



TALLINN UNIVERSITY OF  
TECHNOLOGY

# Mikroelektrivõrgu alajaama Li-ion akudega energiasalvesti arendamine

Tarmo Korõtko, MSc

Tallinna Tehnikaülikool  
Energeetikateaduskond  
Elektrotehnika Instituut



# Sisukord

- Sissejuhatus
- Mikroelektrivõrk
- TTÜ ja Harju Elekter Elektrotehnika AS koostöö
- Teadus- ja arendustegevuse teoreetilised tulemid
- Teadus- ja arendustegevuse füüsiline tulem
- Kokkuvõte ja tuleviku plaanid



# Sissejuhatus: tarkvõrk

- **Tarkvõrk:** Iseparanev elektrivõrk, mis kasutab dünaamilisi optimeerimismeetodeid võrgukadude minimeerimiseks, pinge hoidmiseks, töökindluse tõstmiseks ja varahalduse parendamiseks [1].
- Tarkvõrk peab võimaldama mõtestatult integreerida kõikide liitunud osapoolte tegevusi, tagades seejuures jätkusuutlikud, ökonoomsed ning turvalised elektritarned [2].
- **Märksõnad:** Iseparanev, reaalaja mõõtmised, dünaamiline, võrgukadude vähenemine, töökindluse tõus, jätkusuutlikus, ökonoomsus, turvalisus.



# Sissejuhatus: tarkvõrk

<b>Elektrivõrk täna</b>	<b>? Tuleviku tarkvõrk</b>
Enamjaolt juhitamatu tarbimine.	Informeeritud tootjad ja/või tarbijad: koormuste juhtimine ja hajustootmine.
Domineeriv tsentraliseeritud elektritootimine. Hajustootjate liitumine võrguga keeruline.	Hajustootjate toodangu osakaal suurem kui tsentraliseeritud tootjatel. Fookus taastuvatel energiaallikatel (EL eesmärk aastaks 2050 taastuenergia osakaal 40% kuni 80% [3]).
Piiratud võimalustega elektriturg.	Mitmekülgsete võimalustega avatud elektriturg.
Peamine prioriteet: elektrikatkestuste vältimine.	Peamine prioriteet: elektrivõimsuse kvaliteet. Erinevad kvaliteedi/hinna võimalused.
Andmete vähene integreeritavus.	Võimsad võimalused andmete pärimiseks võrgu toimimise kohta.
Riketele reageerimise eesmärk vältida suurema kahju teket elektrienergia edastajale ja tootjale.	Automaatne probleemide ja rikete tuvastamine ning nendele reageerimine. Eesmärk ennetada rikkeid ning minimeerida mõju tarbijale.
Haavatav loodusõnnetuste ja rünnakute puhul.	Vastupidav küberrünnakutele ning loodusõnnetustele – väga kiirelt taastuv.



# Mikroelektrivõrk ehk mikrovõrk

- **Mikrovõrk:** Kõrgetasemelise juhtimisega elektrivõrk lokaalseks elektrienergia jaotamiseks.
- Võib toimida energiasaarena või koostöös suurema elektrivõrguga.
- Koosneb vähemalt kolmest osapooltest: tootja (enamjaolt hajustootja), tarbija (enamjaolt osaliselt juhitud) ning elektrienergia edastaja.
- Suurema elektrivõrgu seisukohalt võib mikrovõrku vaadelda juhitava koormuse või tootjana.

Refereeritud materjalid:[1], [4], [5], [6].



# Energiasalvesti mikroõrgus

- Vahelduva tootmise ja tarbimise silumine (nt. päikese- ja tuuleenergia).
- Ülaliini võimsuse juhtimine (tulemuseks täpselt ennustatav tarbimine/tootmine).
- Ülaliini väljund- või sisendvõimsuse piiramine.
- Tootmise ja tarbimise nihutamine ajas.
- Avariitoiteallikas.
- Abiteenuste pakkumise võimalus nii ülaliini kui alaliini fiidritele.
- Võimalus rakendada uuenduslikke energiavoogude juhtimise meetodeid.



