LIETUVOS ENERGETIKOS INSTITUTAS
http://www.lei.lt

NACIONALINIS ATVIROS PRIEIGOS ATEITIES ENERGETIKOS TECHNOLOGIJŲ MOKSLO CENTRAS
OPEN R & D LIETUVA

Statinių ir dinaminių šiluminių-hidraulinių procesų centralizuotose šilumos tiekimo sistemose modeliavimas, modernizuojant magistralinius šilumos tiekimo tinklus

Dr. Mindaugas Valinčius
Dr. Habil. Algirdas Kaliatka
Branduolinių įrenginių saugos laboratorija

LEI – LIŠTIA seminaras „Centralizuoto šilumos tiekimo efektyvumo didinimas ir poveikio klimato kaitai mažinimas diegiant pažangius sprendinius“ 2019 m. balandžio 16 d.

Turinys

- Įžanga
- Šilumos perdavimo tinklo patikimumo vertinimo metodika – tai įrankis šilumos tinklų modernizacijai planuoti:
  - Vamzdyno trūkio hidraulinės analizės pavyzdys
  - Šiluminių vamzdynų stipruminės analizės pavyzdys
  - Šiluminių vamzdynų patikimumo analizės pavyzdys
- Statinių ir dinaminių šiluminių-hidraulinių procesų centralizuotuose šilumos tiekimo sistemose modeliavimas:
  - Šiluminės-hidraulinės analizės metodai
  - Statinio metodo taikymo pavyzdžiai
  - Dinaminio metodo taikymo pavyzdžiai
- Dinaminių šiluminių-hidraulinių procesų centralizuotose šilumos tiekimo sistemose modeliavimas. Vamzdyno trūkio vietos nustatymas Utenos CŠT tinkle.

Įžanga

Pagrindiniai magistralinių šilumos tiekimo sistemos modernizavimo tikslai yra:

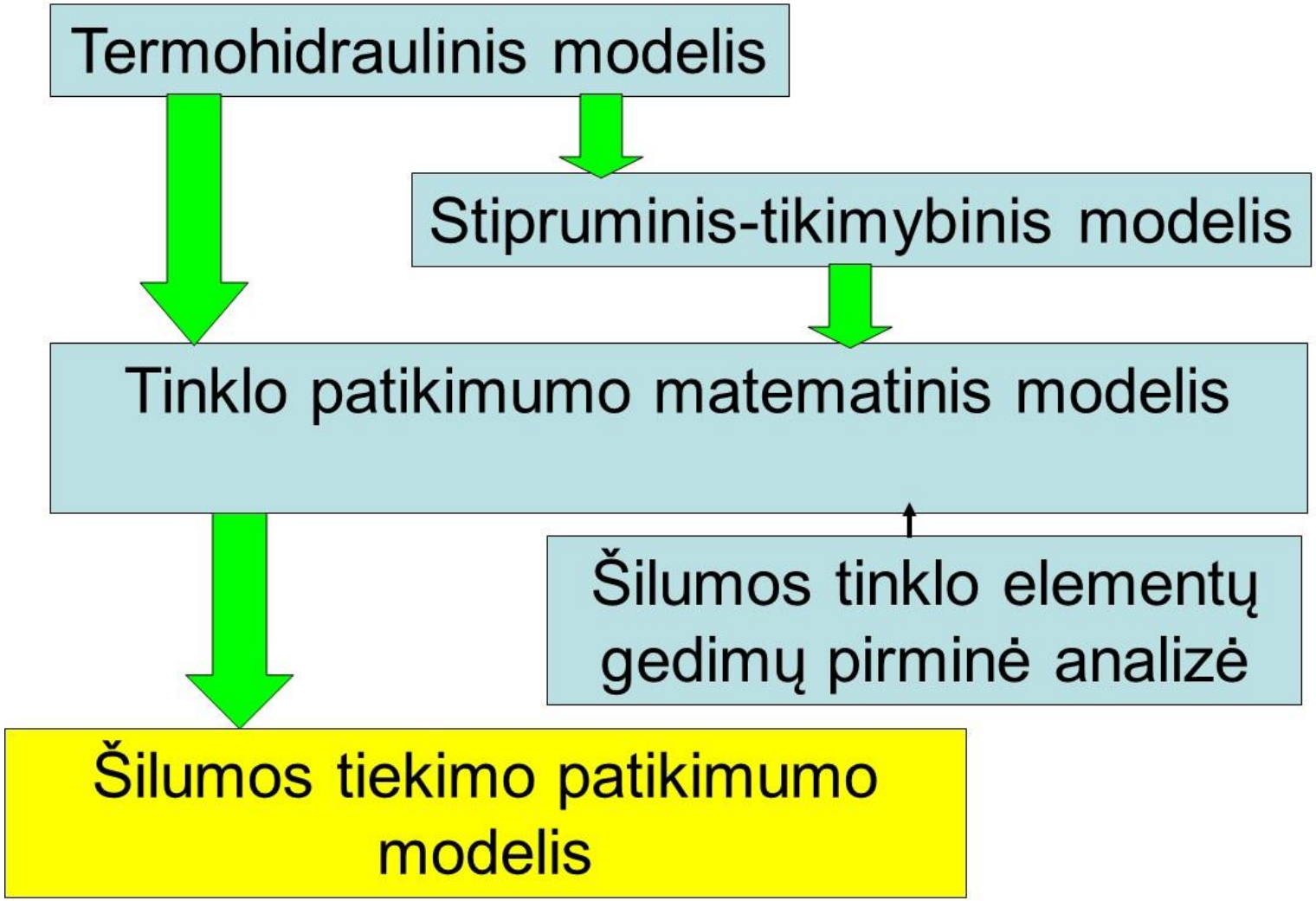
- Efektyvi šilumos gamyba (racionaliai panaudoti esamus šilumos gamybos šaltinius, racionaliai teikti rezervavimo paslaugą...)
- Efektyvus ir patikimas šilumos tiekimas (įgyvendinti vamzdynų nesandarumų prevencijos ir diagnostikos priemonių diegimo programą, įdiegti integruoto tinklo monitoringo – vizualizacijos sistemas...)
- Konkurencinės rinkos sąlygos (didinti šilumos ir sisteminių paslaugų pirkimo efektyvumą, kurti palankias sąlygas naujų CŠT tinklo naudotojų prisijungimui...)
- Darni plėtra (užtikrinti šilumos tiekimo saugumą ir patikimumą, formuoti pastatų modernizavimo programą...)

Visiems šiems tikslams pasiekti reikalingas statinių ir dinaminių šiluminių-hidraulinių procesų centralizuotose šilumos tiekimo sistemose modeliavimas!

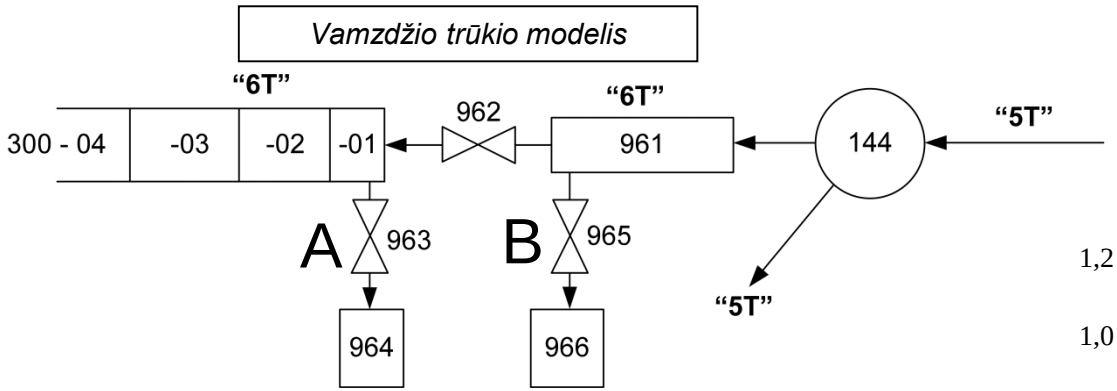
Įrankis šilumos tinklų modernizacijai planuoti - šilumos perdavimo tinklo patikimumo vertinimo metodika

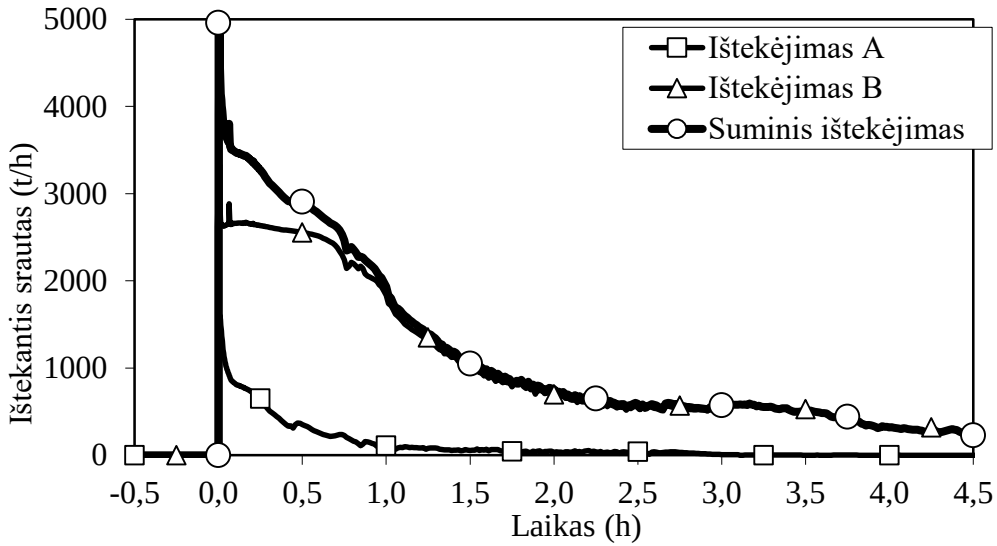
- Bendradarbiaujant su AB „Kauno energija“ buvo atlikta studija „Šilumos perdavimo tinklo patikimumo vertinimo metodika ir pirminė magistralinio tinklo patikimumo analizė“. Šio darbo pagrindiniai uždaviniai:
  - Sudaryti termohidraulinį tinklo modelį;
  - Sudaryti stipruminį tinklo elementų modelį;
  - Sukurti tikimybinį tinklo patikimumo vertinimo modelį;
  - Sukurti tinklo pakeitimų, modifikacijų, remontų ir t.t. techninio-ekonominio optimizavimo metodiką;
  - Atlikti Kauno CŠT tinklo patikimumo analizę.

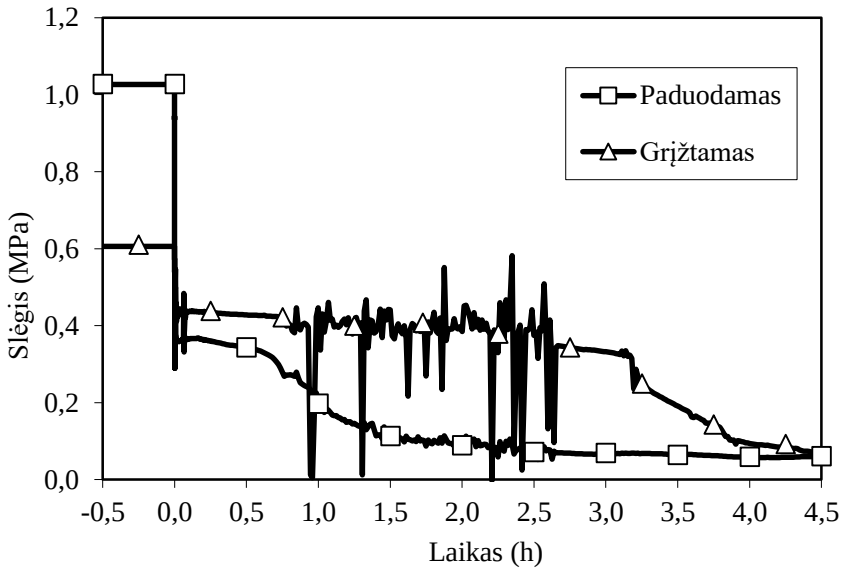
Šilumos tiekimo patikimumo vertinimo metodika



