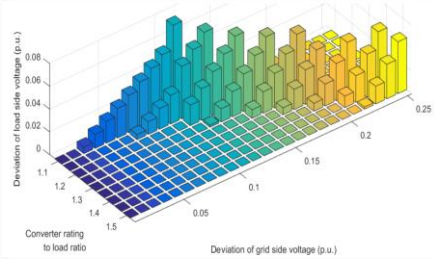
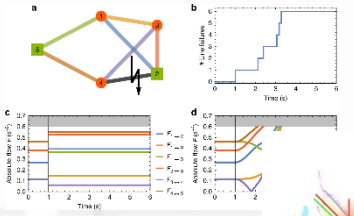
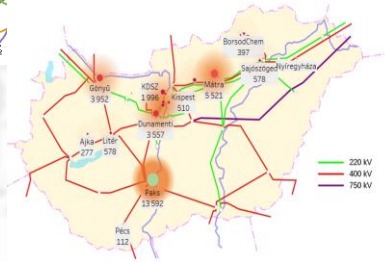
Lehetséges rendszerirányítói intézkedések a forgó tömeg csökkenése kapcsán

67. Vándorgyűlés – Konferencia és Kiállítás
A2 szekció: Rendszerirányítói kihívások
Szeged, Hotel forrás

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
MTA-BME Lendület FASTER Kutatócsoport
Dr. Vokony István, egyetemi docens
Dr. Hartmann Bálint, egyetemi docens
Táczi István, doktorandusz hallgató
Kertész Dávid, doktorandusz hallgató







MŰEGYETEM 1782

Tartalom…

- 1.Bevezetés, kutatási kérdések
- 2. Nemzetközi helyzetérékelés - MIGRATE projekt
- 3. Forgó tömeg állapota a magyar VER-ben
- 4. Alternatív megoldások

Előzmények

- Forgó tömeg nélküli villamosenergia-termelők rendszerhatásainak elemzése – részletes szakirodalomkutatás
- Hálózatfejlesztési terv kapcsán innovatív műszaki megoldások elemzése
- Megújuló penetráció transzparens kezelésére adható rendszerirányítói válaszok folyamattámogatás
- Tranziens stabilitási index számítási módszertan kidolgozása és validálása rendszerirányítói alkalmazáshoz
- Tranziens stabilitás index számítás