# TTÜ ja Harju Elekter Elektrotehnika AS koostöö

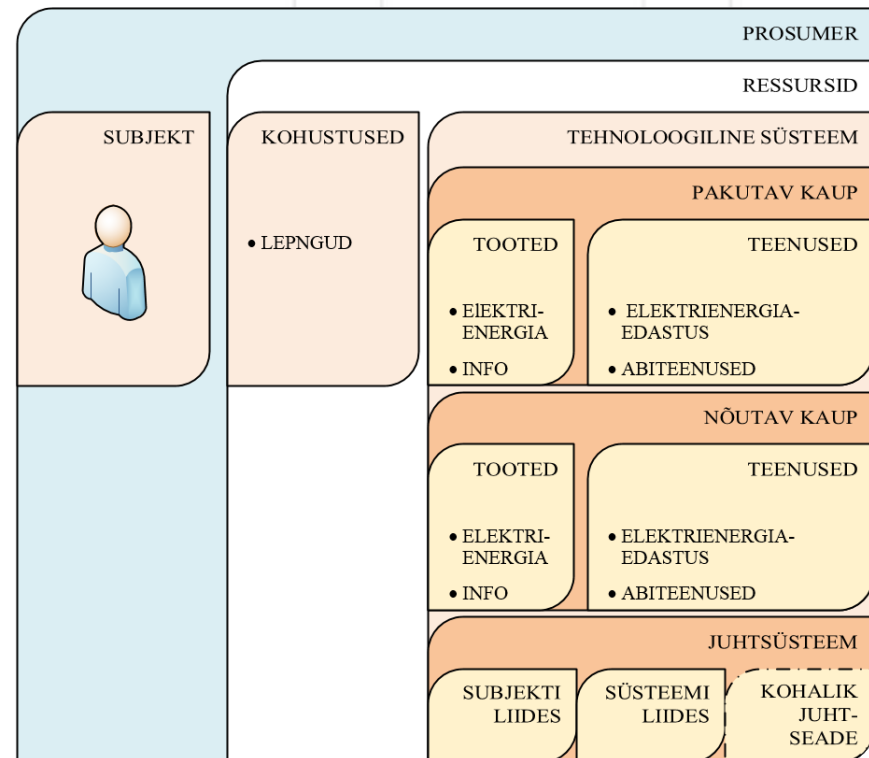
- **Harju Elekter Elektrotehnika AS (HEET)** projekteerib ja valmistab Li-ioon energiasalvesti prototüübi võimsusega 150 kW.
- **TTÜ** arendab energiasalvesti tarkvara ja arendusmetoodika. Koostatakse ning dokumenteeritakse andmestruktuurid, juhtimisalgoritmid ja -programmid.





