

Radiačný monitoring životného prostredia

s využitím Kalmanovej filtrácie

Jozef LEJA a kolektív

Strojnícka fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislave



STU
SjF
SLOVENSKÁ TECHNICKÁ
UNIVERZITA V BRATISLAVE
STROJNÍCKA FAKULTA

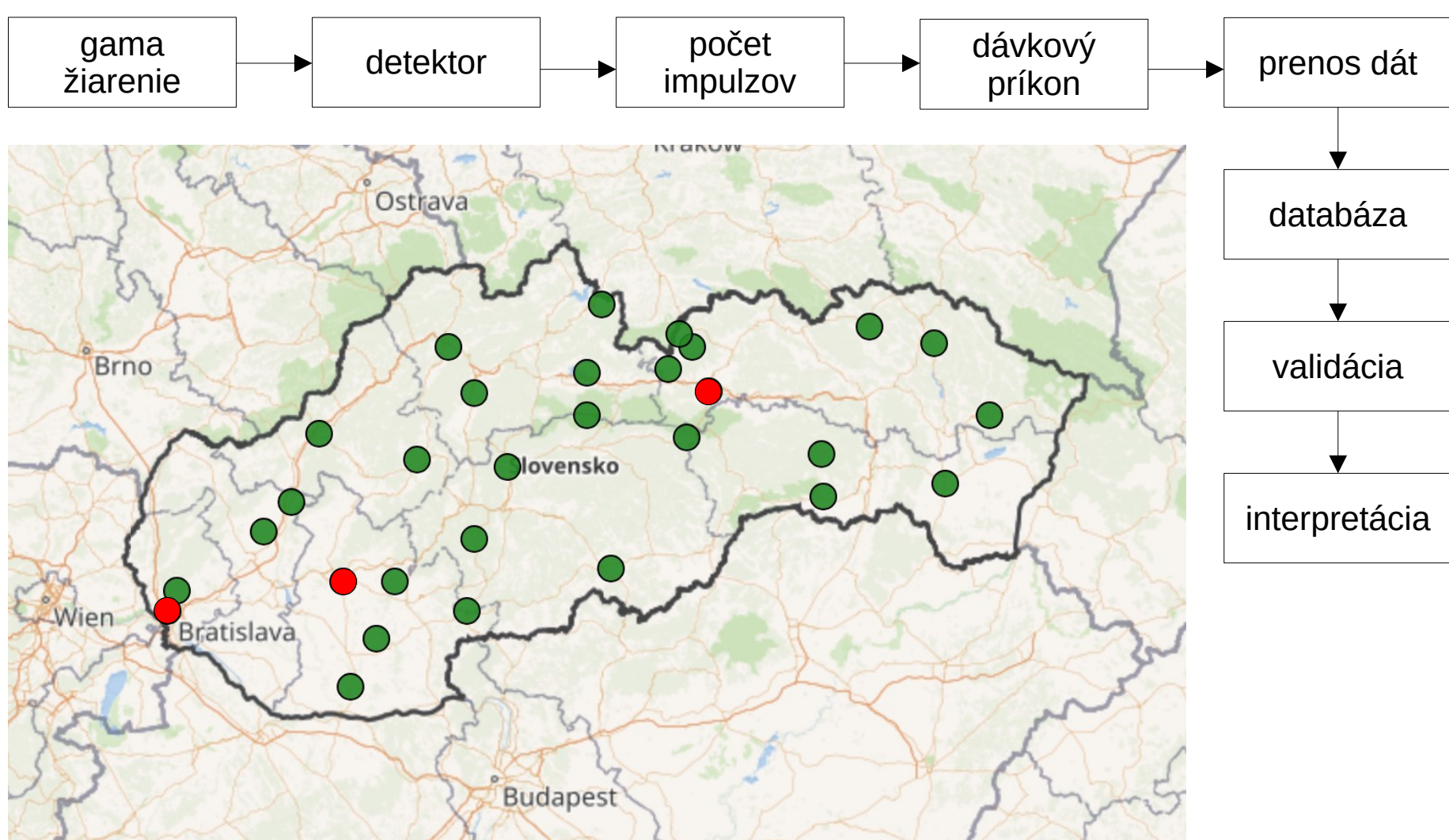
Komplikujúce faktory radiačného monitoringu

- nízke hodnoty príkonu dávkového ekvivalentu
- štatistické fluktuácie merania
- vplyv lokality, počasia, sezónnosti a denného režimu
- výpadky, odľahlé hodnoty a skokové zmeny
- technické zásahy do meracieho reťazca

Prečo Kalmanova filtrácia?