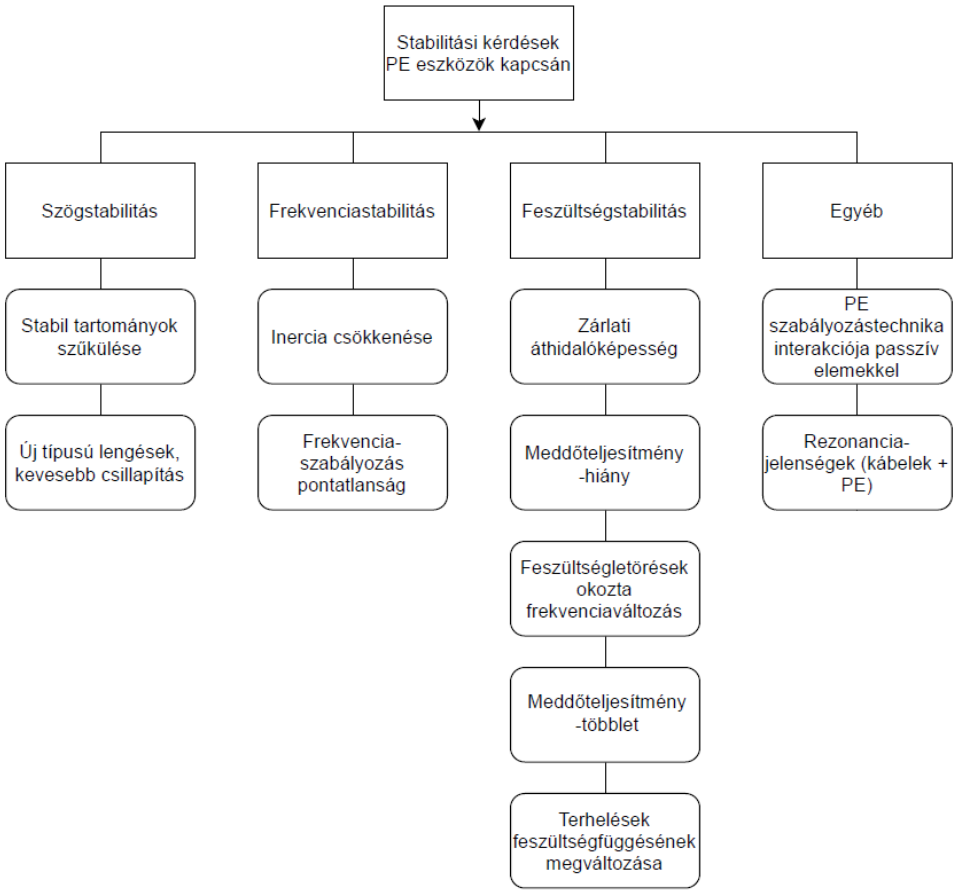
Konzultáció és felvetett témák

- **Részletes áttekintése a MIGRATE Projekt anyagainak a tárgyi kérdések megoldásában, gyakorlati implementációval rendelkező projektek CE rendszerre fókuszálva**
- **Átfogó elemzés az on-line rendszerinercia mérés lehetőségéről**
- **Kinetikus energia számítás összefüggésben a rendszer inerciaközpont (COI) frekvenciájának meghatározásával, mesterséges inercia hatásosságvizsgálata**

Mérföldkövek

- Irodalomkutatás Kontinentális Európa fókusszal a szintetikus inercia gyakorlati eredményeiről, azok tanulságairól
- A hazai villamosenergia-rendszer forgó tömeg viszonyainak szemléltetésére alkalmas megjelenítő módszer kidolgozása
  - Adattisztítás, forgatókönyvek felépítése
  - Vizualizációs módszerek
  - Az adatokra építhető elemzések, fejlesztési lehetőségek
- Alternatív fizikai modell dinamikus események értékelésére – a Kuramoto-modell

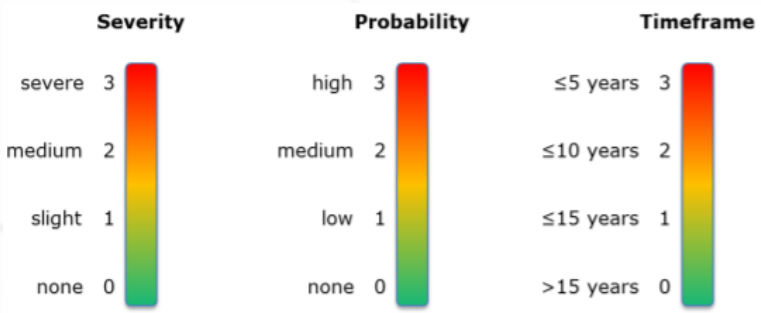
Stabilitás áttekintése - módszertan



Kihívások csoportosítása, többszempontú értékelése

Top 3:

