma és hőigénye,
- b) az időjárás,
- c) a hőelosztás hatékonysága,
- d) a fűtött épületállomány műszaki állapota és
- e) a fogyasztók viselkedése.

Az időjárást az éghajlatváltozás befolyásolja. A melegedés hatására – ahogyan ezt a 6. fejezetben kifejtettük – csökken a fűtési energiaigény. A hőelosztás hatékonyságát szolgáltatói oldali energiahatékonysági intézkedésekkel lehet javítani. Ezek között említhető a vezetékhálózat szigetelésének javítása, a hőigényekhez igazodó keresztmetszetek alkalmazása vezetékcserével, a változó keringetés bevezetése és a jobb szabályozás. Az épületállomány energiafogyasztása épületenergetikai intézkedésekkel, ún. szigeteléssel, nyílászáró cserével, a filtrációs veszteségek visszaszorításával csökkenthető. A fogyasztók a fűtött terek hőmérsékletének beállításával és HMV fogyasztási szokásaikkal tudják az energiaigényt befolyásolni.

A kaposvári mintapildán is – a tanulmány fő céljának megfelelően – a klímaváltozás miatti kihasználtság-csökkenést kívánjuk bemutatni, ezért a fentiekben ismertetett hatásokat különválasztjuk. Energetikai alap állapotnak a 2012. körüli időszakot vesszük, amikor már végrehajtották mind a szolgáltatói, mind a fogyasztói oldali energiaracionalizálási beavatkozásokat. Megvizsgáljuk, hogy az így kialakult, a kor színvonalának megfelelő távfűtési rendszer kihasználtsága mennyiben csökkenne a klímaváltozás hatására. Ezt követően pedig meghatározzuk, hogy a klímaváltozás miatti kihasználtság-csökkenést mennyiben tudja ellensúlyozni a városban végrehajtott piacbővítés.

Kaposvár MJV időben észlelte a távhő rendszerben jelentkező kihasználtsági problémát és – összhangban a Város egyéb stratégiai céljaival – a távhő piac bővítése mellett döntött. Kihhasználva a KEHOP-5.4.0 pályázat lehetőségeit, kicserélte a meglévő régi vezetékhálózat egy részét, új gerincvezetékét épített, melyre 5 db korszerű hőközpontot csatlakoztatott. Ezekből a hőközpontokból városi intézményeket látnak el, de lehetőség van más fogyasztók csatlakoztatására is. A piacbővítés hatására az értékesített hőmennyiség 9 MW-tal (beépített 13 MW-tal) növekedett, ami kb. 30%-os növekedést jelent a lekötött kapacitásban és 27%-os

növekedést az értékesített hőmennyiségben. Ez a jelen vizsgálatnál az alapállapotban van figyelembe véve.

7.2.3 A referencia állapot műszaki adatai

Saját beépített teljesítmény:	65 MW hő és 1,4 MW villamos
Kapcsolt termelésből vásárolt:	5 MW hő
Hőteljesítmény igény:	48 MW, -11 C fok külső hőmérsékletnél értelmezve
Fűtött lakásszám:	6816 db
Fűtött egyéb fogyasztó:	284 db
Tüzelőanyag:	földgáz
Hőközpontok száma:	352 db
A távvezeték hossza:	26,4 km

7.2.4 A klímaváltozás hőforgalomra gyakorolt hatása

Az alapul vett klímaadatok a 4.1 fejezet RCP 8.5 klímamodell szerintiek. A fűtési időszaki középhőmérséklet e szerint mintegy 1,6 C fokot emelkedik, a szórás kismértékű csökkenése mellett. A mértékadó leghidegebb külső hőmérsékletben itt is kb. 5 C fok csökkenésre lehet számítani, ami a fűtési időszak rövidülését vonja maga után.