- spracovanie meraní zaťažených šumom
- hladký odhad skrytej úrovne radiačného pozadia
- poskytuje informáciu o kvalite odhadu
- pracuje s dlhými časovými radmi a chýbajúcimi údajmi
- diagnostika odľahlých hodnôt a prudkých zmien
- rozšíriteľnosť na predikciu, vyhladzovanie a viacrozmerné modely

Radiačná monitorovacia sieť SHMÚ



Kalmanova filtrácia

- matematický opis systému pomocou stavových premenných, ktoré nemusia byť priamo merateľné, ale charakterizujú skutočný vnútorný stav systému

$$\mathbf{x}_k = \mathbf{F}_k \mathbf{x}_{k-1} + \mathbf{B}_k \mathbf{u}_k + \mathbf{w}_k$$

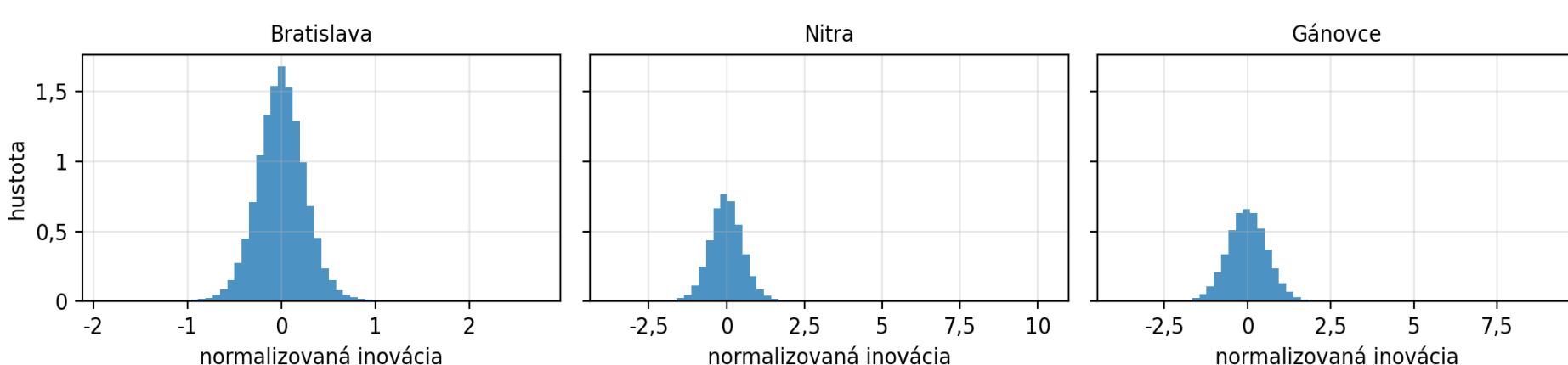
$$\mathbf{y}_k = \mathbf{H}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{v}_k$$

stavová rovnica

meracia rovnica

- rekurzívny algoritmus kombinujúci modelovú predikciu a meranie s cieľom odhadnúť skrytý stav systému a jeho neistotu
- v predikčnom kroku model odhadne očakávaný stav systému a v aktualizáčnom kroku odhad koriguje novým meraním podľa neistoty modelu a neistoty merania (Kalmanov zisk)