Vamzdyno trūkio hidraulinės analizės pavyzdys

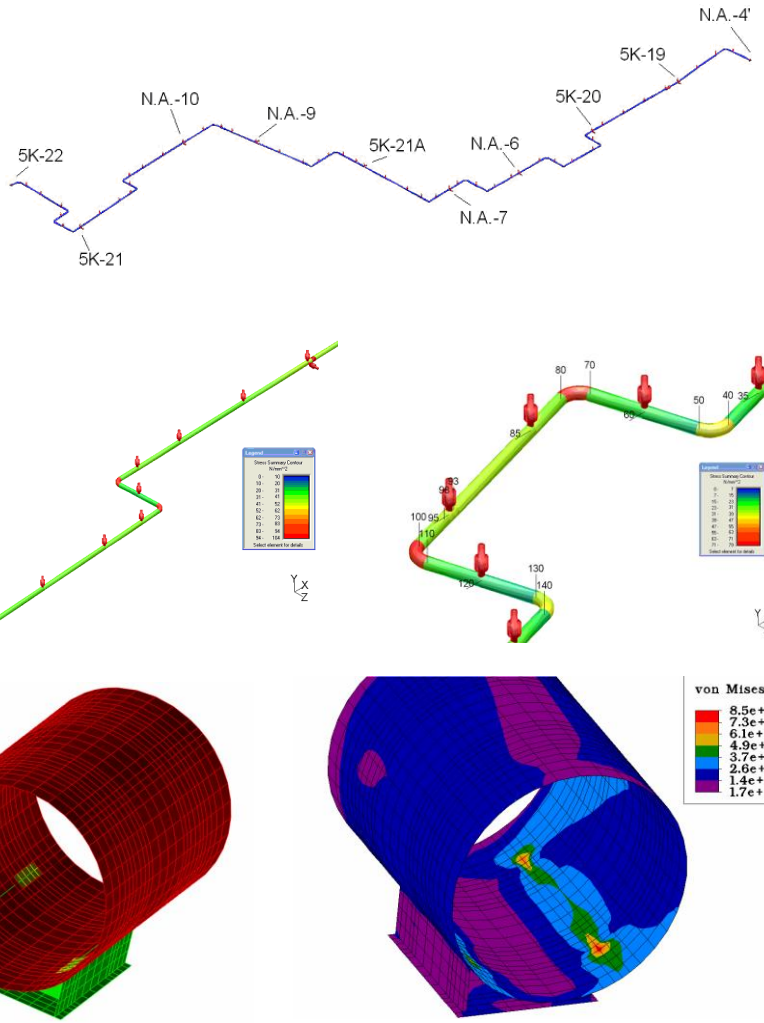






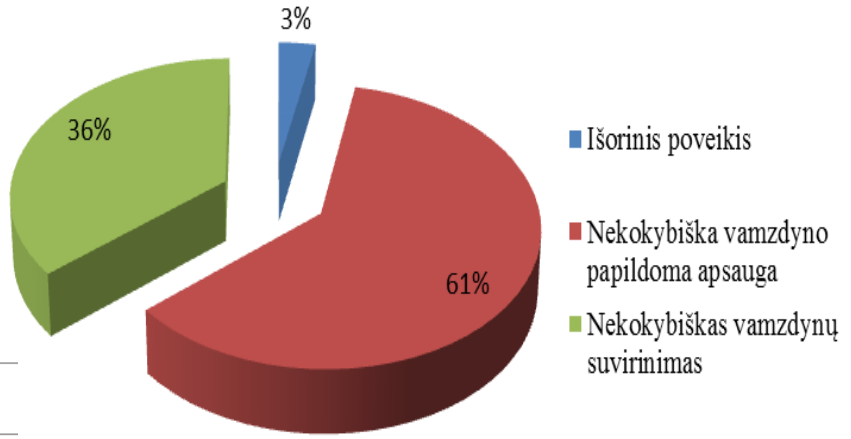
Šiluminių vamzdynų stipruminės analizės pavyzdys

- Dalies šiluminės trasos vamzdyno BE modelio paruošimas (ADLPIPE V10 programa).
- Parinkto vamzdyno bendroji stipruminė analizė normalios eksploatacijos ir hidraulinių bandymų sąlygomis, įvertinant mechaninių tyrimų ir termohidraulines analizės rezultatus.
- Parinktos vamzdyno dalies detali stipruminė analizė (ALGOR).
- Nustatyti vamzdynų maksimalūs įtempiai yra suvirinimo proceso metu paveiktose zonose, bei staigaus geometrijos pokyčio vietose.

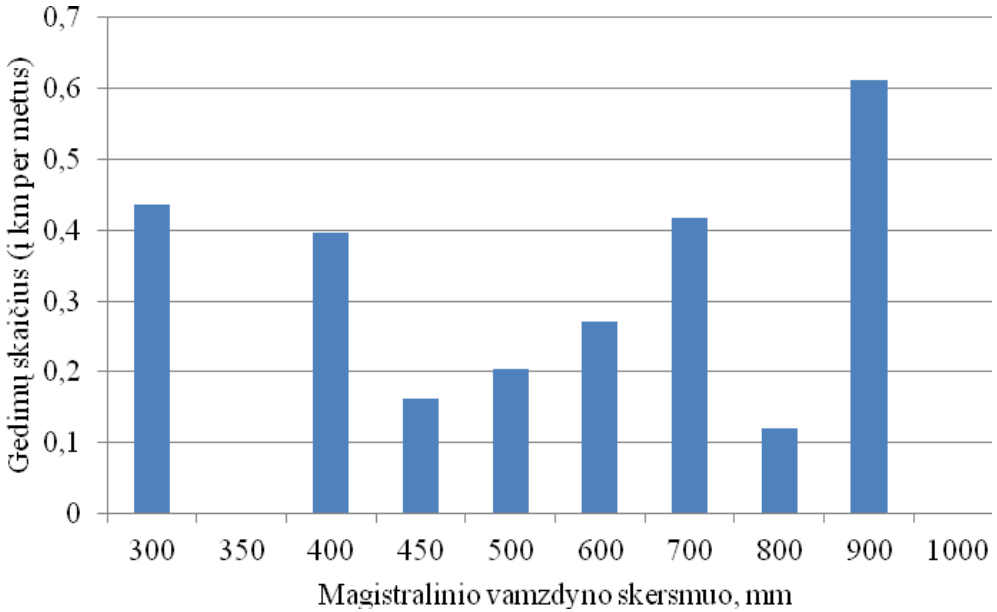


Šiluminių vamzdynų patikimumo analizės pavyzdys

Kauno miesto CŠTS vamzdynų trūkių skaičiaus pasiskirstymas pagal priežastis

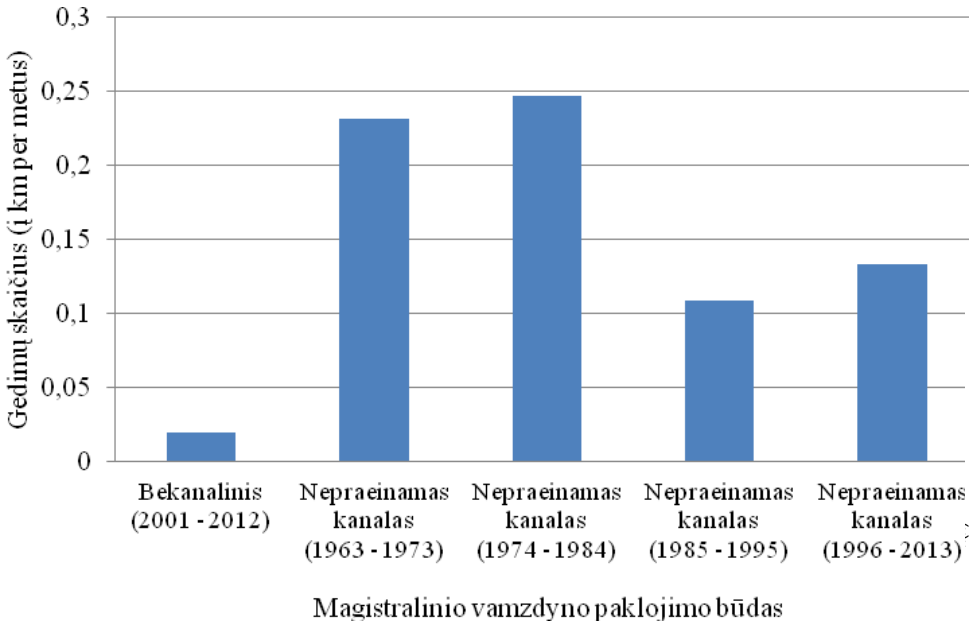


Magistralinio vamzdyno gedimų skaičiaus (į km per metus) priklausomybė nuo vamzdyno skersmens (mm)

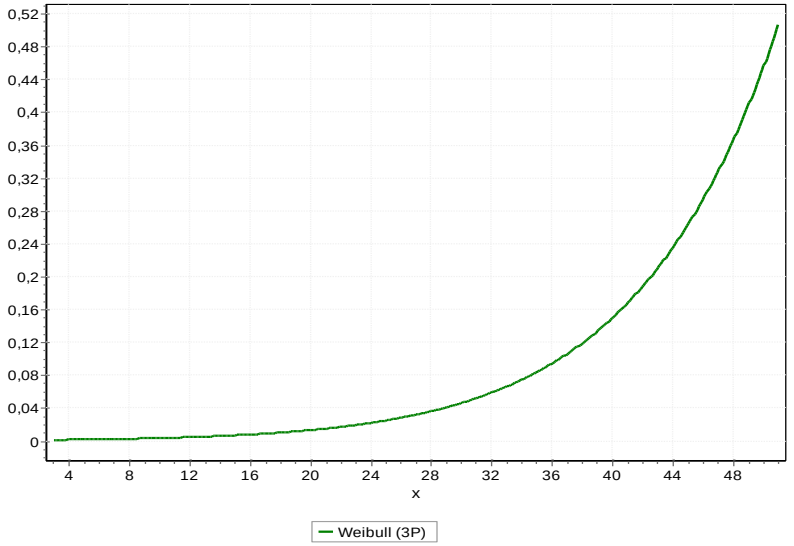


Šiluminių vamzdynų patikimumo analizės pavyzdys

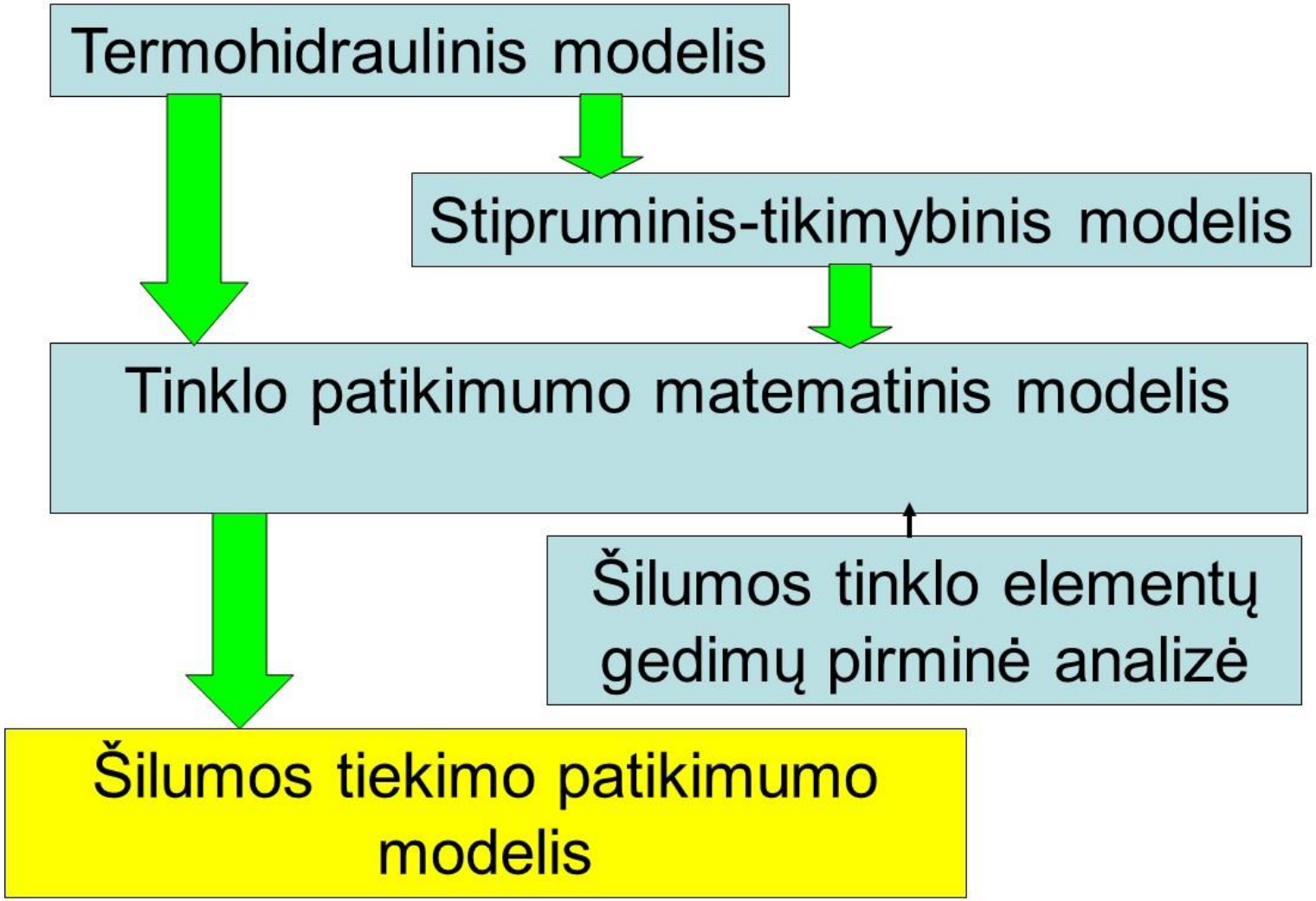
Magistralinio vamzdyno gedimų skaičiaus (į km per metus) priklausomybė nuo vamzdyno paklojimo būdo



