

# Silnice II/324 Staré Hradiště - Hrobice

Diagnostický průzkum a určení tloušťek vrstev - podklad pro  
rekonstrukční práce



BEYOND  
THE  
SURFACE

## II/324 Staré Hradiště - Hrobice

Diagnostický průzkum a určení tloušťek vrstev - podklad pro  
rekonstrukční práce - analýza dat GPR a FWD

# Obsah

1. Úvod.....	1
2. Základní principy technologie GPR.....	1
2.1. Princip technologie GPR .....	1
3. Legenda a vysvětlení výstupů.....	3
4. Popis úseku a provedených zkoušek .....	4
5. Zpracování a interpretace dat.....	7
5.1 Tloušťky konstrukčních vrstev vozovky .....	7
5.2 Přepočet pevnostních charakteristik vozovky.....	9
PŘÍLOHY .....	11
6.1 Vyhodnocení GPR dat.....	12
6.2 Vyhodnocení dat FWD .....	35

# 1. Úvod

Dne 13. října 2016 provedla společnost Roadscanners Central Europe s.r.o. diagnostické zaměření úseku silnice II/324 Staré Hradiště - Hrobice. Zaměření bylo provedeno pomocí technologie georadaru (GPR) za použití kontaktní i bezkontaktní antény v obou směrech, ve směru staničení daného úseku. Hodnoceny byly 2 měřené linie - linie pravého jízdního kola ve směru 1 (pravý pruh), linie pravého jízdního kola ve směru 2 (levý pruh).

Současně s měřením pomocí georadarových antén byl pořízen i videozáznam měřeného úseku s GPS souřadnicemi pomocí zařízení Road Doctor® CamLink. Měření bylo provedeno v obou směrech celkem ve 2 měřených liniích. Délka linie byla přibližně 5,528 km. Celkem bylo v rámci projektu zaměřeno přibližně 11,05 km linií.

Účelem měření bylo provést kontinuální georeferencované zaměření vybraného úseku silnice II/324 Staré Hradiště - Hrobice (průtah) technologií georadaru (GPR), včetně videozáznamu měřeného úseku s uvedením GPS souřadnic, vyhodnotit výsledky měření - interpretovat tloušťky stmelených a nestmelených vrstev vozovky, a za pomoci dodaných referenčních dat provést integraci rázových zatěžovacích zkoušek (FWD) do kontinuálního výstupu měření GPR a přepočet pevnostních charakteristik vozovky (BCI, SCI, BC).

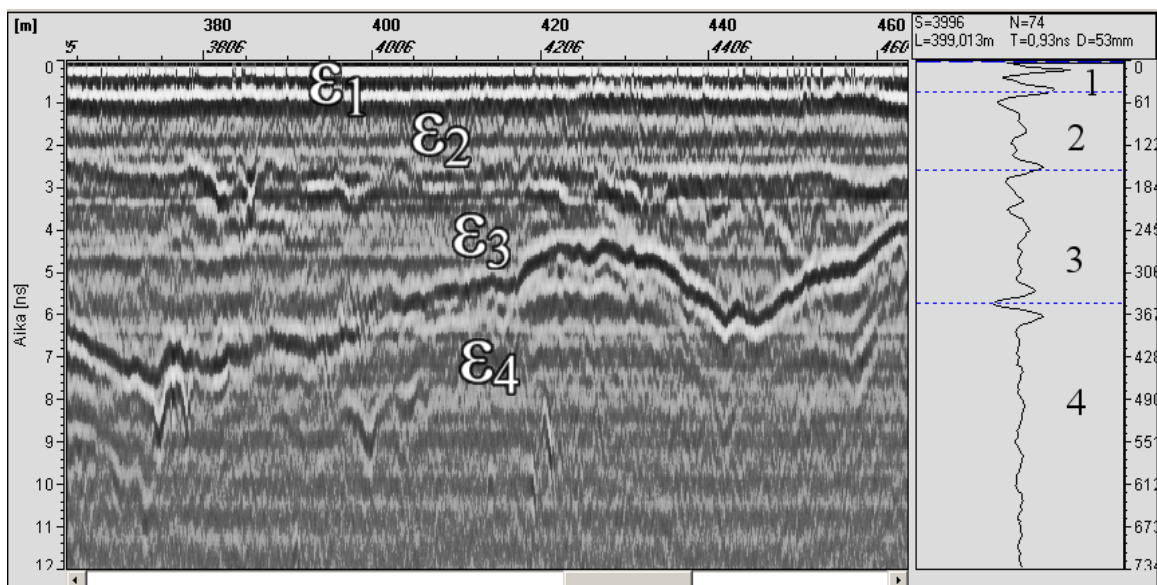
Tento dokument obsahuje výsledky analýzy založené na naměřených datech.

