



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

**AZ ANTROPOGÉN ENERGIA RENDSZER
OPTIMALIZÁLÁSA TÁJTERVEZÉSHEZ:
ESETTANULMÁNYOK TELEPÜLÉSI ÉS
KISTÉRSÉGI LÉPTÉKBEN**

A doktori disszertáció tézisei

Szabó Zita

Budapest

2023

A doktori iskola

megnevezése:	Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészet és Tájökológiai Doktori Iskola
tudományága:	Agrárműszaki
vezetője:	Dr. Bozó László, egyetemi tanár, DSc, MHAS
	Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
	Környezettudományi Intézet
Témavezető:	Sallay Ágnes, PhD
	egyetemi tanár
	Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
	Tájtervezési és Területfejlesztési Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS.....	4
2. CÉLKITŰZÉSEK	5
3. A DISSZERTÁCIÓ SZERKEZETE.....	6
4. MÓDSZERTAN.....	7
5. ÚJ VAGY ÚJSZERŰ KUTATÁSI EREDMÉNYEK, TÉZISEK	8
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	13
7. PUBLIKÁCIÓK.....	16

1. BEVEZETÉS

Az energiahordozók, az energiagazdálkodás, megújuló energiaforrások, nukleáris energia, szén, földgáz olyan fogalmak, amelyek nemcsak a tudományos életben gyakran elhangzó fogalmak, hanem a hírekben is nap mint nap halljuk őket. Az ok nagyon egyszerű: az üvegházhatású gázok kibocsátásának közel 80%-a valamilyen módon az energiatermeléshez és fogyasztáshoz köthető, és ez szoros összefüggésben van az ember által okozott klímaváltozással.

A tájépítészeti tervezéshez kapcsolódóan, - legyen az zöldfelületi tervezés, várostervezés, tártervezés, - elsősorban a klímaváltozás kapcsán két fogalmat szokás emlegetni: alkalmazkodás és a hatás csökkentése. Ez leszűkíti tudományterületünk cselekvési lehetőségeit a klímaváltozás elleni küzdelemben. Nagyon fontos, hogy alkalmazkodjunk a megváltozott körülményekhez, de a változást kiváltó folyamat megszüntetése talán még fontosabb.

Doktori disszertációmban arra keresem a választ, hogy a tájépítészetnek, mint alkalmazott tudományágnak mi lehet a szerepe az energiaháztartás hatékonyságának növelésében, az üvegházhatású gázok energiarendszeren belüli használatának csökkentésében. Milyen új tervezői eszközöket kell beépíteni a különböző tervezési léptékekbe? Milyen új gyakorlati megoldásokat kell alkalmazni.

Tájépítészként figyelembe kell vennünk mind a természetet, mind az emberek „jólétét”, egészséges környezetet kell biztosítanunk mind a körülöttünk lévő növény- és állatvilág számára, mind az embereknek. Nem kérdés, hogy ebben az energiagazdálkodás fontos szerepet játszik: globális szinten küzdünk az éghajlatváltozás ellen, de a megfelelő energiagazdálkodás települési, régiós szinten is hozzájárulhat a környezet minőségének javulásához. Egy nagyon plasztikus példával élve a szénerőművek felszámolásával csökkenhet nemcsak a levegőbe kerülő üvegházhatású gázok mennyisége. Nem jelennek meg újabb, a szénbányászatra jellemző tájsebek, csökken a szénégetés lokális szinten jelentkező szállópor szennyezése is. A tájépítészetnek a felszámolás utáni utótáj kialakításában is fontos szerepe van.

Egyetlen energiaforrás példája is jól illusztrálja, hogy mennyi tennivalója is van egy tájépítésznek az energiarendszer átalakulásában: az egészséges környezet biztosítása, a tájsebek megszüntetése, de a vidékfejlesztés is idetartozik, hiszen az energiatermelés jellemzően prosperitást jelent egy-egy térségnek, a megszűnés esetén új funkciókat kell adni a táj elemeknek. Kutatásomban ezekre a kérdésekre adok átfogó választ.