- Inercia csökkenése
- PE és kábelek rezonanciája
- Stabil tartomány szűkülése

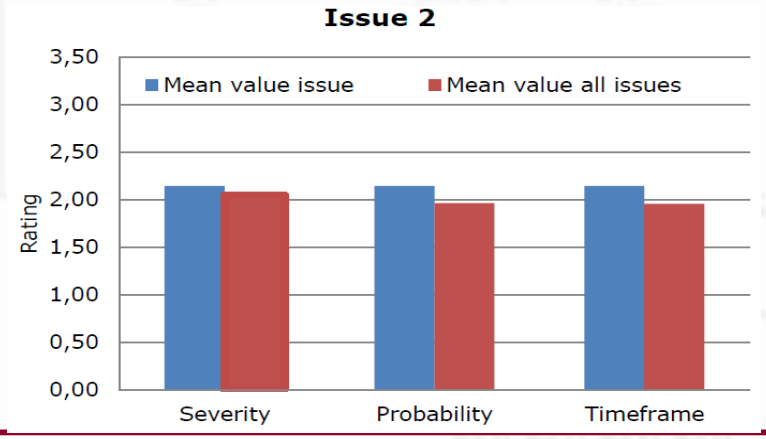


Lehetséges rendszerirányítói intézkedések a forgó tömeg csökkenése kapcsán

Szögstabilitás

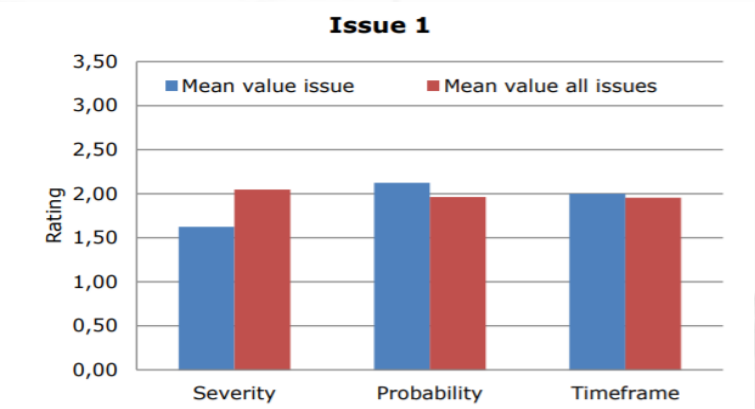
Stabilitás tartományok szűkülése

- Jellemzően kezdetben javuló, majd gyorsan romló CCT
- Erőműví összetétel átalakulása domináns, de az üzemállapot sok paramétere befolyásolja



Új típusú lengések, elégtelen csillapítás

- Rendszerszinten a csillapítás, szinkronozó nyomaték megváltozik
- Más típusú irányítástechnika → interakciók, a beállítás szabja meg a viselkedést

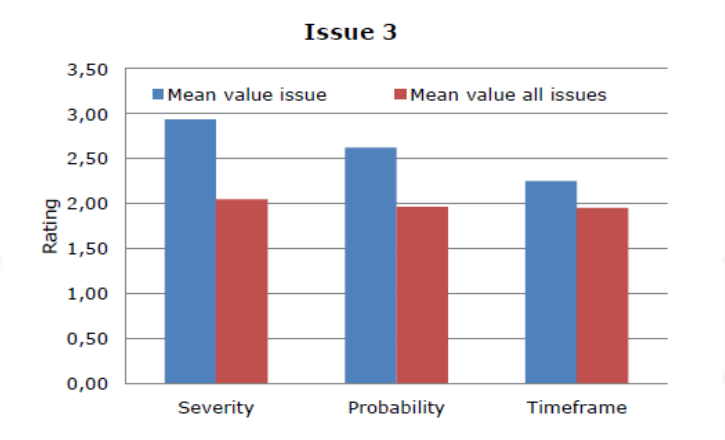


Lehetséges rendszerirányítói intézkedések a forgó tömeg csökkenése kapcsán

Frekvenciastabilitás

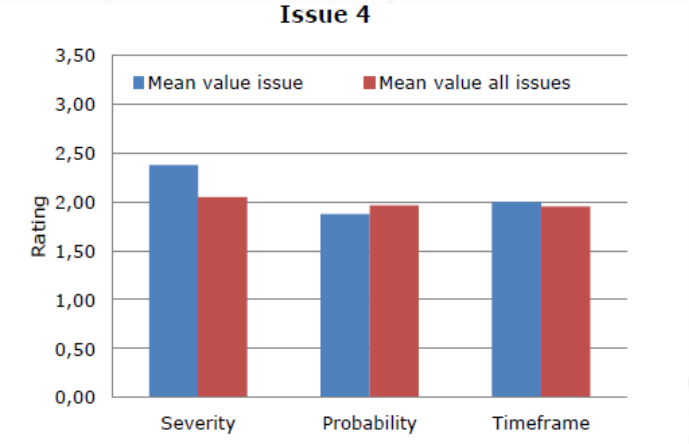
Inercia csökkenése

- ROCOF növekedés, minimális frekvencia
- Monitoring rendszerek, számíthatóság



Frekvenciaszabályozási képesség

- Szabályozási képesség vs. termékek komplexitása
- Tömeges leválások tranziens esetén