## 2. Základní principy technologie GPR

### 2.1. Princip technologie GPR

Georadar se skládá z rádiového vysílače a přijímače, které spolupracují společně s GPR anténami. Princip georadarové metody spočívá v opakovaném vysílání vysokofrekvenčního elektromagnetického impulsu vysílací anténou do zkoumaného prostředí. V místech, kde je změna elektromagnetických vlastností prostředí, dochází k odrazu části energie vyslaného elektromagnetického impulsu a ta se registruje přijímací anténou. Tento impuls je získávaný z rozličných druhů vrstev, poruch spojitosti materiálu způsobených vlhkostí, nebo jinými příčinami. Je měřen čas vyslání a přijetí impulsu. V případě častého opakování v krátkých intervalech lze získat výsledky v kontinuálním zobrazení (obr. 1).





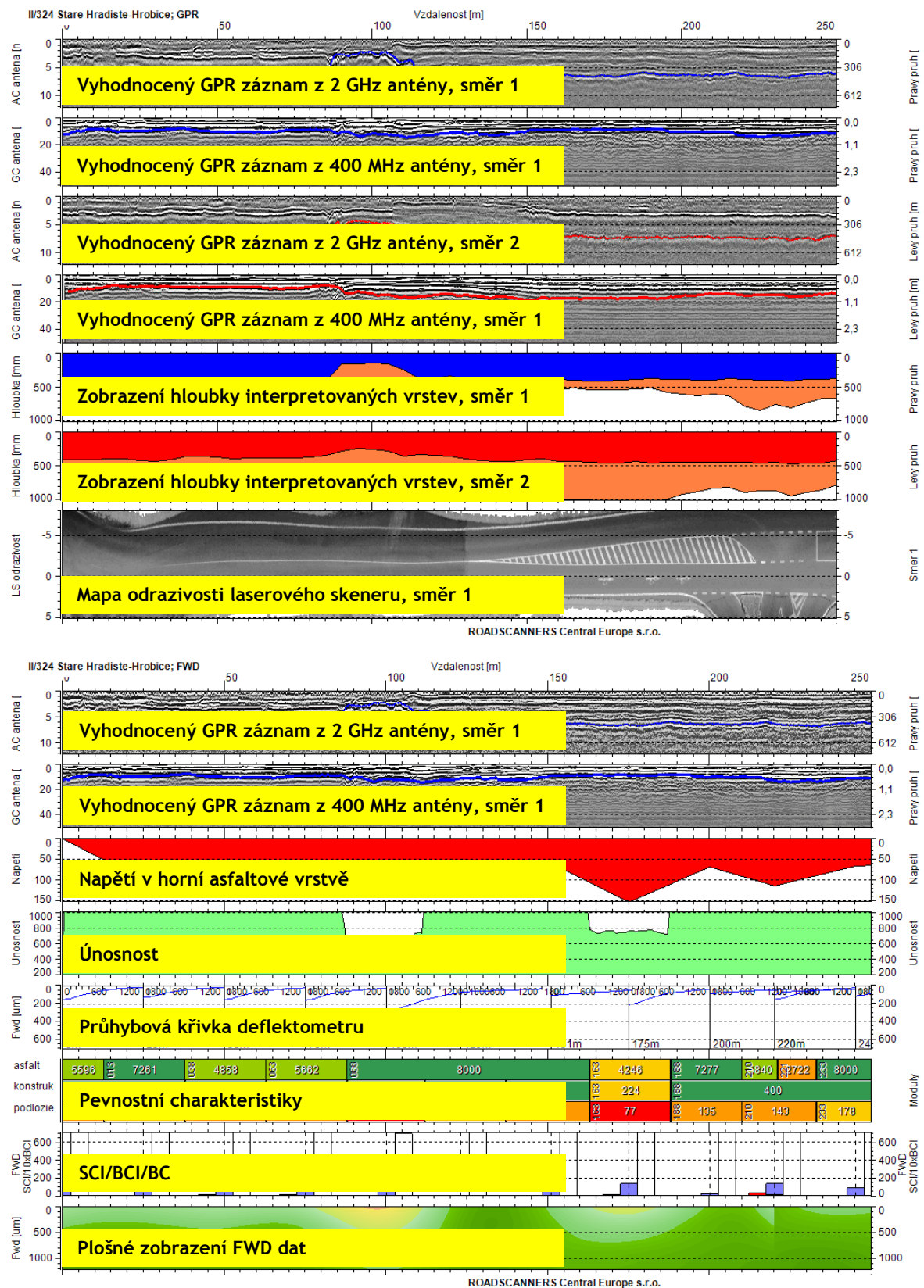
Obrázek 1. Profil měření georadarem s „horn“ anténou individuálním pulsem. Profil zobrazuje odraz od dvou vrstev s různými dielektrickými hodnotami ( $\epsilon$ ). Obrázek ve vrstvě 1 zobrazuje asfaltovou vrstvu, vrstva 2 zobrazuje vrchní podkladovou vrstvu, vrstva 3 zobrazuje spodní podkladovou vrstvu a vrstva 4 