A részletesebb számítások eredményét az alábbi táblázat összegezi:

Távhőrendszeri kihasználtság érzékenysége és sérülékenysége változása												
A NATÉR vizsgálat klímadatai alapján												
Mintaterület:												
Távhőrendszer üzemeltetője:												
Időablak bázis:												
Időablak jövő:												
		Klíma	Klíma	Klíma								
		bázis	jövő	kitettség változása	bázis	bázis megoszlás %	jövő várható hatással	jövő megoszlás %	klíma érzékenység (változás) %	jövő alkalmazkodási stratégiákkal	jövő megoszlás %	jövő sérülékenység (változás) %
RCP 4.5 verzió				tkmin=	-11,0		-6,0			-6,0		
tk átlag, fűtési időszak	Cfok	3,21	4,84	1,63								
tk szórás, fűtési időszak	Cfok	5,08	4,84	-0,24								
fűtési időszak hossza	nap/év	183	160	-23,00								
nyári időszak hossza	nap/év	182	205	23,00								
fűtés qFmax	MW				40,9	89,0%	34,3	87,2%		39,0	87,3%	
hmv qhm, max	MW				2,3	5,0%	2,3	5,8%		2,9	6,4%	
vesztesség qv, max	MW				2,8	6,0%	2,8	7,0%		2,8	6,3%	
csúcshőigény qTmax	MW				46,0	100,0%	39,4	100,0%		44,7	100,0%	
fűtés	GJ/év				360207	75,4%	285679	71,5%	-20,7%	324715	71,3%	-9,9%
hmv	GJ/év				62707	13,1%	62299	15,6%	-0,7%	77873	17,1%	24,2%
vesztesség	GJ/év				54589	11,4%	51663	12,9%	-5,4%	52696	11,6%	-3,5%
éves hőkiadás QT	GJ/év				477504	100,0%	399641	100,0%	-16,3%	455285	100,0%	-4,7%
Rendelkezésre álló beépített kapacitás qBT	MW	51,7										
Hőtermelőnél mért, lekötött csúcsteljesítmény qT	MW	46										
éves kihasználtság qTB-re	h/év				2566		2147		-16,3%	2446		-4,7%
éves kihasználtság bázis qTmax-ra	h/év				2883		2413		-16,3%	2749		-4,7%
éves kihasználtság aktuális qTmax-ra	h/év				2883					2828		

5. táblázat

A klimatikus adatokban bekövetkező változás következtében az éves hőkiadás itt is kb. 16%-al csökkenhet, ezen belül a fűtési célú hőkiadás jelentősebb mértékben. Ugyanezen adat a

kihasználtsági tényező, mint indikátor vonatkozásában is azonos, a bázis állapoti vonatkoztatási teljesítményekre tekintettel, és ez a távhőrendszer klimatikus érzékenysége.

A nem klimatikus társadalmi hatások és a számításba vett adaptációs intézkedések (piacbővítés) eredő hatására a kihasználási tényező csökkenése 4,7%-ra adódott, ami ezen indikátor sérülékenységi mutatójának tekinthető. A klimatikus érzékenységnél alacsonyabb érték itt arra utal, hogy a fogyasztói oldalon végrehajtott korábbi fogyasztói energiatakarékosági intézkedések csaknem teljeskörűek voltak, és a jövőben tervezett további mintegy 8 MW piacbővítés azok hatását ellensúlyozza. (Megjegyzés: itt is érvényesek a 7.1 fejezetben tett észrevételek a számított energetikai adatok és a tényadatok összevetése vonatkozásában).

7.2.5 Értékelés

Kaposvár MJV a távhőellátást stratégiai eszköznek tekinti környezetvédelmi és várospolitikai céljai megvalósítása érdekében. Maguk a távhő létesítmények a klímaváltozás hatásaival szemben nem sérülékenyek, az esetleg azonosítható kockázatok kezelhetők. A távhő rendszer lényegi sérülékenységét okozhatná a kihasználtság csökkenése, de a megkezdett piacbővítés jó lépés a probléma kezelésére. A jövőben nem kizárható gázellátási zavarok miatti problémát az épülő biomassza kazánok nagyrészt kezelni tudják.