Lehetséges rendszerirányítói intézkedések a forgó tömeg csökkenése kapcsán

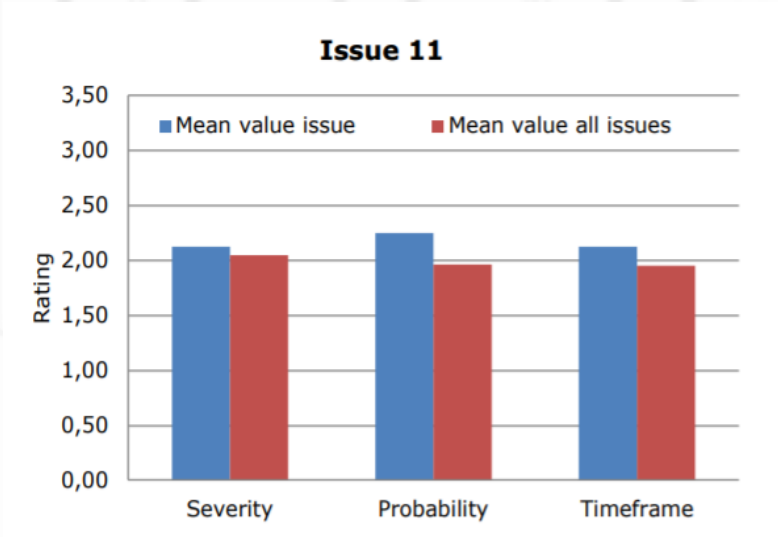
Feszültségstabilitás

- Több kihívás, de jellemzően kisebb súlyokkal
- Zárlati áthidalóképesség
  - Beállítási paraméterek kritikusak – „történeti fejlődés” → RfG
- Feszültségletörés okozta frekvenciatranziens
  - Jelentősen eltérő dinamika zárlati eseményekre (főleg szélerőmű)
- Meddőviszonyok megváltozása
  - Kiszoruló szinkrongenerátorok
  - Jelentős potenciál a PE eszközökben
  - Kapacitív meddőáramlások erősödése
- Feszültségérzékenység
  - Változó terhelésösszetétel → modellezés részletes elemzése szükséges

Nem kategorizált kihívások

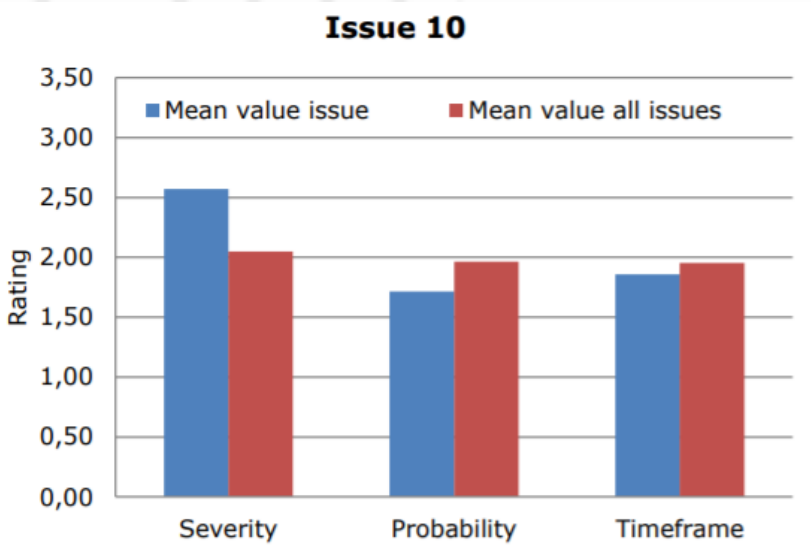
PE és kábel közti hatás

- Offshore szélerőművek bekötésénél jelentkezik erősen
- Harmonikusok terjedése



PE és passzív elemek közti interakció

- Szabályozási képesség vs. termékek komplexitása
- Tömeges leválások tranziens esetén



