

**Kako zdravo je naše
omrežje?**

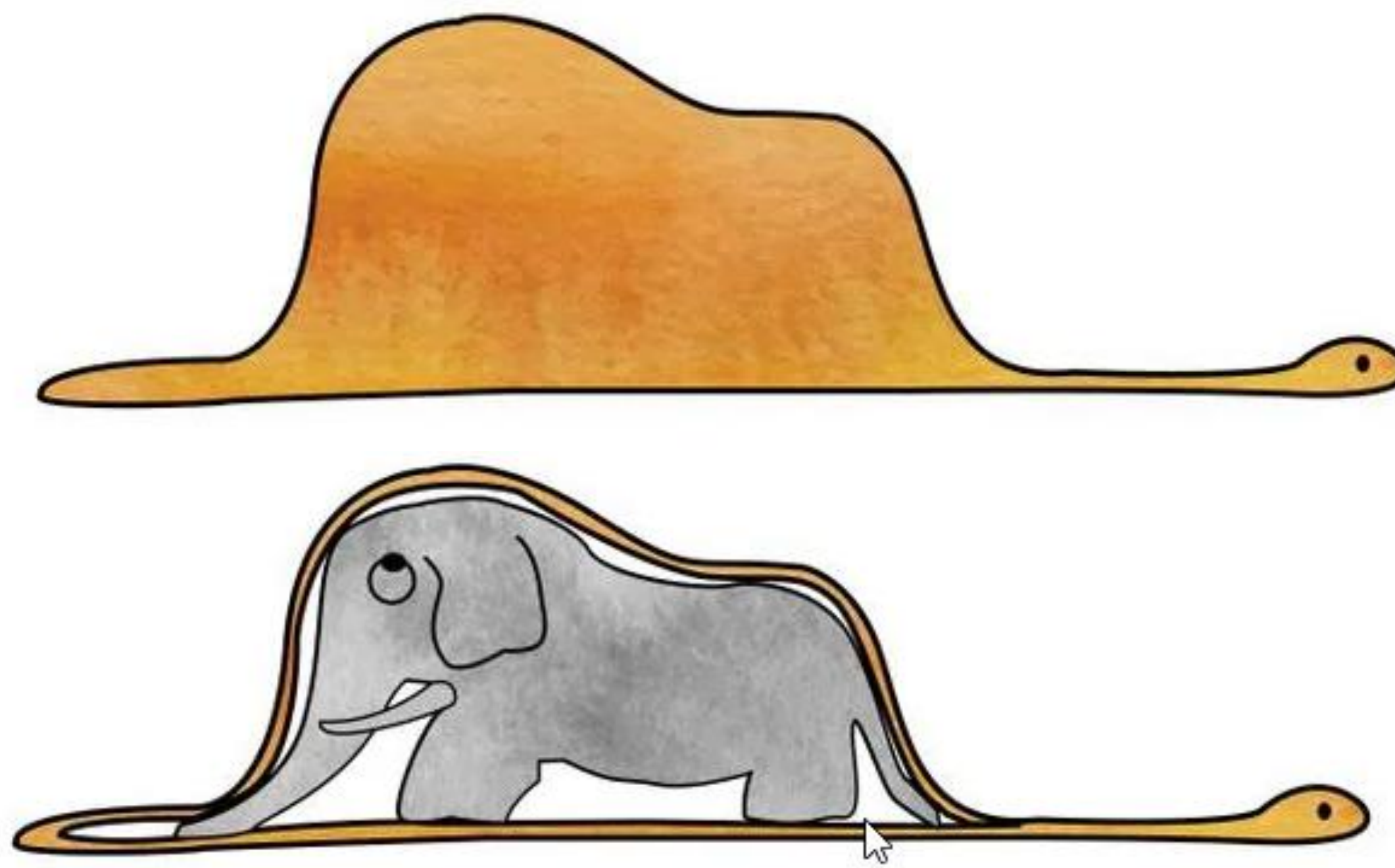
Denis Duh

Ljubljana 3.4.2025



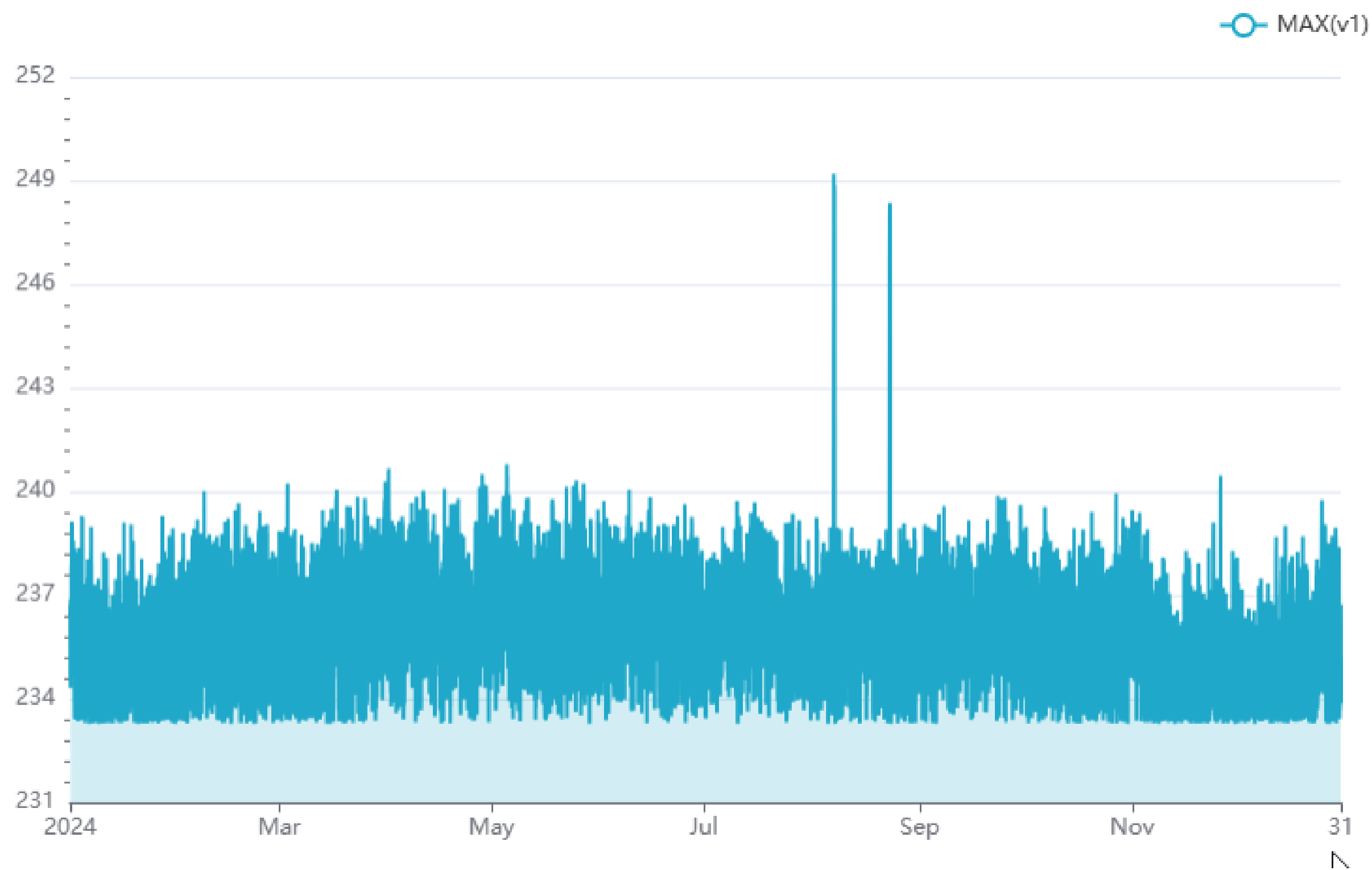
Kako zdravo je naše omrežje?

/ Klobuk ali boa, ki prebavlja slona?



