

Vihreän koodin mittaaminen

Tuomas Mäkilä, Turun yliopisto

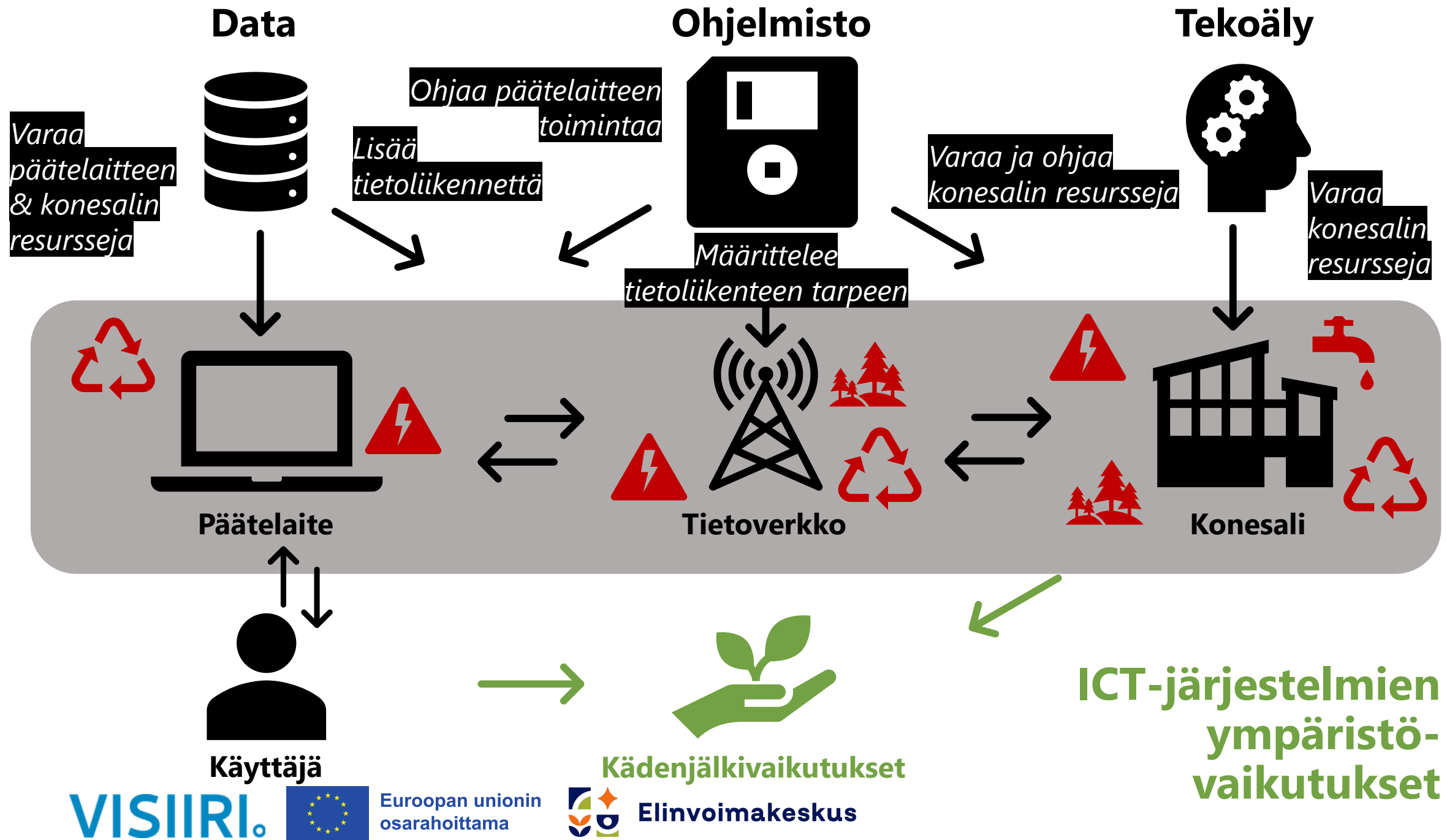