Lehetséges rendszerirányítói intézkedések a forgó tömeg csökkenése kapcsán

Forgó tömeg állapota a magyar VER-ben

MŰEGYETEM 1782

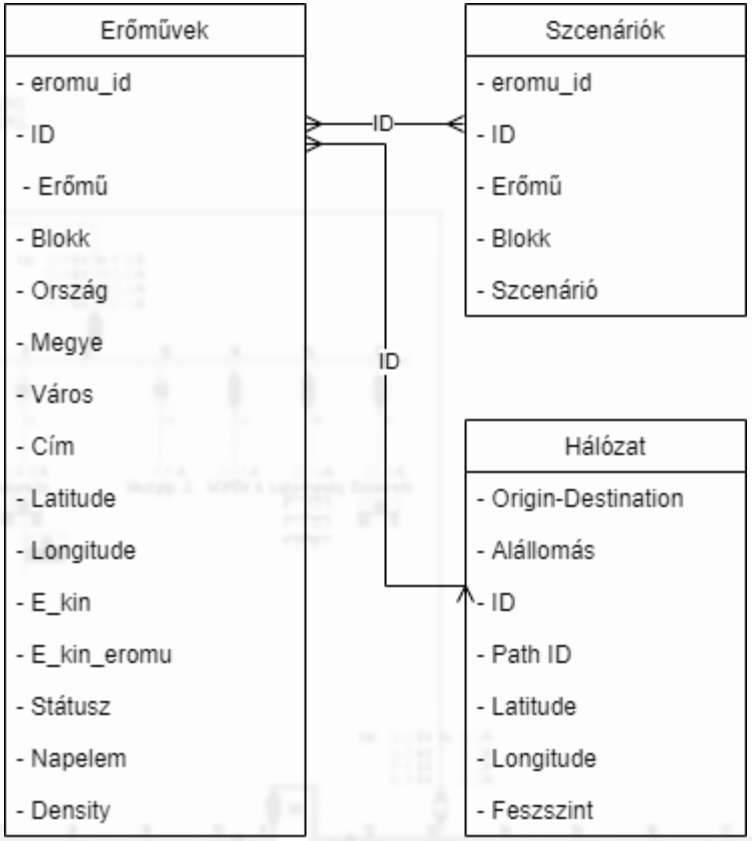
Kiindulási alapok

- Az erőművi mix **adatok rendszerezése**, tisztítása
- Jelenlegi és jövőbeni **erőművi forgatókönyvek** leírása
- **Skandináv minta**: Forgó tömeg becslésére alkalmas rendszer, mely a generátorok névleges paramétereire és a megszakítók állapotjelzésére támaszkodik
- Több lehetséges **vizualizációs környezet** megvizsgálása

CÉL: A hazai erőművi mix forgó tömegeinek megjelenítésére egy könnyen kezelhető és értelmezhető vizualizáció megalkotása

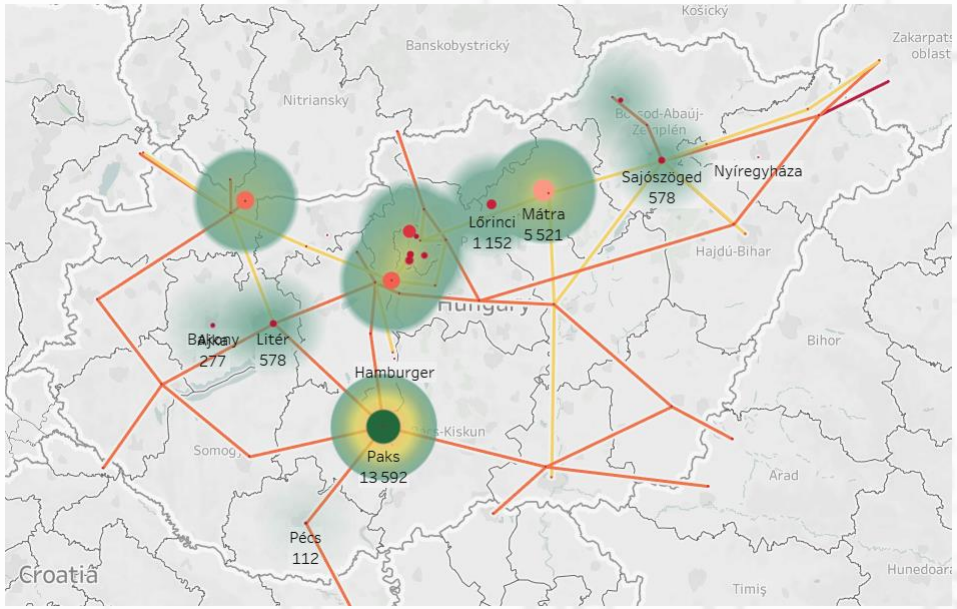
Tableau és a használt adatstruktúra

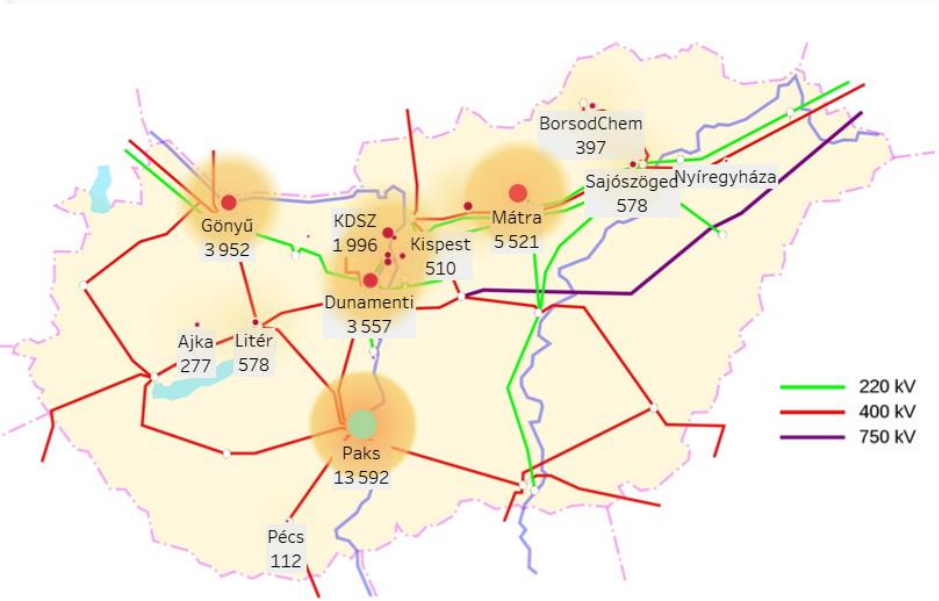
- Mind tudományos és üzleti világban használt szoftver
- Interaktív elemek
- Számos külső adatforrás támogatása
- Térkép alapú megjelenítésekben kimagasló