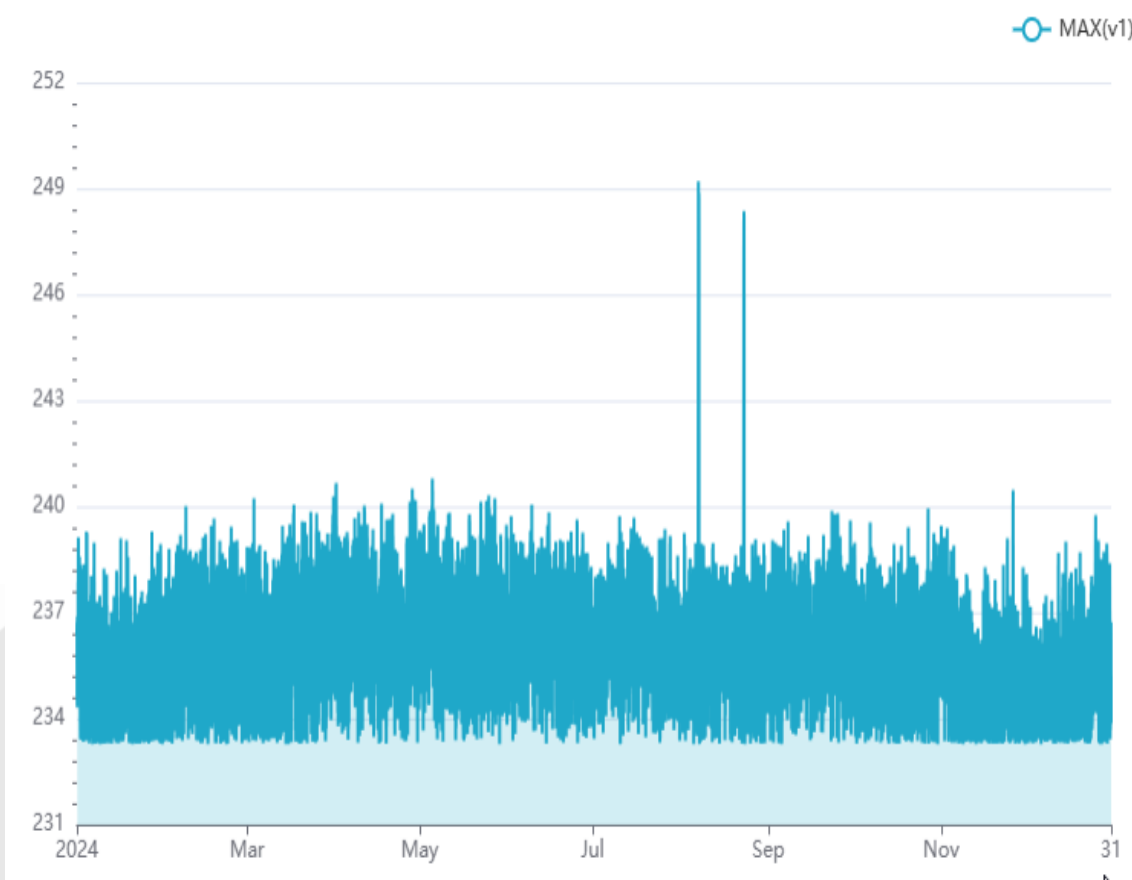
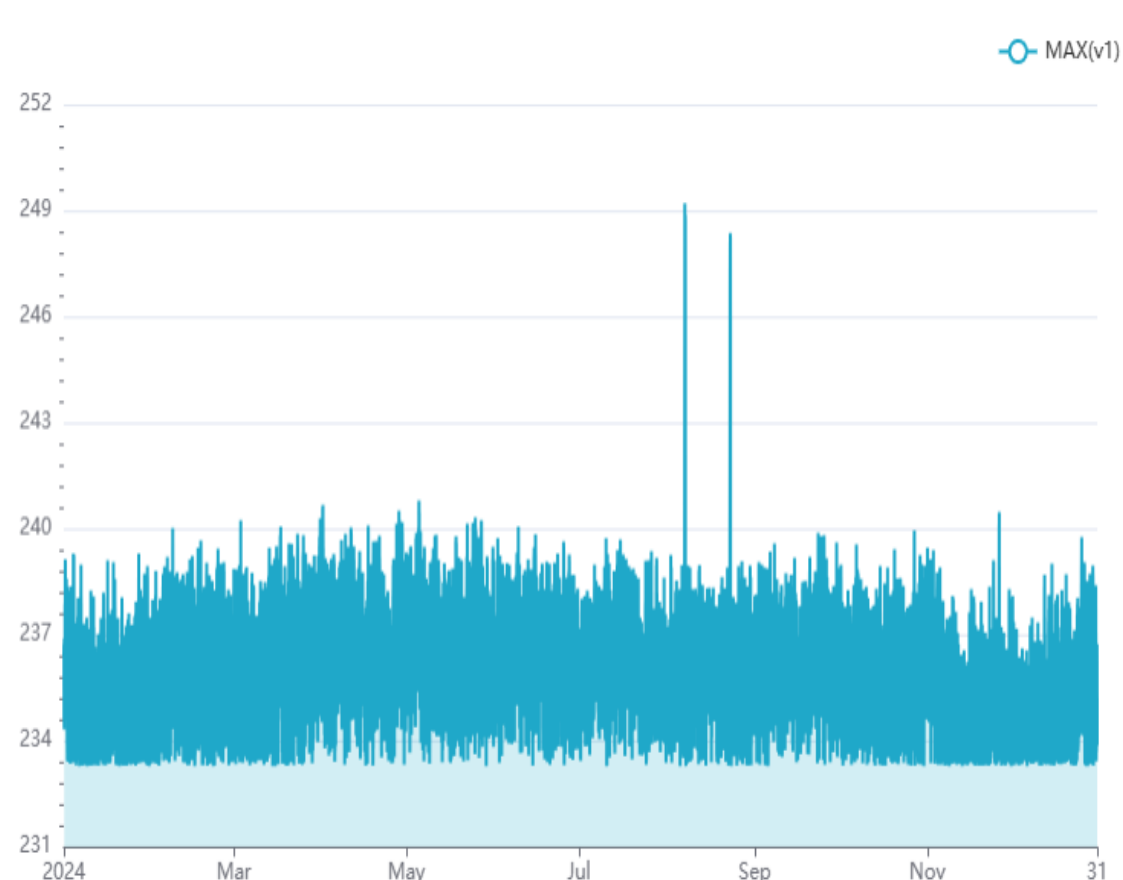
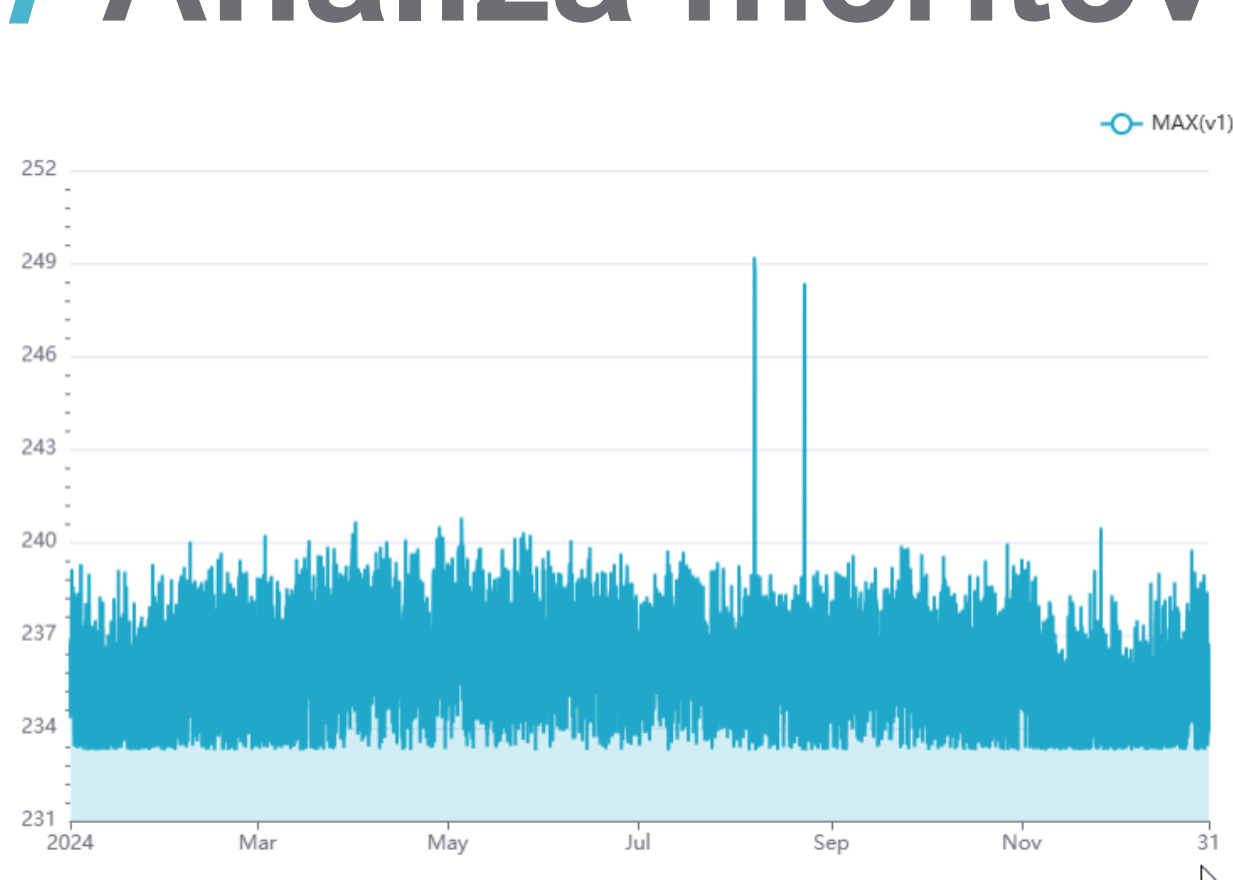
Kako zdravo je naše omrežje?

