

Integrált osztrák hálózat Infrastruktúra-terv

A nyilvános konzultációra bocsátott tervezet

Jogi nyilatkozat

Médiatulajdonos, kiadó, szerkesztő:

Osztrák Szövetségi Köztársaság Éghajlat-politikai, Környezetvédelmi, Energiaügyi,
Mobilitási, Innovációs és Technológiai Minisztérium, Radetzkystraße 2, 1030 Bécs,
Ausztria

Bécs, 2023. Utolsó frissítés: 2023. október 25.

Visszajelzés: Ha szeretne bármilyen visszajelzést megosztani ezzel a brosrával

kapcsolatban, kérjük, írjon a sup.oenip@bmk.gv.at e-mail- címre.

Tartalomjegyzék

1	Introduction	5
1.1	Background	5
1.2	Integrated Network Infrastructure Plan (NIP)	6
1.3	Structure and contents of the integrated network infrastructure plan	8
2	Integrated infrastructure planning	9
2.1	Principles and economic benefits of integrated planning.....	9
2.2	Integrated plan	10
2.3	Electrical power network	12
2.4	Gas network (methane and hydrogen)	19
3	Presentation and discussion of results	22
3.1	Comparison of results	22
3.2	Summary	22
	Literature/References	27

1 Bevezetés

1.1 Háttér

Ausztria azt a célt tűzte ki, hogy 2040-ra klímasemlegessé váljon, és ezért úttörő szerepet kíván betölteni Európában az energetikai átállás és az éghajlatvédelem terén. A klímasemlegesség célját jogilag a megújulóenergia-kiterjesztésről szóló törvény (EAG) és a gáziparról szóló törvény [GWG] rögzíti. A klímasemlegesség eléréséhez át kell alakítani az energiarendszert annak érdekében, hogy a fosszilis energiaforrásokat teljes mértékben megújuló energiaforrásokkal helyettesítsék. Az átalakítási folyamat jelentősen hozzájárul továbbá az osztrák energiaellátás rezilienciájának és biztonságának növeléséhez, az energia megfizethetőségéhez a lakosság számára, valamint ahhoz, hogy az üzleti helyszíneként vonzóbbá váljon. Az előretekintő és kiszámítható fejlődés lehetővé teszi a magánszemélyek és a vállalkozások időben történő és célzott beruházási döntéseit, és ezáltal hozzájárul az átállási költségek elkerüléséhez is.

Az energiatermelés és -fogyasztás területén már most is egyértelműen növekszik a villamosítás irányába mutató tendencia. Mivel a villamos energia többféle módon és általában különösen nagy hatékonyság mellett használható, az energetikai alkalmazások villamosításának tendenciája a klímasemleges energiarendszerre való átállás során is folytatódni fog. Ezért a megújuló energiaforrásokból történő villamosenergia-termelés bővítése különösen fontos lesz a fosszilis tüzelőanyagok fokozatos kivezetése során. A megújuló energia kiterjesztéséről szóló törvényben rögzítették azt a célt, hogy a hazai megújuló energiaforrások részaránya Ausztria teljes villamosenergia-fogyasztásában 2030-ra 100%-ra növekedjen (nemzeti egyensúly). A meglévő villamosenergia-infrastruktúrát hozzá kell igazítani az új feltételekhez.

A gázellátás területén Ausztria azzal a kihívással néz szembe, hogy 2040-ig fokozatosan meg kell szüntetnie a földgáz használatát, és azt megújuló villamos energiával vagy más megújuló energiaforrásokkal kell felváltania. Emellett a jelenlegi geopolitikai helyzet – különösen az ukrajnai konfliktus – az energiapiaci válsághelyzethez vezetett, amelyben Ausztria orosz földgázellátástól való nagyfokú függősége jelentős kihívásokat teremtett. Összefoglalva, ez, valamint a megújuló gázok, például a biometán és a megújuló hidrogén korlátozott rendelkezésre állása azt jelenti, hogy ezeket főként olyan alkalmazásokban használják, ahol nem állnak rendelkezésre alternatívák.

A villamos energia, a földgáz és a megújuló gázok hálózati infrastruktúrájának bővítése és

továbbfejlesztése különösen fontos az energiarendszer szükséges átalakításában. Korábban a villamosenergia- és gázinfrastruktúra területén a bővítés tervezését a felelős hálózatüzemeltetők viszonylag függetlenül végezték. Ma azonban a hálózati infrastruktúra fejlesztésének stratégiai integrált megközelítésére van szükség, mivel az energiainfrastruktúra időben történő és folyamatban lévő bővítése, átalakítása és korszerűsítése elengedhetetlen az ellátásbiztonság hosszútávú és folyamatos fenntartásához. Az integrált megközelítésnek köszönhetően az energiainfrastruktúra továbbfejlesztése már nem egyedi ágazati megfontolásokon alapul, hanem közös ellátási célkitűzés alapján tervezik. Ez az integrált hálózati infrastruktúra-tervezés lehetővé teszi az elektromos hálózat költséghatékony és célzott bővítését, és támogatja a gázinfrastruktúra megfelelő szerkezetátalakítására irányuló intézkedéseket. Ennek a megközelítésnek lehetővé kell tennie a hatékony és keresletorientált hálózatbővítés jobb összehangolását a megújuló energiaforrásokból származó villamos energia és gáz előállítására és tárolására szolgáló létesítmények bővítésével.

A jövőbeli követelmények teljesítése érdekében a megújuló energiaforrásokról szóló törvény 94. szakasza előírja, hogy a szövetségi klímavédelmi, környezetvédelmi, energiaügyi, mobilitási, innovációs és technológiai miniszternek integrált hálózati infrastruktúra-tervet kell készítenie. Ezt az (EU) 2018/1999 „irányítási rendelettel” összhangban kísérő intézkedésként össze kell hangolni, és stratégiai környezeti vizsgálatnak kell alávetni.

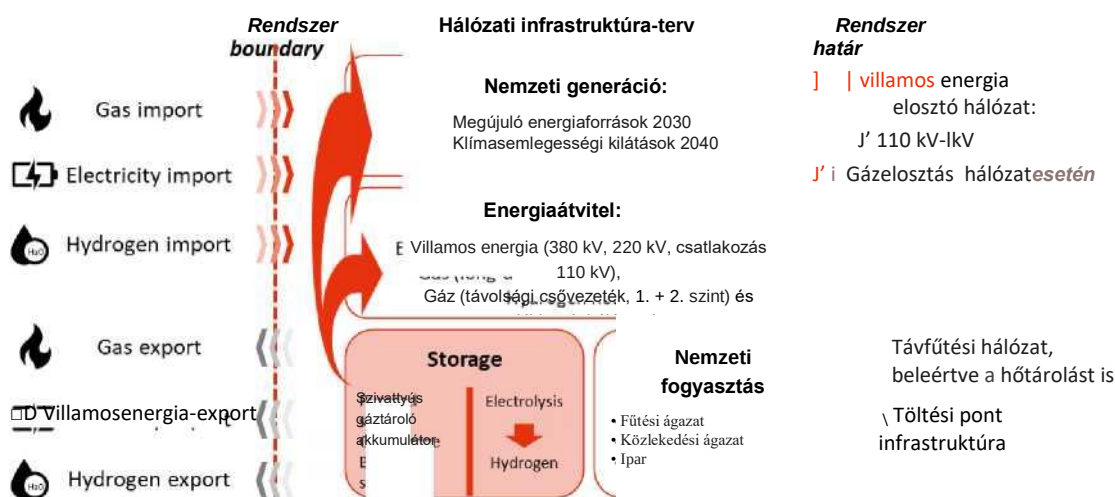
- Az integrált hálózati infrastruktúrára vonatkozó tervnek ez a változata az első változat. Mivel az energetikai átállást fel kell gyorsítani, és az energiarendszert nagyon dinamikus fejlődés jellemzi, a megújuló energiaforrásokról szóló törvény szerinti integrált hálózati infrastruktúra-tervet legkésőbb öt évente továbbfejlesztik és kiegészítik.

1.2 Integrált hálózati infrastruktúra-terv (NIP)

Az integrált hálózati infrastruktúra-terv átfogó stratégiai eszköz, amely bemutatja a hálózattervezés alapvető követelményeit és célkitűzéseit a villamosenergia- és gázágazatban a holisztikus energetikai átállás érdekében. Tekintettel a teljes energiarendszerre, a nemzeti végrehajtási terv – a jogszabályi felhatalmazásnak megfelelően – támogatja a villamosenergia-átviteli hálózatok, a távolsági csővezetékek és az 1. és 2. szintű hálózatok konkrét hálózattervezését, valamint a

hidrogén-infrastruktúra. Megelőzi az adott vállalatok hálózattervezési tevékenységeit, és stratégiai szinten kiegészíti azokat. Szinoptikus nézete hozzájárul annak biztosításához, hogy az infrastruktúra tervezése, kiépítése és üzemeltetése során elismerjék a konkrét kölcsönhatásokat, és hogy az energiaforrások, a termelési és a fogyasztási ágazatok közötti szinergiákat már az energetikai infrastruktúrák tervezési szakaszában kihasználják, például az elektrolízis projektek hálózati integrációja során.

Az ágazatok összekapcsolása különösen fontos az integrált energiarendszerben. Ez nemcsak a „klasszikus alkalmazásokat” érinti, például a gáztüzelésű kombinált hő- és villamosenergia-erőműveket, hanem egyre inkább a biometán és a megújuló hidrogén infrastruktúráját, valamint a kapcsolódó erőműveket, például az elektrolízátorokat és a megfelelő tárolási technológiákat is.