filtrační vrstvu. Obrázek ukazuje, že dielektrická hodnota materiálu (vlhkost) se zvyšuje směrem dolů od povrchu vozovky, s výjimkou dielektrické hodnoty ve vrstvě 4 ( $\epsilon_4$ ), která je menší než hodnota v podkladní vrstvě a polarita odrazu je převrácená (černá čára uprostřed dvou bílých čar).

Obecně platí, že rychlost šíření vln a jejich odrazu je ovlivněna permitivitou, magnetickou citlivostí a elektrickou vodivostí materiálu. Zobrazuje variabilitu v závislosti na celkovém typu používaného asfaltu, typu pojiva (živice), přítomnosti vodivých minerálů, pórovitosti, poruchovosti, a nakonec účinku soli a akumulaci materiálu ve výplni pórů a poruch. Nejdůležitější vlastností, která ovlivňuje elektrický signál GPR, je dielektrická permitivita, která ovlivňuje rychlost GPR signálu v materiálu.

Vlnová délka antény ovlivňuje schopnost systému identifikovat objekty různých velikostí. Například vysoké frekvence antény s krátkou vlnovou délkou mají lepší rozlišení, ale menší hloubku průniku, zatímco nízké frekvence antény s delší vlnovou délkou mají hrubší rozlišení, avšak pronikají hlouběji do materiálů.