/ Analiza meritev



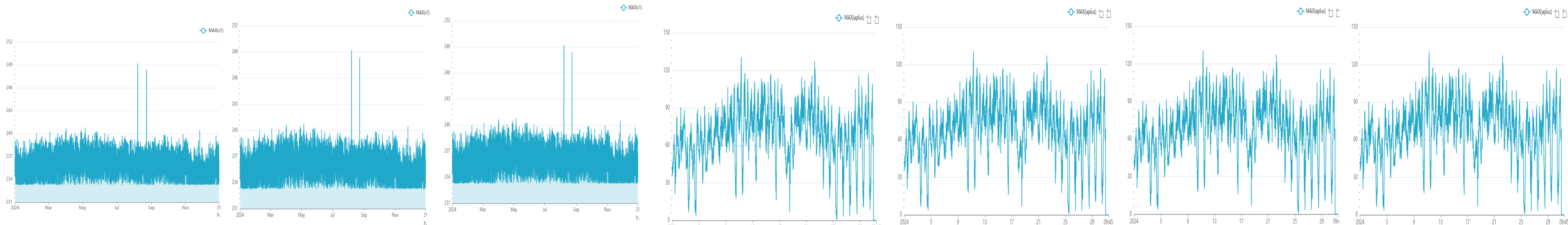
Kako zdravo je naše omrežje?

/ Analiza meritev



Kako zdravo je naše omrežje?

/ Analiza meritev



Kako zdravo je naše omrežje?

/ Analiza meritev



Kako zdravo je naše omrežje?

/ Simulacija vseh električnih veličin na vseh napravah



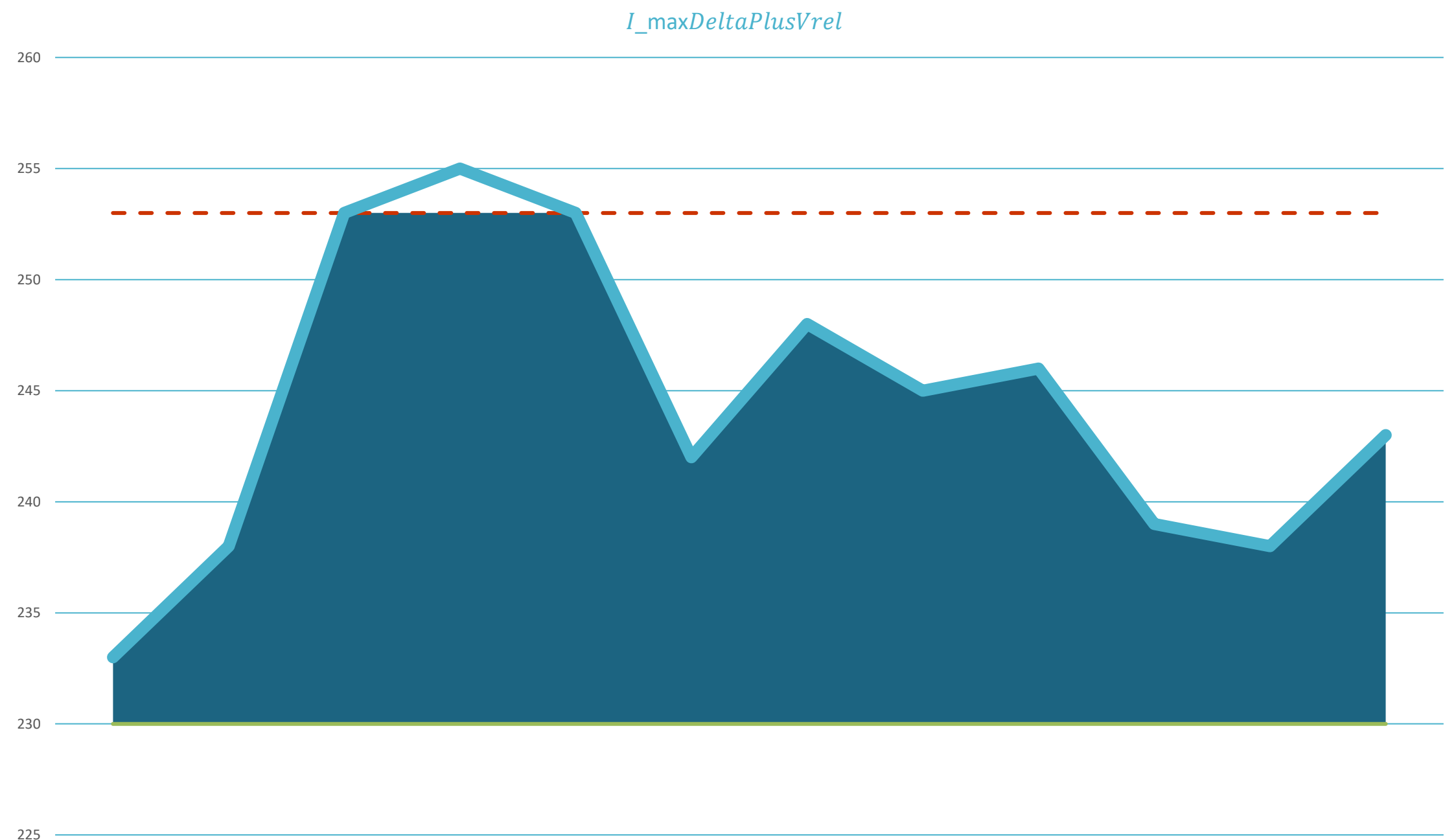
/ Kaj so pokazatelji zdravja omrežja?

- Odstopanje napetosti od nazivne vrednosti
- Izgube v omrežju
- Tokovne preobremenitve
- Dejansko stanje naprav (drogov, transformatorjev, stikalnih naprav)
- Dosežena/presežena življenjska doba naprav
- Izpadi napajanja

/ Kazalniki zdravja omrežja

- Kazalnik pozitivnega odstopanja izmerjene napetosti od nazivne napetosti na izvodu NN omrežja

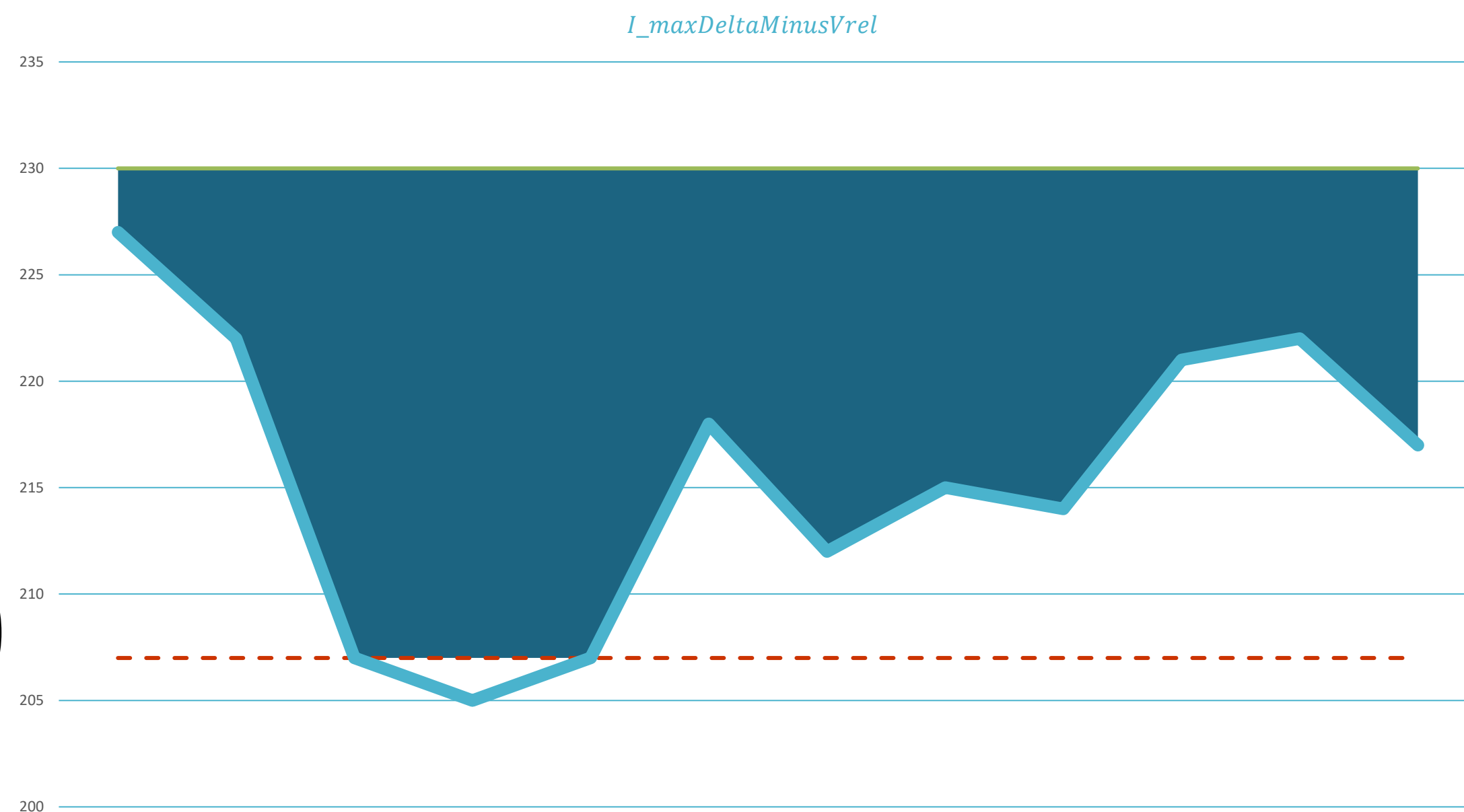
$$I_{maxDeltaPlusVrel} = \max \left(\frac{\sum_0^{n_{valodc}} \begin{cases} (U_{mer} - 230) & \text{za } U_{mer} \in (230, 253) \text{ V} \\ 23 & \text{za } U_{mer} > 253 \text{ V} \end{cases}}{23n_{valodc}} \right)$$