Vamzdynų eksploatacijos laiko aprašomo Veibulo skirstiniu $W(\alpha = 20{,}142, \beta = 165{,}57, \gamma = -127{,}37)$ gedimų intensyvumo funkcija



Šilumos tiekimo patikimumo vertinimo metodika



Statinių ir dinaminių šiluminių-hidraulinių procesų centralizuotose šilumos tiekimo sistemose modeliavimas

Šiluminės-hidraulinės analizės metodai

- **Statinis** – parametrų reikšmės nepriklauso nuo laiko.
  - Šis metodas tinka analizuoti darbo režimams, įvairioms tinklo jungimo schemoms ir pan.
- **Kvazi-statinis** – parametrų reikšmės priklauso nuo laiko, tačiau sistemos inercija nevertinama.
  - Šis metodas tinka lėtai besikeičiantiems procesams tirti, pvz., paros pikų analizė, šaltinių „nusikrovimas“ ir pan.
- **Dinaminis** – parametrų reikšmės priklauso nuo laiko, vertinama sistemos inercija.
  - Šis metodas tinka analizuoti greitus pereinamuosius procesus – vožtuvo atsidarymas/užsidarymas, siurblių sustojimas, staigus trūkis ir pan.

Šiluminės-hidraulinės analizės rezultatai

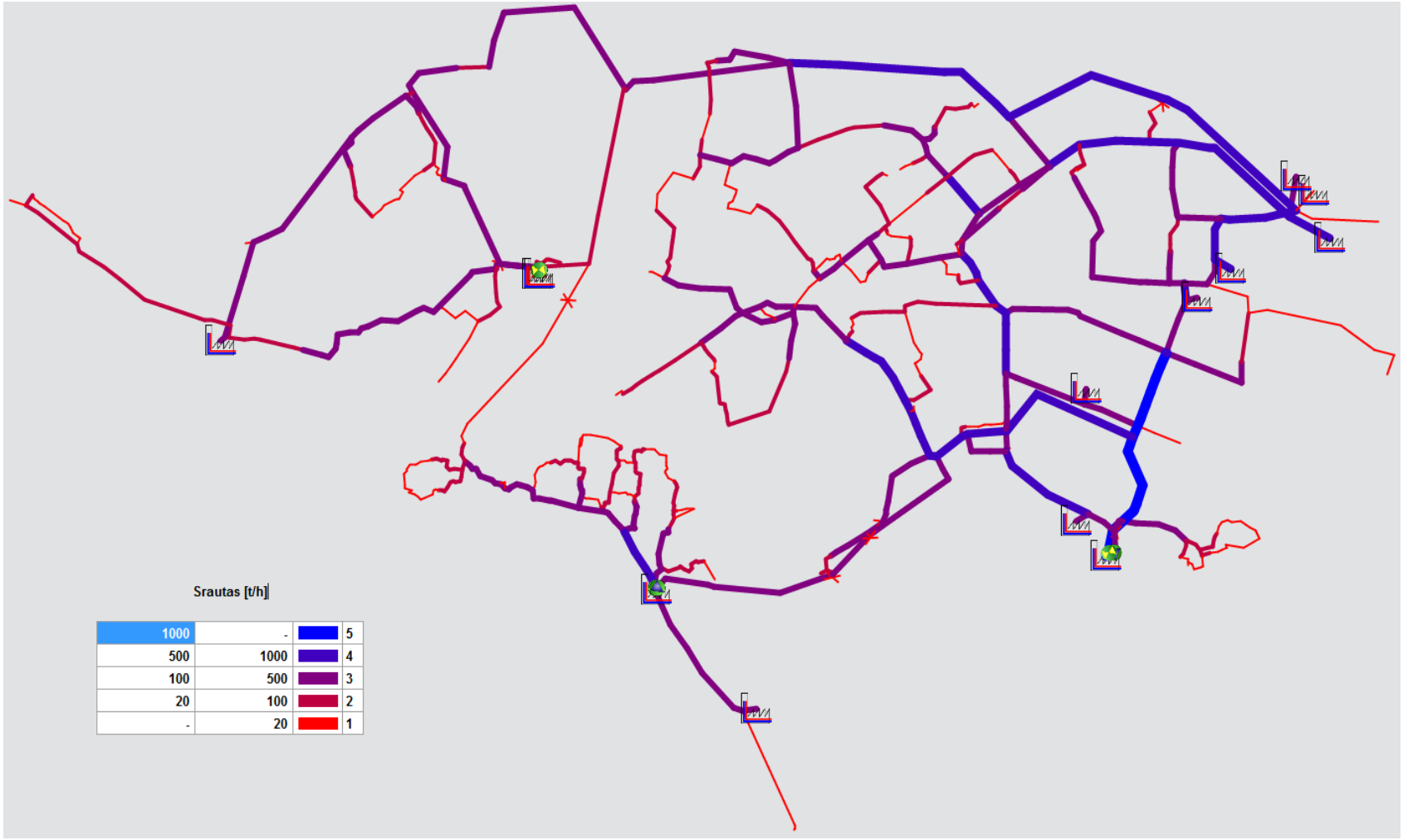
Statinis, kvazi-statinis metodas

- Teorinės visų technologinių parametrų reikšmės, bet kurioje tinklo vietoje;
- Šilumos nuostolių įvertinimas;
- Tinklo darbo režimų ir veikimo schemų įvertinimas bei optimizavimas, avarijų pasekmių analizė priverstinai uždarius vamzdyno atkarpą;
- Tinklo vamzdynų modifikacijų analizė, vartotojų bei šaltinių prijungimas/atjungimas;

Dinaminis metodas

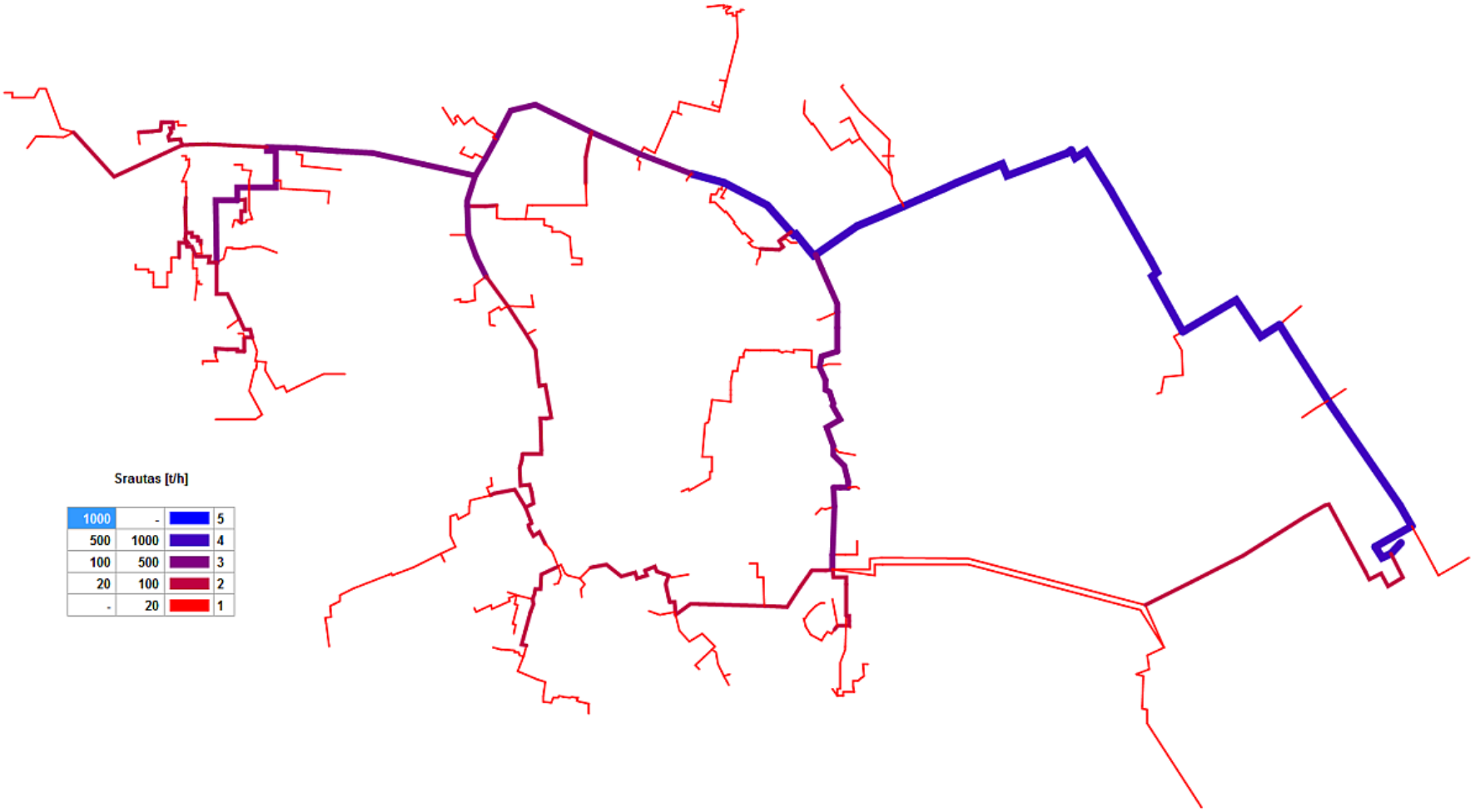
- Vožtuvų, siurblių, ar kt. elementų sąlygoti pereinamieji procesai;
- Teorinių skaičiavimų lyginimas su matavimų duomenimis siekiant nustatyti tinklo sutrikimus ir jų vietą (vamzdyno trūkis, netinkamai veikiantis vožtuvas ir pan.).