Táblák paramétereinek bemutatása és a köztük lévő kapcsolatok

A vizualizáció három fő használati módja





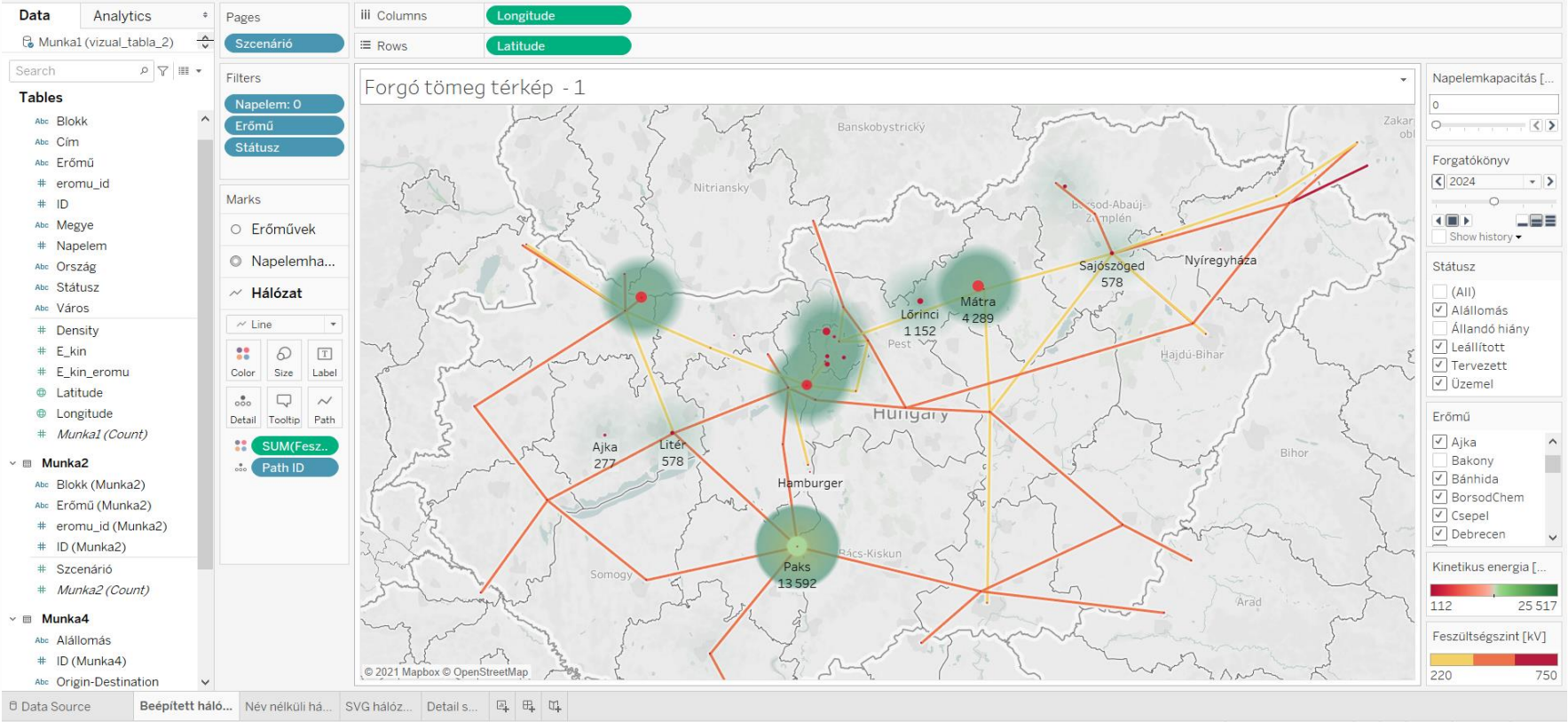
A rendszer részeként üzemelő erőművek kinetikusenergia-arányainak megjelenítése