/ Kazalniki zdravja omrežja

- Kazalnik negativnega odstopanja izmerjene napetosti od nazivne napetosti na izvodu NN omrežja

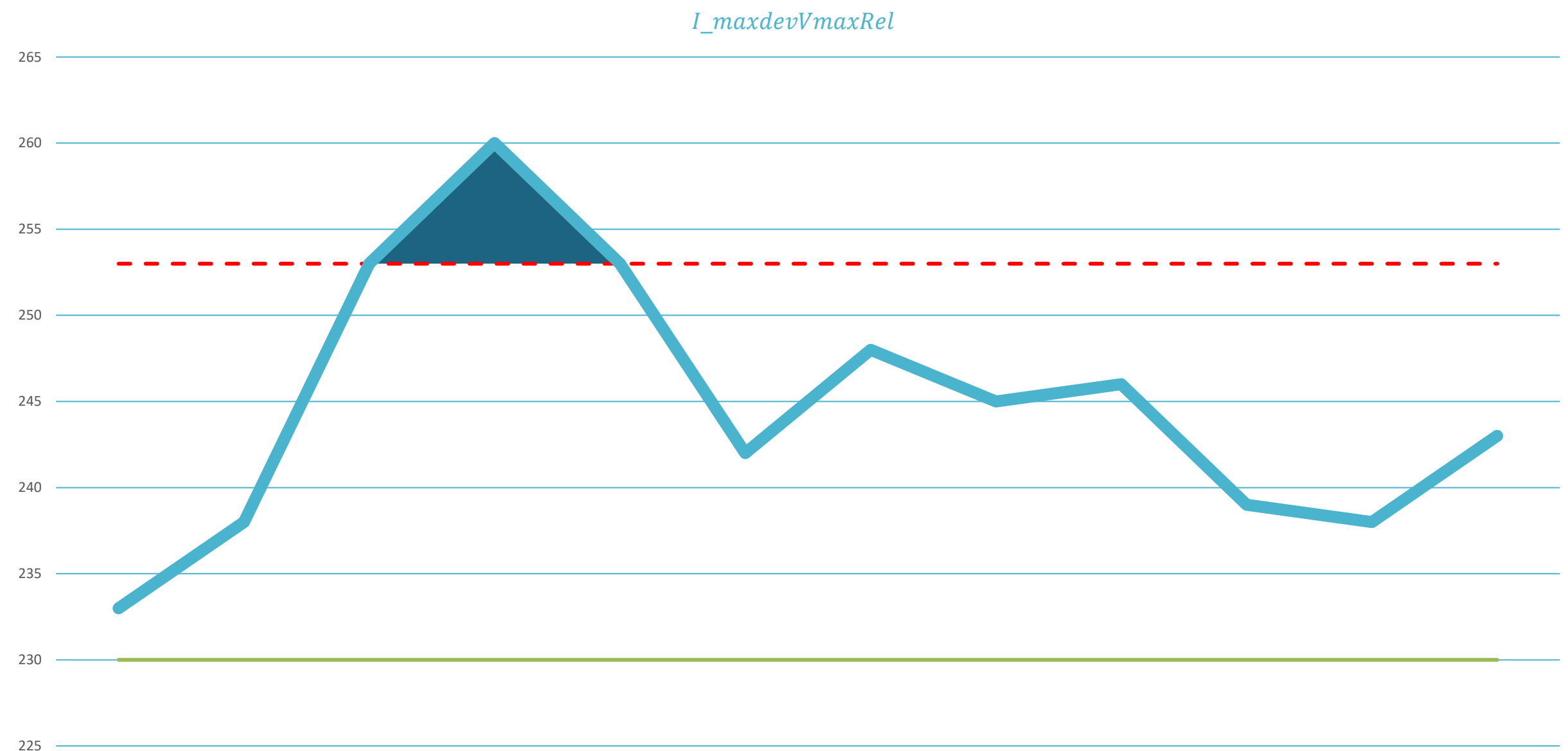
$$I_{maxDeltaMinusVrel} = \max \left(\frac{\sum_0^{n_{valodc}} \begin{cases} (230 - U_{mer}) & \text{za } U_{mer} \in (207, 230) \text{ V} \\ 23 & \text{za } U_{mer} \in (100, 207) \text{ V} \end{cases}}{23n_{valodc}} \right)$$



/ Kazalniki zdravja omrežja

- Kazalnik odstopanja izmerjene napetosti od maksimalne dovoljene napetosti na izvodu NN omrežja

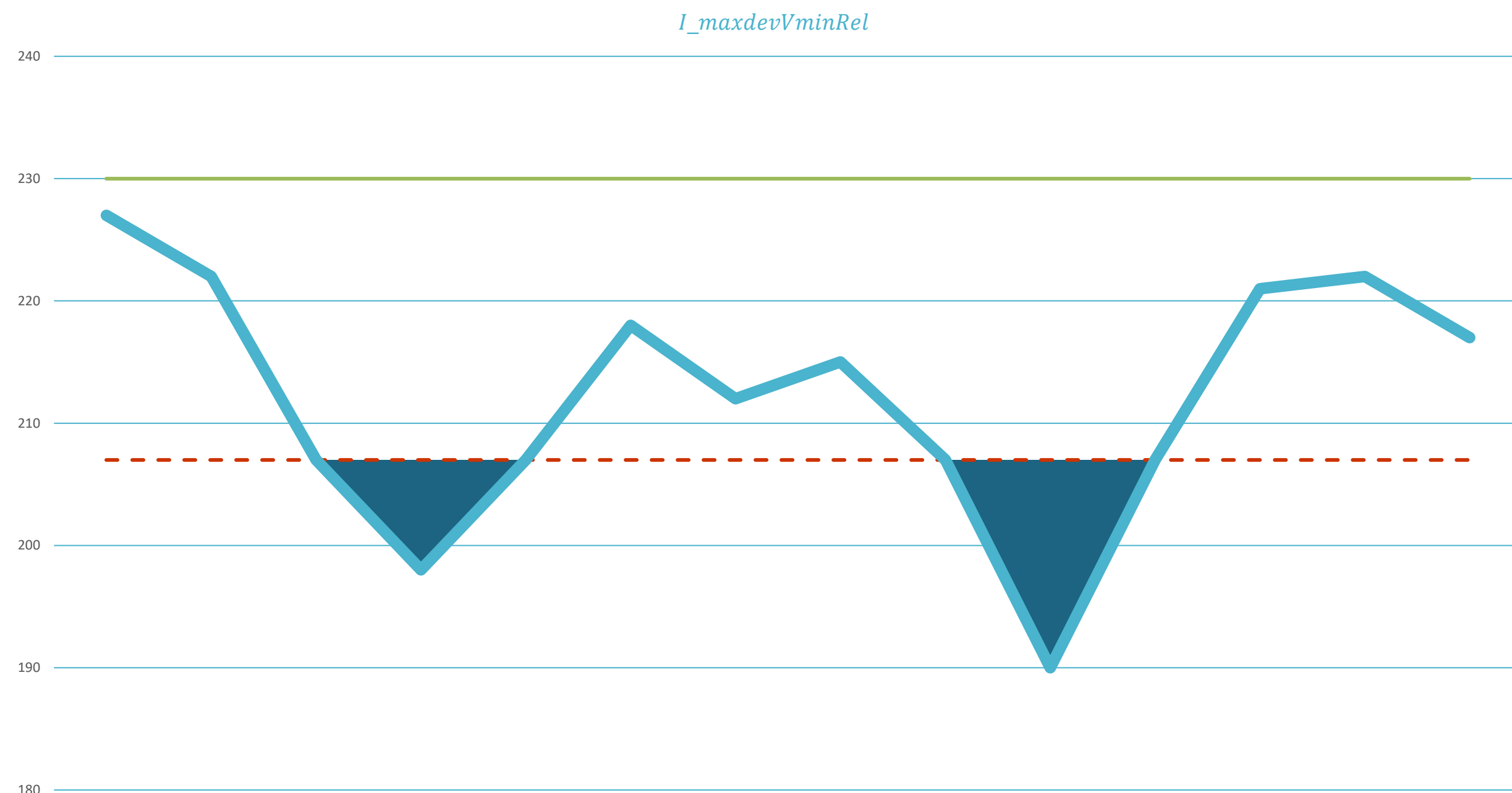
$$I_{maxdevVmaxRel} = \max\left(\frac{\sum_0^{n_{valodc}} (U_{mer} - 253)}{n_{valodc}}\right) \text{ za } U_{mer} > 253$$