Statinio metodo taikymo pavyzdys - termofikacinio vandens debitai Kauno miesto integruotame CŠT tinkle (tiekimo linijoje)



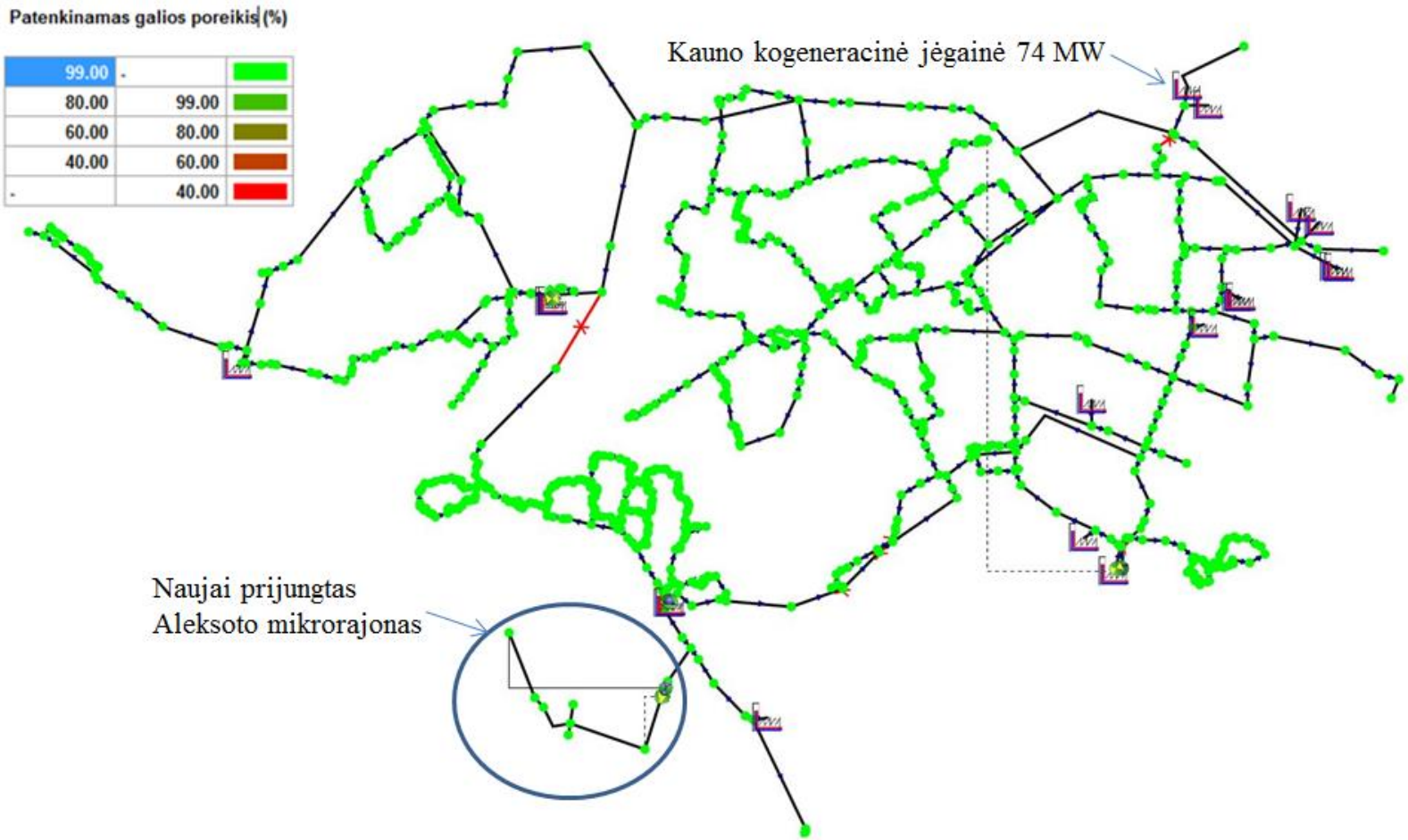
(TERMIS modelio atvaizdavimo pavyzdys)

Statinio metodo taikymo pavyzdys - termofikacinio vandens debitai Utenos miesto integruotame CŠT tinkle (tiekimo linijoje)



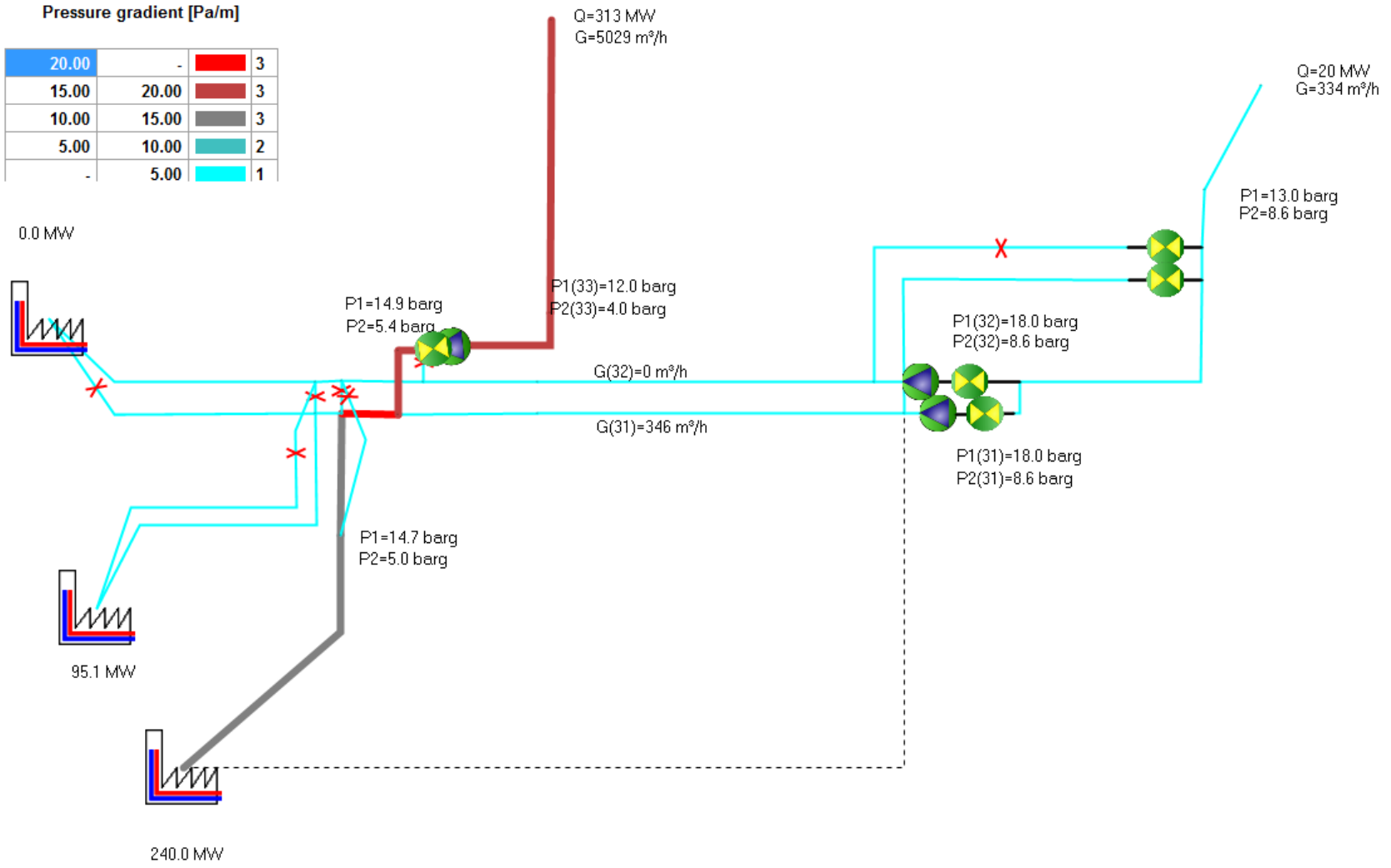
(TERMIS modelio atvaizdavimo pavyzdys)

Statinio metodo taikymo pavyzdys - Aleksoto mikrorajono bei papildomų šaltinių prijungimas prie Kauno miesto integruoto CŠT tinklo



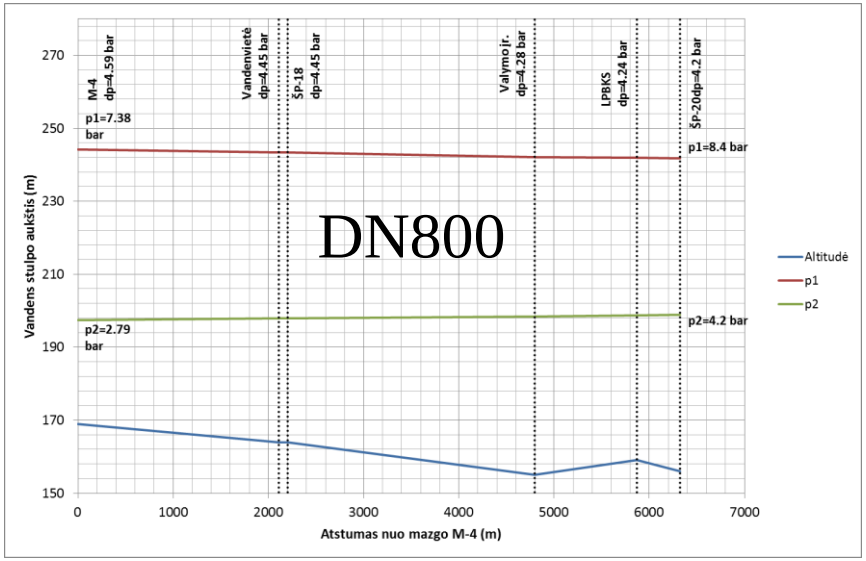
(TERMIS modelio atvaizdavimo pavyzdys)

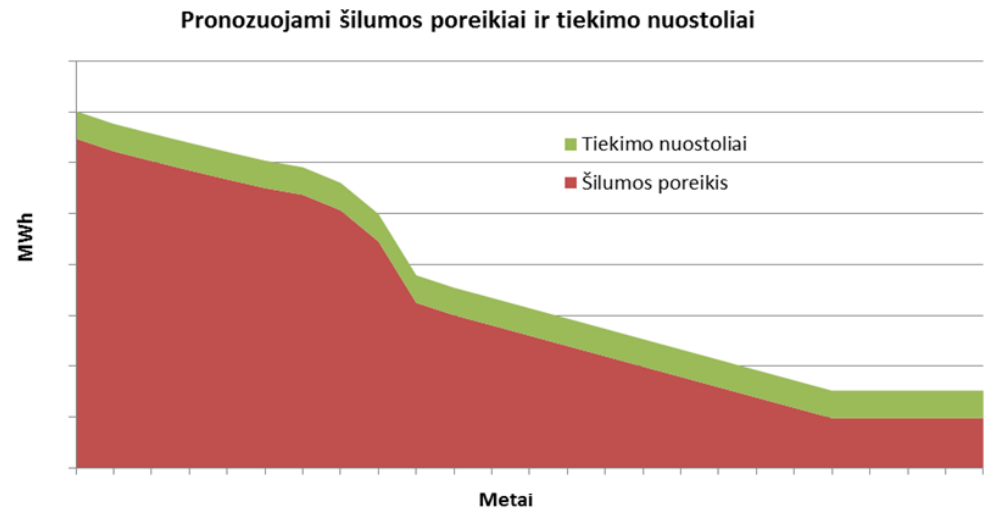
Statinio metodo taikymo pavyzdys - Vilniaus kogeneracinės jėgainės prijungimas prie Vilniaus miesto integruoto CŠT tinklo

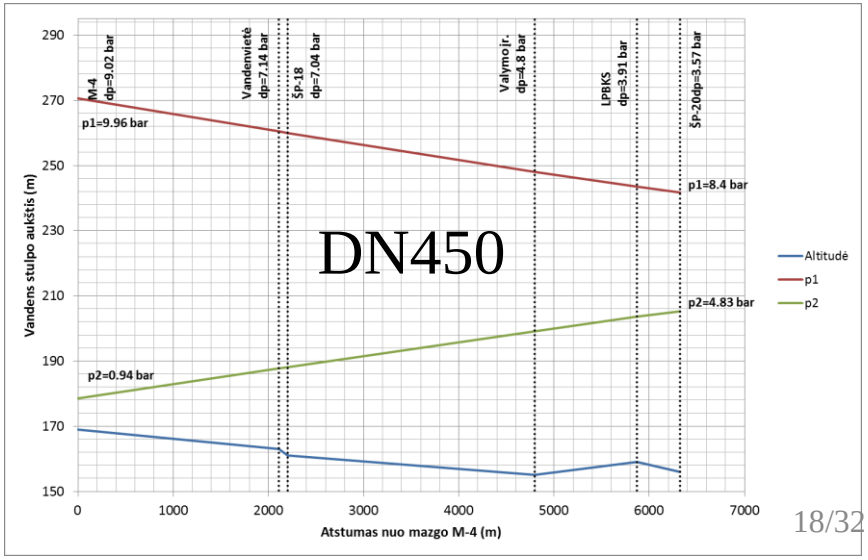


(TERMIS modelio atvaizdavimo pavyzdys)