Ábra: Az integrált hálózati infrastruktúra-terv vizsgálati területe és rendszerhatárai

Az 1. ábrán látható rendszerhatárok jelzik, hogy a nemzeti végrehajtási tervben mely területeket veszik figyelembe. A jogi felhatalmazásnak megfelelően a hangsúly az energiaátvitel területére helyeződik. A villamosenergia-ágazatban ezek a 380 kV-os és 220 kV-os hálózatok a transzformátorállomásokig, amelyekhez a 110 kV-os alárendelt elosztóhálózatok kapcsolódnak. Ezek már nem részei a vizsgált területnek. A gázellátás területén a NIP egyrészt a szállítóhálózatra és az 1. és 2. hálózati szintre, másrészt a jövőbeli hidrogénhálózati infrastruktúrára összpontosít.

A megfontolások a nemzeti energiafogyasztás alakulására és a megújuló energiaforrásokból történő nemzeti villamosenergia-termelésre vonatkozó jelenlegi forgatókönyveken alapulnak, beleértve a megújuló gázokat is. Ezeket a tárolási technológiák használatára és a rugalmassági lehetőségekre vonatkozó kérdések egészítik ki.

Az energiarendszer átalakításának dinamikus fejlődésének figyelembevétele érdekében a

hálózati infrastruktúrára vonatkozó tervnek ez az első változata a 2030-ig tartó tervezési időszakra készült. Mivel azonban az infrastruktúra használatát évtizedekre tervezték, és az energiarendszer átalakítása minden esetben 2040-ig folytatódik, a nemzeti végrehajtási terv 2040-ra is kilátást kínál. Ezt követően ötévente frissítik, fejlesztik és egészítik ki, az EAG-nak megfelelően.

1.3 Az integrált hálózati infrastruktúrára vonatkozó terv felépítése és tartalma

A 2. fejezet ismerteti a villamos energiára, a metánra és a hidrogénre vonatkozó jövőbeli integrált hálózati infrastruktúra-tervezés elveit és gazdasági előnyeit. A fejezet fő része a 2030-ra és 2040-ra vonatkozó közlekedési követelmények és hálózati igények levezetése a megújuló villamosenergia- és biometán-termelés meghatározott területi potenciálja és a feltételezett energiamennyiségi struktúrák alapján. Az energiamennyiségi kereteket a Szövetségi Környezetvédelmi Ügynökség gyűjtötte össze az átállási forgatókönyvvvel, és feltételezi a klímasemlegesség 2040-ig történő elérését. Ez a nemzeti végrehajtási tervhez az együttműködésen alapuló kutatás keretében kidolgozott, átfogó, tudományos modellen alapuló módszerek alapján történik. Az osztrák átvitelirendszer-üzemeltetők, valamint a piac- és elosztórendszer-üzemeltető tervei 2030-tól beépülnek a nemzeti végrehajtási tervben bemutatott hálózati infrastruktúrába.

Az eredményeket a 3. fejezet ismerteti és tárgyalja. A nemzeti végrehajtási terv megállapításait és számítási alapjait összehasonlítják és megvitatják az APG és az AGGM terveivel.

Integrált infrastruktúra-tervezés

2.1 Az integrált tervezés elvei és gazdasági előnyei

Az integrált hálózati infrastruktúra-terv (NIP) az első ilyen jellegű stratégiai tervezési dokumentum, amelyben az Ausztriában a jövőben szükséges villamosenergia- és gázinfrastruktúra 2040-ig együttesen kezelendő. A nemzeti végrehajtási terv elsődleges célja a régiók közötti villamosenergia- és gázszállítási igények azonosítása, figyelembe véve a termelést és a fogyasztást. Az integrált tervezés előnye az energiahordozókra kiterjedő elemzés lehetősége, amely figyelembe veszi a hagyományos hálózatbővítés szükségességét,

figyelembe véve az ágazatközi megoldásokat. Ez egyértelműen megkülönbözteti az integrált megközelítést az átvitelirendszer-üzemeltető vagy a piaci területi irányító üzemeltetési tervezésétől. Ezeknek a terveknek figyelembe kell venniük például a váratlan eseményeket és a piaci kötelezettségeket, de más energiaforrások figyelembevétele nélkül.

A nemzeti végrehajtási terv a magasabb szintű hálózati alapú villamosenergia- és gáz-energiainfrastruktúrák tervezésére összpontosít. Mivel a szélenergiából és a fotovoltaikus forrásokból történő energiatermelés ingadozó, a villamosenergia-rendszerben magas negatív maradékterhelés várható ¹ (Energy Brainpool, 2019). E kihívások kezelése érdekében olyan hibrid megoldásokat vizsgálnak, amelyek integrálják a villamos energiát, a gázt és a hőenergiát. A villamosenergia-, gáz- és hőhálózatok összekapcsolása révén a szezonális tárolók beépíthetők a tervezésbe (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, 2019) (Kienberger, Greiml, & Braunstein, 2021). Emellett a hibrid összekapcsoláson keresztüli integrált hozzáférés fokozott primerenergia-hatékonyság mellett lehetővé teszi az energiaátalakítás kaszkádjait, és minimalizálhatja az egyes energiahordozókra vonatkozó szállítási követelményeket.

A nemzeti végrehajtási terv integrált tervezési megközelítésének célja, hogy támogassa az osztrák klímasemlegesség 2040-ig történő megvalósítását, és közvetlenül egyértelmű gazdasági előnyökkel járjon Ausztria számára. A villamos energia és a gáz energiahordozók integrált szemszögéből ki lehet használni az energiahordozók közötti szinergiákat, így a teljes osztrák energiarendszer optimalizálható. Ez a megközelítés biztosítja, hogy a jövőbeli infrastrukturális fejlesztéseket összehangolják egymással, és így a hazai erőforrásokat a lehető legjobban használják fel. Az összehangolt tervezéssel elkerülhető az olyan infrastruktúra létrehozása vagy további bővítése, amelyre nincs szükség. Az infrastruktúra hosszú tervezési távlatai a lehető legkorábbi szakaszban ilyen tervezési megközelítést igényelnek. Az infrastruktúrabővítés összehangolásával a végső fogyasztók számára a hálózati díjakból eredő költségek is minimálisra csökkennek.

Az Ukrajna elleni orosz agresszív háború által kiváltott, a földgáz és ezt követően a villamos energia árának jelentős emelkedése rávilágít arra, hogy megfelelő infrastruktúra-tervezésre van szükség mind a költségsemléletek, mind az ellátásbiztonság tekintetében. A gázellátás diverzifikálása és az orosz földgáztól való importfüggőség csökkentése központi jelentőségű a jövőbeli ellátásbiztonság szempontjából. Ezért az energiaiinfrastruktúrának is erre a célra kell

¹ A maradékterhelés az ingadozó megújuló villamosenergia-termelés levonása után „fennmaradó” villamosenergia-fogyasztás leírására használt kifejezés. Egyszerűsített értelemben ez olyan villamosenergia-fogyasztást jelent, amely nem fedezhető szélturbinákból vagy fotovoltaikus rendszerekből történő villamosenergia-termeléssel. A negatív maradékterhelés tehát azt jelenti, hogy a szélturbinákból vagy fotovoltaikus rendszerekből történő villamosenergia-termelés meghaladja a fogyasztást.

irányulnia.

Az energiamegtakarítás mellett a nemzeti importfüggőség csökkentése szempontjából kulcsfontosságú a megújuló energiaforrásokból történő hazai energiatermelés előmozdítása. A hatékonyság növelése mellett a prioritás a megújuló energiaforrások gazdaságilag és ökológiailag életképes hazai potenciáljának kiaknázása is. E tekintetben az energiarendszer fokozódó villamosítása is fontos tényező. Egyrészt a fosszilis energiaforrások elektromos energiával való felváltása egyértelmű hatékonyságnövekedést eredményez – például a hőszivattyúk használata vagy az elektromobilitás terén –, de összességében ez az átállás a villamosenergia-fogyasztás folyamatos növekedését eredményezi. E növekvő villamosenergia-fogyasztás eléréséhez nemcsak a nemzeti megújulóenergia-termelés gyors bővítésére van szükség, hanem a kapcsolódó hálózati infrastruktúrára is, hogy biztosítani lehessen a termelőüzemek és a fogyasztási központok közötti szállítást. Az ellátásbiztonság szempontja mellett a megújulóenergia-termelés magas részaránya árcsökkentő hatással van a nagykereskedelmi villamosenergia-árakra is.