2. CÉLKITŰZÉSEK

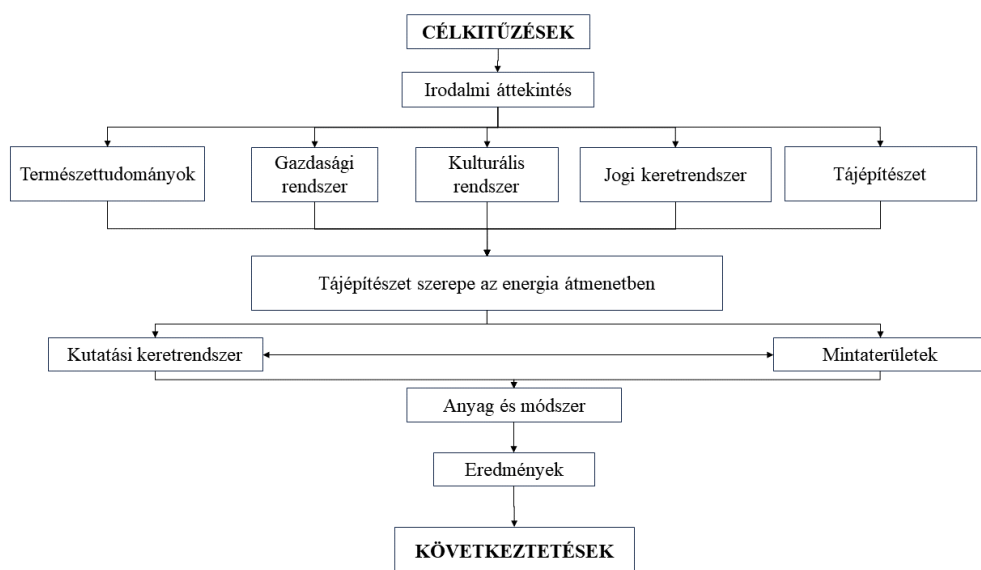
Az energia behálózta életünket: villamos energia nélkül nem tudnánk számítógépet, mobiltelefonot használni, de még mindig gyertya mellett dolgozhatnánk esténként. Egy egyszerű példa, amely jól mutatja, hogy az energiarendszer változik. Az angol nyelvű közbeszédben a jelenlegi változásra használják az energia átmenet ('energy transition') kifejezést. Ez a kiindulási pontja a kutatásomnak, amelynek segítségével a fogalom különböző rétegeit bontom ki a tájépítészet szemszögéből.

A célkitűzéseim két részre oszthatóak: egyrészt a kutatásban megvizsgálom a téma elméleti hátterét, és ehhez az energia átmenethez kifejezéshez kapcsolódóan fogalmazok meg kutatói kérdéseket és ezek alapján hipotéziseket; másrészt a tervezési gyakorlat és az energia átmenet kapcsolatát elemző kérdés felvetések segítségével fogalmazom meg a hipotézisek másik csoportját. Ez többi problémakör a gyakorlatban való alkalmazhatóság kérdésköreit is felveti.

- 1) Energia átmenetfogalomkörhöz kapcsolódó kutatói kérdések
 - a) Kutatói kérdések:
 - i) Hogyan definiálhatjuk a fogalmat a tájépítészetben?
 - ii) A definíció releváns, társítható a fogalom a definícióval? Azonosítható a fogalom teljes mértékben a dekarbonizációval?
 - iii) A definíció alkalmas-e, hogy a tájépítészetben alkalmazzuk?
 - b) Az energia átmenet kifejezést ma a dekarbonizációra értik. Az átmenet kifejezésben benne van a változás. Egyrészt történeti vizsgálattal, másrészt az 'energia' mint jelenség vizsgálatával feltárható, hogy lehet-e szűken, a dekarbonizációval azonosítani a fogalmat.
- 2) A gyakorlati alkalmazáshoz köthető kutatói kérdések:
 - a) Kutatói kérdések:
 - i) Az energiarendszer tervezése beépíthető a tájépítészeti gyakorlatba?
 - ii) Minden léptékbe beépíthető az energia tervezés?
 - iii) Amennyiben beépíthető, milyen hasonlóságokat mutatnak és miben térnek el a különböző tervezési szintek?
 - b) A kérdéskör megvizsgálása esettanulmányok keresztül történhet: különböző léptékeken keresztül be lehet mutatni, hogy hogyan integrálható az energiagazdálkodás és a tájtervezés.

3. A DISSZERTÁCIÓ SZERKEZETE

A doktori disszertációban elsőként megfogalmaztam a kutatás célkitűzéseit, amely kiinduló pontja az irodalmi áttekintésnek. A szakirodalom kutatásnak öt részre tagolódik: a tájépítészet keretrendszerében értelmezem a természettudományok, a gazdaságtudomány és a társadalomtudomány témához kapcsolódó irodalmát; a tájépítészet energiarendszerhez kapcsolódó kutatásai, eszközei; a jogi keretrendszer. Ez alapján meghatározom a tájépítészet energia átmenethez kapcsolódó feladatait. Ezt követően lehatároltam a doktori kutatás keretrendszerét, és meghatároztam a mintaterületeket. Ezek alapján kidolgoztam a kutatás módszertanát, és meghatároztam a kutatás anyagát. Az eredmények ismertetése után levontam a következtetéseket.



