

# Permanentní GNSS stanice CADM

## Dokumentace funkčního vzorku

Jakub Nosek, Karolína Nosálková, Tomáš Volařík, Radovan Machotka



# Permanentní GNSS stanice CADM

## Dokumentace funkčního vzorku

Jakub Nosek, Karolína Nosálková, Tomáš Volařík, Radovan Machotka

Ústav geodézie

Fakulta stavební

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Veveří 331/95, Brno, 602 00

Kontaktní údaje:

**Ing. Jakub Nosek**

e-mail: jakub.nosek1@vutbr.cz

mob.: +420 723 201 458

---

## 1 Úvod

V roce 2017 byla v rámci centra Advanced Materials, Structures and Technologies (AdMaS) zřízena permanentní stanice pro příjem signálů Globálních navigačních družicových systémů (GNSS). Od prosince roku 2017 stanice nepřetržitě přijímá data z družic několika GNSS. Od ledna 2022 jsou data v blízkém reálném čase distribuována pomocí online úložiště <https://owncloud.cesnet.cz/> a je nad nimi prováděna kontrola kvality.

## 2 Řešený problém

Od svého vzniku v roce 2017 fungovala stanice CADM spíše v autonomním režimu. Observační data byla zálohována v interním úložišti přijímače a jednou za čas byla manuálně stažena a z úložiště přijímače smazána. Pro využití GNSS dat ve výzkumu a praxi je tento model vysoce neefektivní a při potřebě GNSS v blízkém reálném čase téměř nemožný.

Pro maximální využití potenciálu stanice je potřeba zrealizovat:

- a) umožnění automatického přenosu observačních dat na jiné úložiště
- b) úprava dat do podoby hodinových a denních souborů se standardní vzorkovací frekvencí
- c) kontrola kvality GNSS dat
- d) veřejně dostupná publikace dat
- e) určení souřadnic stanice v systému ETRS89 (ETRF2000) z dlouhodobých observací
- f) zprovoznění NTRIP Casteru pro využití dat v Real Time Kinematic

Body a) – d) a f) jsou řešeny v rámci tohoto funkčního vzorku. Určení souřadnic z bodu e) bylo provedeno v rámci bakalářské práce Karolíny Nosáلكové *Konsolidace a zpracování dat z permanentní GNSS stanice CADM*.

## 3 Popis funkčního vzorku

Permanentní stanice CADM je umístěna na budově P4 v areálu centra AdMaS. GNSS anténa Trimble Zephyr Geodetic 2 RoHS je umístěna na pilíři s nucenou centrací na střeše budovy P4 (Obr. 1). Přijímač Trimble NetR9 je umístěn v klimatizované místnosti a s anténou je spojen cca 30m propojovacím kabelem. Základní konfigurace stanice je uvedena v Tab. 1.

Přijímač Trimble NetR9 umožňuje přijímat data z GNSS GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou a také ze systému SBAS na 440 kanálech. Dostupné frekvence jsou uvedeny v Tab. 2.

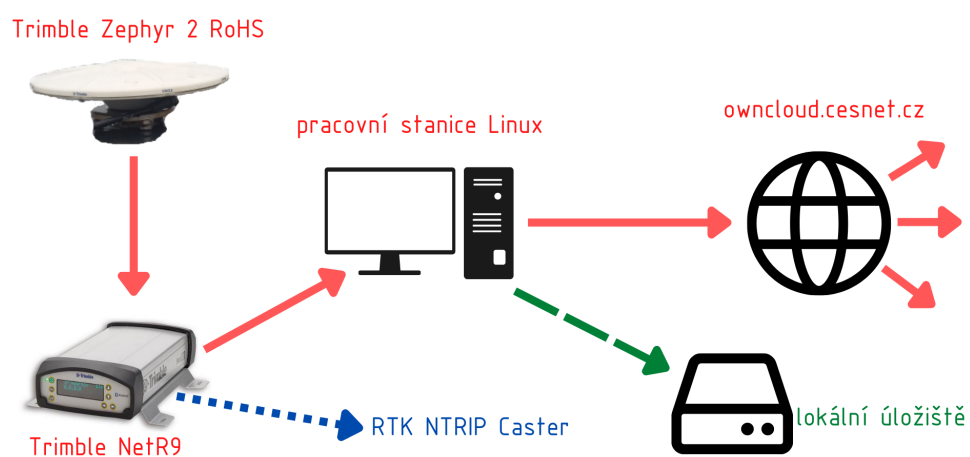
GNSS data jsou v přijímači ukládána s 1s intervalem do hodinových souborů v interním formátu Trimble T02. Záložně jsou v přijímači ukládány i denní soubory s intervalem záznamu 10 s. Hodinové soubory jsou přenášeny na pracovní stanici Linux umístěné na Ústavu geodézie VUT v Brně, kde jsou přejmenovány, upraveny, je nad nimi převedena kontrola kvality GNSS dat a následně jsou distribuovány na online úložiště a zálohovány na lokálním úložišti. Zjednodušené schéma přenosu dat lze vidět na Obr. 2.