**Euroopan unionin
osarahoittama**



Elinvoimakeskus





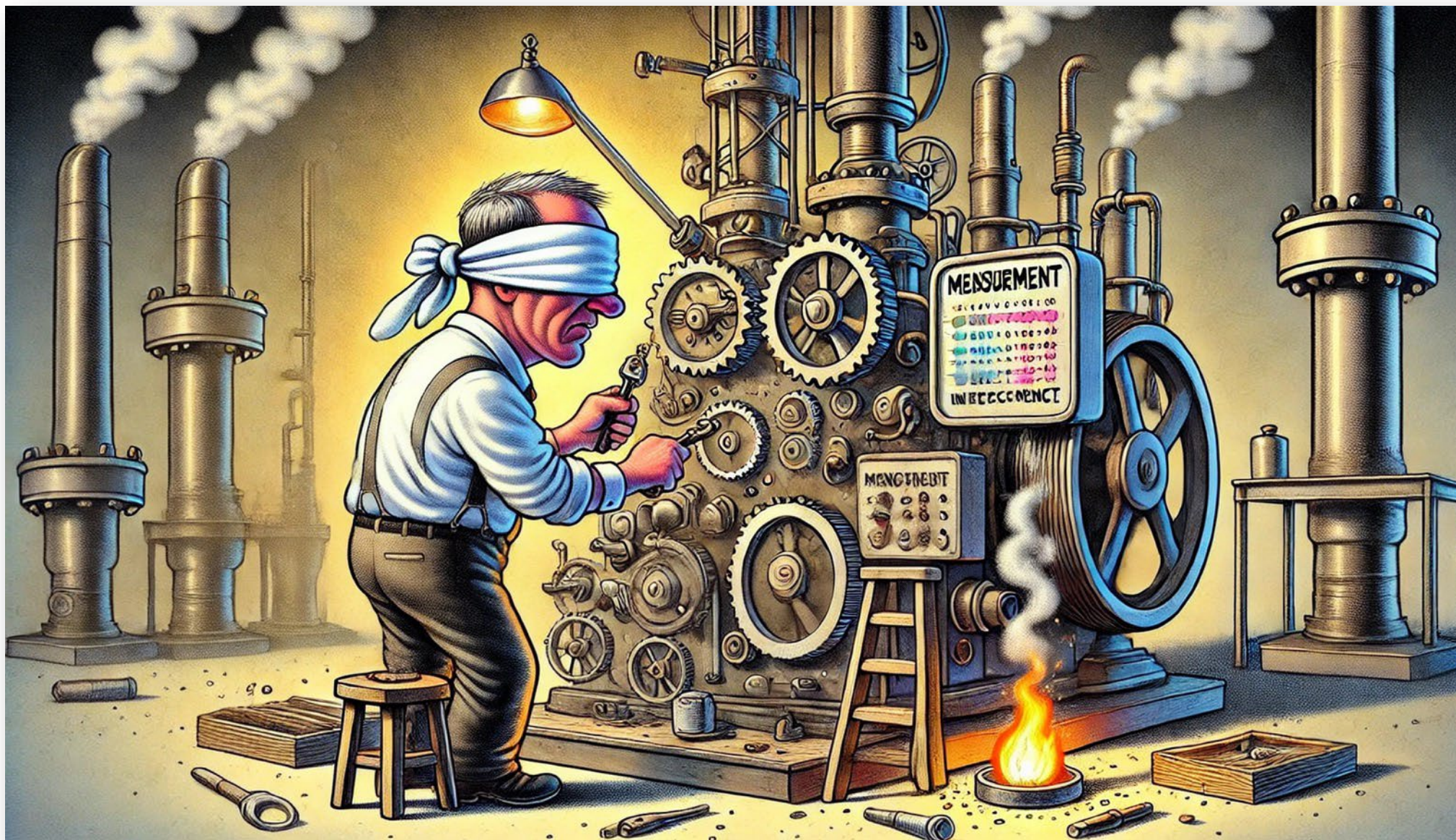
VISIIRI.