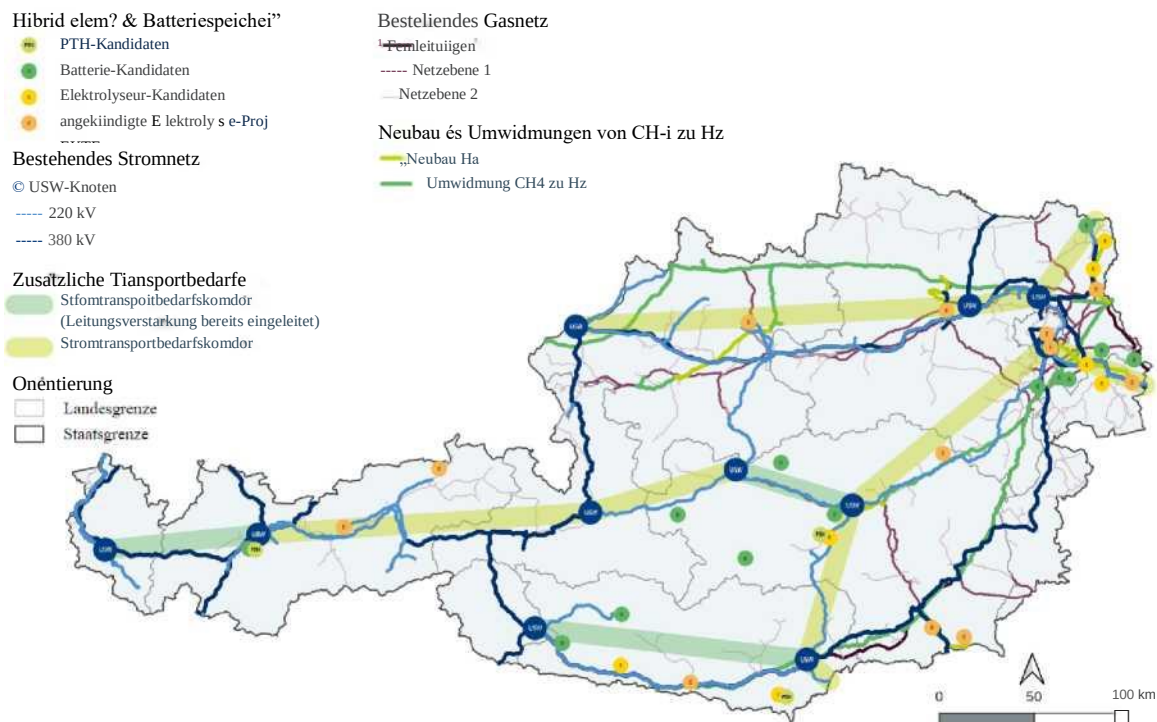
Összefoglalva feltételezhető, hogy a nemzeti végrehajtási terv értelmében vett integrált energiainfrastruktúra-bővítés társadalmi előnyei egyértelműen meghaladják a költségeket. Amint azt ebben a fejezetben már említettük, az integrált megújulóenergia-rendszer alapvető előnyökkel jár Ausztria számára, mind műszaki, mind gazdasági szempontból.

2.2 Integrált terv

A NIP esetében a villamosenergia-átviteli hálózatra, a földgázszállító hálózatra, valamint az 1. és 2. hálózati szintre vonatkozóan a jövőben infrastrukturális követelmények merülnek fel.

A 2. ábra a villamosenergia-szállítási kereslet azonosított folyosóit és a gázágazatban szükséges újrapozicionálást vagy bővítéseket mutatja be, amelyek elsősorban a hidrogén jövőbeli szállítását szolgálják. A villamosenergia-szállítási keresleti folyosók azok a folyosók, amelyek a rendszer egészének elemzése során szükségesnek bizonyulnak mind a 2.3. fejezetben felsorolt szűk keresztmetszetek megszüntetéséhez, mind pedig a villamosenergia-szállítási kapacitások bővítéséhez. A gázinfrastruktúra újrapozicionálása vagy bővítése a modellezett hidrogénigényből és a tervezett elektrolízis projektekből ered. A 2. ábra azokat az ágazati kapcsolóelemeket és akkumulátortároló rendszereket mutatja be, amelyeket az infrastrukturális követelmények meghatározásakor is figyelembe vettek. Bár ezek a rugalmassági mechanizmusok bizonyos pontokon értékes segítséget nyújtanak, a villamosenergia-hálózatban még mindig jelentős további átviteli kapacitásokra van szükség.

Az azonosított közlekedési keresleti folyosók abból erednek, hogy Keleten ki lehet használni a megújuló energiaforrások nagy termelési potenciálját, Ausztria központi beágyazódását az összekapcsolt európai rendszerbe, valamint a Nyugat-Ausztriában szivattyúzott tároló erőművek formájában rendelkezésre álló tárolókapacitásokat. Amint azt a 2. ábra mutatja, a rugalmas és időtálló „megújuló összekapcsolt osztrák rendszerhez” szükséges kelet-nyugati egyensúly legjobban egy összekapcsolt, rendkívül nagy feszültségű hálózattal érhető el. A sötétzöld-hessenbergi alállomás Weissenbach alállomással, az Obersielach alállomás Lienz alállomással és a Weissenbach alállomás Pongau alállomásával kiemelt területeken az APG 2023 júniusától már kezdeményezte a vezetékek megerősítését célzó intézkedéseket (pl. általános felújítás vagy feszültségátalakítás), amelyeket a szállítási követelmények meghatározásához még nem vettek figyelembe az NIP modellezése során.



Ábra: Integrált terv a vizsgált villamosenergia- és gázhálózatban, beleértve a rugalmassági intézkedéseket (PtX, akkumulátortárolás), forrás: (Lehrstuhl für Energieverbundtechnik an der MU Leoben; Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an der TU Graz, 2023)

A bemutatott elemzési eredmények alapjául szolgáló részletes feltételezéseket és modellezést a 2.3. és 2.4. alfejezet ismerteti.

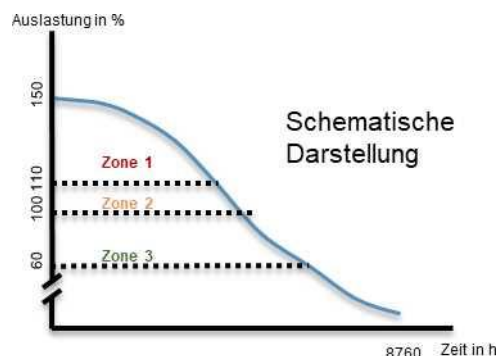
2.3 Elektromos villamosenergia-hálózat

A villamosenergia-hálózat meglévő vonalinfrastruktúrájának használatát az InfraTrans2040 projekt (Lehrstuhl für Energieverbundtechnik an der MU Leoben; Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an der TU Graz; Österr.

Wirtschaftsforschungsinstitut, 2023). Amint azt a 3. ábra mutatja, a szűk keresztmetszetek azonosítása érdekében az erőátviteli vezetékeket először különböző zónákra osztják fel a kihasználtság mértéke és időtartama alapján. Az 1. zóna nagyon nagy kihasználtságú vonalakat foglal magában, amelyek legalább évi egy óra alatt meghaladják a 110%-ot. A 2. zónába tartoznak azok a vonalak, amelyek legalább 25 órán keresztül magas kihasználtsági aránya meghaladja a 100%-ot, kivéve, ha azokat már az 1. zónába sorolták. A sorokat a 3. zónába kell sorolni, ha

legalább 60 százalékban évente legalább 50 órán át használják őket, és még nem osztották ki őket az 1. vagy 2. zónába. A 3. zóna ábrázolásával az (n-1) kritérium figyelembevételére egyszerűsített feltevést kell alkalmazni².

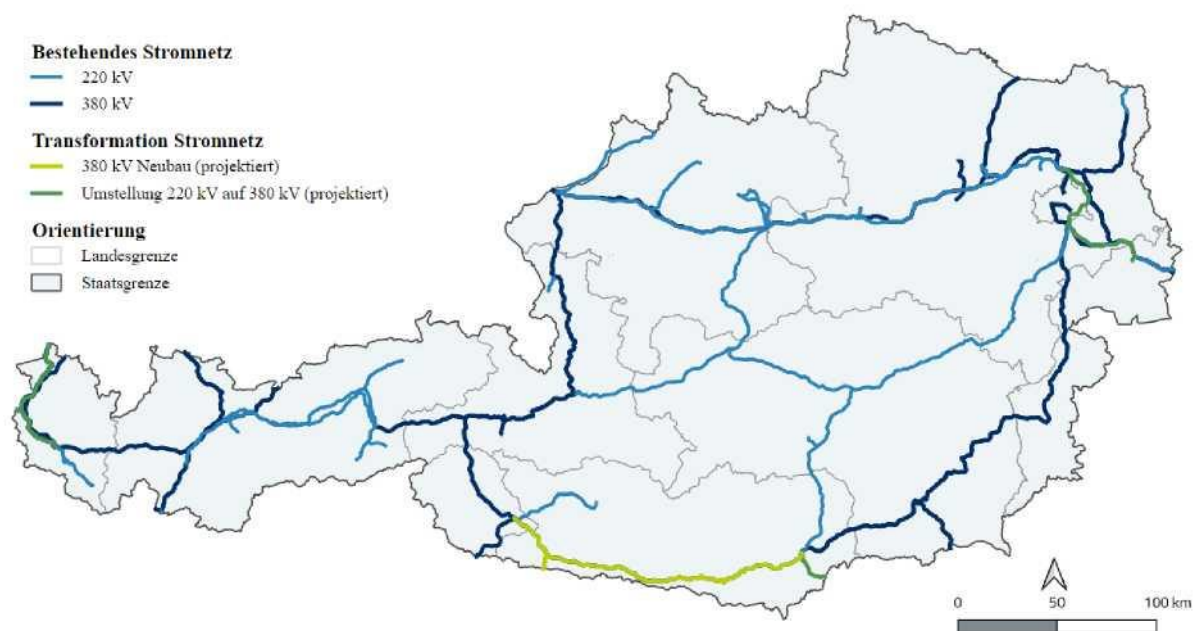
	Auslastung	Verstärken, wenn:
Zóna	> 110%	
	> 100% & 110%	$Z=1$ 2 25
Zóna	> 60% & 100%	3 50 $Z=1$



Ábra: A vezetékhasználat meghatározásának vázlatos ábrázolása a villamosenergia-hálózatban, kép: (Lehrstuhl für Energieverbundtechnik an der MU Leoben; Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an der TU Graz; Österr. Wirtschaftsforschungsinstitut, 2023)

A 4. ábra a modellezett alaphálózatokat mutatja be a villamosenergia-hálózat figyelembevételéhez. A meglévő vonalakon kívül a bemutatott hálózat tartalmazza az osztrák APG átvitelrendszer-üzemeltető által a 2030-ra és 2040-ra vonatkozó hálózatfejlesztési tervben közzétett új építési (könnyűzöld) és átalakítási (sötétzöld) projekteket, amelyekben a meglévő 220 kV-os rendszereket 380 kV-os rendszerekké alakítják át. Az 1. hálózati szinten figyelembe veszik az átvitelrendszer-üzemeltetők hálózatfejlesztési terveit a 2021. évi NEP-ig bezárólag (APG, 2021c).