1. ábra A disszertáció felépítése

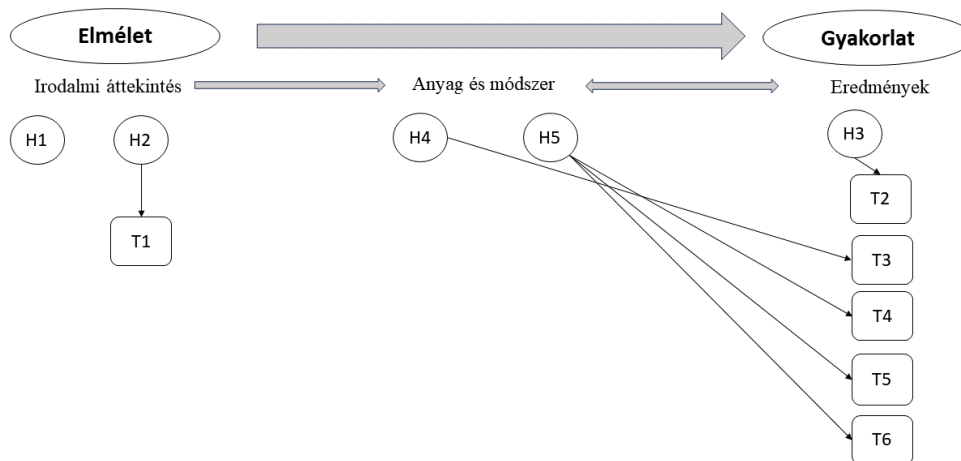
4. MÓDSZERTAN

A szakirodalom alapján meghatároztam a tájépítészet szerepét az energia átmenetben. Ez egyrészt jelenti a jelenlegi tervezési gyakorlatban meglévő eszköztárat, amely hozzájárul az energiahatékonyság növeléséhez, a környezeti neveléshez kapcsolódó feladatok, illetve az energiarendszer objektumaihoz kapcsolódó környezeti hatástanulmányok. Új feladatként jelenik meg a táj megújuló energiapotenciáljának meghatározása a táji és környezeti hatások figyelembevételével. A kutatás keretrendszerét ez utóbbira szűkítettem le. A mintaterületek kiválasztásánál figyelembe vettem, hogy a megújuló energiaforrások potenciáljának számítását megalapozó adatok települési szinten a legmegbízhatóbb. Mintaterületként Kecskemét városát, és egy bükki mikrorégiót választottam, ahol településenként is vizsgáltam az adatokat. A kutatásban elsőként a mintaterületek mutatom be szakirodalom, statisztikák, térképek segítségével, amely elemzés a területek energiarendszerére befolyásoló tényezőkre fókuszál. A történeti térképek vizuális elemzése is része a bemutatásnak, hiszen azonosíthatóak az energiarendszer időbeli változásai. A térképeken azokat az elemeket kerestem meg, amelyek utalnak arra, hogy az energiatermelés rendszere megváltozott. Ezt követően számításokat végeztem a megújuló energiatermelés potenciáljának meghatározásához területi léptékben, amelyhez több adatforrást is használtam. A megújuló energiaforrások közül a nap, a szél, a biomassza, hulladék, biogáz potenciálját határoztam meg, és ebből származtatva a földhőjét. Emellett kijelöltem a vízenergia hasznosításának lehetséges helyszíneit az ökológiai védelem alatt álló területe kizárásával. Ezt követően pedig a fogyasztási oldalt becsültem meg, az adatok forrását az 1. táblázatban foglaltam össze. A fogyasztási oldalt a Központi Statisztikai Hivatal, a Nemzetközi Energia Ügynökség és az MVM adatai alapján becsültem meg, hogy helyi szinten összehasonlíthatóak legyenek az energiapotenciál adataival. Végül a mintaterületek meglévő energiahálózat vizuális elemzésével a megújuló energiaforrások jelenlegi infrastruktúrába való beillesztésének lehetőségeit tártam fel tájépítészeti szempontból.

5. ÚJ VAGY ÚJSZERŰ KUTATÁSI EREDMÉNYEK, TÉZISEK

Ebben a fejezetben ismertetem a kutatásai eredményeimet, amelyeket a célkitűzésekben megfogalmazott kérdések, hipotézisek vizsgálatán keresztül végzek el. Ez alapján tézisekben fogalmazom meg az új tudományos eredményeket.

Hipotéziseim két csoportba sorolhatóak: egyrészt az energia átmenet fogalmának értelmezésére a tájépítészetben, amely a kutatási terület elméleti háttérét vizsgálja; másrészt az energiarendszer kapcsolódó tájépítészeti feladatok gyakorlatba való átültetését. A disszertáció szerkezete is leképezi ezt a két végletet egyrészt az irodalomkutatás vizsgálja a téma elméleti háttérét, másrészt az eredményekben a gyakorlati alkalmazást mutatom be esettanulmányokon keresztül. A kettő közötti kapcsolatot az anyag és a módszer jelenti, amely részben integrálom az irodalomkutatás tudásanyagát a gyakorlati alkalmazáshoz. A kutatási eredményeim szerint az anyag és módszer, illetve az eredmények fejezetek reflektálnak egymásra, míg az irodalmi áttekintésből következtetéseket vontam le, amelyek megjelentek a módszertani vizsgálat során. A disszertáció struktúrája, a hipotézisek és tézisek egymáshoz való viszonyát 2. ábrán szemléltetem. A következőkben ismertetem a kutatásom alapján hipotézisek eredményeit, az abból levont következtetés eredményeként megfogalmazott tézisekkel.



2. ábra. A disszertáció, a hipotézisek és a tézisek rendszere

H1: Az energiarendszer térbeli és időbeli változásait meghatározó definíció tartalmazza az energiatermelés és fogyasztásának változásait környezeti, gazdasági, társadalmi és kulturális értelemben. A definíciója alkalmazható a tájépítészeti kontextusban.