Euroopan unionin
osarahoittama



Elinvoimakas



VISIIRI.



Euroopan unionin
osarahoitama



Elinvoimakeskus

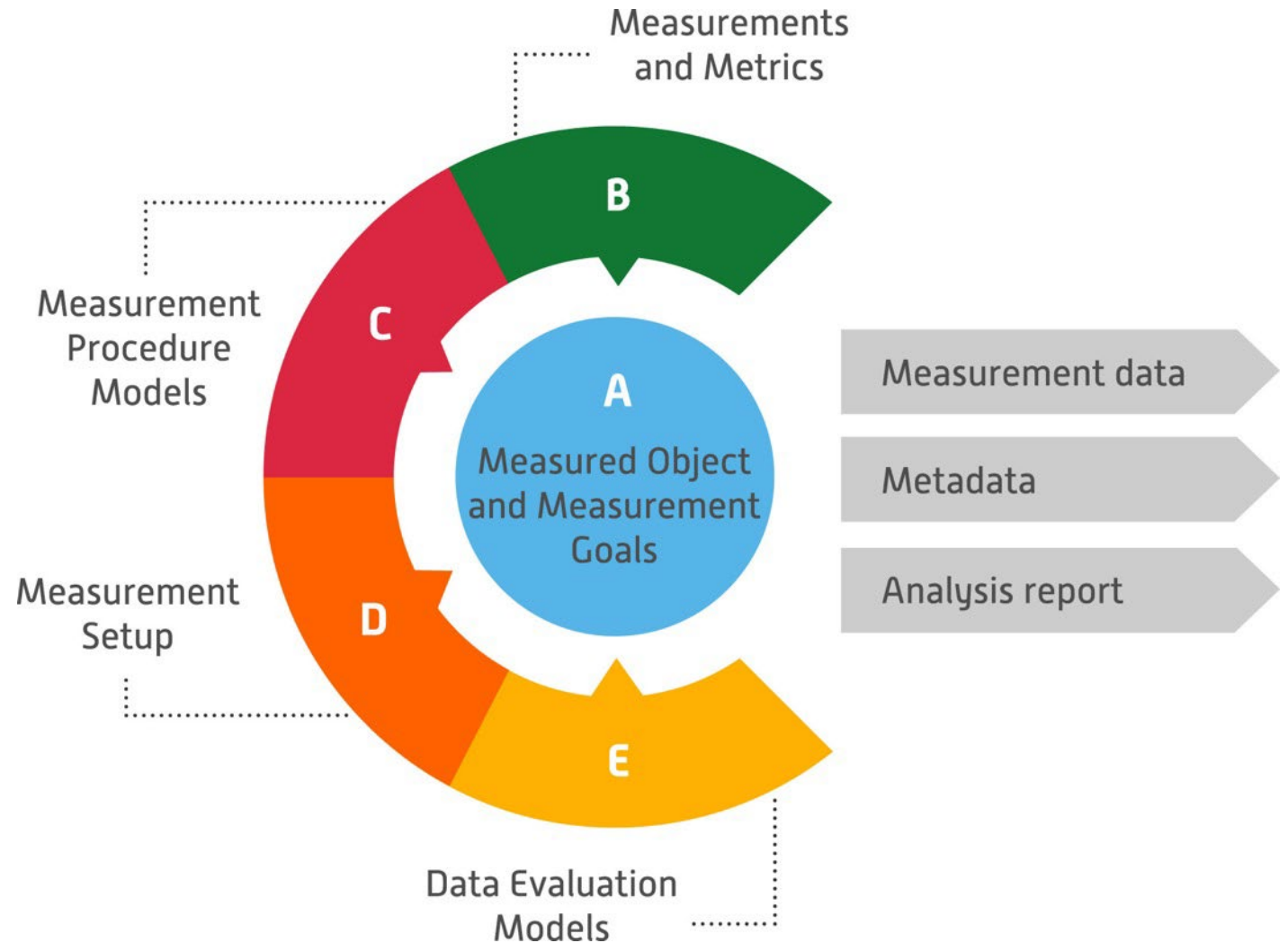
Koodin vihreyden mittaaminen

- Suorat mittaukset
 - Laitteiden sähkönkäyttö kuormituksessa (kulutusmittarit)
 - Prosessorien sähkönkäyttö kuormituksessa (esim. RAPL)
- Epäsuorat mittaukset