² Az (n-1) kritérium szerint a rendszert úgy kell megtervezni, hogy egyetlen alkatrész (például egy elektromos vezeték) meghibásodása ne vezessen az áramellátás megszakadásához. Ezt az elvet a hálózatüzemeltetőknek az átviteli hálózatok tervezésekor tiszteletben kell tartaniuk.

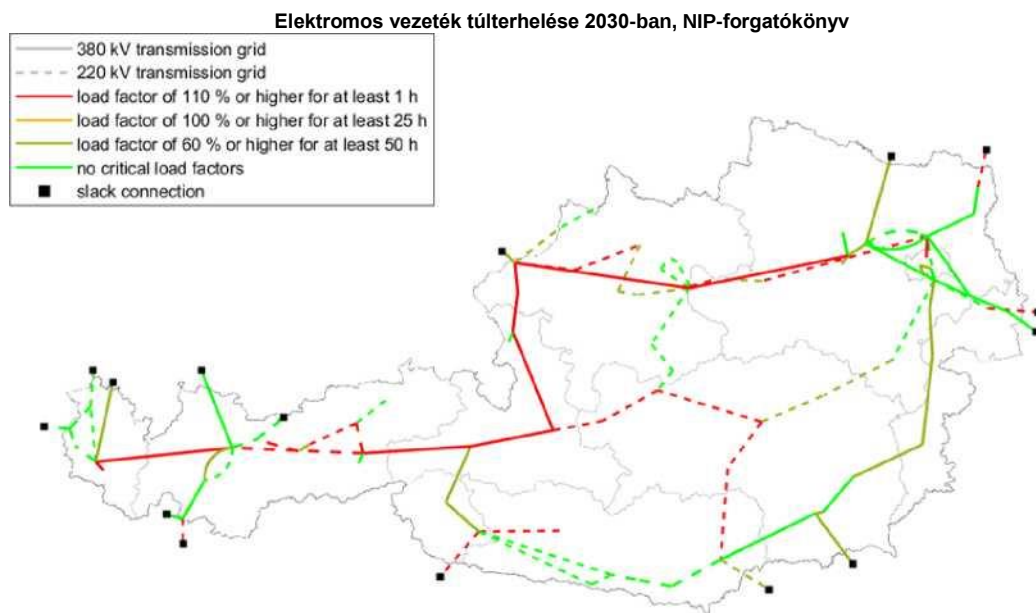


Ábra: Figyelembe vett villamosenergia-hálózat, beleértve az ismert bővítési projekteket 2040-ig, kép: (Lehrstuhl für Energieverbundtechnik an der MU Leoben; Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an der TU Graz, 2023)

A feltételezett termelési és fogyasztási mennyiségek a 4. ábrán bemutatott alaphálózat 5. ábráján bemutatott vonalkihasználást normál kapcsoló üzemmódban (további feltételezett bővítési intézkedések nélkül) eredményezik. Az azonosított hálózati szűk keresztmetszetek egybeesnek az InfraTrans2040 egyetemi kutatási projekt eredményeivel, annak ellenére, hogy az energiamennyiségi keretek egyes esetekben jelentősen eltérnek egymástól.

Különösen azok a vezetékek, amelyek lehetővé teszik a villamos energia keletről nyugatra történő szállítását, jelentősen túlterheltek anélkül, hogy a villamosenergia-hálózat további vonalbővítési intézkedéseit feltételeznék. Ezek a hálózati szűk keresztmetszetek nem szüntethetők meg teljes mértékben a fent tárgyalt rugalmassági elemek alkalmazásával, de csökkenthetők. A meghatározott hálózati rugalmassági mechanizmusok (a villamos energia gázzá alakítása, a villamos energia fűtése, az akkumulátor tárolása) integrálása szelektív könnyítést mutat a fotovoltaiikus, szél- és vízenergia integrálásából eredő hálózati szűk keresztmetszetekben. Ez különösen nyilvánvaló Ausztria keleti és déli részén – például a 380 kV-os Stájerország vonalon és Karintia területén (vö. 5. ábra). A fent leírt szállítási követelményekkel kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy a bővítési intézkedéseket nem feltétlenül közvetlenül a hálózat szűk keresztmetszetének pontján kell végrehajtani, hanem a hálós hálózat

tehermentesítése különösen gyűrűs csatlakozások vagy párhuzamos ágak révén is megvalósítható.



Ábra: Modellezett villamosenergia-hálózat-felhasználás a

hálózatbővítésben 2030-ban (alul) vagy anélkül (felső) további rugalmassági lehetőségekkel a figyelembe vett évben 2030-ban, kép: (Lehrstuhl für Energieverbundtechnik an der MU Leoben; Institut für Elektrizitätswirtschaft und

A 6. ábra az 1. hálózati szintű (nagyfeszültségű) terheléseket mutatja 2040-ben, a 2030 után feltételezett rugalmassági lehetőségek felhasználásával. Lásd a 4. ábrát a feltételezett alaphálózatra vonatkozóan. Ez azt mutatja, hogy a megújuló energiaforrásokból – különösen a fotovoltaiikus forrásokból és a szélenergiából – 2040-ig történő növekvő energiatermelés nagyobb terhelési áramlatokat eredményez a 2030-ra már azonosított szűk keresztmetszetekben. A kelet-nyugati és észak-déli összeköttetések villamosenergia-hálózatának megnövekedett közlekedési igényei ezért 2040-ra még tovább fognak nőni. Figyelembe véve az említett rugalmassági lehetőségeket a villamos energia gázzá alakítása, a fűtés és az akkumulátortárolás területén, léteznek szelektív könnyítések, de ezek nem vezetnek az azonosított szűk keresztmetszetek alapvető megváltozásához (6. ábra (lásd az alábbi 6. ábrát)). Az ágazat-összekapcsolási rugalmas elemek szelektív használata (villamos energia gázzá alakítása, villamos energia a fűtésig) egyes esetekben még nagyobb terhelést is eredményezett a korábban kisebb terhelésű vonalak esetében. Ez annak tudható be, hogy 2040-ben már nem áll rendelkezésre a teljes hálózati könnyítéshez szükséges kapacitás, mivel egy erősen megterhelt villamosenergia-hálózat egy másik pontján szükséges kiegyenlítő villamosenergia-termelésre van szükség. Az elemzésben csak a 4. ábrán bemutatott bővítési intézkedéseket vették figyelembe, további megerősítést azonban nem.

Elektromos vezeték túlterhelése 2040-ben, NIP-forgatókönyv



Elektromos vezeték túlterhelése 2040-ben, NIP-forgatókönyv



Ábra: Modellezett villamosenergia-hálózat-használat a hálózatbővítés során

2040-
ben
(alul)
vagy

anélkül (felső) további rugalmassági lehetőségekkel, 2040-ben, kép: (Lehrstuhl für Energieverbundtechnik an der MU Leoben; Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an der TU Graz, 2023)

Figyelembe véve az i. pontban leírt, az ágazatok összekapcsolásán és további szelektív rugalmassági mechanizmusokon keresztüli hálózati tehercsökkentés lehetőségeit, a 7. ábrán

bemutatott közlekedési keresleti folyosók jelennek meg. Ezek annak az igénynek tudhatók be, hogy a rendszer nagyobb ellenálló képességet kell elérni egy magas és rendkívül magas feszültség szinten összekapcsolt hálózaton keresztül. Ezek az erősen eltérő mennyiségi struktúrák ellenére összhangban vannak az APG hálózati elemzéseinek eredményeivel. A 7. ábrán sötétzöld színnel kiemelt területeken, azaz a Weissenbach alállomás Hessenberg alállomásán, az Obersielach alállomás Lienz alállomásán és a Weissenbach alállomás Pongau alállomásán a vezeték megerősítésére irányuló intézkedéseket (pl. általános felújítás vagy feszültségátalakítás) az APG már 2023 júniusától kezdeményezte. Az említett szakaszok szerepelnek a jelenleg érvényes hálózatfejlesztési tervekben, de csak 2030 után készülnek el. Ezért ezek a tervezett vonalátalakítások nem szerepelnek a modellezett alaphálózatban. A NIP modellezése alapján, amely az APG-től eltérő termelési és fogyasztási feltételezéseken alapul, szállítási követelményeket határoztak meg a vonalszakaszok esetében is.

A közlekedési keresleti folyosók alapján azonosított hálózati szűk keresztmetszetek megoldása a délkeleti alállomás területén a meglévő átviteli folyosóknak a Hessenberg alállomáson keresztül a Tauern alállomásig történő bővítésén, valamint az Obersielach alállomás Hessenberg alállomásán történő bővítésén, valamint a 220 kV-os kapacitás megerősítésén alapul Karintia területén. Az Alpok középső részén a megnövekedett szállítási kapacitások lehetővé teszik a szivattyús tárolási kapacitások hatékony integrálását az európai villamosenergia-hálózati rendszerösszekötőkbe, amelyek fontos szerepet játszanak a teljesen megújuló villamosenergia-rendszerben. A megoldások a közlekedési keresleti folyosók belüli megvalósításának értékelése nem része ezen elemzéseknek, hanem az átvitelirendszer-üzemeltető tervezésének és hálózatüzemeltetési irányításának feladata.