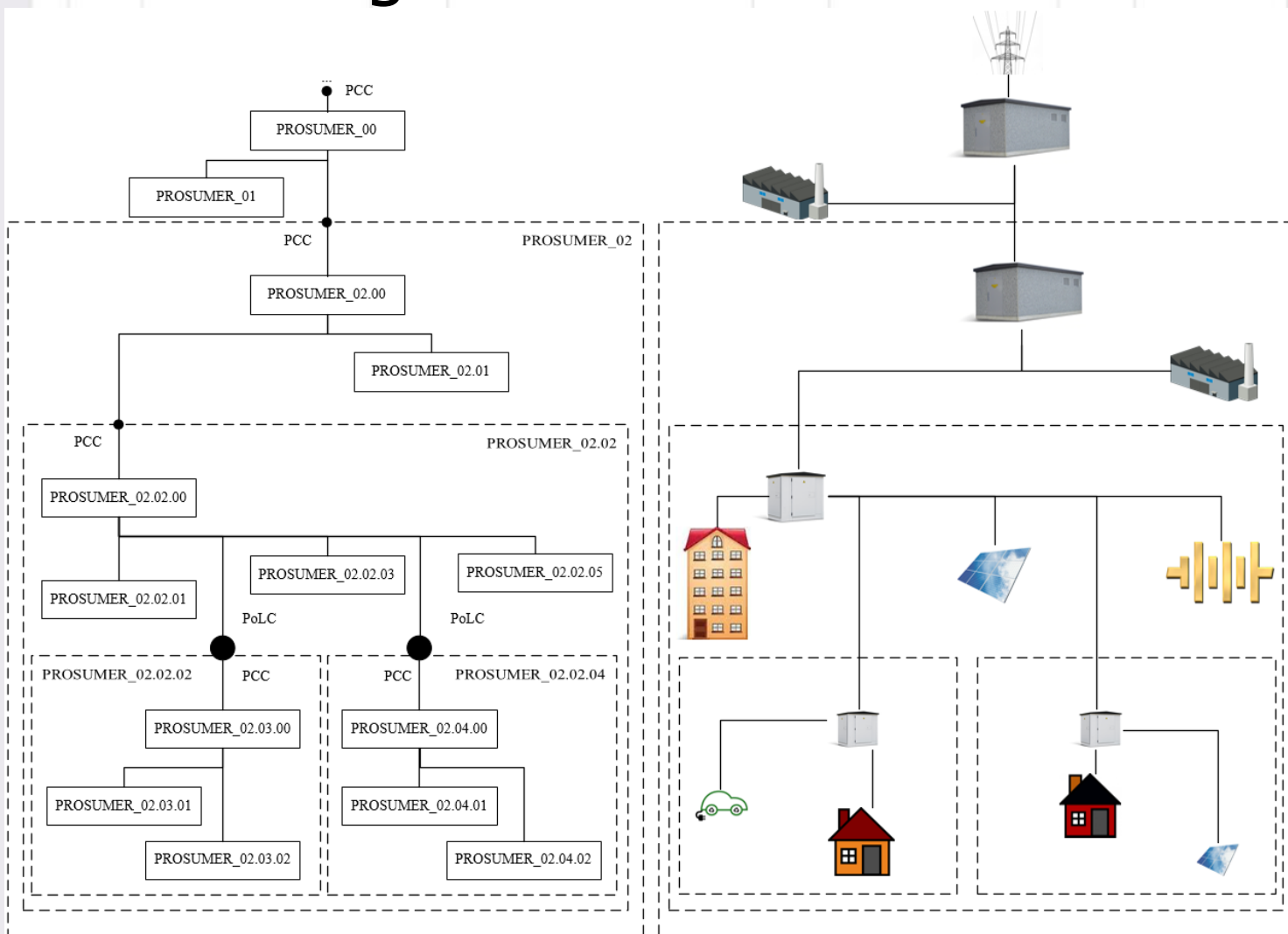
# Tootmisvõimekusega tarbija e. elektri prosumer

- **Elektri prosumer:** targast subjektist ning tema ressurssidest moodustatud autonoomne süsteem.
- Moodustab subjekti eesmärkide saavutamiseks teiste prosumeritega võrgustikke (mikrovõrke), milles võtab erinevaid rolle.





# Näide prosumeritest koosneva mikrovõrgu arhitektuurist





# Elektrienergia edastuse abiteenused

- Abiteenusteks nimetatakse teenuseid, mis on vajalikud ülekandeteenuse ja edastatava elektrienergia kvaliteedi ja stabiilsuse tagamiseks [8].
- Mõned näited abiteenustest:
  - Koormuste ja/või tootmise juhtimine.
  - Ennustamine.
  - Tootmise ajatamine.
  - Sageduse ja/või pinge juhtimine.
  - Pöörlev reserv (kohene reageerimine).
  - Kiire reserv (kiire reageerimine; <15 min).
  - Võrgu moodustamise teenus (nn. pimekäivitus).
  - Võrgukadude kompenseerimine, jpm.



# IEC61850

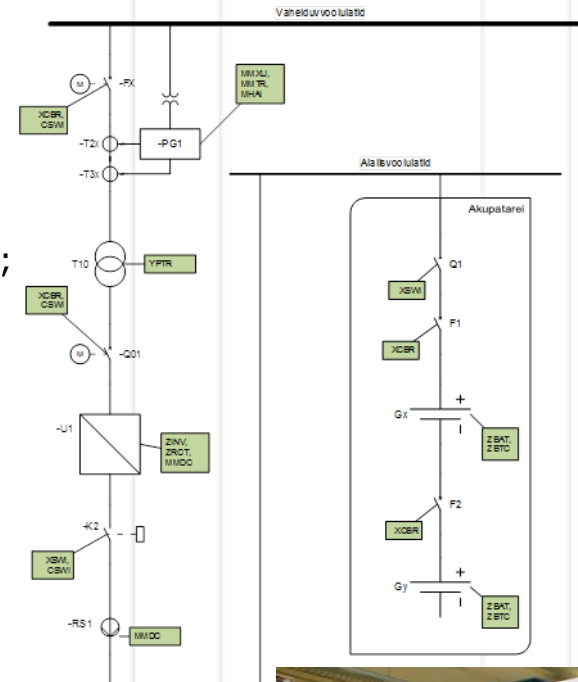
- Standard IEC61850 kirjeldab sidevõrke ja – süsteeme elektriliste alajaamade tarbeks.
- IEC 61850-7: Andmevahetuse baasstruktuur alajaama ja fiidri seadmetele.
  - IEC 61850-7-3: Ühised andmeklassid
  - IEC 61850-7-4: Ühilduvad loogiliste sõlmede klassid ja andmeklassid