8 A sérülékenység elemzése, alkalmazkodási stratégia

A távhő infratsuktúra sérülékenységét és a kihasználtságát kifejező mutatókra és a levonható következtetésekre az előző fejezeti mintaterület elemzések kapcsán tértünk ki. Hasonló fogyasztói struktúrával jellemezhető távhőrendszerekre a sérülékenységi mutatók hasonló nagyságrendben várhatók. A kihasználtsági mutató tekintetében a társadalmi-gazdasági intézkedések – nevezetesen a fogyasztói energiahatékonyság-javítási programok hatása eltérő lehet, de várhatóan meghaladja a klimatikus tényezők miatti változást.

Belátható, hogy két vagy három évtizeden belül a változásokra nem felkészülő távhő rendszerek a hőpiac jelentős zsugorodása miatt nehéz helyzetbe kerülhetnek.

A legkézenfekvőbb alkalmazkodási stratégia a piac új fogyasztókkal történő bővítése. A jelen idők gyakorlata szerint ez nem kis kihívás, tekintettel a sokféle támogatást élvező gáz kiemelkedő versenyképességére. Előnyös eset lehet a nagy értékű ingatlanon létesített nagy értékű irodaházak, lakónegyedek esete, ahol az egyedi fűtés létesítése és üzemeltetése több gonddal járna, és távhőcsatlakozás elérhető közelségben van. Ilyen esetben a távhőszolgáltató üzleti portfóliójába a klimatizálás megoldását is felveheti, de ez a meglévő infrastruktúrától független beruházás igényel (többnyire villamos hajtású klímagépek).

Lehetnek stratégiai szempontok is, pl. a helyi légszennyezettség csökkentése vagy városfejlesztési koncepciók érvényesítése. Ezekre különösen sűrűn beépített belvárosi területeken kínálkozhat lehetőség, az egyedi központi fűtések, kazánházak kiváltásával. Mindez meglehetősen költséges vezetékfektetésekkel jár, amit megfelelő támogatási politika támogathat.

Egy másik kérdés a távhő működőképessége. Mennyire sérülékeny maga az infrastruktúra, mi veszélyezteti abban, hogy funkcióját betöltse?

A távhő fizikai infrastruktúrája – a fűtőművek, csővezetékek, hőközpontok – a mintavizsgálatok szerint kevésbé érzékeny a klímaváltozás közvetlen hatásaira. Az általános hőmérséklet-emelkedés és a szélsőséges időjárási események **a szakszerűen fenntartott fizikai infrastruktúrára nem jelentenek számottevő veszélyt.**

A távhő azonban egy szélesebb fizikai-gazdasági környezetben működik, és ennek a környezetnek az elemeire is hatást, mégpedig destabilizációs hatást fejt ki az éghajlatváltozás. A már hivatkozott IPCC 5. jelentés figyelmeztet a társadalmi konfliktusok veszélyére is. Itt egy közelmúltban megjelent cikkre⁹ hívjuk fel a figyelmet. Naivitás lenne azt várni, hogy ha a világban klíma-konfliktusok alakulnak ki, Magyarország mentesülni tud ezek hatása alól. A destabilizáció a vizsgálat tárgyát képező időhorizonton érintheti egyrészt a távhő működéséhez elengedhetetlenül szükséges külső infrastruktúra rendszereket, másrészt a távhő gazdasági környezetét.

⁹ <https://www.sida.se/contentassets/c571800e01e448ac9dce2d097ba125a1/working-paper---climate-change-and-conflict.pdf>

A **külső infrastruktúra** körébe tartozik a gáz-, víz- és áramellátás, valamint a telekommunikáció. Bármelyik rendszer működésének zavara zavarokat fog okozni a távhőszolgáltatásban is. Gázellátási zavarra pl. alternatív tüzelőanyagok felhasználási lehetőségének biztosítása lehet a megoldás.