 - Sähkönkäyttö prosessorikuorman perusteella
 - CO₂-päästöt tietoliikenteen määrän perusteella
- Mallinnukset
 - LCA-laskenta
 - Software Carbon Intensity (SCI) –standardi
- Ohjelmiston ominaisuuksiin perustuva arviointi
 - Vihreiden ohjelmistojen kriteeristöt

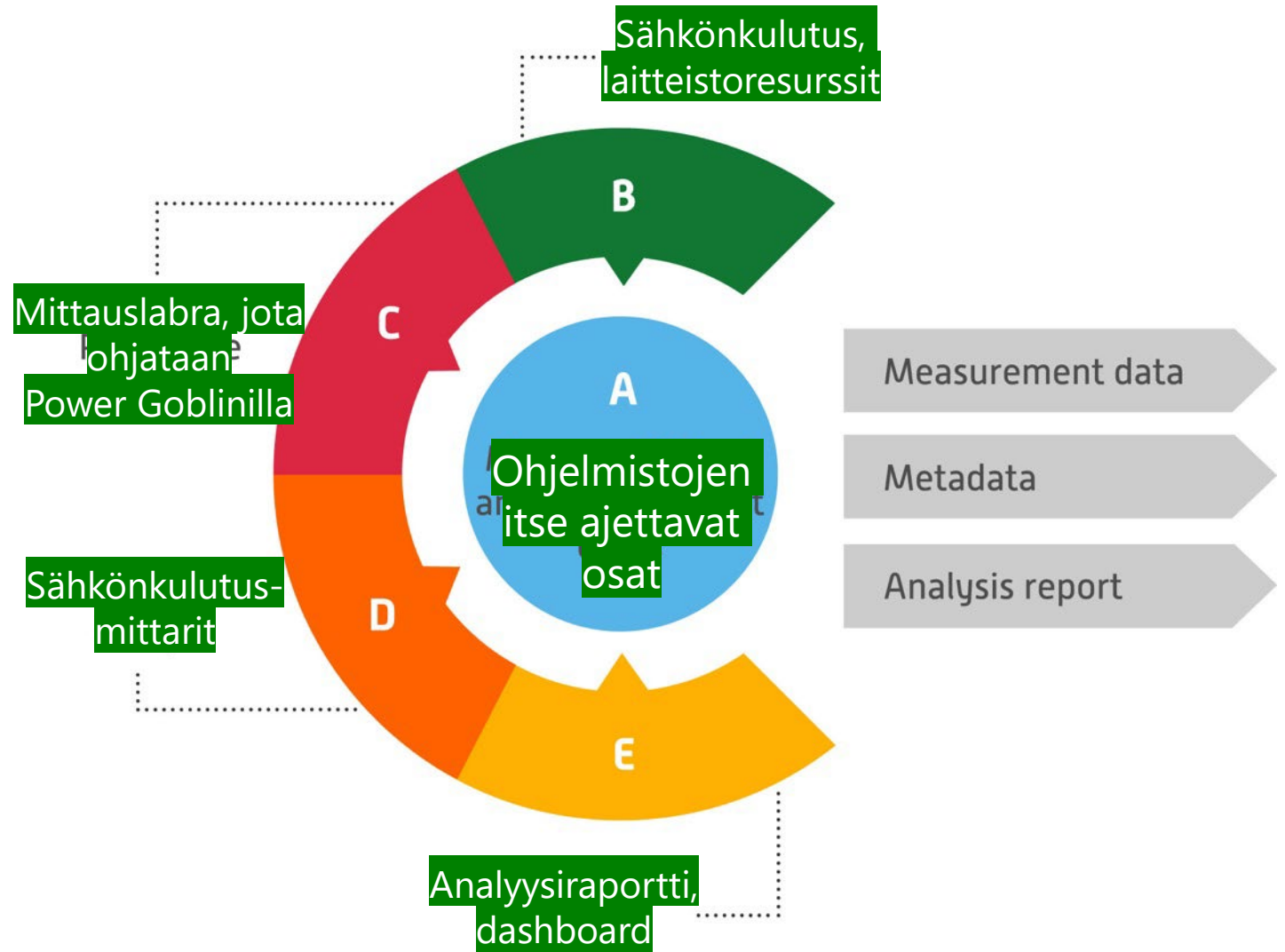
SERENA (Kern et al, 2018)