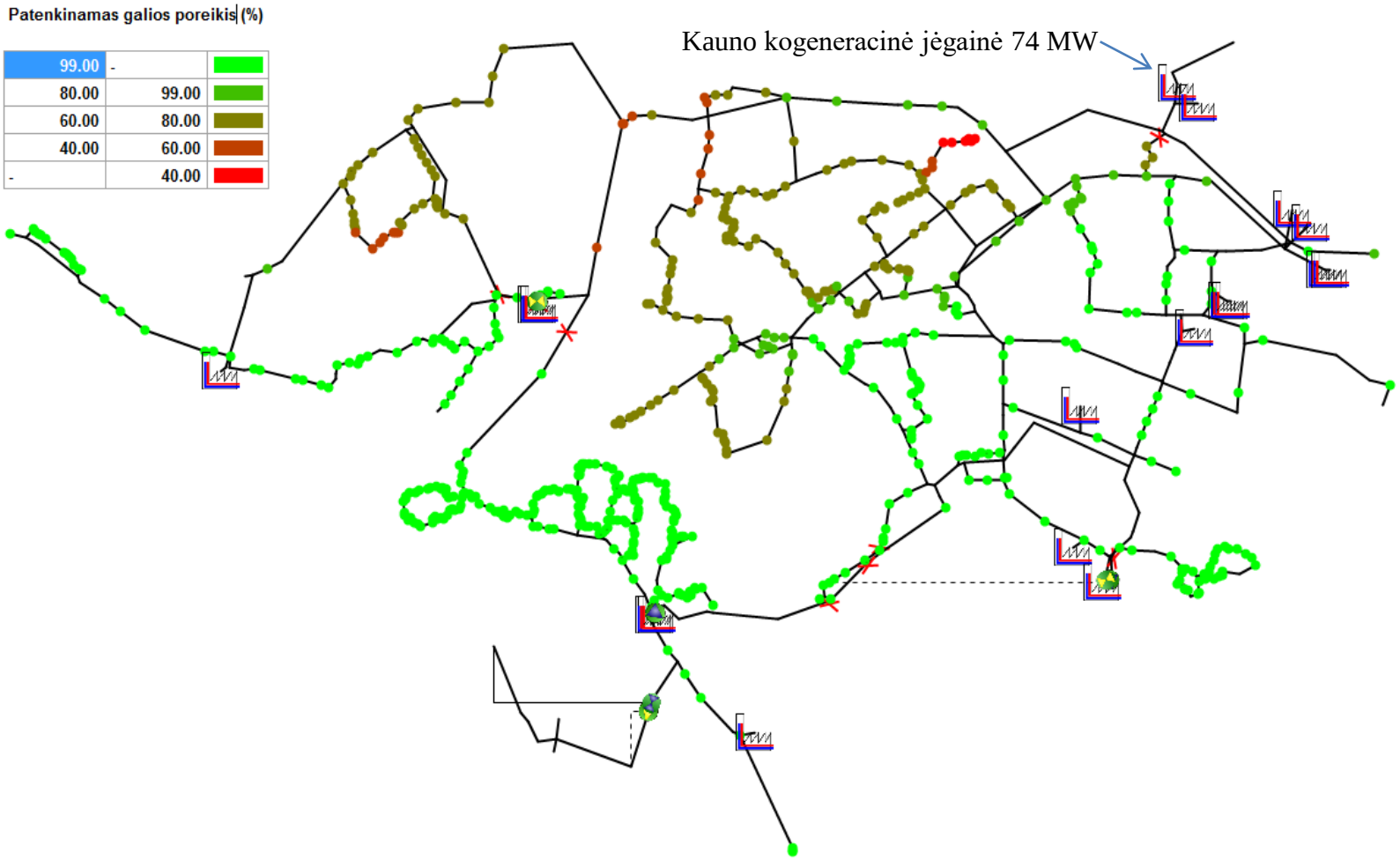
Statinio metodo taikymo pavyzdys - CŠT atšakos iki Ignalinos AE optimizavimo analizė





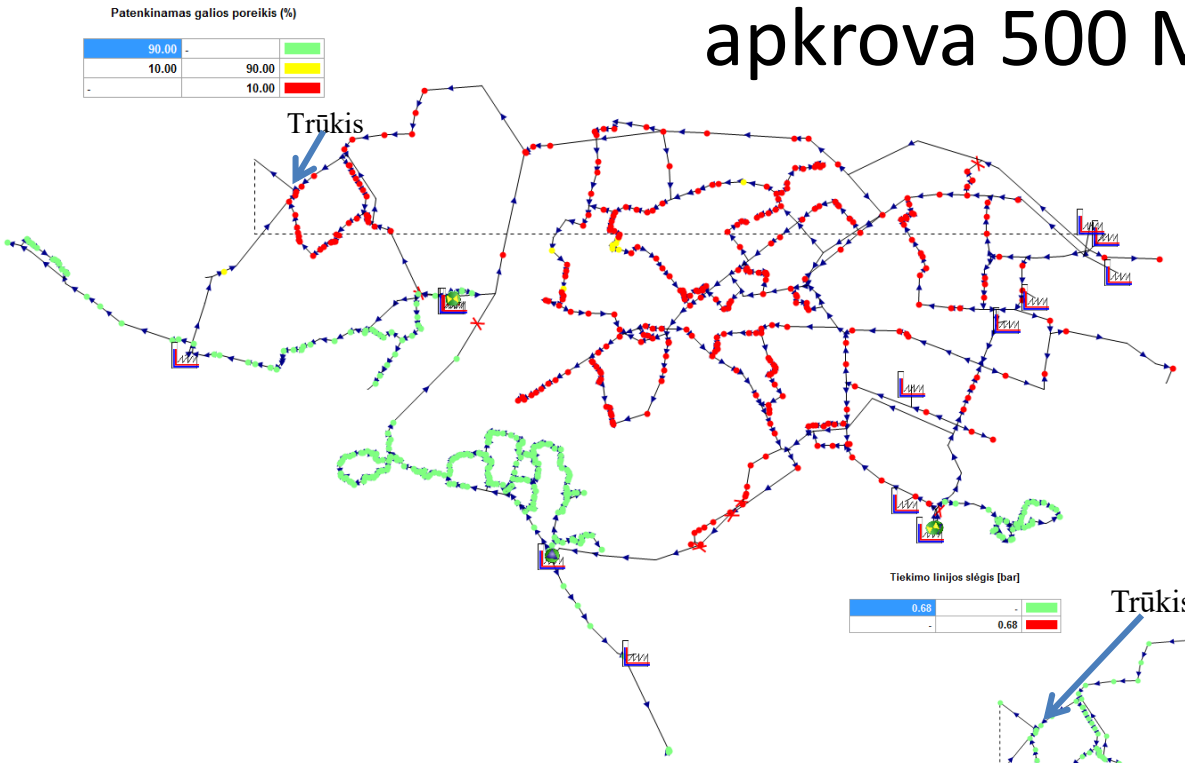


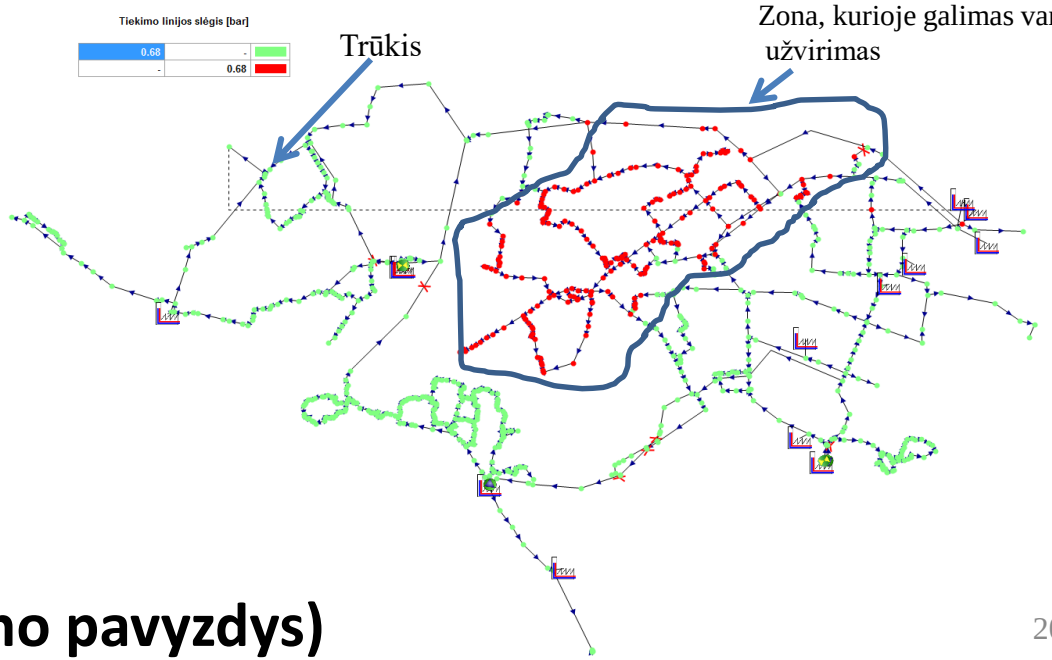
Statinio metodo taikymo pavyzdys - tinklo veikimas KKJ (74 MW) atsijungimo atveju, kai bendra apkrova 500 MW



(TERMIS modelio atvaizdavimo pavyzdys)

Statinio metodo taikymo pavyzdys - tinklo veikimas 500 m³/h trūkio atveju, kai bendra apkrova 500 MW

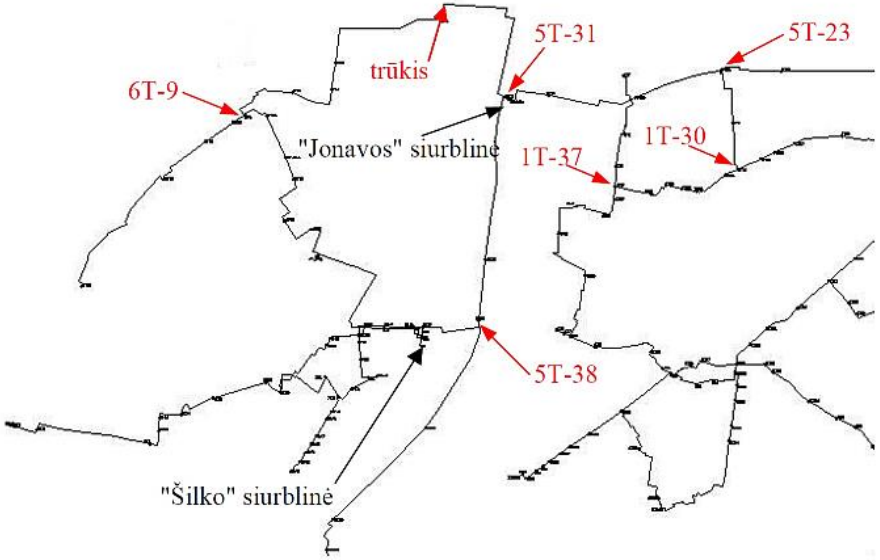


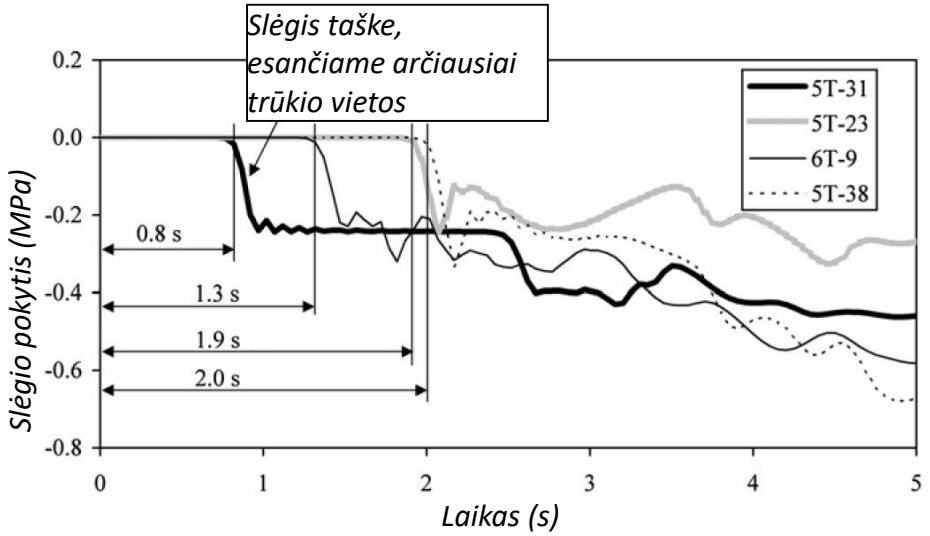


(TERMIS modelio atvaizdavimo pavyzdys)

Dinaminio metodo taikymo pavyzdys - trūkio vietos nustatymas slėgio bangos sklidimo metodu

- Slėgio daviklių ir montavimo vietų tinkle parinkimas;
- Automatinės ištekėjimo nustatymo sistemos algoritmų sudarymas;
- Dinaminis modeliavimas leidžia prognozuoti slėgio kitimą dėl trūkio, todėl galima numatyti ar bus užfiksuota slėgio banga.