A napelem penetráció növekedéséből származó inerciahatások reprezentálására

Különböző forráselemzési forgatókönyvek megjelenítése

Lehetséges rendszerirányítói intézkedések a forgó tömeg csökkenése kapcsán

Kezelési felület



Erőművek réteg

Napelemhatás réteg

Hálózati réteg

Lehetséges rendszerirányítói intézkedések a forgó tömeg csökkenése kapcsán

Funkciók, elemzések

- Az erőművek kinetikus energiájának méretarányos ábrázolása
- Az erőművek kinetikus energiájának megjelenítése blokk szinten
- Az erőművek forgó tömeg hatásának területi ábrázolása különböző napelem kapacitások függvényében
- A nagyfeszültségű hálózat gerincét képző távvezetékek sematikus ábrázolása
- A beépített napelem kapacitások 1000 MW-onként történő változtatása
- MAVIR 4 forráselemzési szcenáriójának megjelenítése
- Általános, elemzési célokat szolgáló szcenárió
- Szűrési lehetőség az erőművek státuszára vonatkozóan
- Szűrési lehetőség erőművekre

Továbblépési lehetőségek

Vizualizáció kapcsán

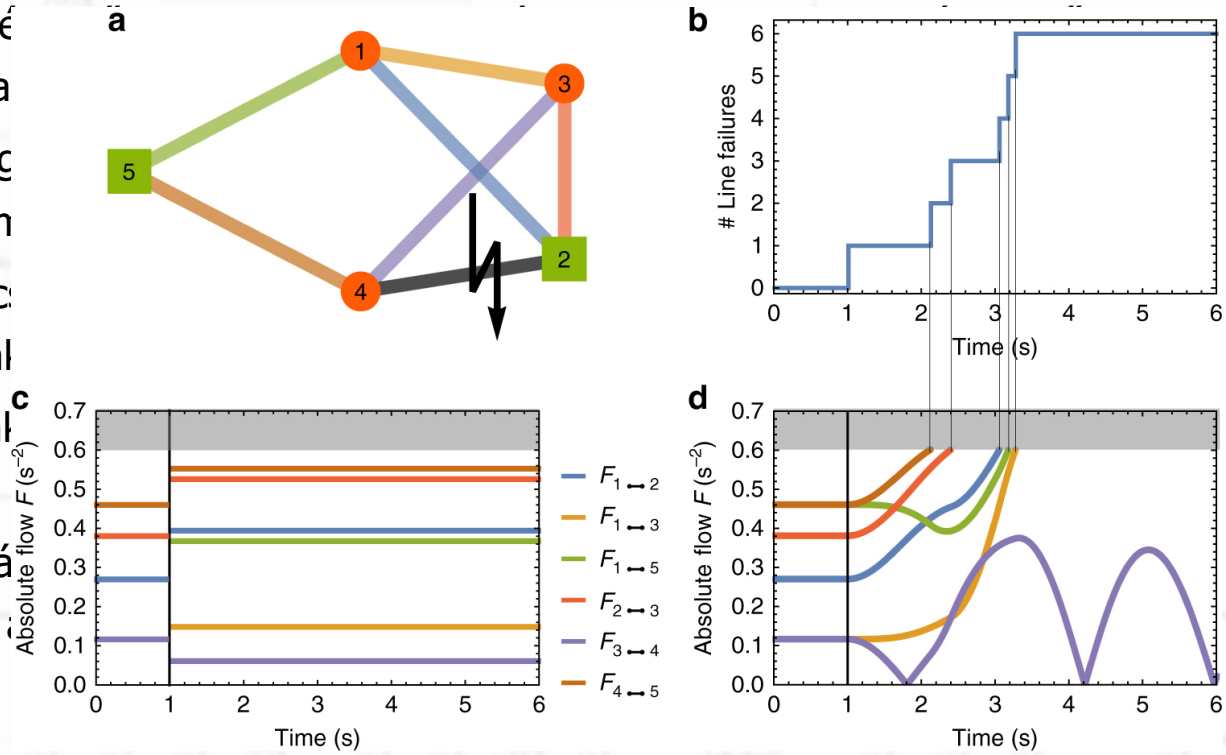
- Adatok folyamatos aktualizálása
- Kiserőművi szintnek megfelelő termelőegységek forgótömegeinek vizsgálata
- Adattáblák folyamatosan frissülő adatbázisra cserélése