- Software Energy and Resource Efficiency Analysis
- Pohjana mittauslabran kehitykselle
- Linkittyy myös Blue Angelin Resource and Energy-Efficient Software Products -ympäristömerkkiin

Yleinen mittauskehikko: Green Software Measurement Model (Guldner et al., 2024)



Esiteltävä mittausmenetelmä: Mittauslabra & Power Goblin



Mittauslaboratorio

- Kykenee simuloimaan ohjelmistojärjestelmän toimintaa (front, back, tietoliikenne)
- Sisältää AC/DC virrankulutusmittareita, PC-koneita, pienoistietokoneita ja verkkolaitteita
- Rakennusohjeet: <https://tech.utugit.fi/soft/tools/power/lab/>



Power Goblin - työkalu

- OS-työkalu sähkönkulutusmittausten hallintaan ja datan keruuseen
- Mittauslabran sydän
- Saatavilla:
<https://tech.utugit.fi/soft/tools/power/doc/manual/>

Instance

Reconfigure Benchmark HTTP Benchmark Telnnet Shutdown Delete all logs

Status

- ID: 4f0341267c4d7b6a9f21f93566637124b2b4019
- Name: PowerGoblin instance
- Application: PowerGoblin 101
- OS/arch: Linux/amd64
- Cores: 32
- Load avg: 0.97802734375
- VM mem free: 29%
- Launch time: 19.1.2026 klo 10.30.01
- Uptime: 0h 0min 11s
- Log files: 799
- Logged tasks: 0
- Meters: 3
- Services:
 - Simple HTTP: online 10.1.0.99:8080 (enp42s0)
 - dummy telnnet: online (dummy)
- Subsystems:
 - USB: online
 - Serial: online
 - USB HID: online
 - Simulated meters: offline
 - io_uring: online
 - MQTT: dummy MQTT
- Meter sources:
 - USB: SP3, PMD2
 - USB HID: SP1
 - Simulated meters: SIMU
- Sessions:

Configuration

- Default name: PowerGoblin instance
- Status and scan period: 1000 ms
- Debug mode: disabled
- Device hot plug: enabled
- HTTP: enabled, http://0.0.0.0:8080, override = web/
- Implicit session: enabled
- Info mode: disabled
- Interactive mode: enabled
- Log meter events: enabled
- Log writer: enabled, path = logs/
- MQTT: disabled
- Relaxed Allow-Origin headers: disabled
- Simulated meters: disabled
- Telnnet: disabled
- Verbose mode: disabled
- Default session, Author: user
- Default session, Autosave: enabled
- Default session, Description: Generic measuring session
- Default session, Include implicit run 0: disabled
- Default session, Name: default
- Default session, Resources: cpu-(idle, system, user), if_octets, memory-(buffered, cached, free, used)
- Default session, Write data dumps: enabled
- Default session, Write plot scripts: enabled
- Default session, Write plots: enabled
- Default session, Write session report: enabled
- Default session, Write spreadsheet: enabled