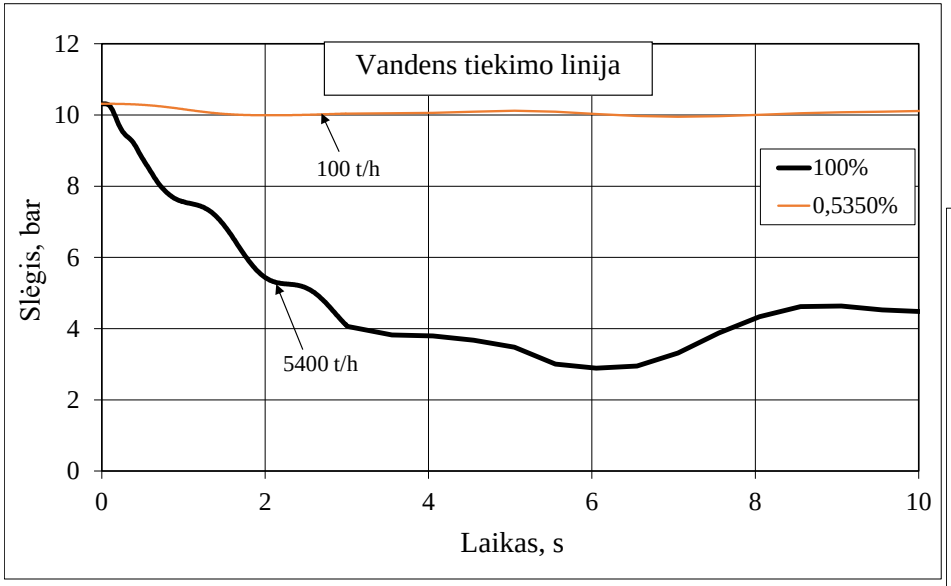


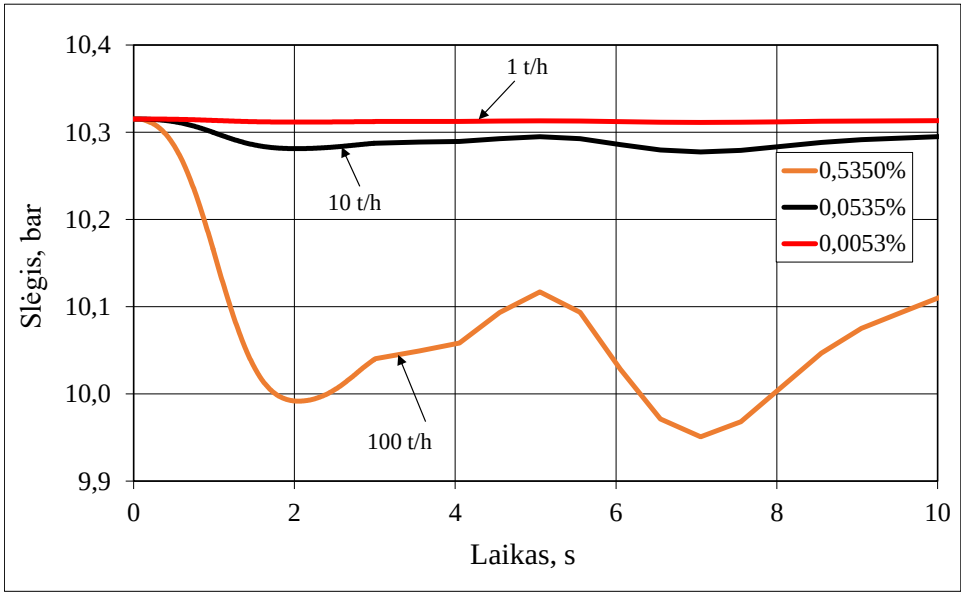


- Vamzdžio diametras 0,5 m, pradinis slėgis vamzdyje - 7,6 barai.
- Pilno trūkio atveju išmetamo vandens kiekis – 5400 t/h.

Dinaminio metodo taikymo pavyzdys - trūkio vietos nustatymas slėgio bangos sklidimo metodu

Prarandamo vandens kiekio įtaka slėgio pokyčiui



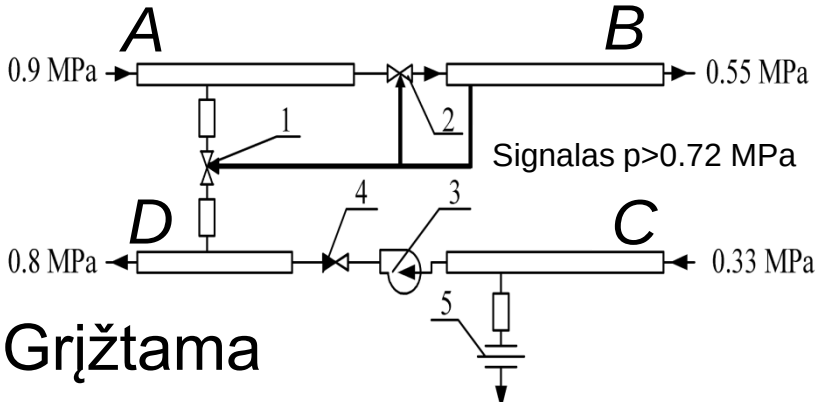


Dinaminio metodo taikymo pavyzdys - pereinamųjų procesų tinkle analizė

– Staigus siurblių sustojimas/paleidimas;

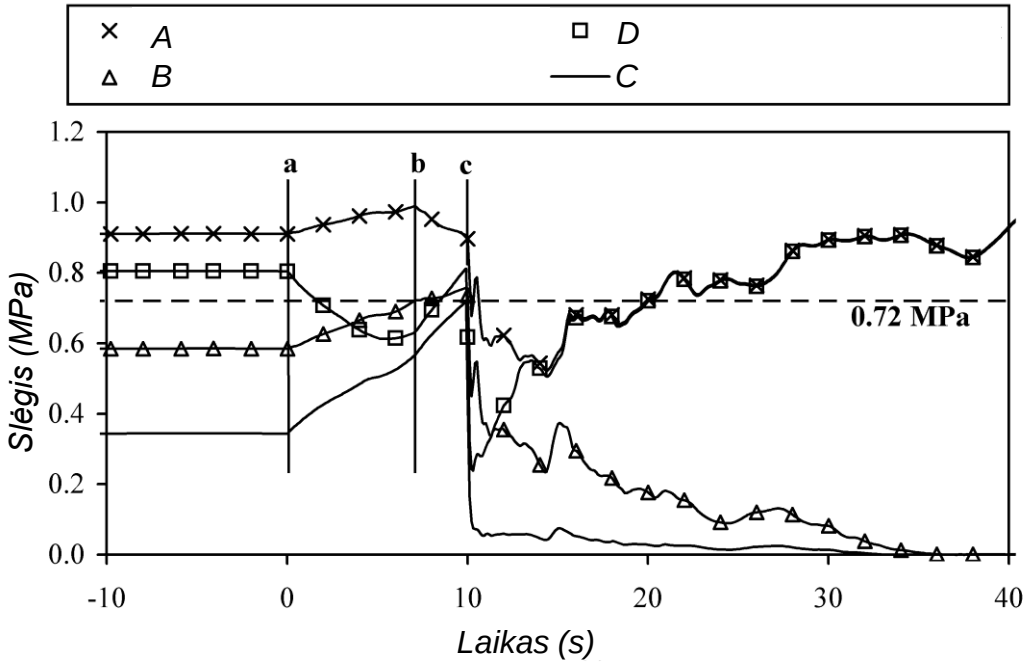
– Vožtuvų atsidarymas/užsidarymas.

Paduodama



Grįžtama

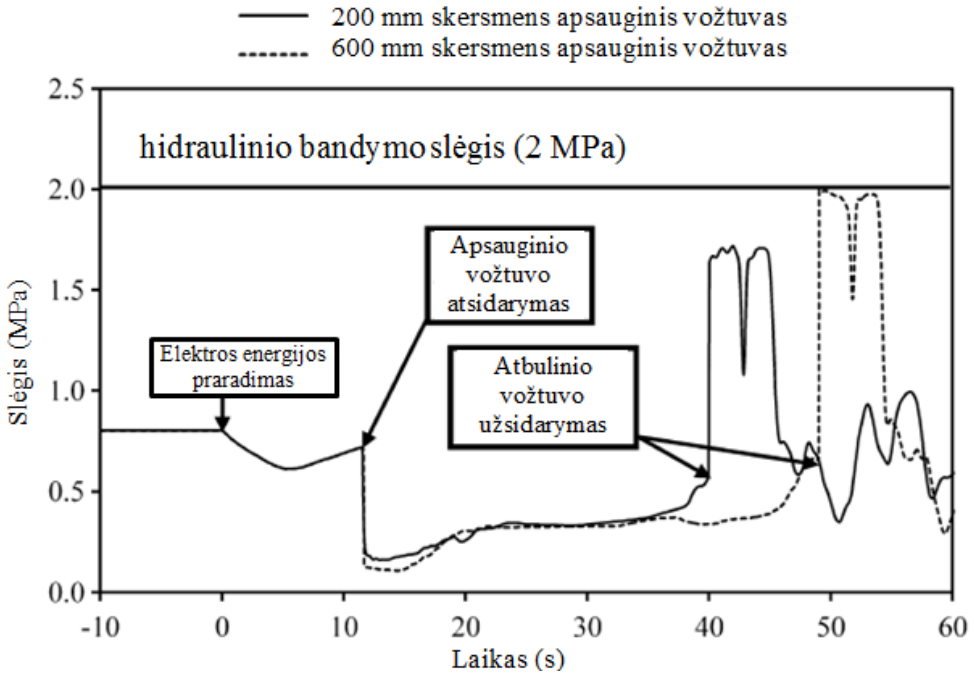
1 – apėjimo vožtuvas; 2 – droseliavimo vožtuvas; 3 – siurblys; 4 – atbulinis vožtuvas; 5 – apsauginis vožtuvas

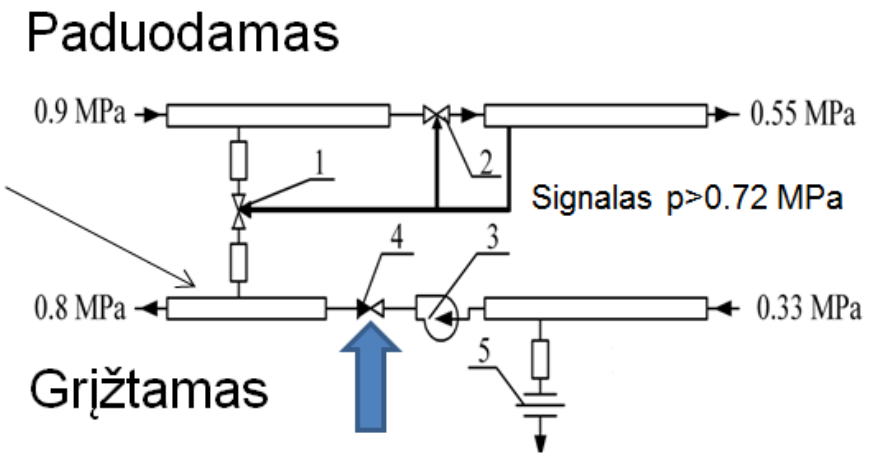


a – siurblio sustojimas; b – droseliavimo vožtuvo užsidarymas / apėjimo vožtuvo atsidarymas (per 30 s); c – apsauginio vožtuvo atsidarymas

Dinaminio metodo taikymo pavyzdys - hidraulinio smūgio analizė

- Staigus atbulinio vožtuvo užsidarymas gali sukelti hidraulinį smūgį





1 – apėjimo vožtuvas; 2 – droseliavimo vožtuvas; 3 – siurblys; 4 – atbulinis vožtuvas; 5 – apsauginis vožtuvas