A hipotézist több oldalról vizsgáltam meg, mivel az energiaváltozást leírhatja a fizika, a környezettudomány, a gazdasági-társadalmi rendszer. A fizikai értelemben az energia valamilyen változást jelent, amelynek így feltételezhetően van idő és tér dimenziója. Elemeztem a környezettudományi háttérét is a hipotézisnek: a környezeti rendszerek minden esetben jellemezhetőek az anyag és az energiaváltozás szempontjából. A tájépítészet a zárt és a nyílt rendszerekkel foglalkozik, ahol minden esetben van energiaváltozással járó folyamat a rendszeren kívüli elemekkel. A fizikához hasonlóan itt is folyamatot ír le az energia, tehát van tér és idő dimenziója. Az irodalomkutatásban ezek mellett bemutattam a gazdasági elméleti modelljeit, a cél jelenleg a körkörös gazdasági modell, amelynek alapjait az ipari ökológia fektette le. Ebben a modellben is az energia a folyamatváltozáshoz kapcsolható. Az irodalomkutatásból azt a következtetést vontam le, hogy az energiarendszer térben és időben változik, a fizika, mint alaptudomány írja le, és ezt az értelmezést veszi át a többi tudományág. A táj energiarendszerének változásait történeti térképek elemzésével végeztem el az eredmények fejezetben, ahol azonosítottam azokat az objektumokat a történeti térképeken, amelyek az energiarendszerváltozásainak bizonyítékai.

A hipotézis igaz, korábbi tájépítészeti kutatások már igazoltak, nem lehet új tudományos eredményt megfogalmazni.

H2: Az energia átmenet újra értelmezi a tájépítészet egyes feladatait és keretrendszerét, emellett új tervezési gyakorlatok, feladatok jelennek meg.

A hipotézis igazolásához áttekintettem a tájépítészet energiarendszerhez kapcsolódó korábbi kutatásait. Az 1980-as években megjelent tájépítészeti tervezés gyakorlati alkalmazását meglapozó könyvek mind e a nemzetközi, mind a magyar foglalkozik a természet és az épített környezet energiarendszerével. A legtöbb tudományágban az 1970-es évek olajválsága miatt a tudomány figyelmét is felhívta arra, hogy az energiarendszer tervezéséhez alapos kutatás szükséges. A nemzetközi szakirodalom alapján megállapítottam, hogy a tájépítészeti tervezés hatással van a környezeti elemek és rendszerek energiaháztartására, ennek eszközei lehet tereprendezés, anyaghasználat, tájolás. Ezek az eszközök mind objektum, mind nagyobb léptékben figyelembeveendőek. A magyar szakirodalom alapján megállapítottam, hogy az energiarendszer és a tájszerkezet között kapcsolat van. A kulturális rendszer áttekintésével levontam azt a következtetést, hogy a környezeti nevelés befolyásolja az energiahasználatot. A jogszabály háttér, és a környezettudományi alapok vizsgálatával, az elmúlt időszak tájépítészeti kutatásainak áttekintésével megállapítottam, hogy a

tájépítészet foglalkozik az energiarendszer létesítményeinek táji és környezeti hatásaival. Az elmúlt másfél évtizedből két doktori kutatást emeltem ki, amelyek alapján megállapítottam, hogy a tájépítészet új kihívásai a táj és energiapotenciáljának vizsgálata, és ahhoz közvetlenül kapcsolódóan a táji és környezeti hatások vizsgálata összefonódik.

A hipotézist igazoltam, és a következő tézisben fogalmaztam meg:

T1: A szakirodalom kutatás alapján a tájépítészet energia átmenethez kapcsolódó feladatai két részre bontottam: egyrészt a jelenlegi tervezési gyakorlatban használt eszközökre (ezek a környezeti elemek és rendszerek energiaháztartását befolyásolják), amelyek segíthetik az energia hatékonyságot, a környezeti nevelést és a környezeti hatástanulmány készítését; másrészt új feladatként értelmezhető egy adott terület energia potenciáljának meghatározása a táji és környezeti hatások figyelembevételével.

H3. Az energiarendszer tervezése beépíthető a tájtervezés és területi tervezés gyakorlatába.

A hipotézist igazoltam, és a következő tézisben fogalmaztam meg.

Az anyag és módszer fejezetben összekapcsoltam a megújuló energiapotenciál meghatározását és a táji, környezeti hatásokat. Meghatároztam azokat a megújuló energiaforrásokat véghasználat szerint, amelyek energiapotenciálját a rendelkezésre álló statisztikai adatokkal, technológiai leírásokkal meg tudtam határozni. A nap és a szél energia elektromos, a biomassa és biogáz esetében mind a villamosáram, mind a fűtési célú potenciált meghatároztam számszerűen. Az előzőekben meghatározott villamosáram potenciál alapján a földhő potenciált is számszerűsítette származtatottan. Egyes esetekben az energiapotenciált nem tudtam meghatározni egyrészt az energiatermelés tájépítészetben túl mutató bonyolultsága miatt (napenergia fűtési felhasználása, hulladék távhő célú felhasználása, vízenergia, geotermikus energia villamosáram és távhő felhasználása). A tájépítészeti eszközökkel meghatározható energiapotenciálokat energiamixét is megvizsgáltam több szcenárióban, és a vizsgálati terület becsült energiafogyasztásával összevettem. A jelenleg rendelkezésre álló adatok megbízhatóságának szempontjából a települési léptéket jelöltem ki a tervezés legkisebb egységének, az adatok szempontjából a legrelevánsabb eredményt adó egységének a tájépítészeti tervezés szempontjából. Az energiapotenciál meghatározásával részben felmérhetővé tettem egy adott terület megújuló energiaforrásait, mivel egyes megújuló energiaforrások táji és környezeti hatásai eltérőek, és a véghasználatok esetében eltérő környezeti hatásokkal kell számolni, így előzetesen felmérhetővé tettem. Hozzákapcsoltam a rendelkezésre álló

hálózati rendszer vizsgálatát is. Ez segítheti a konkrét energiarendszer tervezését területi szinten.