/ Kazalniki zdravja omrežja

- Kazalnik odstopanja izmerjene napetosti od minimalne dovoljene napetosti na izvodu NN omrežja

$$I_{maxdevVminRel} = \max \left(\frac{\sum_0^{n_{valodc}} (207 - U_{mer})}{n_{valodc}} \right) \text{ za } U_{mer} \in (100, 207)$$



/ Kazalniki zdravja omrežja

- Kazalnik relativnih izgub energije na izvodu NN omrežja

$$I_{RelativeTechLoss} = \frac{\sum_0^{n_{meritev}} \left(\sum_0^{n_{odsekov}} W_{Izg} \right)}{\sum_0^{n_{meritev}} \left(\sum_0^{n_{odjemalcev}} W_{odjema} \right)}$$

- Kazalnik povprečne preostale življenjske dobe odsekov na izvodu NN omrežja

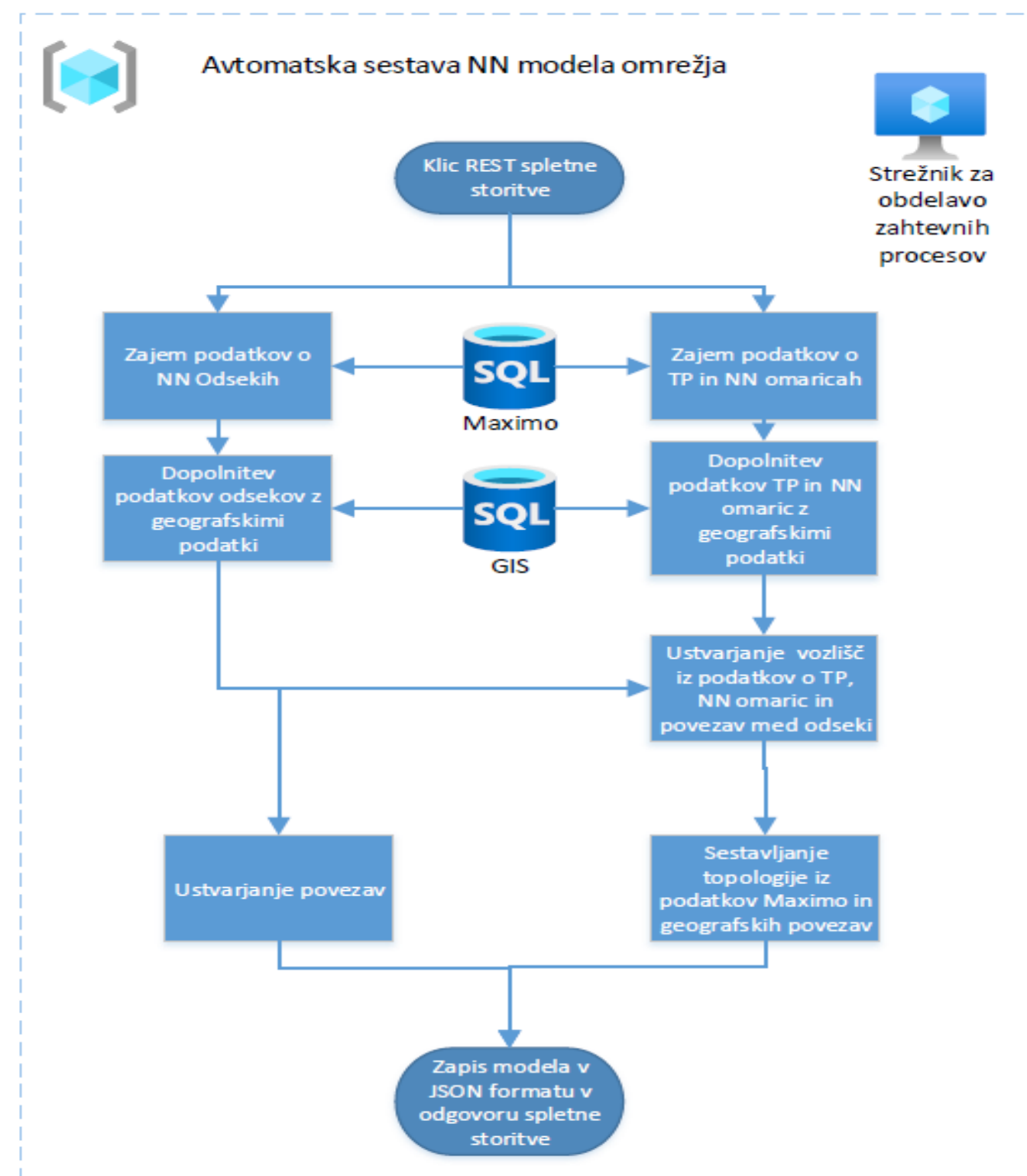
$$I_{relExpiration} = \frac{\frac{1}{n} \sum_1^n starost_{odsek}}{n_{letZivljDobe}}$$

- Kazalnik pojavnosti termične preobremenitve voda

$$I_{maxRelOverCurrent} = \max \left(\frac{I_{vej} - I_{Max}}{I_{Max}} \right) \text{ za } I_{vej} > I_{Max}$$

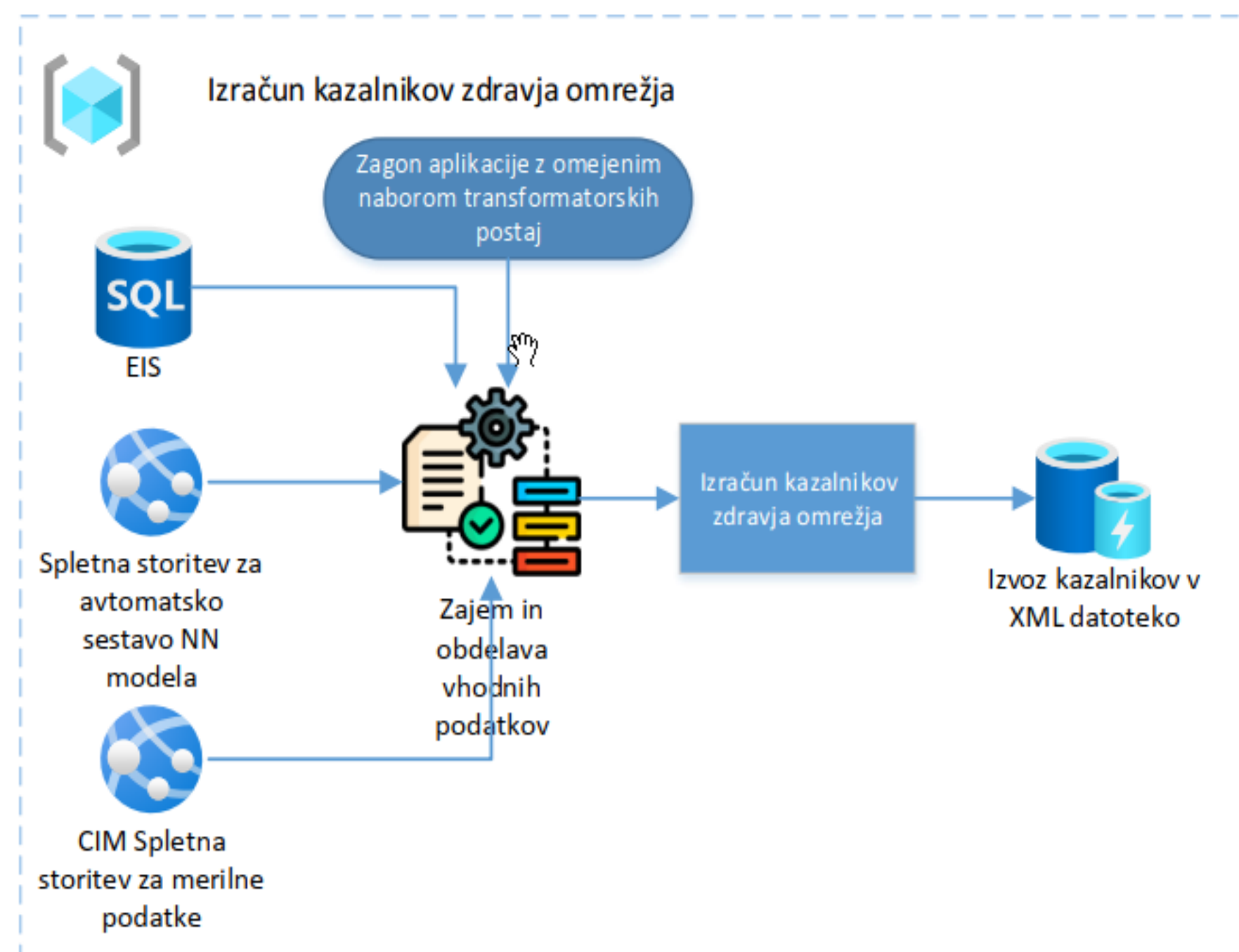
/ Avtomatska sestava NN modela omrežja

- Zajem podatkov iz IBM Maximo in GIS
- Sestava NN modela omrežja
- Odgovor v obliki spletne storitve