### 3.1 Konverze a zpracování GNSS dat

Zpracování hodinových souborů je řízeno pomocí skriptu *00HOURLY*. Z přijímače NetR9 jsou stahovány soubory ve formátu RINEX 3.02 (z formátu T02 jsou převedeny přímo v přijímači) komprimované pomocí *zip* a číselně komprimované kompresí Hatanaka, které jsou následně rozbaleny do



Obr. 1: Anténa CADM



Obr. 2: Schéma přenosu a distribuce GNSS dat CADM

Tab. 1: Základní parametry stanice CADM

Parametr	Hodnota
Přijímač	Trimble NetR9
Výrobní číslo přijímače	5423R48793
Aktuální verze firmware	5.22
Anténa	Trimble Zephyr Geodetic 2 RoHS (TRM57971.00 NONE)
Výrobní číslo antény	5000119368
Radom	neinstalován
Výška antény	0,000 m
Elevační maska	0°

Tab. 2: Dostupné frekvence

GNSS	Dostupné frekvence
GPS	L1, L2C, L2E (L2P), L5
GLONASS	L1, L2, L3 (CDMA)
Galileo	L1, E5A E5B, E5AAItBOC
BeiDou	B1, B2, B3
SBAS	L1, L5

dočasného adresáře. Soubory jsou následně pomocí programu [CRX2RNX](#) dekomprimovány, programem [GFZRNX](#) (Nischan, 2016) jsou převedeny do RINEX 3.05 a jsou přejmenovány dle platných konvencí pro názvy souborů RINEX (IGS, 2021).

Editace metadat v hlavičkách souborů RINEX (agentura, sériová čísla, atd.) je prováděna pomocí programu [G-Nut/Anubis Pro](#) (Vaclavovic – Dousa, 2016) a následně jsou opět komprimovány s využitím programu [RNX2CRX](#). Pomocí skriptu *00QC* a [G-Nut/Anubis Pro](#) je nad soubory provedena kontrola kvality GNSS dat, jejíž výsledky jsou vizualizovány (poměr očekávaného/existujícího počtu observací v souboru) (Obr. 3).

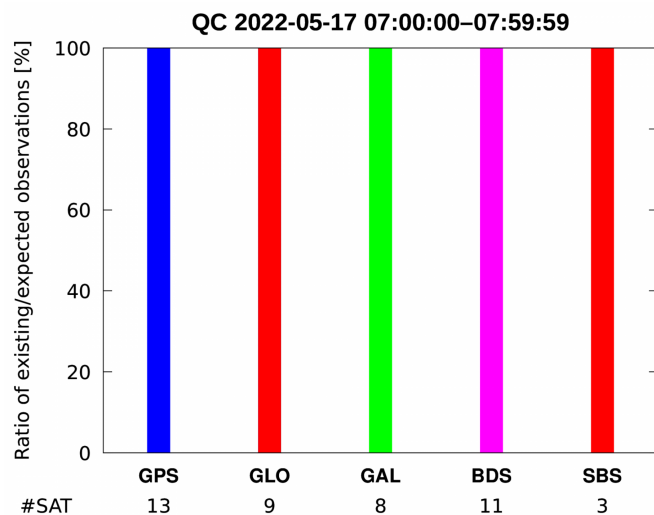
Výsledné soubory RINEX jsou následně uploadovány na úložiště <https://owncloud.cesnet.cz/> a zálohovány na interní úložiště. Automatizované spuštění skriptu *00HOURLY* je řízeno programem *cron*.