Hardkernel SmartPower 3s

	SP3-3a ID: SP3-3a08929c0deaea11a5a061e7994a5d01 Description: Silicon Labs CP2102N USB to UART Bridge Controller Protocol: USB serial Type: Hardkernel SmartPower 3 Channels: out1, out2, in Output channels: out1, out2 Poll period: 10 ms Sample rate: 100 Hz Log events: yes Bus path: 3-20 Device path: /dev/ttyUSB2 Vendor id: 10c4:ea60 Port configuration: 115200-8-N-1 Max power: 100 mA USB bus speed: 12 Mbps Serial number: 3a08929c0deaea11a5a061e7994a5d01
	SP3-f8 ID: SP3-f8d4f1a16d0eb119eb87118e93fd3f1 Description: Silicon Labs CP2102N USB to UART Bridge Controller Protocol: USB serial Type: Hardkernel SmartPower 3 Channels: out1, out2, in Output channels: out1, out2 Poll period: 10 ms Sample rate: 100 Hz Log events: yes Bus path: 3-21 Device path: /dev/ttyUSB3 Vendor id: 10c4:ea60 Port configuration: 115200-8-N-1 Max power: 100 mA USB bus speed: 12 Mbps Serial number: f8d4f1a16d0eb119eb87118e93fd3f1

Hardkernel SmartPowers

	SP1-S8 ID: SP1-58f4b9da08c0fe05844faa45e566f125 Description: Microchip Technology Inc. Simple HID Device Demo
---	--