Hibrid? Ekmente & Batteriespeicher

TM PtH-Kandidaten

9 Batterie-Kandidaten

I. Elektri'olysem-Kandidatei

• angekündigte Elektrolyse-Projekte

Bestehendes Stromnetz

USW-Knoten

220 kV

380 kV

Zusätzliche Transportbedarfe

Stromtransportbedarfskorridor

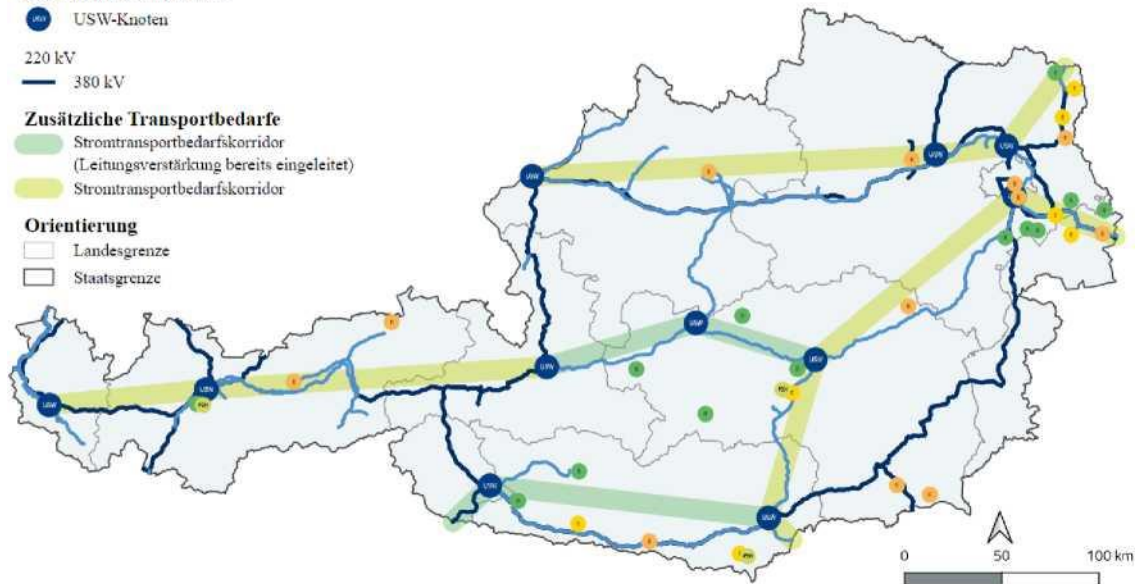
(Leitungsverstärkung bereits eingeleitet)

Stromtransportbedarfskorridor

Orientierung

Landesgrenze

Staatsgrenze



Ábra: Azonosított közlekedési keresleti folyosók a villamosenergia-hálózatban, kép:

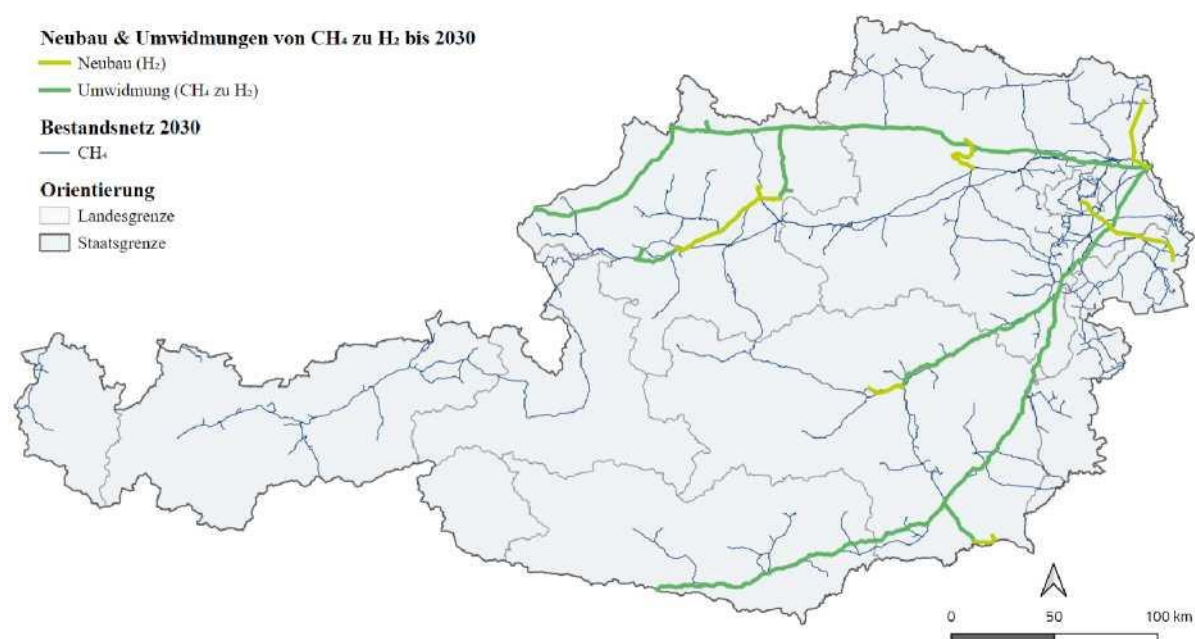
(Lehrstuhl für Energieverbundtechnik an der MU Leoben; Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an der TU Graz, 2023)

Gázhálózat (metán és hidrogén)

A gázhálózat értékeléséhez a metánt és a hidrogént együtt tárgyalják, mivel a forgatókönyv feltételezései szerint a metán iránti keresletet nagyrészt hidrogén váltja fel, és a szükséges csővezeték-infrastruktúrák fejlesztése egymástól függ. A nemzetközi szállítóvezetékek hossza és átmérője tekintetében az Austrian Gas Grid Management AG (AGGM) által közzétett észrevételekre hivatkoznak. A csővezeték útvonalát, a nemzeti szállítóhálózatok hosszát, valamint az 1. és 2. hálózati szintet a földgázkészlet-statisztikákból vették át (E-Control, 2022). További technikai paramétereket határoztak meg az (E-Control, 2022a) vagy korábbi projektekből (Greiml et al., 2020) származó statisztikai adatok segítségével.

A gázágazat 2030-as alaphálózatára vonatkozóan a modellezésben feltételezett (vö. **Fehler!** **Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**), a már meglévő csővezetésekre vonatkozó információkat (AGGM, 2021) (E-Control, 2022) kiegészítik az összehangolt hálózatfejlesztési terv [KNEP] (AGGM, GCA u. TAG, 2023) tervezett projektjei, valamint a hosszútávú és integrált tervezés (LFIP) 2022-ig bezárólag (AGGM, 2023). Ezenkívül az ausztriai gázvezeték, a nyugat-ausztriai gázvezeték és a Penta-West nemzetközi szállítóvezeték, a puchkircheni/felső-ausztriai tárolóvezeték, valamint a kelet-H2 gyűjtővezeték mentén

megvalósuló hidrogénprojektek³ szerepelnek a 2022. évi LFIP-ben (AGGM, 2023). Az AGGM által az ausztriai H₂ ütemterv részeként bemutatott egyéb LFIP-projektekre nem ugyanilyen módon van szükség. Az elemzés során hasznosságuk szempontjából további vizsgálatra került sor a forgatókönyv mennyiségi struktúrája miatt, amely nagymértékben eltér az AGGM feltételezéseitől. Ehhez az értékeléshez a helyi hidrogénigény mellett a bejelentett elektrolízis-projektek is figyelembe veszik. Ennek eredménye a jövőbeli hidrogénhálózat (8. ábra).

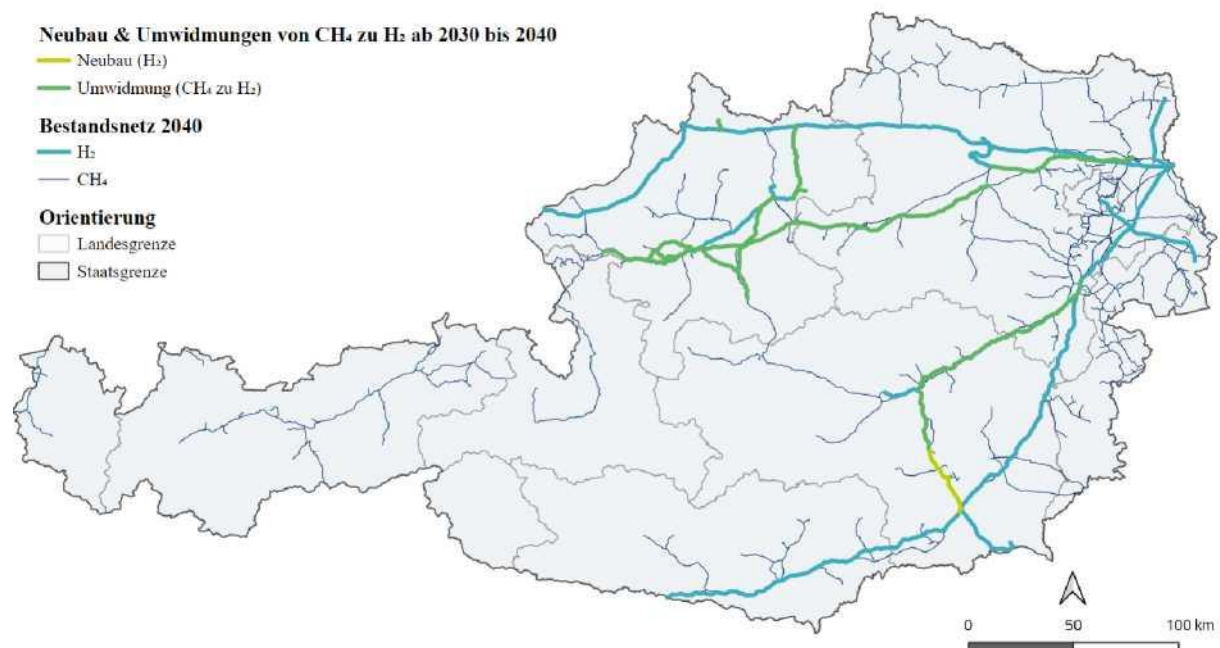


Ábra: Hidrogénhálózat 2030, kép: (Lehrstuhl für Energieverbundtechnik an der MU Leoben; Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an der TU Graz, 2023)