### Denní soubory

Vždy po půlnoci je z hodinových souborů z předešlého dne vytvářen soubor s observacemi z celého dne. Spojování souborů a převzorkování (z 1s dat na 30s) jsou prováděny pomocí programu [G-Nut/Anubis Pro](#). Nad denními soubory je následně stejným programem prováděna kvalitativní a kvalitativní kontrola kvality GNSS dat v režimu „full“, kdy jsou ze souboru extrahovány například:

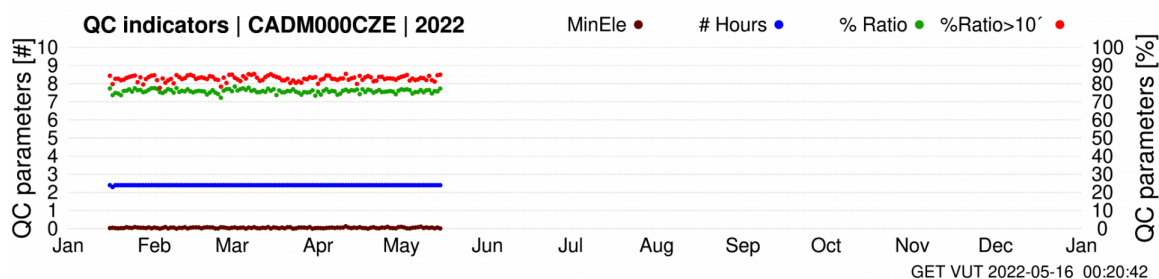
- dostupné signály,
- pozorované družice,
- dostupné kanály,
- informace z hlaviček RINEX.

Kvalitativní kontrola dat využívá konsolidované multi-GNSS navigační zprávy (Douša, 2019), které jsou automaticky stahovány z FTP serveru [ftp://ftp.pecny.cz/LDC/orbits\\_brd/gop3/](ftp://ftp.pecny.cz/LDC/orbits_brd/gop3/). Výsledky kontroly kvality denních souborů jsou opět vizualizovány (Obr. 4).



Obr. 3: Ukázka výsledků kontroly kvality hodinových souborů

Soubory jsou opět uploadovány na úložiště <https://owncloud.cesnet.cz/> a zálohovány na interní úložiště. Schéma celého zpracování ilustruje Obr. 5.



Obr. 4: Ukázka výsledků kontroly kvality denních souborů

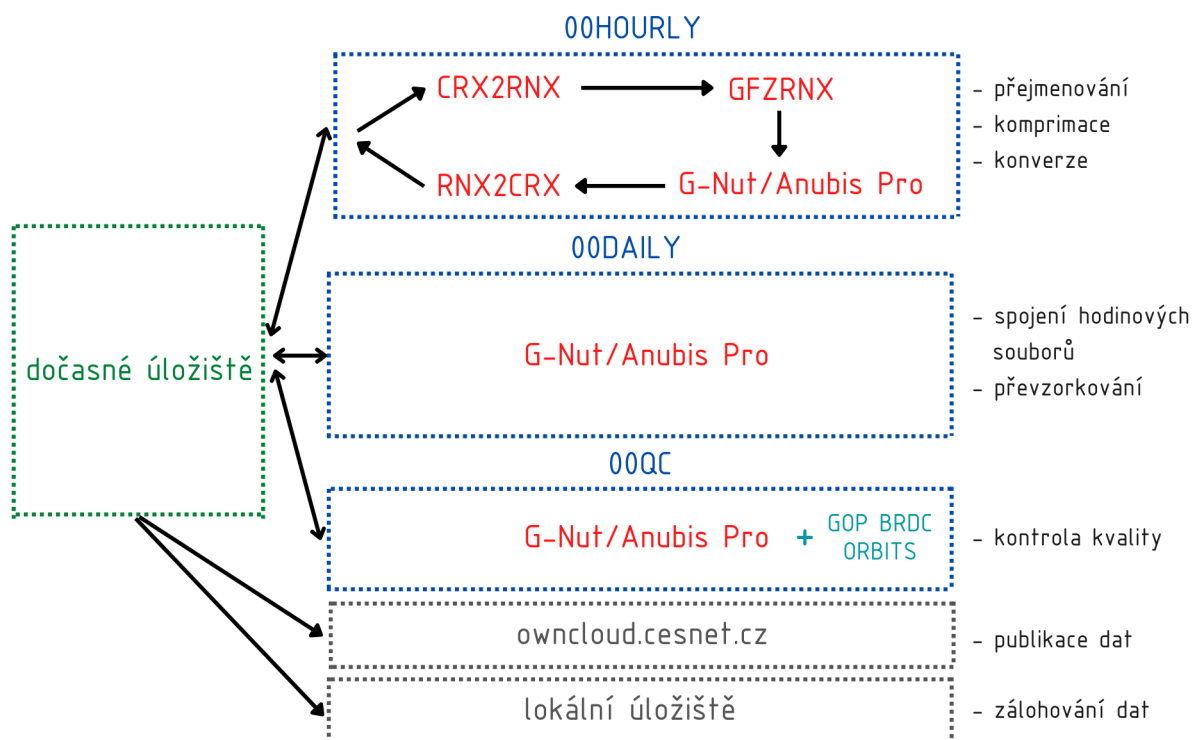
### 3.2 Data v reálném čase

Pro využití v Real-Time Kinematic (RTK) jsou observační data v reálném čase distribuována přes NTRIP Caster. Data v reálném čase obsahují observace GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou a SBAS. V současné době poskytuje NTRIP Caster data s 1s intervalem ve formátech *CMRx* a *RTCM 3.2* s MSM5 (Multiple Signal Messages). Pro příjem dat je potřeba nastavit GNSS-RTK přijímač podle Tab. 3.