LIETUVOS ENERGETIKOS INSTITUTAS
http://www.lei.lt

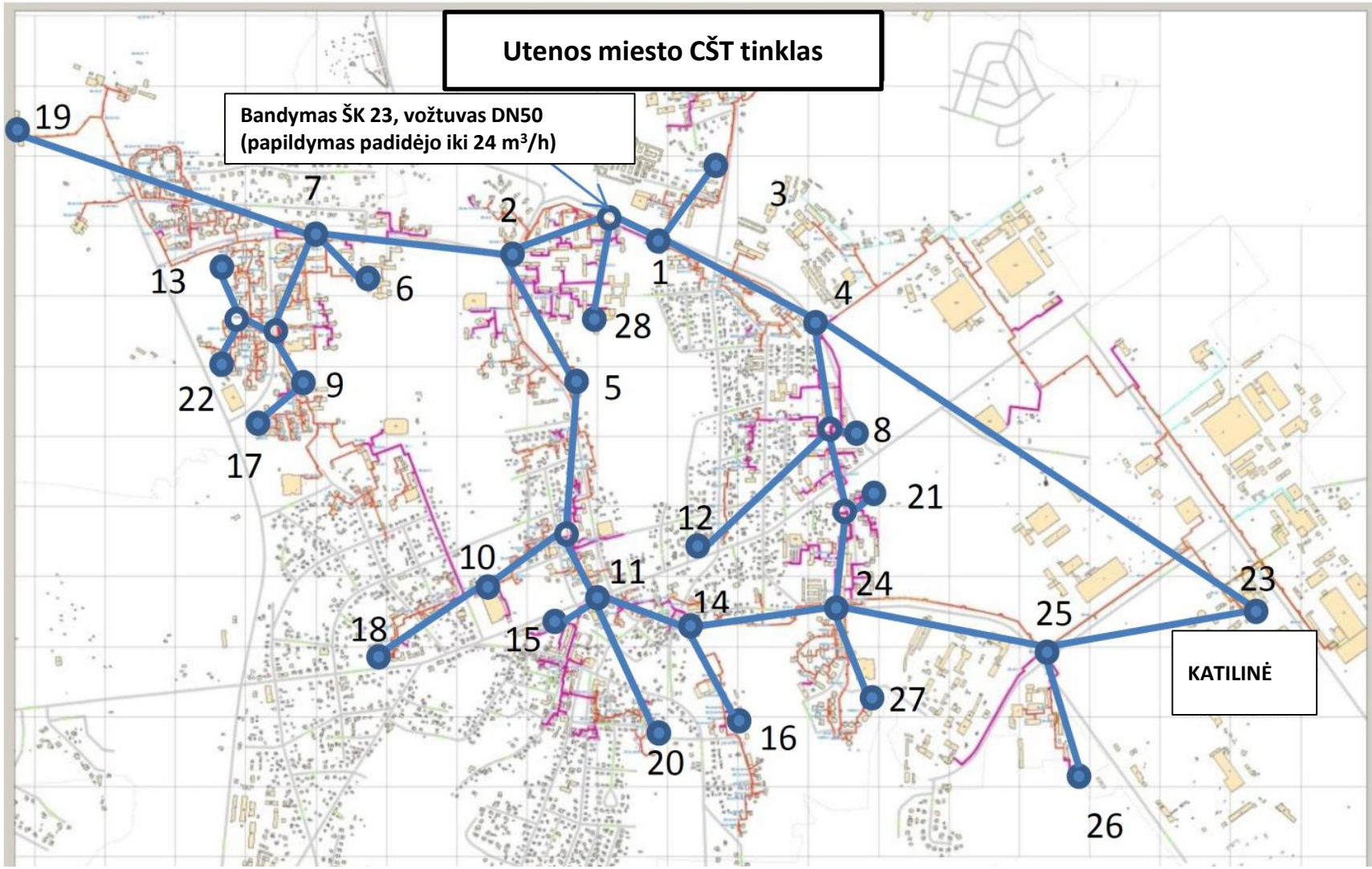
NACIONALINIS ATVIROS PRIEIGOS ATEITIES ENERGETIKOS TECHNOLOGIJŲ MOKSLO CENTRAS

OPEN R & D LIETUVA

Dinaminių šiluminių-hidraulinių procesų centralizuotuose šilumos tiekimo sistemose modeliavimas.

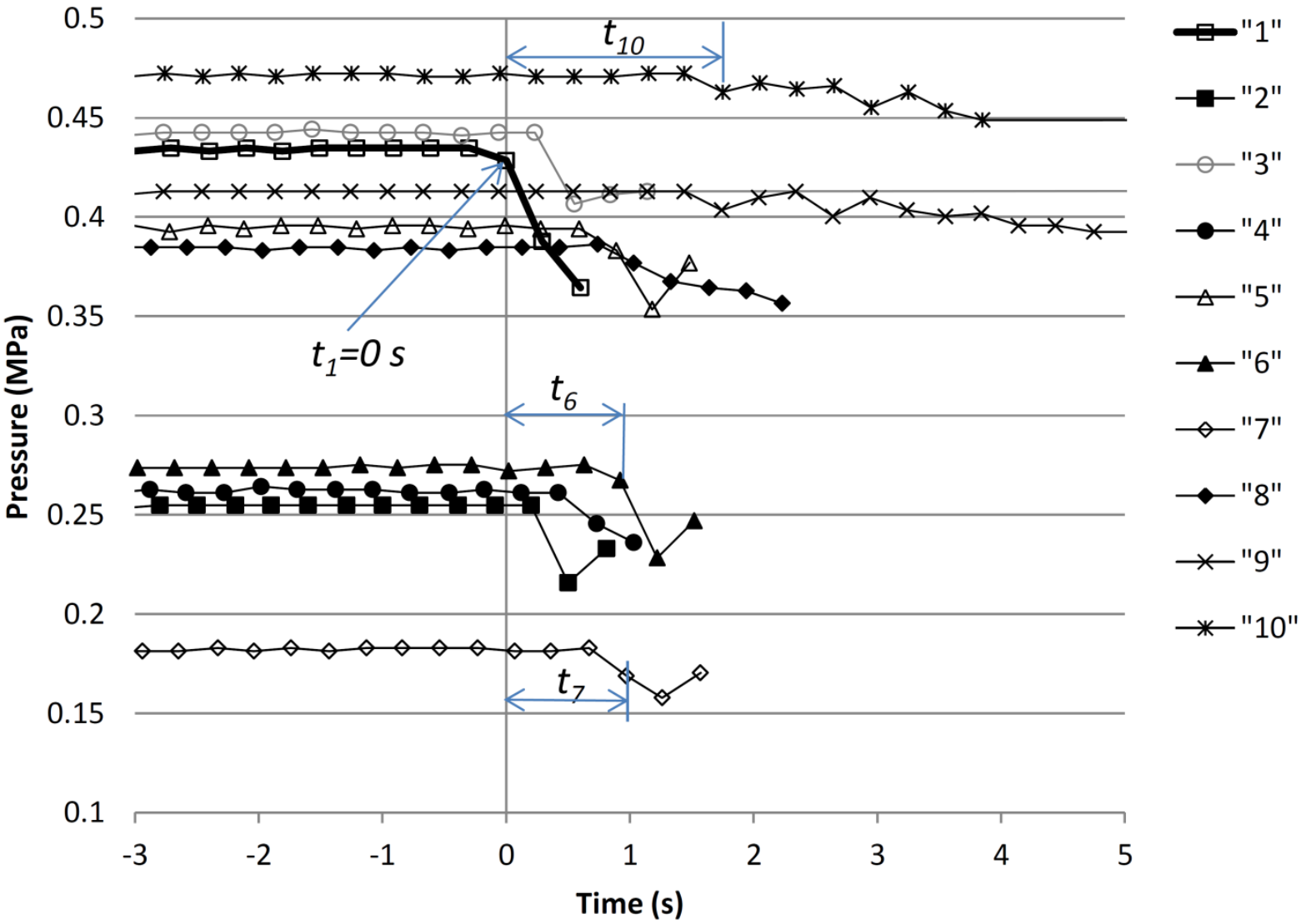
Vamzdyno trūkio vietos nustatymas Utenos CŠT tinkle

Utenos miesto CŠTS schema ir parametrų matavimo taškai



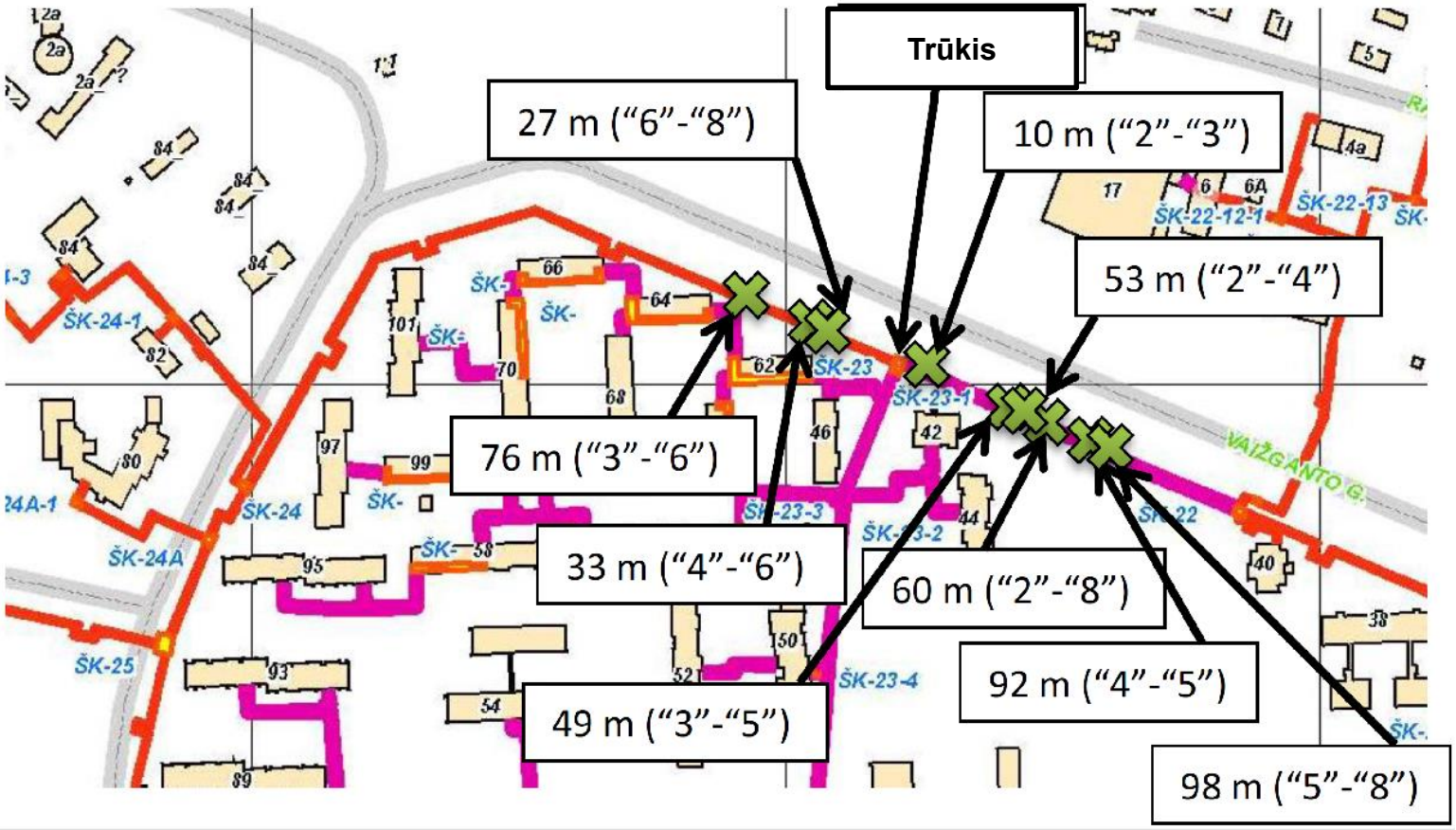
Bandymai buvo atlikti kai T_{lauko}~ -5°C, katilinės galia ~23 MW