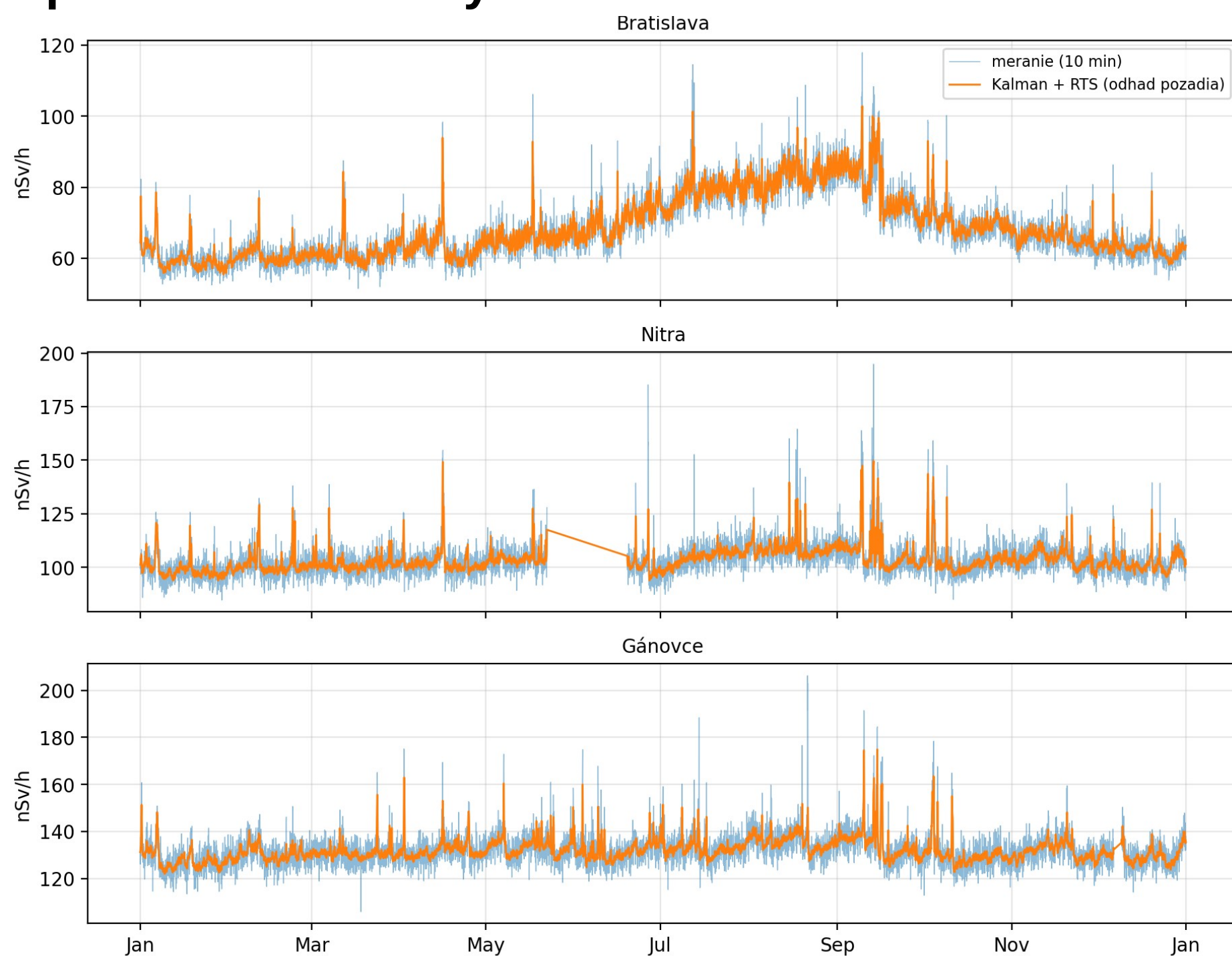
Diagnostika Kalmanovho filtra



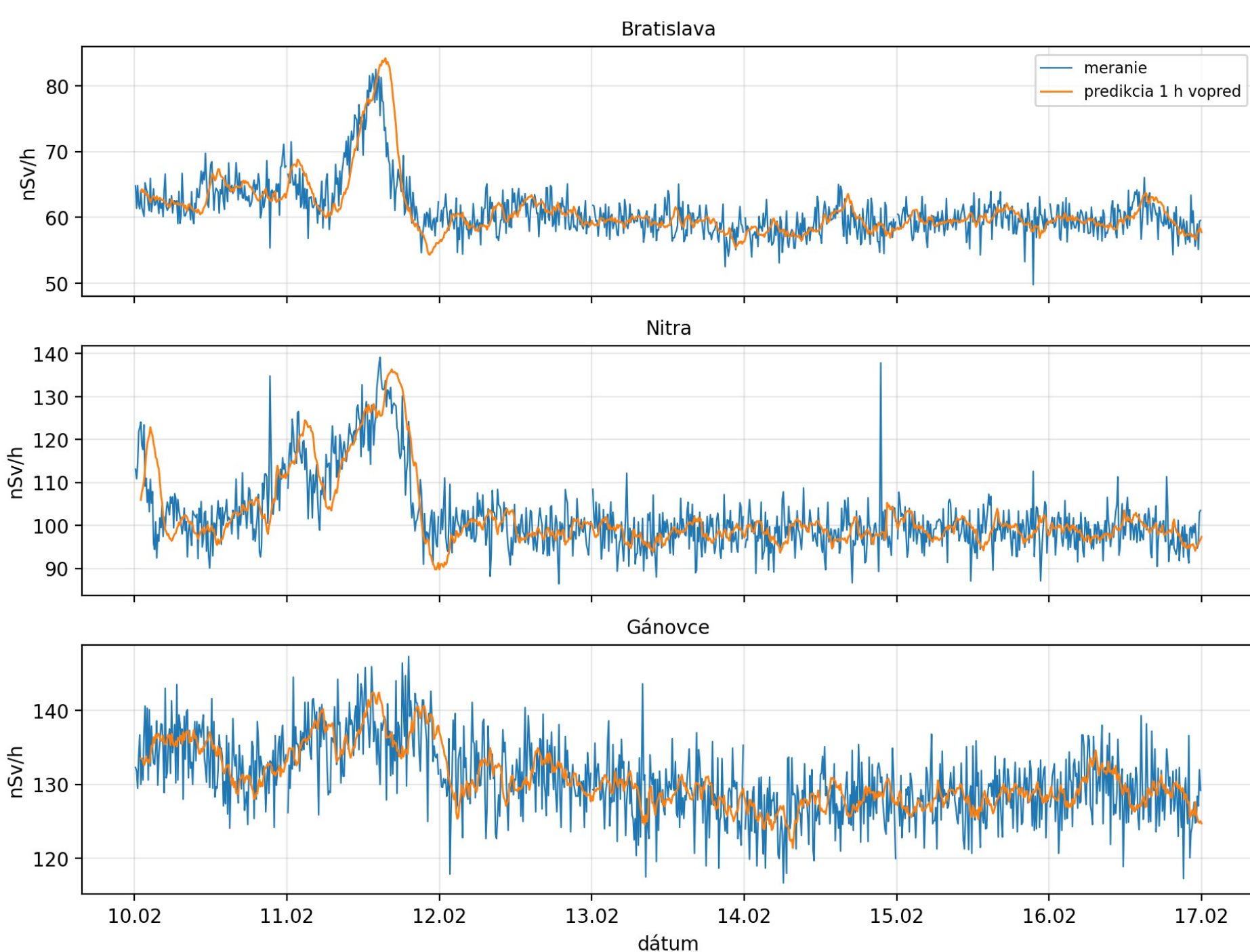
Rauchov-Tungov-Striebelov vyhladzovač

- po doprednej Kalmanovej filtrácii sa od konca časového radu spätne spresňujú odhady s využitím celého zaznamenaného časového radu

Spracovanie časových radov Kalmanovou filtráciou



Predikcia Kalmanovou filtráciou



Hlavné prínosy:

- odhad latentnej úrovne radiačného pozadia a oddelenie krátkodobých fluktuácií merania
- priradenie kovariancie k odhadu ako kvantitatívnej informácie o neistote odhadu
- spracovanie výpadkov merania predikciou bez umelej interpolácie údajov
- diagnostika odľahlých hodnôt a zmien v časovom rade pomocou inovácií, NIS a bránovania
- krátkodobá predikcia očakávaného vývoja pozadia

Podakovanie za podporu patrí:

- projektom KEGA 028STU-4/2026, KEGA 016STU-4/2025
- Strojníckej fakulte Slovenskej technickej univerzity