Benchmark-mittaukset

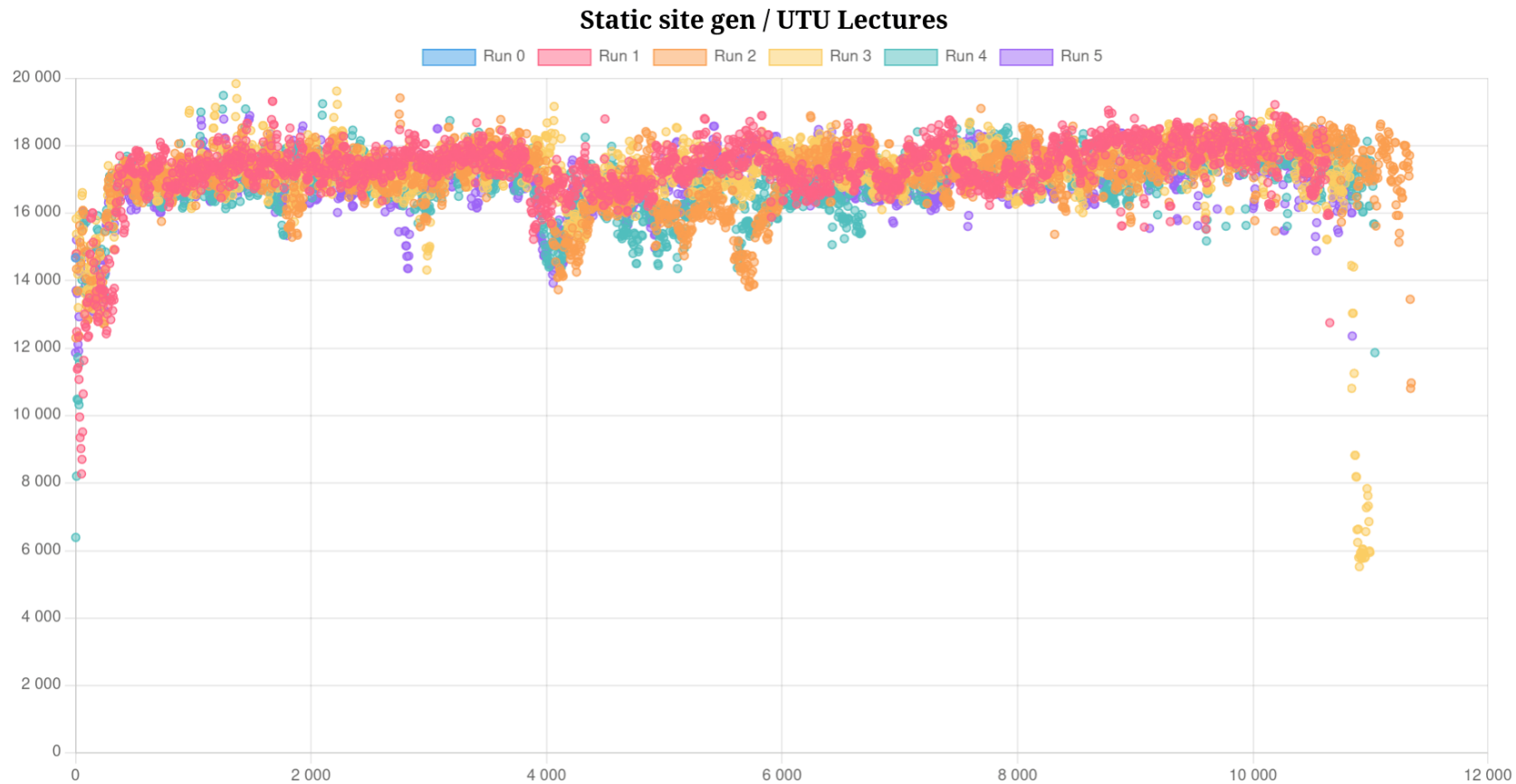
Skenaarioiden tunnistaminen

Skriptien toteutus

Mittausten ajaminen

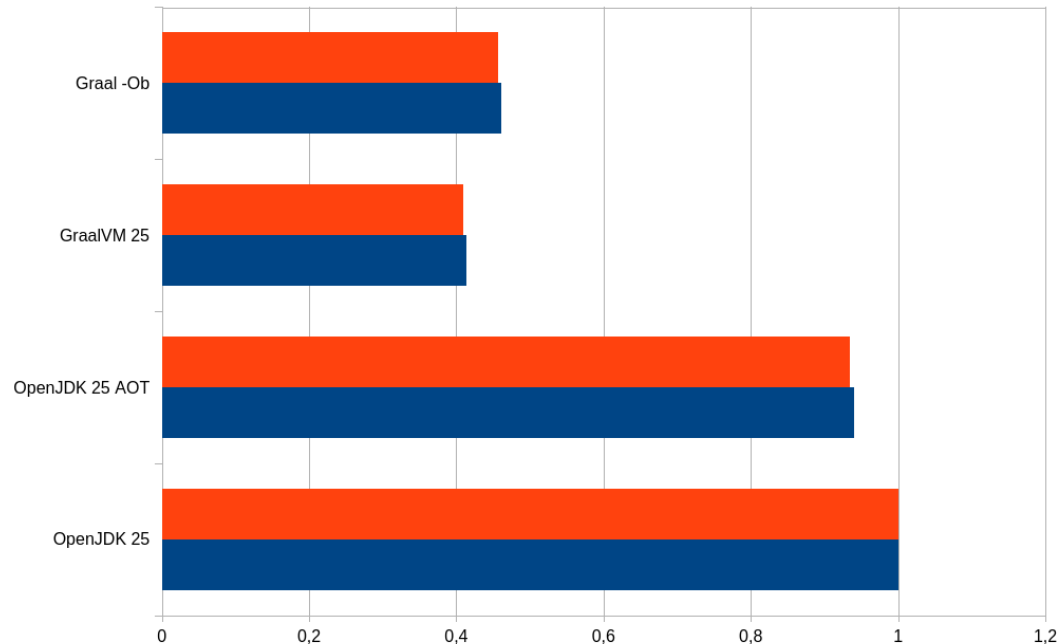
Tulosten analysointi

Sneak Peek: Benchmark- mittausten tulokset 1/2

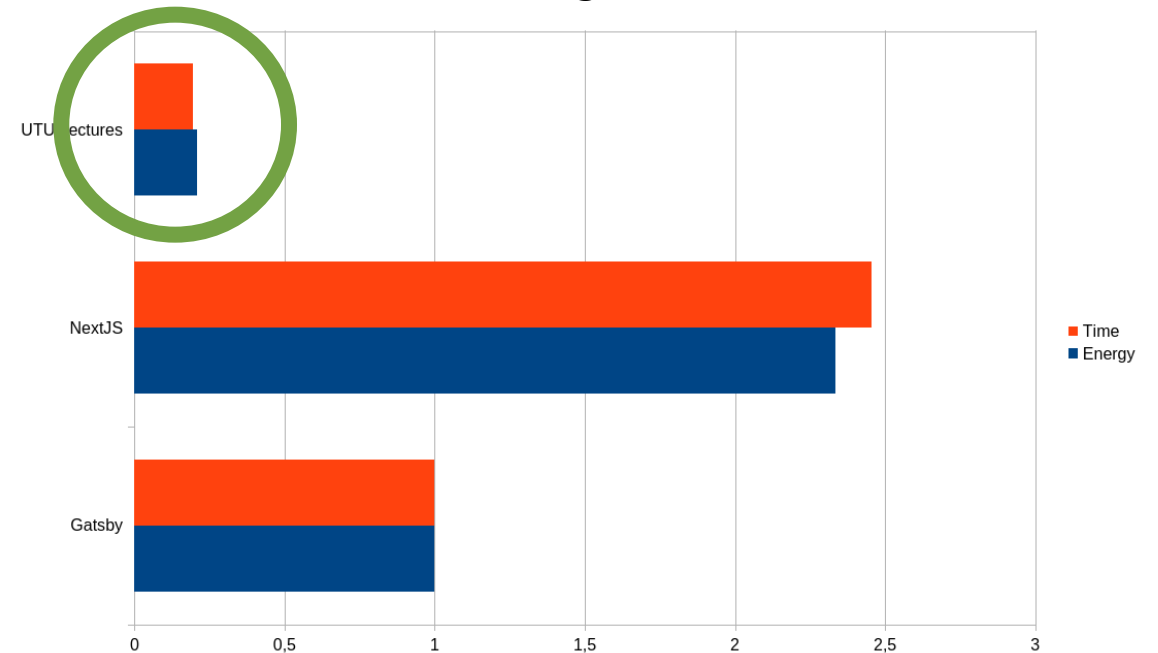


Sneak Peek: Benchmark- mittausten tulokset 2/2

Java-virtuaalikoneet:



Staattiset sivugeneraattorit:



Mittaukset osana ohjelmistokehitystä (Kivimäki et al. 2024)

GREEN SOFTWARE LIFE CYCLE

Example criteria,
indicators, and
metrics



Yhteenveto

- Ohjelmistojärjestelmien suorat sähkönkulutuksen mittaukset mahdollistavat ohjelmistojärjestelmän tarkemman optimoinnin ja tehtyjen päätösten ympäristövaikutusten havainnoinnin
- Vihreän koodin objektiiviseen arviointiin tarvitaan erilaisia suoria ja epäsuoria mittareita, mallinnusmenetelmiä ja ohjelmistojen ominaisuuksiin perustuvaa arviointia
- Erilaisia menetelmiä ja työkaluja on paljon – miten valita omaan käyttötarkoitukseen sopivat?
- Optimaalisessa tilanteessa ympäristövaikutusten mittaaminen tulisi automatisoida kiinteäksi osaksi ohjelmiston elinkaaren prosesseja

Tuomas Mäkilä
tuomas.makila@utu.fi



Euroopan unionin
osarahoittama



Elinvoimakeskus