Tab. 3: Nastavení GNSS-RTK přijímače pro využití dat CADM

Parametr	Hodnota
Adresa NTRIP serveru	netr9.admas.vutbr.cz
Port	2101
Mountpoint	CADM00CZE
Uživatel	cadmrtk
Heslo	cadmbrno

V případě zájmu lze na stanici spustit další 2 NTRIP Castery s formáty dat RT27, CMR, CMR+, CMRx, RTCM (2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 3.2) a BINEX (s vzorkovací frekvencí 10 min, 5 min, 2 min, 1 min, 30 s, 15 s, 10 s, 5 s, 2 s, 1 s, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz, 20 Hz a 50 Hz).



Obr. 5: Schéma zpracování GNSS dat z CADM

### 3.3 Souřadnice stanice

Zpracování a kontrola kvality observačních dat z let 2018–2021 a výpočet souřadnic stanice CADM v referenčním systému a rámci ETRS89 (ETRF2000) bylo provedeno v rámci řešení bakalářské práce Karolíny Nosákové *Konsolidace a zpracování dat z permanentní GNSS stanice CADM*.

Vektory GNSS byly zpracovány metodou dvojitých diferencí s využitím dat permanentních GNSS stanic EUREF Permanent Network (EPN): TUBO, CPAR a KUNZ. Zpracovány byly všechny vektory mezi stanicemi v období 2018–2021 s využitím programu Trimble Business Center v5.60. Základní parametry a nastavení použité při řešení GNSS vektorů jsou uvedeny v Tab. 4. Zpracování bylo konfigurováno podle kampaně IGS repro3.

Tab. 4: Parametry použité při výpočtu vektorů

Parametr	Hodnota
Použité GNSS	GPS only
Vzorkovací frekvence	180 s
Kalibrace antén	igs14.atx
Elevační maska	7°

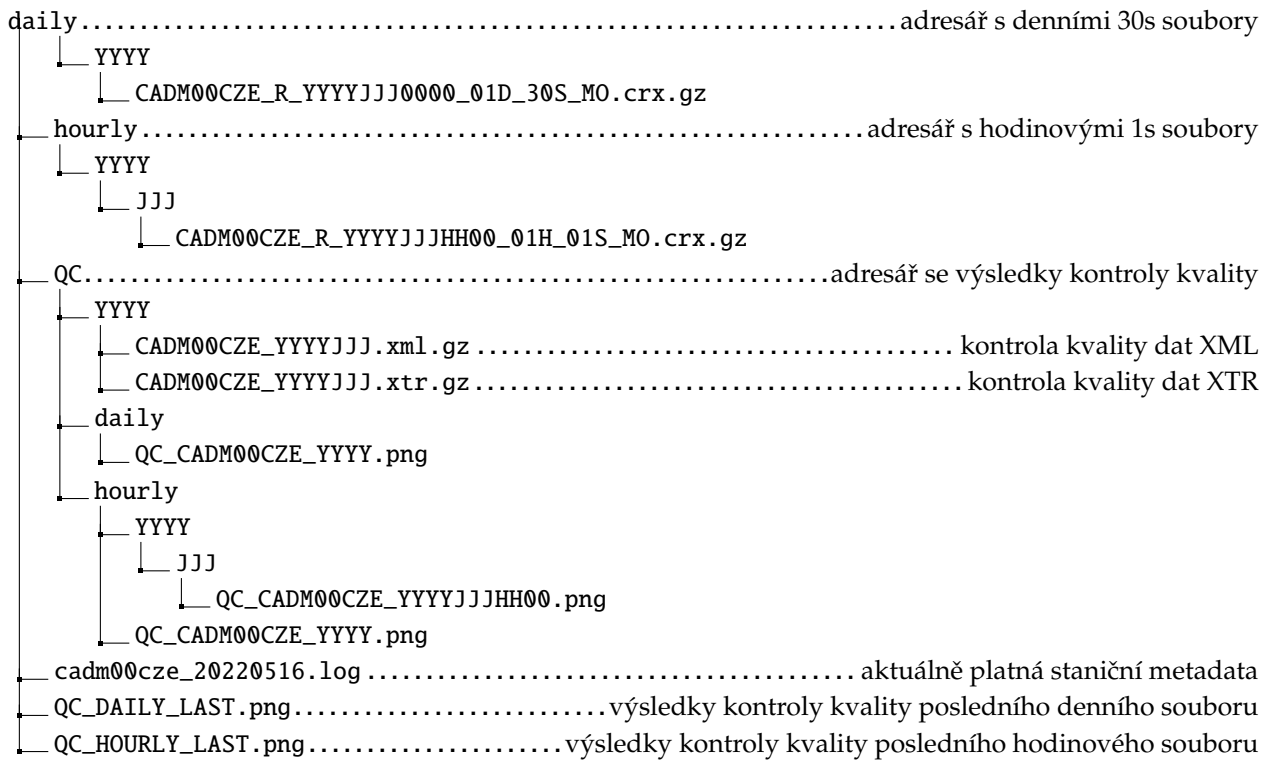
Další zpracování probíhalo pomocí skriptů v prostředí Matlab. Výsledné souřadnice stanice CADM jsou uvedeny v Tab. 5