# TTÜ ja HEET arendatud Li-Ion ESS: BESU (*Battery Energy Storage Unit*)

## Tehnilised põhinäitajad:

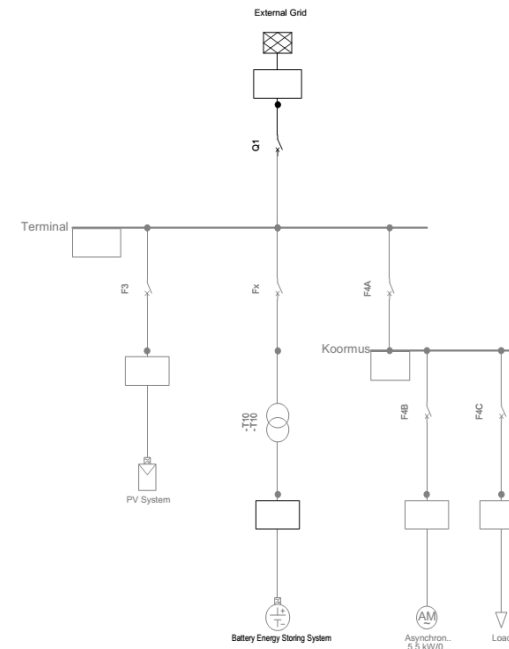
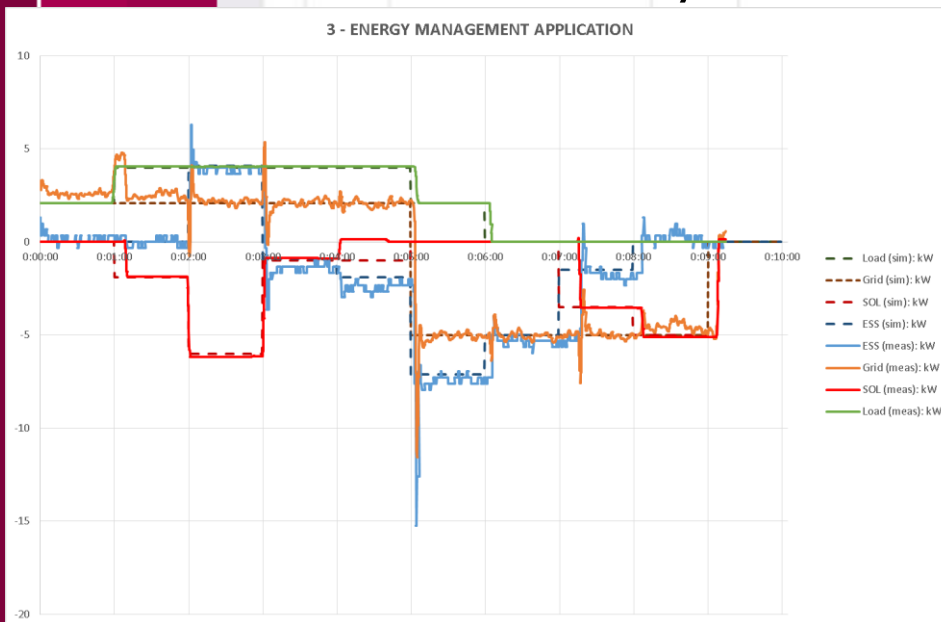
- Nimivõimsus: 150 kW;
- Nim(liini)pinge: 400 V;
- Maks. vool AC fiidris: 217 A;
- Galvaaniline eraldus 200 kVA trafoga;
- Tööaeg nimikoormusel: 15 min;
- Energiasalvesti energiamahd: 60 kWh;
- Garanteeritud täielikke salvestustsükleid: 500;
- Garanteeritud salvestustsükleid (Soc > 50%): 2000;
- Akuelementide arv: 216;
- Akuelemendi pinge (minimaalne: 2,8 V, tööpinge: 3,0 V, maksimaalne: 3,7 V);
- Akuelemendi nimimahtuvus: 90 Ah;
- Nimimahtuvuse ja koormusvoolu vahetada iseloomustav tegur, c: 2,6;
- Akupatarei nimivool (laadimisel või tühjenemisel  $P = 150$  kW): 232 A;