Utenos CŠTS eksperimentai ir matavimo duomenų analizė

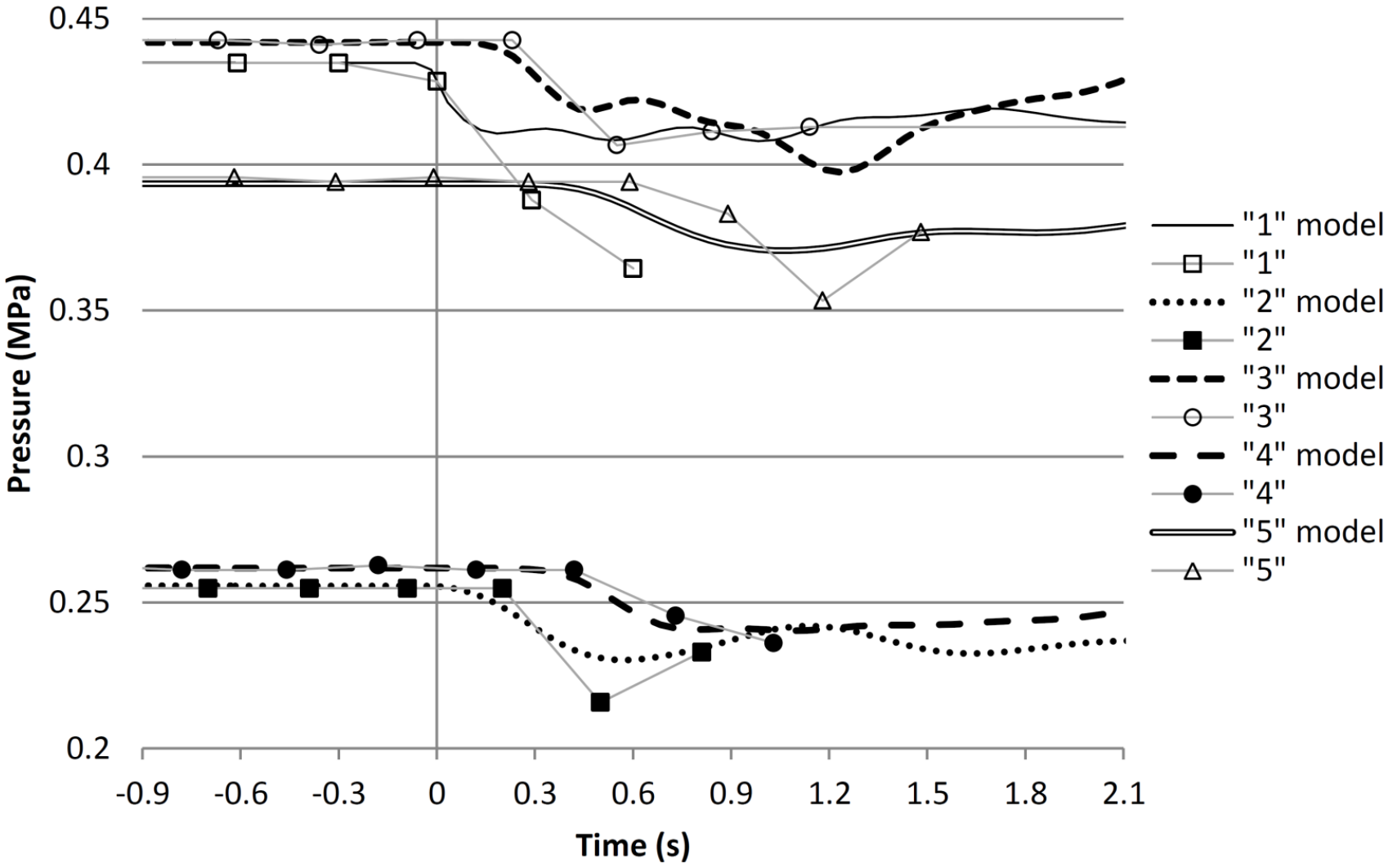


Utenos CŠTS eksperimentai

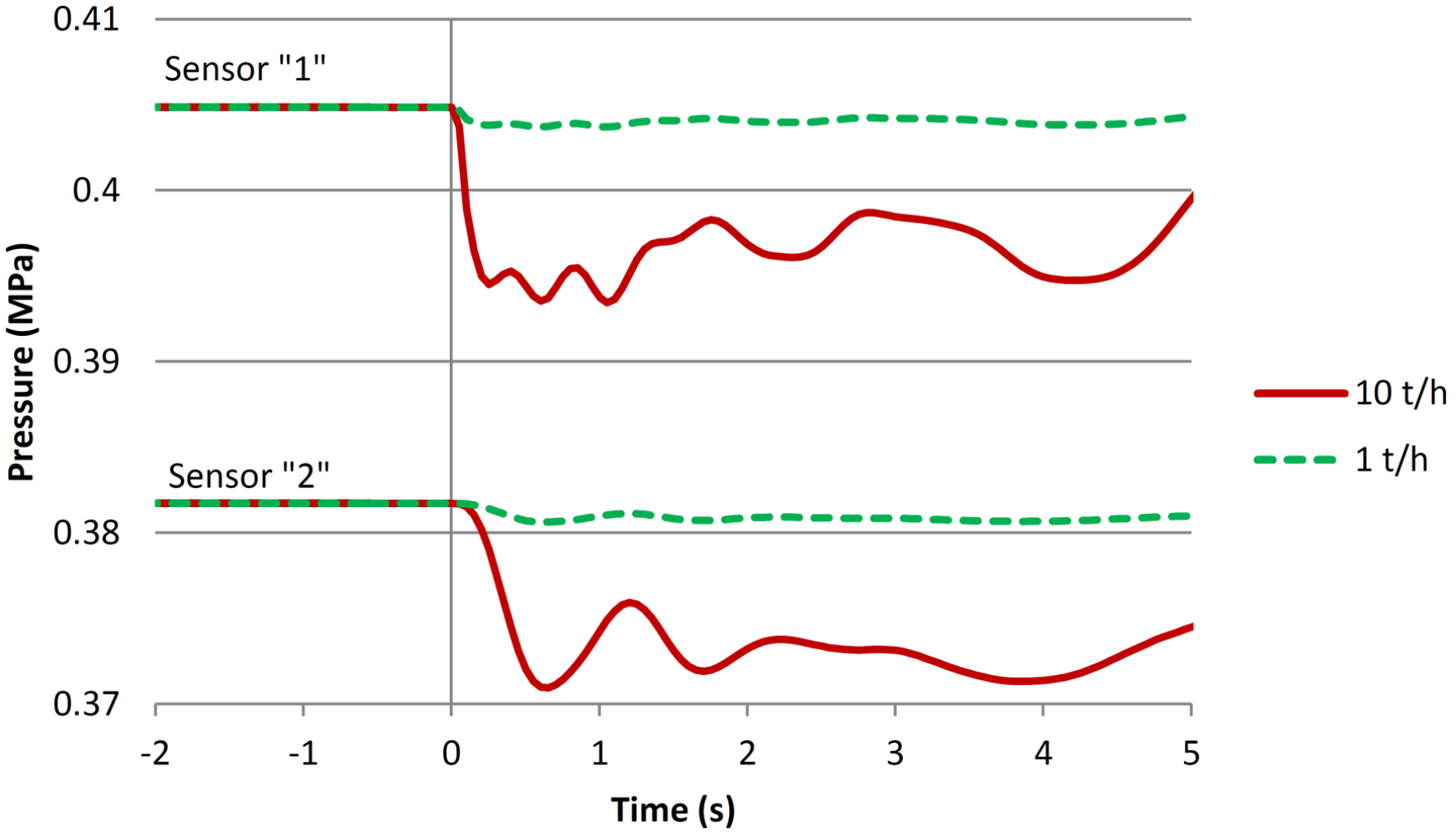
- Apskaičiuotos galimos trūkio vietos, naudojant duomenis iš skirtingų slėgio sensorių;
- Trūkio vietos nustatymo paklaida priklauso nuo duomenų įrašymo periodiškumo (slėgio bangos sklidimo greitis vandenyje ~1500m/s).



Utenos CŠTS eksperimentų modeliavimas

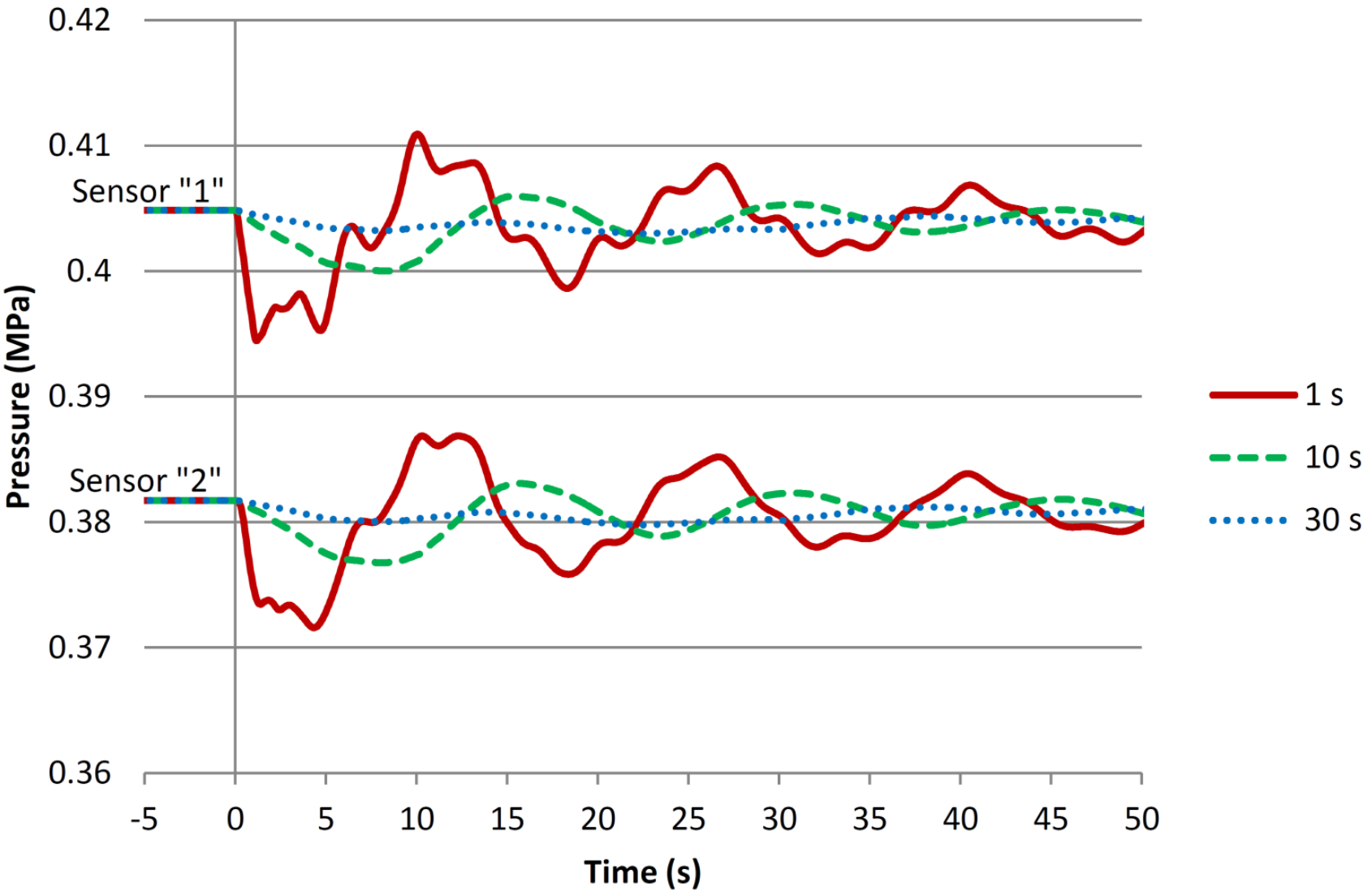


Utenos CŠTS modeliavimas



Slėgio bangos amplitudės priklausomybė nuo nuotėkio dydžio

Utenos CŠTS modeliavimas



Slėgio bangos amplitudės priklausomybė nuo trūkio atsivėrimo laiko

Vamzdyno trūkio vietos nustatymas

- Trūkio vietą galima nustatyti iš matavimų per pirmąsias sekundes po trūkio, nes po to pradės veikti šilumos tiekėjų ir vartotojų reguliatoriai, kurie iškreips slėgio kitimo vaizdą.
- Kad atskirti slėgio pokyčius vamzdynuose dėl trūkių (vandens praradimo) atvejų nuo kitų pereinamųjų procesų, slėgio pokyčio signalas turi sutapti su vandens praradimo sistemoje signalu.
- Kad padidinti vietos nustatymo tikslumą reikalingas tankus slėgio kitimo vamzdynuose registravimas (Utenos CŠT pavyzdyje 0,3 s matavimų dažnis duoda 454 m paklaidą).
- Kuo daugiau jutiklių yra aplink nuotėkio vietą, tuo tiksliau galima ją nustatyti.
- Skaitinis modeliavimas parodė, kad trūkio (prarandamo vandens) dydis yra pagrindinis faktorius nustatant trūkio vietą – vandens praradimo kai nuotėkis apie 1 t/h, yra beveik neįmanoma nustatyti.
- Slėgio pokyčio reikšmės labai priklauso nuo trūkio atsivėrimo laiko: kuo trūkis atsiveria greičiau – tuo maksimali reikšmė didesnė. Lėtą trūkio augimą būtų labai sunku pastebėti – slėgio pokyčius dėl vandens praradimo būtų sunku “išfiltruoti” nuo pašalinių trukdžių sukeltų slėgio svyravimų.

LIETUVOS ENERGETIKOS INSTITUTAS
http://www.lei.lt

NACIONALINIS ATVIROS PRIEIGOS ATEITIES ENERGETIKOS TECHNOLOGIJŲ MOKSLO CENTRAS

OPEN R & D LIETUVA

Ačiū už dėmesį