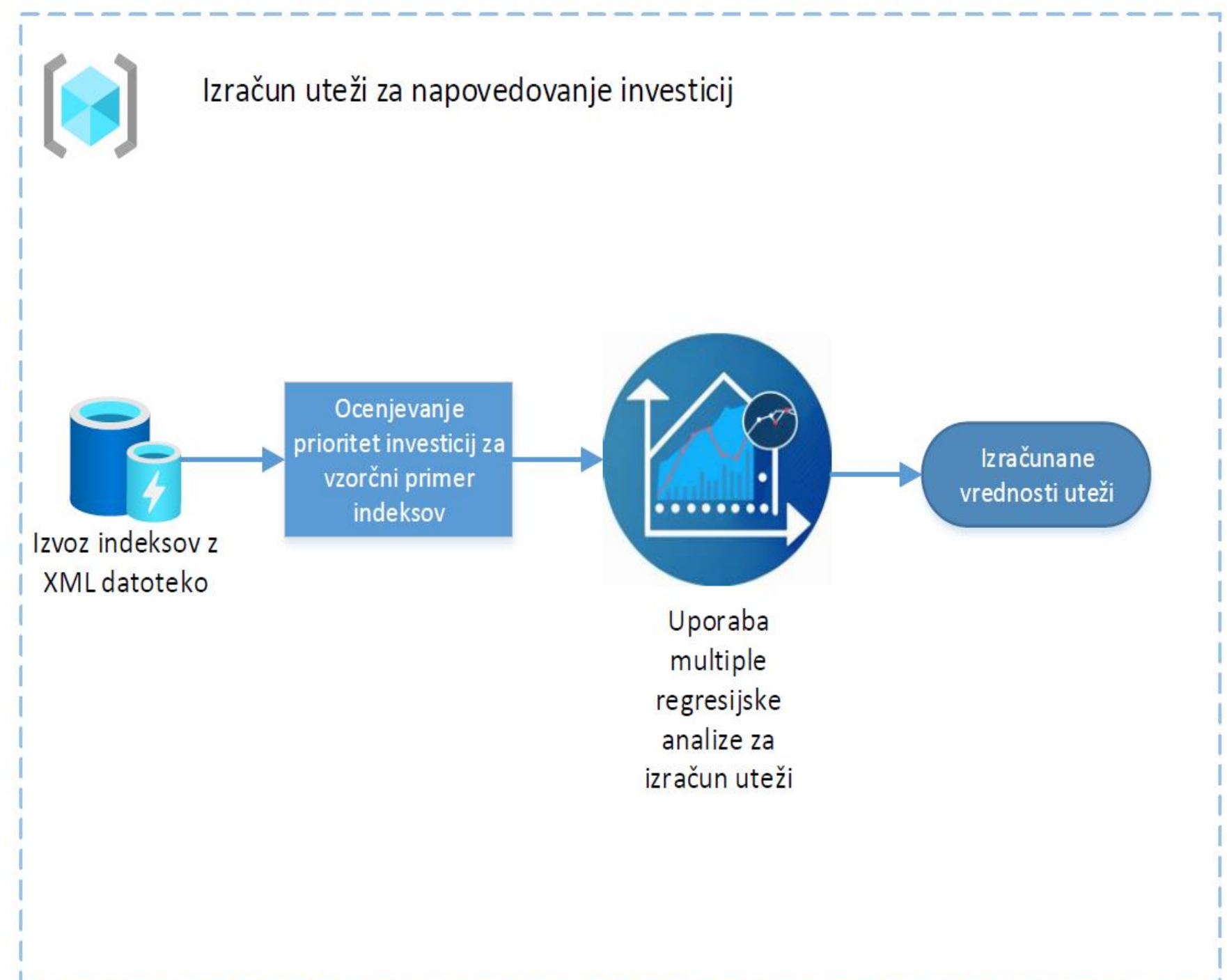
/ Izračun kazalnikov zdravja omrežja

- Zajem podatkov vseh merilnih mest za odjem in proizvodnjo
- Simulacija stanja omrežja:
 - Uporaba Backward-Forward Sweep metode za izračun pretokov moči
 - Približno 35.000 simulacij za vsako TP
 - Zajem podatkov vseh merilnih mest za odjem in proizvodnjo
 - Izračun kazalnikov iz meritev in simulacij za vse naprave in modele elementa za vsako TP



/ Izračun kazalnikov zdravja omrežja

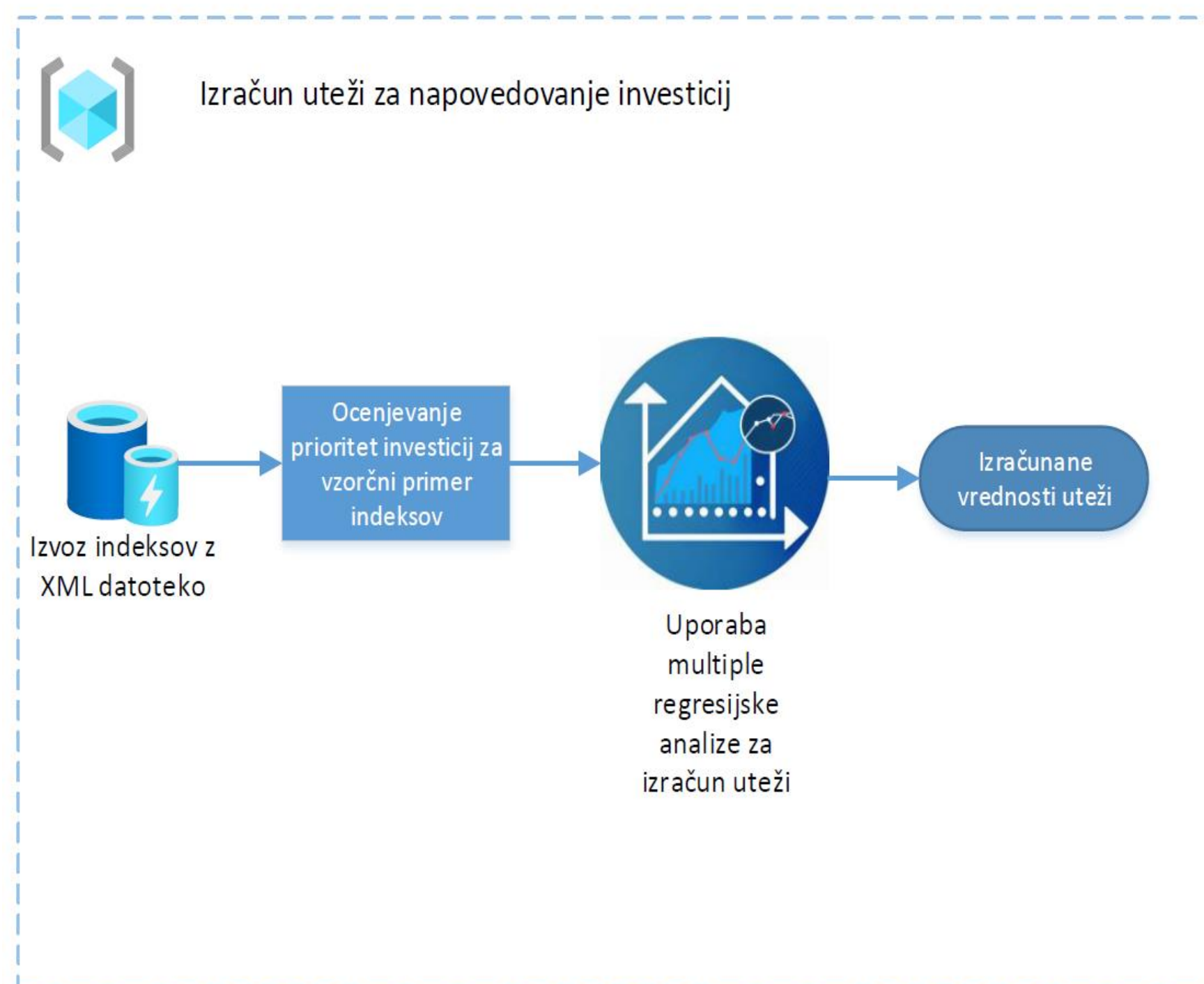
- Ocenjevanje prioritete investicij za vzorčni primer kazalnikov
- Uporaba multiple regresijske analize za izračun uteži