T2: Tájépítészeti eszközökkel meghatároztam települési szinten a napenergia és a szélenergia villamos áram potenciálját, részben a biomassza, a biogáz, a hulladékból termelt hőenergia és villamos áram potenciált, emellett kijelölhetem a vízenergia felhasználásra potenciálisan alkalmasak helyeket, az általam meghatározott megújuló energiaforrások villamos áram potenciáljának alapján a földhő potenciált; és vizuálisan elemeztem a meglévő energiahálózatokat az energiaforrások rendszerbe illesztésének lehetőségét vizsgálva. A megújuló energiaforrásonként véghasználat szerint felmértem a lehetséges táji és környezeti hatásokat. A két vizsgálat összekapcsolásával elsegíthető az energiarendszer tervezhetősége, internalizálhatóak egyes környezeti költségek, amelyek az energiatermelést érintik.

H4: A megújuló energiaforrások és táji, környezeti hatásaik közvetlenül kapcsolódnak egymáshoz, így az energiapotenciált is befolyásolják.

Az anyag és módszertani fejeztemben külön-külön vizsgáltam az egyes megújuló energiaforrások energiapotenciáljának meghatározásának lehetőségeit, és életciklus szemlélettel összefoglaltam táji és környezeti hatásait. Ez alapján közvetlenül a szél és a napenergia potenciált tudtam közvetlenül összekapcsolni, és tájépítészeti szempontból települési szinten korlátozni a termelést. Mindkét esetben olyan energiatermelési objektumok másodlagos tájhasználatként jelennek meg egyrészt a beépített területeken, másrészt a mezőgazdasági területeken. A többi esetben az energiatermelés objektumokhoz kötött, települési szinten a hatások közvetlenül nem összeköthetőek a potenciállal.

A hipotézist részben igazoltam és a következő tézisben fogalmaztam meg:

T3: Az anyag és módszer fejezetben az egyes megújuló energiaforrások potenciáljának és környezeti hatásainak vizsgálata alapján a nap és a szél energia összefüggéseit általánosan alkalmazható tézisben fogalmaztam meg: A táji tervezés során a nap és a szél energiapotenciálja mennyisége közvetlenül köthető a táji és környezeti hatásokhoz, a termelés jellegéből adódóan, közvetlenül területhasználathoz kapcsolhatóak, és korlátozni a potenciált a táji és környezeti hatások figyelembevételével. A biomassza, biogáz, hulladék és földhő esetében a környezeti hatások települési és mikrorégiós szinten általános megfogalmazhatóak véghasználatától függően, de a termelést objektum léptékben is vizsgálni kell a döntéshozatalhoz.

H5: A megújuló energiaforrások fizikai jellemzői táji léptékben értelmezhetőek, ezeket figyelembe kell venni az energiarendszertervezése során.

A hipotézist az az esettanulmányokon keresztül vizsgáltam meg, egyrészt az egyes mintaterületek energiamixe, másrészt a két mintaterület eredményeinek összehasonlításával. A hipotézishez tartozó tézisek a T4, T5, és T6 jelűek, az indoklást külön-külön fogalmaztam meg. Minden tézisben megfogalmazott megállapítás az időjárástól függő, nem kontrollálható energiaforrásokhoz köthető,

ezért a hipotézist csak részben igazoltam.

Mindkét mintaterület esetében a táji tervezésben meghatározható energiaforrások potenciálját energiamixben összegeztem, ez alapján fogalmaztam meg az erre vonatkozó tézist. Mivel a napenergia potenciál dominálja az energia mixet, és nem kontrollálható az energiaforrás, így a hálózat szempontjából a termelés technológiaiailag korlátozott a villamosáram termelésben

T4: A vizsgált mintaterületek energiamixe alapján megállapítottam, hogy még a területi korlátozással is a napenergiapotenciál minden esetben dominálta az energiamixet, így a területhasználati korlátozás indokolható technológiai és gazdasági szempontokkal szemben is.

A szél energetikai célú felhasználásánál a táji és környezeti hatások tekintetében a két léptéket vizsgáltam meg. Egyrészt a lassú szélmozgásra épülő háztartásokban alkalmazható turbinákat, illetve a nagy léptékű, jelentős villamosáram termelésre alkalmas turbinákat. Utóbbi termelését korlátoztam a táji és környezeti hatások figyelembevételével. Az energiarendszer tervezésénél azonban ez egy jelentős potenciál. A nap és a szél éves termelési potenciáljának eloszlása azt mutatja, hogy a szél részben kiegészítheti rendszer szinten a termelést. A rendszerszintű vizsgálat túl mutat a tájépitészet keretein.