Tab. 5: Souřadnice permanentní GNSS stanice CADM

Referenční rámeček	X	Y	Z
ETRF2000 (2010.00)	3999588.7783	1190109.7526	4807943.3966
ITRF2014 (2010.00)	3999588.3793	1190110.0600	4807943.6502

### 3.4 Struktura publikovaných dat

Všechna observační data (hodinové a denní soubory RINEX), výsledky kontroly kvality a staniční metadata jsou k dispozici na úložišti <https://owncloud.cesnet.cz/>. Adresářová struktura je uvedena níže:







## 4 Závěr

Realizací funkčního vzorku byla vytvořena nová permanentní GNSS stanice CADM zajišťující příjem signálů z družic GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou a SBAS se sekundovým intervalem záznamu. Data z pilotního provozu stanice byla využita pro určení jejich přesných souřadnic. Od 17. 1. 2022 je v nepřetržitém provozu automatické stahování GNSS dat z přijímače CADM a jejich úprava, kontrola a distribuce. Společně s tímto byl spuštěn NTRIP Caster, který nepřetržitě vysílá data pro využití v RTK.

GNSS data ze stanice CADM slouží zejména pro podporu vědecké a výukové činnosti Ústavu geodézie VUT v Brně. Data jsou ovšem zpřístupněná na veřejně dostupném úložišti a jsou proto k dispozici komukoliv.

## Poděkování

- Stanice CADM vznikla z projektu CZ.1.05/2.1.00/03.0097 AdMaS – Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie a projektu specifického výzkumu VUT v Brně FAST-J-22-7997 Využití atmosférických produktů pro zrychlení řešení GNSS PPP ambiguit.
- Děkujeme firmě G-Nut Software s.r.o. (<https://gnutsoftware.com/>) za poskytnutí programu G-Nut/Anubis Pro pro kontrolu kvality GNSS dat a manipulaci s observačními daty.
- Děkujeme Geodetické observatoři Pecný (<https://www.pecny.cz/>) za vytvoření a údržbu archivu s konsolidovanými multi-GNSS navigačními zprávami (DOI:10.24414/c4ba-kf16).
- Děkujeme autorům aplikací GZIP, CRX2RNX, datového úložiště (<https://owncloud.cesnet.cz/>) a Bc. Lukášovi Bělochovi za prvotní návrh vizualizací výsledků kontroly kvality.

## Reference

- Douša, J., 2019. GOP's consolidated multi-GNSS navigation data archive. doi: 10.24414/c4ba-kf16. Dostupné z: <<https://www.astro.oma.be/doi/GOP-BRDC/GOP-BRDC-ARCH.html>>.
- IGS, 2021. RINEX 3.05. doi: 10.24414/c4ba-kf16. Dostupné z: <<https://files.igs.org/pub/data/format/rinex305.pdf>>.
- NISCHAN, T., 2016. GFZRNX - RINEX GNSS Data Conversion and Manipulation Toolbox. *GFZ Data Services*. doi: 10.5880/GFZ.1.1.2016.002. Dostupné z: <<https://doi.org/10.5880/GFZ.1.1.2016.002>>.
- VACLAVOVIC, P., DOUSA, J., 2016. G-Nut/Anubis. In *LAG 150 Years*. Cham: Springer International Publishing. s. 775–782. doi: 10.1007/1345\_2015\_97. ISBN 978-3-319-24603-1.