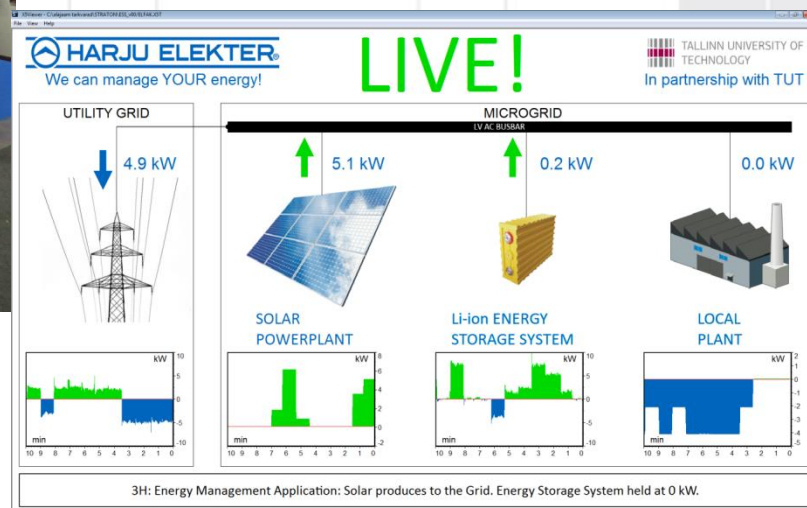
# Katseline mikrovõrk

- Katsete läbiviimiseks koostatud TTÜ laboris 4 fiidriga mikrovõrk.
- Mikrovõrgu koosseis: BESU, päikeseelektrijaama emulaator, juhitud koormus, elektrivõrk.
- Mikrovõrgu simulatsioon DIgSILENT Powerfactory tarkvara abil.





# BESU ja miniatuurne mikrovõrk HEET boksis ELFAK 2015 messil Göteborgis



Kajastus peavoolumeedias:

„Elektrienergiat talletav alajaam annab hoogu taastuvenergia tootmisele “,  
<http://novaator.err.ee/>, 01.07.2015.

„Eesti oma kaup: liitiumaku, mis on mõeldud elektrivõrgu jaoks“, EPL Forte,  
08.07.2015.



# Edasised tegevused ja tuleviku plaanid

TTÜ ja HEET jätkuprojekt HESA prototüübi ehitamiseks.

- Harju Elekter Elektrotehnika AS  
Energia  
Salvestiga  
Alajaam:  
[HESA](#).





# AITÄH!

Küsimusi ?



## Refereeritud allikad

- [1] J. Momoh, „SMART GRID Fundamentals of Design and Analysis“, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2012.
- [2] “SmartGrids SRA 2035. Strategic Research Agenda Update of the SmartGrids SRA 2007 for the needs by the year 2035,” European Technology Platform SmartGrids, 2012.
- [3] „Transformation of Europe’s power system until 2050; Including specific considerations for germany“, Electric Power and Natural Gas Practice, McKinsey & Company Inc., 2010.
- [4] B. Lasseter, “Microgrids [distributed power generation],” in Power Engineering Society Winter Meeting, 2001. IEEE (Volume:1 ), Columbus, OH, 2001.
- [5] N. Hatziargyriou, “MICROGRIDS – Large Scale Integration of Micro-Generation to Low Voltage Grids,” EU Contract ENK5-CT-2002-00610, Technical Annex, 2002.
- [6] N. Hatziargyriou, “Advanced Architectures and Control Concepts for More Microgrids,” FP6 STREP, Proposal/Contract no.: PL019864, 2006 - 2009.
- [7] EURELECTRIC, Thermal Working Group, “Ancillary Services: Unbundling Electricity Products - an Emerging Market,” EURELECTRIC, Brussels, 2003.



15.10.2015

[tarmo.korotko@gmail.com](mailto:tarmo.korotko@gmail.com)

19