T5: A szélenergiatermelést táji hatások figyelembevételével korlátoztam a beépített területekre, ez az energiapotenciál az energiamixben jelentéktelen mértékű, nagy léptékű turbinák és más területhasználatok bevonásával ez az arány növelhető.

Az esettanulmányok során külön-külön megvizsgáltam az energiaforrások potenciálját, mikróregiós szinten a településeket is összehasonlítottam. Ez alapján megállapítottam, hogy a földrajzi adottságok, már települési szinten is befolyásolják az időjárási jelenségekhez köthető energiaforrások termelését.

T6: Az energiapotenciál meghatározásánál megfigyeltem, hogy a nap és a szél esetében már kis léptékben is a földrajzi adottságok befolyásolják az potenciált, így ezeknek az energiapotenciál meghatározásának legkisebb léptéke a települési szint.

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Egy doktori kutatás legalább ugyanannyi új kérdést vet fel, mint amennyit lezár. A fejezetben levonom a kutatás általános következtetéseit, ez alapján a tervezési gyakorlatba történő áttemelésre. Emellett megfogalmazom azokat a kérdéseket, amelyek újabb kutatásokhoz vezethetnek az energiarendszer hatékonyabb működtetéséhez.

Az irodalomkutatás alapján egyrészt megállapítható, hogy a tájtervezés gyakorlata az energiarendszert a különböző tervezési eszközökben már régóta figyelembe vette. A külső tényezők (klímaváltozás, orosz-ukrán háború) új fókuszot adnak ezeknek az eszközöknek. Másrészt a tervezői gyakorlatba új feladatokat kell integrálni, mivel az energiarendszer ma rendkívül bonyolult, és olyan új ismeretek birtokában vagyunk. A kutatásomban ez az elméleti megalapozás jelölte ki azt az utat, amellyel a tervezői gyakorlatba beépíthető módszereket tudtam kidolgozni, illetve az energiarendszer és a táji tervezéskapcsolatát tudtam elemezni.

A jelenleg rendelkezésre álló statisztikai adatok alapján a településfejlesztésbe, területfejlesztésbe nemcsak általánosan jelölhetőek ki azok a megújuló energiaforrások, amelyek az adott terület energiapotenciálját jelenthetik a jövőben, hanem a kutatásom alapján Vannak olyan adatok, amellyel ezek az energiaforrások számszerűsíthetőek. A nap, a szél, a biomassa, a hulladék és a biogáz, és ezekből származtatottan a földhő esetében felmérhető a terület potenciálja. Ezek az ismeretek hozzájárulhatnak a területfejlesztés hatékonyságának növeléséhez.

A jelenlegi jogi keretrendszer, a tervezés szempontjából kettős: a jövőképet a decentralizációban határozták meg, ezzel szemben a döntéshozatal centralizált. Ennek részben az is oka, hogy alig-alig születnek valójában országosnál kisebb léptékű tervek, amelyek több energiaforrást vizsgálva, számszerűen vizsgálnák meg az energiarendszer kérdéseit. Az általam ismertetett módszertan alkalmazásával települési szinttől kezdve már a területfejlesztés dokumentumaiban részben bekerülhetnek konkrét megújuló energiaforrások számszerű potenciál adatai.

A kutatás alapján javaslom a területi tervezés jogi keretrendszerét építeni az energia potenciál számszerű becslését. Az anyag és módszer, illetve az eredmények fejezet alapján bemutattam, hogy települési és régiós szinten is a nap, a szél, a biomassa, a biogáz, és közvetve a földhő energia potenciálja részben vagy egészében számszerűsíthető. Ez alapján javaslom, hogy a települési és területi tervekben számszerűen mérjék fel az adott terület megújuló energiapotenciálját, és annak környezeti hatásait. Ezek mellett fontos nemcsak az energiapotenciál, hanem az energiahálózat elemzése is. Így tervezhetőbbé válik az energiarendszer, és a gazdasági fejlesztésekhez rendelhető. A körkörös gazdasági rendszer megvalósítását is segítheti a jogi keretekbe való átültetés,

mivel így kisebb területi rendszerekben felmérhető az energia többlet és az energia hiány.

A bükki mikrorégióon keresztül egy leszakadó térséget mutattam be. Ezekben az esetekben települési szinten az energiatervek elkészítése hozzájárulhat a vidékfejlesztéshez, csökkentheti az energiaszegénységet, amelynek különösen kitettek. Mivel az elemeztem a táji, illetve környezeti hatásokat is, így általánosan a település környezeti állapota is javulhat. Ez hozzájárulhat a EU kohéziós alapjainak hatékonyabb felhasználásához.

Az energiarendszer tervezésére szintén jellemző, hogy a környezeti hatások szinte a legutolsóak, beszéljünk akár a globális szintű klímaváltozásra vagy egy település környezetállapotáról. Az ideális az lenne, hogy elsőként felmérjük az energiaforrások környezeti hatásait, itt érvényesülnie kell az életciklus elemzés elveinek, illetve az energiaforrásokon túl a hálózat adottságait is, ezt követi egy technológiai tervezés, majd a gazdasági tervezés, a különböző területek egymásra reflektálnak. A napenergia potenciál vizsgálata egyértelműen megmutatta, hogy Vannak olyan energiaforrások, amelyek potenciálja lehet korlátlan technológiai vagy gazdasági szempontból, tehát a táji és környezeti hatások elveit már első lépésként lehetne érvényesíteni.