A 2040-es évre vonatkozóan feltételezhető, hogy az osztrák erőművekből származó biometán 10,7 TWh-t fog betáplálni a gázhálózatba. A 2040-ben fennmaradó gázkereslet nagy részét az átállási forgatókönyv szerint hidrogénből fogják fedezni. Az új csővezetékek építésébe történő túlzott beruházások lehető legnagyobb mértékű korlátozása érdekében a meglévő párhuzamos csővezeték-szerkezetekkel nem rendelkező régiókban kizárólagos metánszállítást feltételeznek. Más régiókban a jelenlegi földgázhálózatban meglévő párhuzamos struktúrák felhasználhatók a régiók hidrogénnel és metánnal való ellátására. Ily módon egyrészt ki lehet aknázni a hazai biometán-potenciált, másrészt a hidrogén iránti kereslet országos lefedettsége a lehető leggyorsabban biztosítható. A metánhálózat meglévő struktúrájának nagy részére – különösen Nyugat-Ausztriában – a jövőben szükség lesz a nemzeti biometán-potenciál kiaknázásához. A hidrogén-infrastruktúrához 2040-ben

³ A kelet-H₂-eskollektor a burgenlandi Zurndorf és a Bécsi Simmering közötti hidrogénszállítást szolgáló csővezeték tervezett új megépítése. A projekt első alkalommal szerepel a 2022. évi hosszú távú és integrált tervezésben (LFIP 2022).

szükséges újrapozicionálást és új épületeket a 9. ábra mutatja be.



Ábra Hidrogénhálózat 2040, kép: (Lehrstuhl für Energieverbundtechnik an der MU) Leoben; Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an der TU Graz, 2023)

Az eredmények bemutatása és megvitatása

3.1 Az eredmények összehasonlíthatósága

Az osztrák szövetségi kormány célul tűzte ki, hogy 2040-ra klímasemlegessé váljon. A NIP első alkalommal vizsgálja integrált módon a villamosenergia-átviteli hálózat szükséges infrastruktúráját, valamint a földgázszállító hálózatot és az 1. és 2. szintű hálózati szintet. Ennek az egymással összefüggő tervezési megközelítésnek az a célja, hogy támogassa és ösztönözze a klímasemlegesség elérését.

A NIP eredményei azt mutatják, hogy az osztrák villamosenergia-átviteli hálózat infrastruktúrájában jelentős további szállítási igény mutatkozik, valamint hogy szükség van a gázszállító hálózat és az 1. és 2. szintű hálózat újjáépítésére. A hálózati infrastruktúrára vonatkozó jövőbeli követelmények megállapításának fő alapja a villamos energia és a gáz tekintetében az átállási forgatókönyv alapján feltételezett energiamennyiségi struktúrák. A 2. fejezet eredményeinek jobb osztályozása érdekében az átvitelrendszer-üzemeltetők és a piaci terület kezelőjének energiamennyiségi keretei és hálózati tervei, valamint két kutatási

projekt eredményei („InfraTrans2040 – A fenntartható osztrák gazdasági rendszerre vonatkozó forgatókönyvek és bővítési tervek”; „a gázinfrastruktúra szerepe a klímasemleges Ausztriában 2040-ben” című tanulmányt összehasonlították a nemzeti végrehajtási tervével. A fent említett projektekben a villamosenergia- és gázhálózatok 2030-ig és 2040-ig terjedő jövőbeli követelményeit tudományosan elemezték, míg az APG és az AGGM az elemzéseket hálózatüzemeltetési szempontból végzi el.

3.2 Összefoglaló

Az osztrák energiainfrastruktúrát 2030-ig vagy 2040-ig átfogóan ki kell igazítani annak érdekében, hogy reagálni lehessen a technológiai változásokra, a digitalizációra, a piac-összekapcsolásra és a klímasemlegesség célkitűzéséből eredő követelményekre. A folyamat során a villamosenergia- és gázhálózatok különböző kihívásokkal néznek szembe. Míg a gázhálózatot hozzá kell igazítani a metán iránti csökkenő kereslethez és a növekvő hidrogéngazdaság követelményeihez, valamint az Ausztriában rendelkezésre álló biometán-potenciál kiaknázásához, a villamosenergia-hálózatban a hangsúly a jelentősen növekvő megújuló villamosenergia-termelés integrálásán és az energiafogyasztás növekvő villamosításán van.

A nemzeti végrehajtási tervben alkalmazott módszertan a közös és integrált tervezési megközelítés keretében egyformán figyelembe veszi a villamosenergia- és gázágazat fejleményeit. Ez lehetővé teszi az ezen ágazatok közötti infrastruktúra-fejlesztési szinergiák azonosítását és kiaknázását, és ezáltal az energiaforrások felhasználásának optimalizálását. A 2. fejezetben leírtak szerint ez a tervezési megközelítés nem hasonlítható össze a villamosenergia-piaci átvitelirendszer-üzemeltető vagy a gázpiaci területi irányító által végzett üzemeltetési hálózattervezési megközelítéssel. A NIP-szimulációk integrált figyelembevétele alapján az átviteli hálózatra, valamint az 1. és 2. hálózati szintre vonatkozóan lényeges megállapítások vonhatók le:



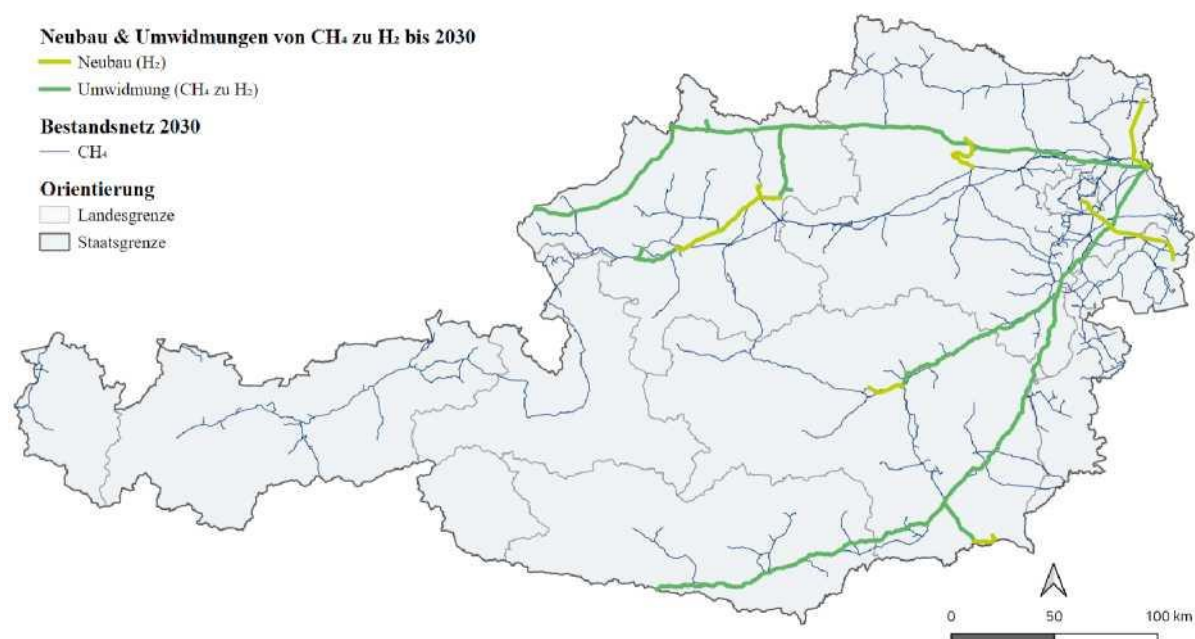
Ábra: A 2030-as átviteli hálózat villamosenergia-keresleti folyosói, kép: (Lehrstuhl für Energieverbundtechnik an der MU Leoben; Institut für (Institut für) Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an der TU Graz, 2023)

A villamosenergia-átviteli hálózat tekintetében 2030-ban villamosenergia-keresleti folyosók jelennek meg, különösen Kelet- és Nyugat-Ausztria között. Az összekapcsolt európai hálózatban a megújulóenergia-termelés és a szivattyús tárolás hatékony kölcsönhatásának biztosítása érdekében az Alpok középső részén is szükség van a hálózat megerősítésére. A feltételezett rugalmassági intézkedések (elektrolízis, fűtés és akkumulátortárolás) csökkenthetik a számított terheléseket, de nem szüntethetik meg azokat. E terhek enyhítése érdekében meg kell határozni a 10. ábrán bemutatott villamosenergia-szállítási keresleti folyosókat. Egyes vonalszakaszok esetében az APG már kezdeményezett a sorok megerősítését célzó intézkedéseket. A NIP keresleti folyosói nagyrészt egybeesnek az APG és a folyamatban lévő InfraTrans2040 kutatási projekt (Lehrstuhl für Energieverbundtechnik an der MU Leoben; Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an der TU Graz; Österr. Wirtschaftsforschungsinstitut, 2023).