/ Izračun uteži in kazalca prioritete investicij

- Ocenjevanje prioritete investicij za vzorčni primer kazalnikov
- Uporaba multiple regresijske analize za izračun uteži
- Ocenjevanje prioritete investicij s seštevkom vseh uteženih kazalnikov

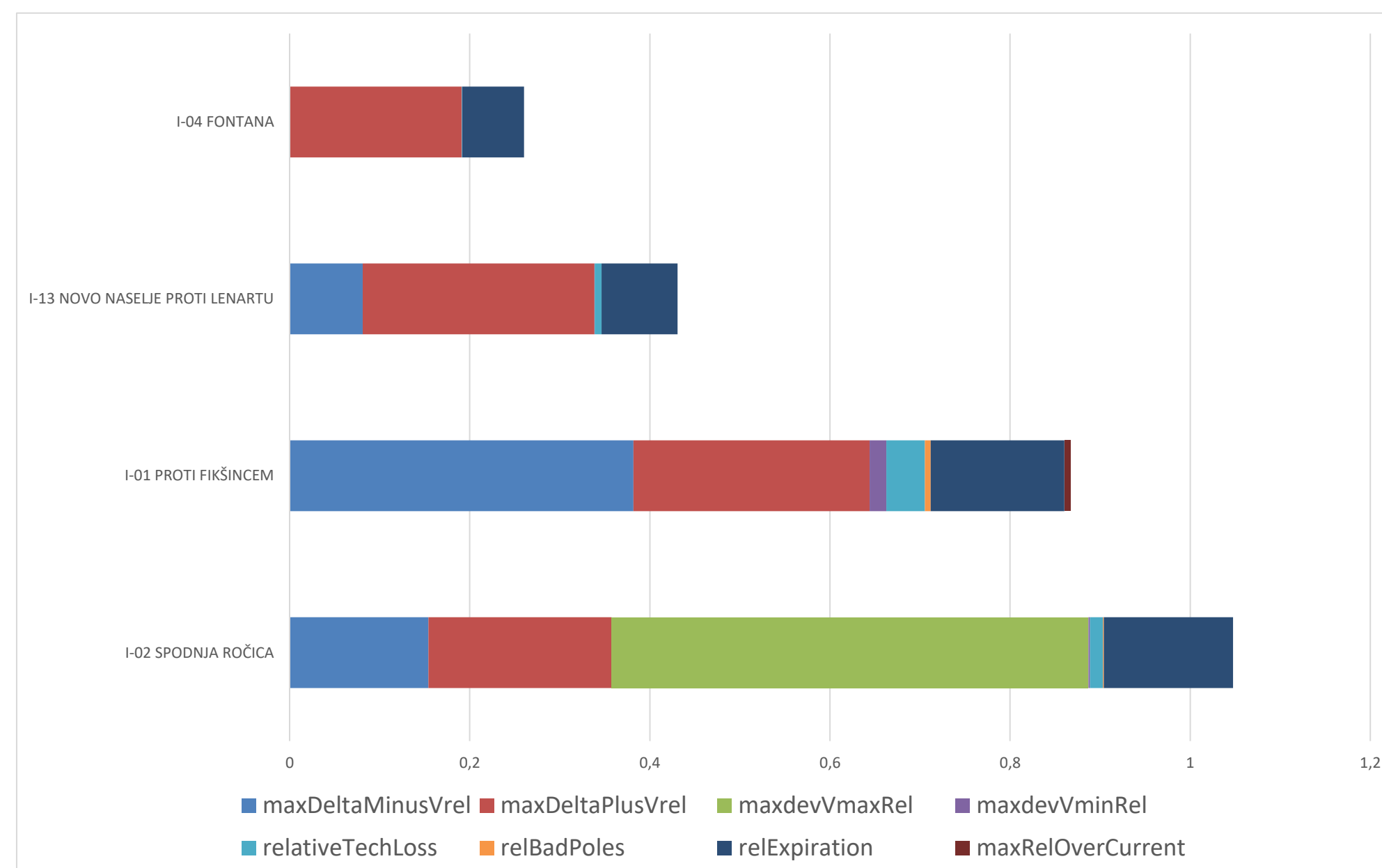
$$K_{\text{prioritete}} = I_{\text{maxDeltaPlusVrel}} \cdot W_{\text{maxDeltaPlusVrel}} + I_{\text{maxDeltaMinusVrel}} \cdot W_{\text{maxDeltaMinusVrel}} \\ + I_{\text{maxdevVmaxRel}} \cdot W_{\text{maxdevVmaxRel}} + I_{\text{maxdevVminRel}} \cdot W_{\text{maxdevVminRel}} \\ + I_{\text{RelativeTechLoss}} \cdot W_{\text{RelativeTechLoss}} + I_{\text{relBadPoles}} \cdot W_{\text{relBadPoles}} \\ + I_{\text{relExpiration}} \cdot W_{\text{relExpiration}} + I_{\text{maxRelOverCurrent}} \cdot W_{\text{maxRelOverCurrent}}$$



Kako zdravo je naše omrežje?

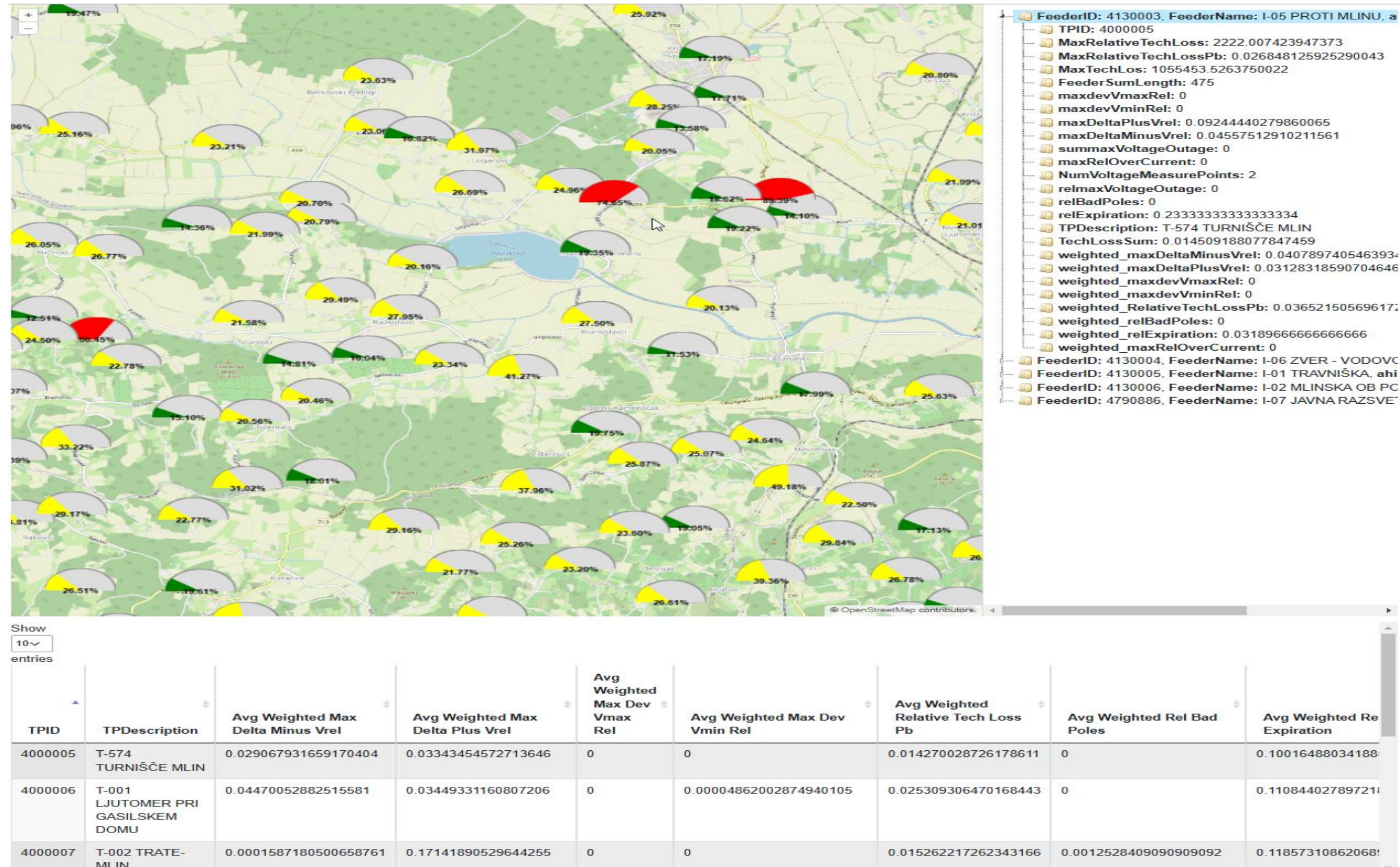
/ Rezultati izračuna uteženih kazalnikov zdravja