Második javaslatom, amely jogi keretrendszert érinti, a napenergiához kapcsolódik. Az eredmények alapján egyértelmű, hogy a napenergia potenciál akkor is dominálja az energia potenciált, ha korlátozom az épületek tetőszerkezetére. Így javaslom, a napenergia beruházások korlátozását a beépített területekre. Települési szinten figyelembe kell venni az épített környezetvédelmét, az esetleges védelem alatt álló épületek esetén külön kell vizsgálni, hogy a napelemek telepítésének lehetőségét.

A biogáz és a biomassza energia potenciál becslésénél vizsgáltam a véghasználat hatékonyságát. További összetett kutatás szükséges azoknak az energiaforrásoknak az esetén, ahol több célú energiafelhasználás lehetséges. Egyrészt a használat esetén eltérőek a környezeti hatások, ugyanakkor azt is fontos figyelembe venni, hogy az energia átalakítása során a hasznos energia mennyisége csökken.

Doktori kutatásomon túlmutató ökológiai szempontból legfontosabb kérdése a víz szerepe. Az esettanulmányokon keresztül bemutattam, hogy lehetnek olyan potenciális helyek, ahol akár kis léptékű vízerőmű létesítésének vizsgálatát lehet javasolni. Elsőként a domborzati adottságokat vizsgáltam, majd kizártam az ökológiai védelem alatt álló területeket. A vízi, és a vízhez kapcsolódó ökoszisztémák rendkívül törekenyek, így bármilyen változás komoly környezeti károkat okozhat. A klímaváltozás a vízkörforgásában jelentős változásokat okoz, így nehezen detektálható, hogy ez mennyiben érinti a vízerőművek termelését. Miért kell mégis ezzel foglalkozni? Az energiamix szempontjából egy olyan elem kerülhet be az energia mixbe, amelynek a termelése kontrollálható, és jelenlegi tudásunk szerint az elektromosáram leghatékonyabb tárolási módja a szivattyús vízerőmű. Ez utóbbi esetben szintén fontos, hogy kis léptékben tervezzünk, amellyel csökkenthetőek a negatív környezeti hatások. A másik fontos kérdés,

hogy a víz nemcsak a termelésben vesz részt, hanem hőerőműveknél hűtő közeg, szükséges az energiatermeléshez.

Zárásként visszatérek a klasszikus tájépítészeti eszköztárhoz. Bár kutatásomban az új feladatokat vizsgáltam meg alaposan, irodalmi áttekintésben megannyi példa volt arra, hogy a tájtervezés hogyan tudja hatékonyabbá tenni a környezeti elemek és rendszerek befolyásolásával. Fontos, hogy ez az eszköztár tudatosan beépüljön a gyakorlatba, megfelelő használatával, ha kell “fűtsünk”, ha kell “hűtsünk”.

7. PUBLIKÁCIÓK

A kutatáshoz kapcsolódó folyóiratcikkek:

Szabó, Z., Guifang, W., Sallay, Á. (2023). Estimating Solar Energy Potential of Hungary Based on Raster Maps. *JOURNAL OF DIGITAL LANDSCAPE ARCHITECTURE*, 8, 112–123.

Szabó, Z. ; Prohászka, V. ; Sallay, Á. (2021) The Energy System of an Ecovillage: Barriers and Enablers *LAND (BASEL)* 10 : 7 p. 682 Paper: 682, 20 p.

Szabó, Z. ; Sallay, Á. (2020) Az energiatermelés tájtörténeti szempontú áttekintése. *TÁJÖKOLÓGIAI LAPOK / JOURNAL OF LANDSCAPE ECOLOGY* 18 : 1 pp. 45-64. , 21 p.

Kutatáshoz kapcsolódó konferencia közlemények (full paper):

Szabó, Z.; Sallay, Á. (2022) Energy Transition of an industrial settlement through the example of Kecskemét. *Proceedings of the Fábos Conference on Landscape and Greenway Planning* 7: 1 Paper: 52

Szabó, Z.; Sallay, Á. (2019) Assets of Water Mills in Hungary. *Proceedings of the Fábos Conference on Landscape and Greenway Planning* 6 p. 18

Szabó, Z.; Sallay, Á. (2019) Historical research of electrical transmission lines from landscape planning point. In: *Fodor, Marietta; Bodor, Péter (szerk.) SZIENTific meeting for young researchers - Ifjú Tehetségek Találkozója (ITT) Gödöllő, Magyarország : Szent István University* 353 p. p. 256

Szabó, Z.; Szabó, I., Sallay, Á. (2019) Erőművek teljesítménye és táji hatásuk összefüggései. In: *Fazekas, István; Lázár, István (szerk.) . Debrecen, Magyarország : MTA DTB Földtudományi Szakbizottság* 452 p. pp. 259-263. , 5 p.

Sallay, Á. ; Szabó, Z. (2018) Tájtipizálás az energia szempontjából. In: *Lázár, István (szerk.) Környezet és energia: Hatékony termelés, tudatos felhasználás Debrecen, Magyarország : MTA DAB Földtudományi Szakbizottság* 281 p. pp. 271-274. Paper: 3372007 , 4 p.