A villamosenergia-keresleti folyosók ezért „sajnálatmentes” keresleti folyosók, amelyek az egyes elemzésekből a különböző mennyiségi struktúráktól függetlenül levezethetők. 2040-ra a NIP modellezése azt mutatja, hogy egyes vonalszakaszokon a terhelés tovább fog nőni. Ennek egyik fontos mozgatórugója a szélturbinákból és a fotovoltaiikus energiából előállított villamosenergia-termelés jelentős növekedése Kelet-Ausztriában. Bár 2040-ig feltételezzük a

rugalmassági lehetőségek további bővítését, ezek csak szelektív könnyítést nyújthatnak az átviteli hálózatban még a 2040-ig terjedő időszakban is, ezért 2030 és 2040 között további szállítási követelmények várhatók. Ezeket a fejleményeket figyelembe kell venni a nemzeti végrehajtási terv aktualizálásakor, valamint a szállításrendszer-üzemeltetőnek is a jövőbeli tervezés során.

A NIP modellezéséből és az eredmények más szereplők és projektek tervezésével történő validálásából az következik, hogy az átvitelrendszer-üzemeltető jelenlegi projekttervein (NEP 2021) túl 2030-ig vagy 2040-ig további intézkedésekre lesz szükség az átviteli rendszerben. A bemutatott villamosenergia-szállítási keresleti folyosók a klímasemlegesség 2040-ig történő elérését célzó infrastrukturális követelményekként értendők. A jövőben az elosztóhálózatokban is jelentős hálózati kiigazításokra lesz szükség. Bár az elosztóhálózatok elemzése nem tartozik a nemzeti végrehajtási terv hatálya alá, meg kell jegyezni, hogy a megújuló energiaforrások integrálása és a klímasemlegesség elérése érdekében megfelelő hálózatbővítési és megerősítési intézkedéseket is végre kell hajtani az elosztóhálózat szintjén.



Ábra: Gázz szállító hálózat 2030, Kép: (Lehrstuhl für Energieverbundtechnik an der MU Leoben; Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an der TU Graz, 2023)

A gázz szállító hálózatban, valamint az 1. és 2. hálózati szinten a jelenlegihez hasonló metánhálózat-struktúra 2030-ra várható (11. ábra). Ez megkülönbözteti a magasabb rangú gázhálózati szinteket az elosztóhálózatoktól, amelyeket a NIP nem vizsgál részletesebben, és ahol már megfigyelhető a hálózati kapcsolatok csökkenése felé mutató tendencia (E-Control, 2022). A már tervezési szakaszban lévő távvezetékek új építésére és hidrogénvezetékeké történő átalakítására irányuló projektek mellett 2030-ig csak nagyon kis mennyiségű új hidrogénvezeték építése tűnik szükségesnek. Ezt a nézetet támasztja alá a folyamatban lévő InfraTrans2040 és GASI 2040 (Lehrstuhl für Energieverbundtechnik an der MU Leoben; Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an der TU Graz; Österr. Wirtschaftsforschungsinstitut, 2023) és GASI 2040 (Frontier Economics, TU Wien, 2023), valamint az AGGM operatív tervezésével összefüggésben: a meglévő hálózathoz képest 2030-ig nem várható jelentős változás a magasabb rangú metánvezetékekben. Az ismert elemzések és tervek szerint 2030-ig a hidrogénigény erőteljes térbeli koncentrációját feltételezik. A hálózattervezés szempontjából döntő tényező az ipari hidrogén iránti kereslet és a tervezett elektrolízis-projektek regionális elhelyezkedése. Amikor 2040-ben megvalósul a klímasemlegesség, feltételezhető, hogy a gázhálózat szerkezete jelentősen megváltozik a meglévő hálózathoz képest. A hidrogén iránti kereslet növekedése, amely a metán iránti kereslet részleges helyettesítés miatti csökkenését kíséri, a hidrogénhálózat folyamatos bővítéséhez vezet. Ez a bővítés nagyrészt a meglévő metánvezetékek hidrogénvezetékeké történő átalakításával érhető el, amelynek során a meglévő fogyasztók korát, nyomásszintjét és szerkezetét figyelembe kell venni a csővezetékek átalakításakor. A nemzeti biometán-potenciál teljes körű kiaknázása érdekében a metánszállító hálózatot és a meglévő

metánhálózat nagy részét az 1. és 2. hálózati szinten túlnyomórészt 2040-ig fenn kell tartani. A NIP eredményei e tekintetben nagyrészt összehasonlíthatók az InfraTrans2040 projekt eredményeivel. A szükséges hidrogénhálózat tekintetében különbségek vannak a GASI 2040-es tanulmányának eredményei között. A GASI 2040-es tanulmányában különösen az eltérő feltételezett hidrogénmennyiség és -elosztás miatt van szükség kiterjedtebb hidrogénhálózati infrastruktúrára. A nemzeti metán- és hidrogénhálózat 2030 utáni hosszú távú fejlesztése még mindig bizonytalan. A nemzeti szinten előállított megújuló gázok elosztása és mennyisége, valamint a gázágazat európai fejleményei jelentős hatást gyakorolnak a nemzeti gázhálózati infrastruktúra hosszú távú fejlesztésére. Ez a gázhálózati infrastruktúra különböző fejlesztési pályáit eredményezi, amelyeket a nemzeti végrehajtási terv következő aktualizálása során tovább vizsgálnak majd.

Irodalom/Hivatkozások 50hertz. (2020). Erfahrungsbericht zum Einsatz von Erdkabeln im Höchstspannungs- Drehstrombereich.

AGGM. (2021). Netzinformationen: Infrastruktur. Von <https://www.aggm.at/netzinformationen/infrastruktur> abgerufen

AGGM. (2023). Langfristige und integrierte Planung 2022 Wien: Austrian Gas Grid Management AG.

AGGM, GCA u. TAG. (2023). Koordinierter Netzentwicklungsplan 2022 Wien: AGGM, GCA u. TAG.

AMT der Burgenländischen Landesregierung. (2019). Burgenländische Klima- és Energiestrategie. Eisenstadt.

APG. (2021c). Netzentwicklungsplan 2021 Wien: Austrian Power Grid AG.

APG. (25. 2023 áprilisa). Netzkarte Österreich. V https://pb1-medien.apg.at/im/dl/pboxx-pixelboxx-18712/APG_Netzgrafik_Legende_d_11-2022.pdf abgerufen

APG. (2023b). Markttransparenz – Erzeugung nach Typ. Von <https://markttransparenz.apg.at/de/markt/Markttransparenz/erzeugung/Erzeugung%20pRo%20Typ> abgerufen

APG. (2022). EXAA Spotmarkt-Preise: Másnapi Prezes, 2020. Von <https://www.apg.at/en/markt/Markttransparenz/crossborder-%0Aexchange/EXAA-Spotmarkt> abgerufen

APG. (2023a). Energiesystemplanung – Wege zum klimaneutralen Energiesystem (OVE – Energietechnik Webinar).

APG und VÜN. (2021). Netzentwicklungsplan 2021 Wien: Austrian Power Grid AG, u. Vorarlberger Übertragungsnetz GmbH.

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft. (2018). BDEW/VKU/GEODE Leitfaden – Abwicklung von Standardlastprofilen Gas. Berlin.

BGBI. I 150/2021. sz. (2021). 150. Bundesgesetz: Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzespaket – EAG-Paket. Bundeskanzleramt Österreich.

BGL. (2023). Klimastrategie Burgenland 2030. Land Burgenland.

BGL, L. B. (2022). Burgenland erhöht die Schlagzahl auf dem Weg zu Klimaneutralität und Energieautarkie. Abgerufen AM 05. 2023. 04. <https://www.burgenland.at/news-details/burgenland-erhoeht-die-schlagzahl-auf-dem-zu-klimaneutralitaet-und-energieautarkie/>

Binderbauer, P. J.; Kienberger, T; Staubmann, T. (2022). Szintetikus terhelési profil előállítása a termelési láncok számára az energiaigényes ipari alágazatokban, alulról felfelé építkező megközelítéssel. Journal of Cleaner Production (A tisztább termelés lapja).

BMK. (2022). Energie in Österreich – Zahlen, Daten, Fakten. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie.

BMK és BMDW. (2022). Wasserstoffstrategie für Österreich. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, und Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort.

Bundesamt für Strahlenschutz. (2022). Feldbelastung durch Hochspannungsleitungen: Freileitungen & Erdkabel. Von https://www.bfs.de/DE/themen/emf/netzausbau/basiswissen/feldbelastungen/feldbelastungen_node.html abgerufen

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. (2022). Wasserstoffstrategie für Österreich. Von <https://www.bmk.gv.at/themen/energie/energieversorgung/wasserstoff/strategie.html> abgerufen

Dán Energiaügynökség. (2022). Technológiai adatok. Von <https://ens.dk/en/our-szolgáltatások/előrejelzések/modellek/technológiai-adatok> abgerufen

Deutsche Energieagentur GmbH. (2014). DAS deutsche Höchstspannungsnetz: Technologien und Rahmenbedingungen. Berlin.

DT. Umweltbundesamt. (2020). Netzausbau. Von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/Energieversorgung/netzausbau#Netzausbau> abgerufen

E-ellenőrzés. (2022a). Erdgas-Bestandsstatistik. Von <https://www.e-control.at/statistik/g->

statistik/archiv/bestandsstatistik abgerufen

E-ellenőrzés. (2022). DAS Gasnetz. Von <https://www.e-control.at/industrie/gas/gasnetz> abgerufen

E-ellenőrzés. (2022). Verbrauchserstruktur. Von <https://www.e-control.at/statistik/g-statistik/archiv/marktstatistik/verbraucherstruktur> abgerufen

E-ellenőrzés. (2022a). Strom Bestandsstatistik – Trassen- und Systemlängen zum 31. 2021. december Dezember. Von https://www.e-control.at/documents/1785851/1811756/BeStOeN-2021_Netz.xlsx abgerufen

E-ellenőrzés. (2022b). Strom Bestandsstatistik – Jahreszeitreihen Brutto-Engpassleistungen Kraftwerke. Von https://www.e-control.at/documents/1785851/1811756/BeStGes-JR_KWEPL.xlsx abgerufen

E-ellenőrzés. (2023). Elektrizitätsstatistik. Von <https://www.e-control.at/statistik/e-statistik> abgerufen

E-ellenőrzés. (2023). Erdgasstatistik. Von <https://www.e-control.at/statistik/g-statistik> abgerufen

ElWOG. (4. 26 2010). Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz 2010 Wien.