Új rendszerek kapcsán

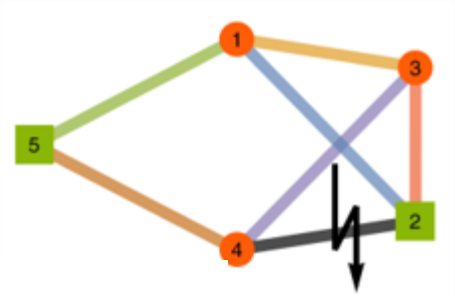
- Egy ROCOF és minimális frekvencia becslésre alkalmas SCADA modul fejlesztése
- Tranziens hatásbecslő funkciók fejlesztése

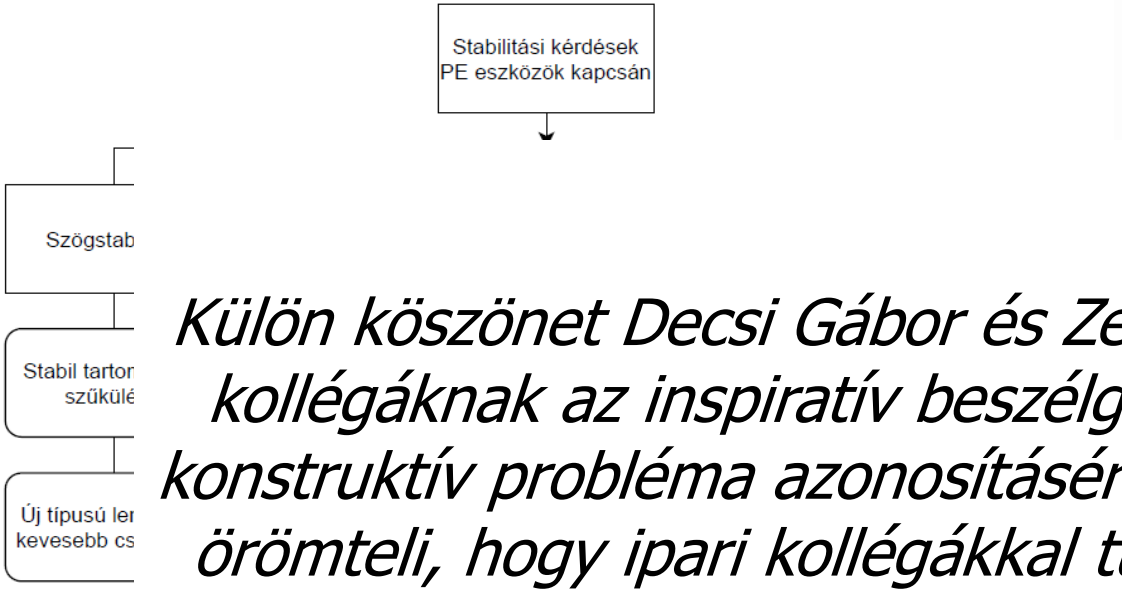
Alternatív megoldások - Kuramoto-modell

- Az eredeti Kuramoto-modell feltételezi, hogy az oszcillátorok mindegyike saját frekvenciával jellemezhető, a többi oszcillátorhoz való csatolása pedig egy *K* konstans és periodikus függvények összegének segítségével írható le: $\dot{\theta}_i = \omega_i + \frac{K}{N} \cdot \sum_{j=1}^{N} sin(\theta_j - \theta_i + \delta)$
- Amennyiben a K csatolási té
  rendszer várhatóan képes a
- A Kuramoto-modell segítség
  kiterjeszthető volt nagyszán
- Amennyiben a VERt olyan c
  frekvencia körüli frekvenciál
- A csomópontok közötti szinl
  blackoutokhoz vezet
- Az ilyen események (kaszká
  megfelelő, hiszen az képes
  leképezésére



Összefoglalás





Külön köszönet Decsi Gábor és Zerényi József kollégáknak az inspiratív beszélgetéskért, a konstruktív probléma azonosításért. Különösen örömteli, hogy ipari kollégákkal tudunk ilyen mélységű alkalmazott tudományos munkát végezni!

220 kV
400 kV
750 kV

Köszönjük szépen a megtisztelő figyelmet!

Q&A