Kutatáshoz kapcsolódó konferencia absztraktok:

Szabó, Z.; Sallay, Á. (2022) Defining energy transition in landscape architecture. In: *Bevk, Tadej; Krošelj, Manca (szerk.), Ljubljana, Szlovénia: University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Landscape Architecture* 145 p. p. 127 Paper: 157, 1 p.

Szabó, Z.; Sallay, Á. Toorn, van den M. (2021) Energy Transition and Hungarian Landscape Architecture. In: *Burcu, Yigit Turan; Sara, Westerdahl (szerk.) Stop and Think : Book of Abstracts Uppsala, Svédország : Swedish University of Agricultural Sciences (SLU)pp.* 18-18. Paper: 273, 1 p.

Szabó, Z. ; Prohászka, V. J.; Sallay, Á. (2021) Analysis of energy management and possibilities for its development in ecovillages with tools of landscape architecture through the example of visnyeszéplak *ACTA BIOLOGICA MARISIENSIS* 4 : Supplement 1 p. 13

Z., Szabó ; Á., Sallay (2021) Energy transition in mountainous areas through the example of micro-region in Borsod county in Hungary. In: *CASEE CONFERENCE 2021 Book of Abstracts: "CASEE universities as laboratories for new paradigms in life sciences and related disciplines" June 7th – 8th, 2021 (online event)* 59 p. pp. 21-22. , 2 p.

Egyéb folyóirat cikkek:

Bérczi, S., Szabó, Z., Sallay, Á. (2022). Strategic Directions: Evaluation of Village Development Strategies in the Case of Applicants for the Hungarian Village Renewal Award. *LAND (BASEL)*, 11(5), 681. <http://doi.org/10.3390/land11050681>

Erdélyi, R.; Szabó, Z. ; Sallay, Á. (2021) The role of city-level green space facilities in municipal climate regulation through the example of Kecskemét = A városi szintű zöldfelületi létesítmények szerepe a települési klíma-szabályozásban Kecskemét példáján keresztül. *4D TÁJÉPÍTÉSZETI ÉS KERTMŰVÉSZETI FOLYÓIRAT / JOURNAL OF LANDSCAPE ARCHITECTURE AND GARDEN ART*: 59 pp. 72-83. , 12 p.

Wang, G., Cushman, S. A., Wan, H. Y., Li, H., Szabó, Z., Ning, D. G., & Jombach, S. (2021). Ecological Connectivity Networks for Multi-dispersal Scenarios Using UNICOR Analysis in Luohe Region, China. *JOURNAL OF DIGITAL LANDSCAPE ARCHITECTURE*, 1(6), 230–244. <http://doi.org/10.14627/537705020>

Bérczi, S., Szabó, Z., Nagy, B., Sallay, Á. (2020). How can the sustainable development goals, specifically a correct energy policy, help the succes of a small region? *4D TÁJÉPÍTÉSZETI ÉS KERTMŰVÉSZETI FOLYÓIRAT / JOURNAL OF LANDSCAPE ARCHITECTURE AND GARDEN ART*, (57), 44–57. <http://doi.org/10.36249/57.4>

Egyéb konferencia közlemények (full paper):

Nagy, B., Szabó, Z. (2019). Introduction to the Green Belt of Auroville: A Detailed Description on How its Actual Practices Contribute to the UN SDGs. *Proceedings of the Fábos Conference on Landscape and Greenway Planning*, 6, 27. <http://doi.org/10.7275/kjbe-yz91>

Sallay, Á., Szabó, Z., & Kollányi, L. (2019). Greenway Planning in the 11th District of Budapest. *Proceedings of the Fábos Conference on Landscape and Greenway Planning*, 6, 24. <http://doi.org/10.7275/59y2-0486>

Sallay, Á., Mikházi, Z., Máté, K., Szabó, Z. (2018). Hidak az Ipoly mentén. In *Földrajzi tanulmányok 2018* (pp. 341–344)

Szabó, Z., Prohászka, V., & Sallay, Á. (2018). Tanya mint az ökológiai gazdálkodás potenciálja. In *Őshonos- és Tájfajták - Ökotermékek - Egészséges táplálkozás - Vidékfejlesztés* (pp. 517–524).

Egyéb konferencia absztraktok:

Zita, S., Ágnes, S. (2022). Uncertainty of scales. The scale of uncertainty. In a trace of the flow. In *Scales of change* (p. 86).

Szabó, Z., Sallay, Á., Martin, van den T. (2021b). Setting up an Introductory Seminar in the Context of Climate Change as Part of PhD Research. In *Stop and Think* (pp. 19–19).

Szabó, Z. (2019). The Concept of Landscape in Secondary Education in Hungary. In *Lessons from the past, visions for the future* (p. 278).

Szabó, Z., Sallay, Á., & Máté, K. (2018). Separate or Connect? In *Spaces Crossing Borders* (pp. 69–69).

Szabó, Z. (2010). Assessment of Streams as Ecological Corridors and as Part of Greenway Planning. In *Fábos Conference on Landscape and Greenway Planning 2010* (pp. 62–62).