Energy Brainpool. (2019). Österreichs Weg Richtung 100% Erneuerbare: Eine Analyse von 2030 mit Ausblick 2050.

ENTSO-E (2023). Regionális beruházási terv – Közép-déli kontinentális beruházási terv. Von <https://eepublicdownloads.blob.core.windows.net/public-cdn-container/tyndp-documents/TYNDP2022/Public/RegIP-2022-CCS.pdf> abgerufen

ENTSO-G. (2021). Tízéves hálózatfejlesztési terv. V ENTSG TEN-YEAR NETWORK Development PLAN 2020: https://www.entsog.eu/sites/default/files/2021-07/ENTSG_TYNDP_2020_melléklet_C2_Capacities_per_country.xlsx abgerufen

ENTSG. (2023). 2022. évi tízéves hálózatfejlesztési terv – Hidrogén- és földgázipari tízéves hálózatfejlesztési terv – C2. melléklet – H2 kapacitások országonként. ENTSG.

ENTSG. (2023). 2022. évi tízéves hálózatfejlesztési terv – A hidrogénre és a földgázra

vonatkozó tízéves hálózatfejlesztési terv C1. melléklete – CH4 Kapacitások országonként. ENTSOE.

Europäische Kommission. (2020). Az uniós kibocsátási egység-forgalmi jegyzék ETS-e. Von https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/union-nyilvantartó_en#tab-0-1 abgerufen

Europäische Kommission. (5 2022). REPowerEU. Von https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/REPowerEU-ordable-security-Sustainable-Energy-europe_de abgerufen

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung. (2019). Integráció
erneuerbarer Energien durch Sektorkopplung: Zu technischn elemzése
Sektorkopplungsoptionen Deutschland. Karlsruhe. Von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-03-12_cc_03-2019_sektrokopplung.pdf abgerufen

Border Economics, TU Wien. (2023). Rolle der Gasinfrastruktur in einem klimaneutralen Österreich. Wien (Druckban).

Greiml, M., Traupmann, A., Sejkora, C., Kriechbaum, L., Böckl, B., Pichler, P., & Kienberger, T. (2020). A hálózati multienergia-rendszerek modellezése és modellértékelése. International Journal of Sustainable Energy Planning and Management (A fenntartható energiatervezés és -gazdálkodás nemzetközi lapja).

Kienberger, T., Greiml, M., & Braunstein, R. (2021). Az Power to Hydrogen megfelelő megközelítés-e a 110 kV-os nagyfeszültségű hálózatok fotovillamos feszültségének csökkentésére? CIRED.

KTN. (2014). Energiemasterplan Kärnten. Klagenfurt: AMT der Kärntner Landesregierung.

KTN. (2022). Klimastudie Kärnten – Kärnten Klimaneutral 2040. Klagenfurt am Wörthersee: AMT der Kärntner Landesregierung.

Lehrstuhl für Energieverbundtechnik an der MU Leoben; Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an der TU Graz. (2023). Berechnungen für das NIP Szenario.

Lehrstuhl für Energieverbundtechnik an der MU Leoben; Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an der TU Graz; Österr. Wirtschaftsforschungsinstitut. (2023).

InfraTrans2040: Módozkodokument. Von infratrans2040.at abgerufen

Moser, S.; stb. (2018). Renewables4Industry | Abstimmung des Energiebedarfs von Industriellen Anlagen und der Energieversorgung aus fluktuierenden Erneuerbaren – Diskussionspapier zum Projekt Renewables4Industry.

NÖ. (2019). NÖ Klima- und Energiefahrplan. St. Pölten: AMT der NÖ Landesregierung, Gruppe Raumordnung, Umwelt und Verkehr.

NÖ, E. &. (2023). Die Energiewende – 100% erneuerbare Energie für Niederösterreich. Abgerufen AM 05. 2023. 04. <https://www.energie-noe.at/die-energiewende>

Oesterreichs Energie. (2020). Elektrische und magnetische Felder – Fragen und Antworten. Wien.

Oesterreichs Energie. (2022). Doppelter Stromverbrauch bis 2040. Von <https://oesterreichsenergie.at/aktuelles/presseinformationen/detailseite/doppelter-stromverbrauch-bis-2040> abgerufen

OÖ. (2022). Oberösterreichische Klima- und Energiestrategie. AMT der Oberösterreichischen Landesregierung.

Österreichische Energieagentur. (2022). Strategische Handlungsoptionen für eine österreichische Gasversorgung ohne Importe aus Russland. Von https://www.bmk.gv.at/service/presse/gewessler/2022/20220426_ausstieg-russisches-gas.html abgerufen

Österreichische Raumordnungskonferenz. (2018). ÖROK-Bevölkerungsprognose 2018 Von <https://www.oerok.gv.at/raum/daten-und-grundlagen/oerok-prognosen/oerok-bevoelkerungsprognose-2018> abgerufen

Oswald, B. R. (2007). 380-kV-Salzburgleitung – Auswirkungen der möglichen (Teil) Verkabelung des Abschnitts Tauern-Salzach neu. Hannover.

Palic M. (2022). Freileitungen und Kabel in Hoch- und Höchstspannungsnetzen. Tübingen: Verlag szakértő.

PÖRY. (2018). Wasserkraftpotenzialstudie Österreich. Aktualisierung, 2018. .

SBG. (2021). A Klima+Energie 2030 főterv. Salzburg terület.

Sejkora, C.; stb. (2022). A hatékony energiarendszerek kritériumai – Az energiahatékonyság maximalizálása az erőforrásoktól az energetikai szolgáltatásokig, egy osztrák esettanulmány. Energiaügy.

Statistik Austria. (2020). Nutzenergieanalyse. Von <https://www.statistik.at/statistiken/energie-und-umwelt/energie/nutzenergieanalyse> abgerufen

Statistik Austria. (2022a). Energiebilanzen der Bundesländer. Wien: Statistik Austria.

Statistik Austria. (2022b). Nutzenergieanalyse der Bundesländer. Wien: Statistik Austria.

STMK. (2017). Klima- und Energiestrategie Steiermark 2030. Graz: AMT der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 15 – Energie, Wohnbau, Technik; Fachabteilung Energie und Wohnbau; Referat Energietechnik und Klimaschutz.

Stmk, A. 1.-u. (02.) 02 2023). Sachprogramm Erneuerbare – Solarenergie. Von Vorträge Ebéd – 2023. február 2.: https://www.ich-tus.steiermark.at/cms/dokumente/12902310_146113849/f6670418/07_EL59_Wieser_Sachprogramm_Photovoltaik.pdf abgerufen

SWECO GmbH. (2016). Neubau der 380-kV-Höchstspannungsfreileitungsverbindung Gütersloh – Wehrendorf gemäß EnLAG. Bréma.

TenneT. (2023). Erdkabel im Kontext der Energiewende. Von <https://infomarkt.tennet.eu/erdkabelinfozentrum-prinzhoeft/erdkabelabschnitte#> abgerufen

TIR. (2022). Leben mit Zukunft – Tiroler Nachhaltigkeits- und Klimastrategie – Maßnahmenprogramm 2022–2024 Innsbruck: AMT der Tiroler Landesregierung.

TIR. (2022). Tiroler Nachhaltigkeits- und Klimastrategie. Innsbruck: AMT der Tiroler Landesregierung.

TÍZÉVES HÁLÓZATFEJLESZTÉSI TERV. (2022a). Forгатókönyv-jelentés. ENTSG és Entsoe.

TÍZÉVES HÁLÓZATFEJLESZTÉSI TERV. (2022b). Regionális beruházási terv, Közép-Kelet

(nyilvános konzultációt követő változat). ENTSOE.

TÍZÉVES HÁLÓZATFEJLESZTÉSI TERV. (2023). System Needs Study – Opportunities for a efficient European power system in 2030 and 2040 (A rendszer igényfelmérése – Lehetőségek egy hatékonyabb európai teljesítményszint 2030-ban és 2040-ben). ENTSOE.

Umweltbundesamt. (2023). Szenarien für die realisierbare erneuerbare Stromerzeugung im Jahr 2030 und 2040. Wien (Druckban).

VBG. (2021). Strategie Energieautonomie+ 2030. 6901 Bregenz: AMT der Vorarlberger Landesregierung.

Vopava, J.; B., Thormann; Kienberger, T. (2017). Az elektromos töltési infrastruktúra optimális integrálására szolgáló celluláris megközelítésen alapuló energiahálózatok modelljének kidolgozása. 1. E-Mobility Power System Integration Symposium (E-Mobility Power System Integration Symposium).

Vopava, J.; U., Bergmann; Kienberger, T. (2020). Szinergiák az e-mobilitás és a fotofotovoltaic Potentials-A esettanulmány a városi középvezettségű rácshálózatról. Energia.

WIE. (2022). Wiener Klimafahrplan. Wien: Magistrat der Stadt Wien.

ZAMG Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. (2020). Einstrahlungsmessdaten und Temperaturmesswerte.

**Osztrák Szövetségi Köztársaság Éghajlat-politikai, Környezetvédelmi, Energiaügyi,
Mobilitási Minisztérium,**

Innováció és technológia

Radetzkystraße 2, 1030 Bécs, Ausztria

+ 43 (0) 800 21 53 59

servicebuero@bmk.gv.at