Hasonló óvintézkedéseket érdemes végiggondolni a villanyra és a vízre. A jól ismert dízel szükségáramforrás mellett idővel versenyképes lehet egy napelemes rendszer szigetüzemre alkalmas inverterrel és megfelelő akkumulátoros tárolóval. Valamennyi vizet tárolni lehet a telephelyen belül, vagy saját kút létesítését számításba venni. A távhő rendszer fő egységeinek irányítástechnikáját pedig ki lehet úgy alakítani, hogy a külső kommunikáció esetleges kiesésekor autonóm üzemmódban is működőképesek legyenek. A távhőellátás akkor tölti be kritikus fontosságú feladatát, ha valamennyi felsorolt elem működőképes.

Az éghajlatváltozás legnagyobb valószínűséggel bekövetkező, egyben legnehezebben kivédhető hatása a gazdasági helyzet válsága. A klímaváltozás hatására beszűkülhetnek bizonyos erőforrások, és ez a sokszorosan összekötött és feszült világ gazdaságban pillanatok alatt válsághoz vezethet. Helyi események világ gazdasági hatásaival kapcsolatban emlékezzünk a Lehman Brothers esetére 2008-ban¹⁰.

Egy gazdasági válság a távhő cégek számára megjelenhet a fogyasztói nemfizetések növekedésében és az állami vagy önkormányzati támogatások elmaradásában. Ezek a cégek fizetési képességének, végső soron működésének ellehetetlenüléséhez vezethetnek.

Hogy mikor jelentkeznek ilyen éghajlati hatások, az egyértelműen az emberiség viselkedésétől, a dekarbonizációs erőfeszítések előrehaladásától függ. Ismert a globális karbon költségvetés koncepciója. Ha a még felhasználható költségvetéssel jól gazdálkodik az emberiség, a legsúlyosabb következmények elkerülhetők.

Viszont az, hogy a távhő szektor hogyan tud boldogulni az éghajlatváltozás hatásai mellett, az nem kis mértékben a kormányzati energiapolitikai intézkedéseken, fejlesztési támogatásokon, valamint a távhős cégeken és a távhő rendszereket üzemeltető önkormányzati szerveken múlik. Meg természetesen a fogyasztókon, akikkel szemben elvárás a kooperatív viselkedés és a rendszeres fizetés. A működést veszélyeztető hatásokra fel lehet készülni, ha az energia és klíma stratégia a komplex energiaforrás-távhő-fogyasztó rendszer valamennyi szempontját figyelembe veszi.

Az EU a távhőt nem csak helyi szolgáltatásnak, hanem stratégiai eszköznek tekinti, mely mitigációs és adaptációs funkciókat is be tud tölteni. A mitigációval kapcsolatban utalunk a karbonszegény hőforrások – ipari hulladékhő, megújuló energiák, kapcsolt hő – felhasználásának lehetőségére. Az adaptációnál pedig arra, hogy a távfűtés javítja a helyi légminőséget, mérsékeli a városi hősziget néven ismert jelenséget, mérsékeli a fűtés káros egészségügyi hatásait. Stratégiai szerepének elismeréseképpen az EU az erkölcsi-jogi támogatáson kívül forrásokat is biztosít a hatékony, klímabarát távfűtési rendszerek fejlesztéséhez.

¹⁰ Lásd pl. <https://www.independent.co.uk/news/business/analysis-and-features/financial-crisis-2008-why-lehman-brothers-what-happened-10-years-anniversary-a8531581.html>.

9 Mellékletek

1. melléklet: Hazai távhőközrzetek főbb adatai (a dokumentumhoz elektronikusan csatolt Excel táblázatokban)
2. melléklet: Tartamdiagramok az energetikai számításokhoz (a dokumentumhoz elektronikusan csatolt Excel táblázatokban)
3. melléklet: Értékelő táblázatok mintái (a dokumentumhoz elektronikusan csatolt Excel táblázatokban)

A szövegben szereplő ábrák: 15 db

A szövegben szereplő táblázatok: 5 db