Šifra TP	4000818	4000186	4098668	4155615
Naziv TP	T-037 DRVANJA 1	T-541 GERLINCI ŠOLA	T-577 RADEHOVA 2	T-475 DOGOŠE GASILSKA ULICA
Šifra izvoda omrežja	4127070	4130221	4132224	4359578
Naziv izvoda omrežja	I-02 SPODNJA ROČICA	I-01 PROTI FIKŠINCEM	I-13 NOVO NASELJE PROTI LENARTU	I-04 FONTANA
$I_{maxDeltaMinusVrel}$	0,17230	0,42644	0,09057	0,00006
$I_{maxDeltaPlusVrel}$	0,60061	0,77540	0,76089	0,56451
$I_{maxdevVmaxRel}$	0,00101	0,00000	0,00000	0,00000
$I_{maxdevVminRel}$	0,08232	0,84871	0,00338	0,00426
$I_{RelativeTechLoss}$	0,01047	0,03132	0,00567	0,00043
$I_{relBadPoles}$	0,07500	0,48387	0,00000	0,00000
$I_{relExpiration}$	1,05098	1,08596	0,61667	0,50000
$I_{maxRelOverCurrent}$	0,00000	0,23671	0,00000	0,00000
$K_{Prioritete}$	1,0477	0,8672	0,4307	0,2601



Kako zdravo je naše omrežje?

/ Spletna aplikacija



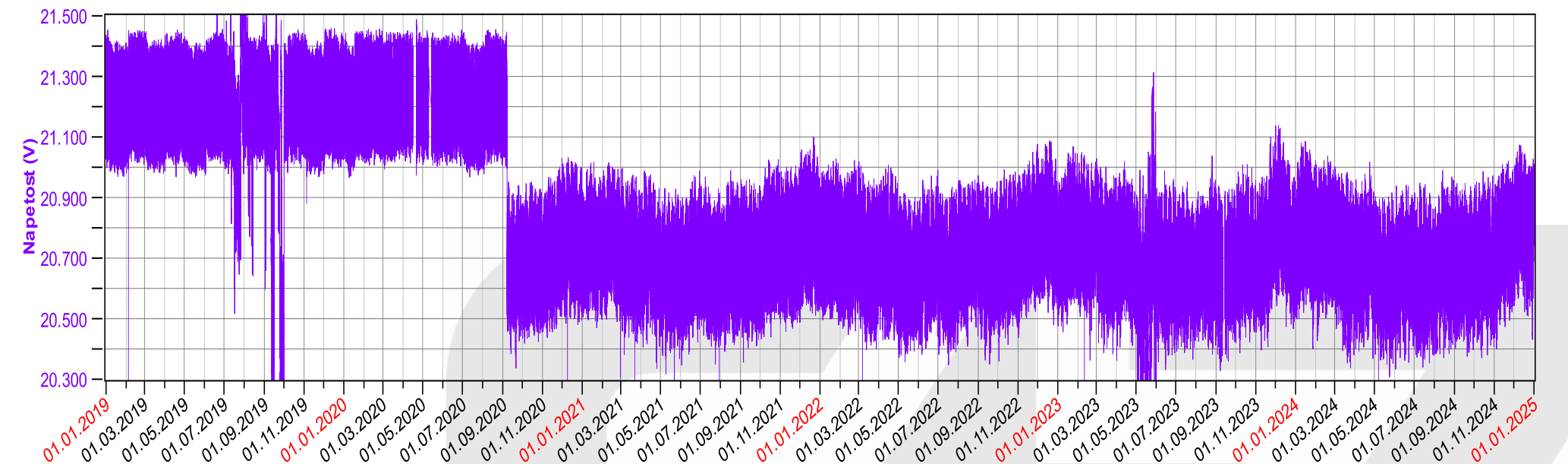
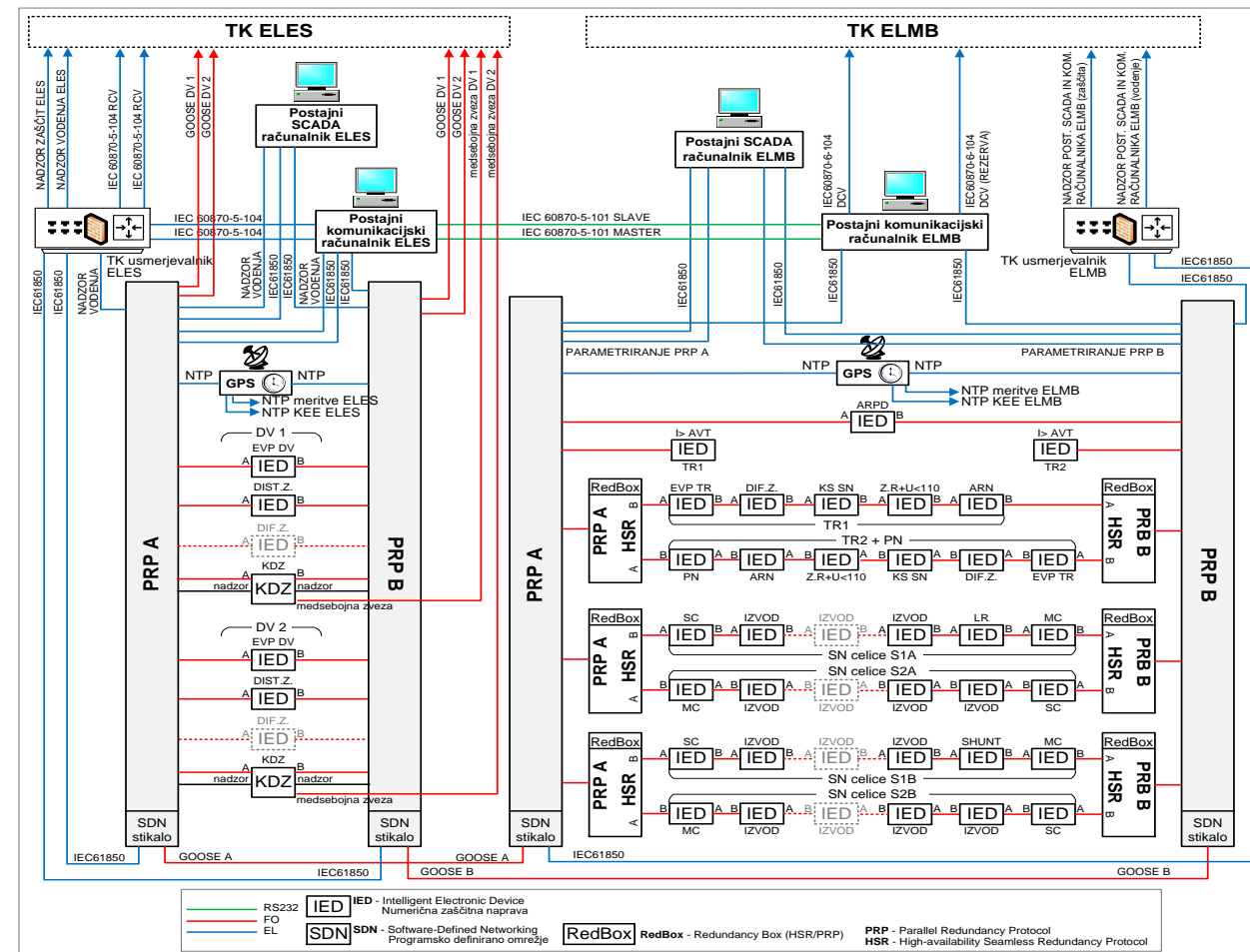
/ Uporaba kazalnikov zdravja omrežja

- Pregled kazalnikov zdravja omrežja za vsak posamezen NN izvod omrežja
- Uporaba pri ponderiranju investicij
- Uporaba rezultatov simulacijskih modelov za pregled na vsaki napravi v NN omrežju za vsakih 15 min
- Uporaba kazalnikov zdravja za pomoč pri večjih raziskavah sprememb stanja zaradi posegov v omrežju (Metodologija za samodejno predlaganje ojačitev nizkonapetostnih izvodov – CIRED ŠK5)
- Predvidena implementacija v razvoj in načrtovanje omrežja

Kako zdravo je naše omrežje?

/ Aktivnosti na SN omrežju

- Dinamično prilagajanje avtomatskih regulatorjev napetosti (ARN)
- Modernizacija RTP



Kako zdravo je naše omrežje?

/ Hvala za pozornost



Denis Duh

Elektro Maribor d.d.

Vodja službe za tehnološki razvoj

denis.duh@elektro-maribor.si

02 2200 265