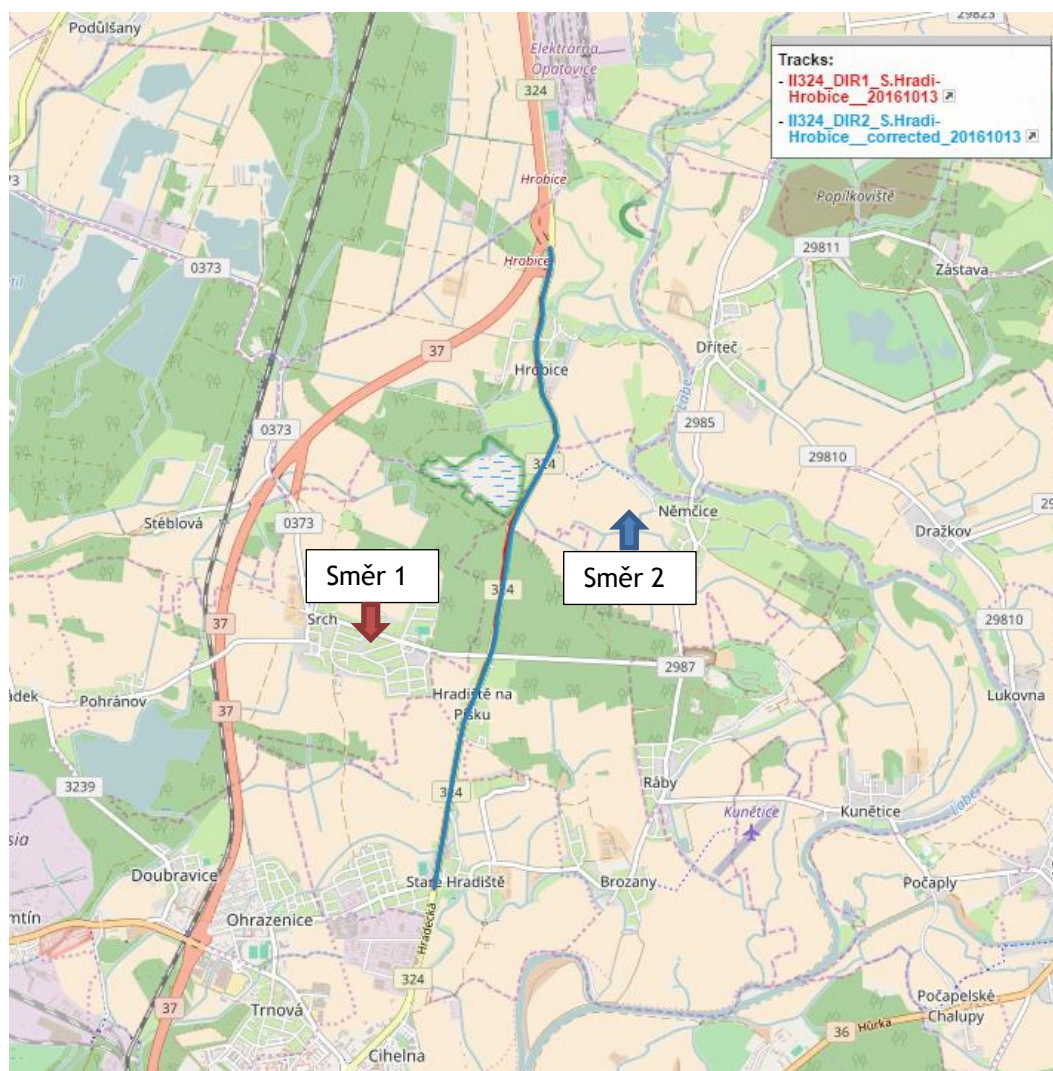
Antény typu „horn“ pracují s frekvencí 1-2 GHz. Hloubka průniku „horn“ antény je limitována na přibližně 1 m. Během měření je anténa zavěšená přibližně 0,3 - 0,5 m nad měřeným povrchem. Rychlost jízdy během měření je vysoká, až do 90 km/hod. Další použitou anténou v tomto měření byla anténa s frekvencí 400 MHz, s měřicí hloubkou přibližně 3 m. Při měření s 400 MHz anténou je nutný bližší kontakt s měřeným povrchem, a proto je rychlost jízdy během měření přibližně 40 až 50 km/hod.

### 3. Legenda a vysvětlení výstupů



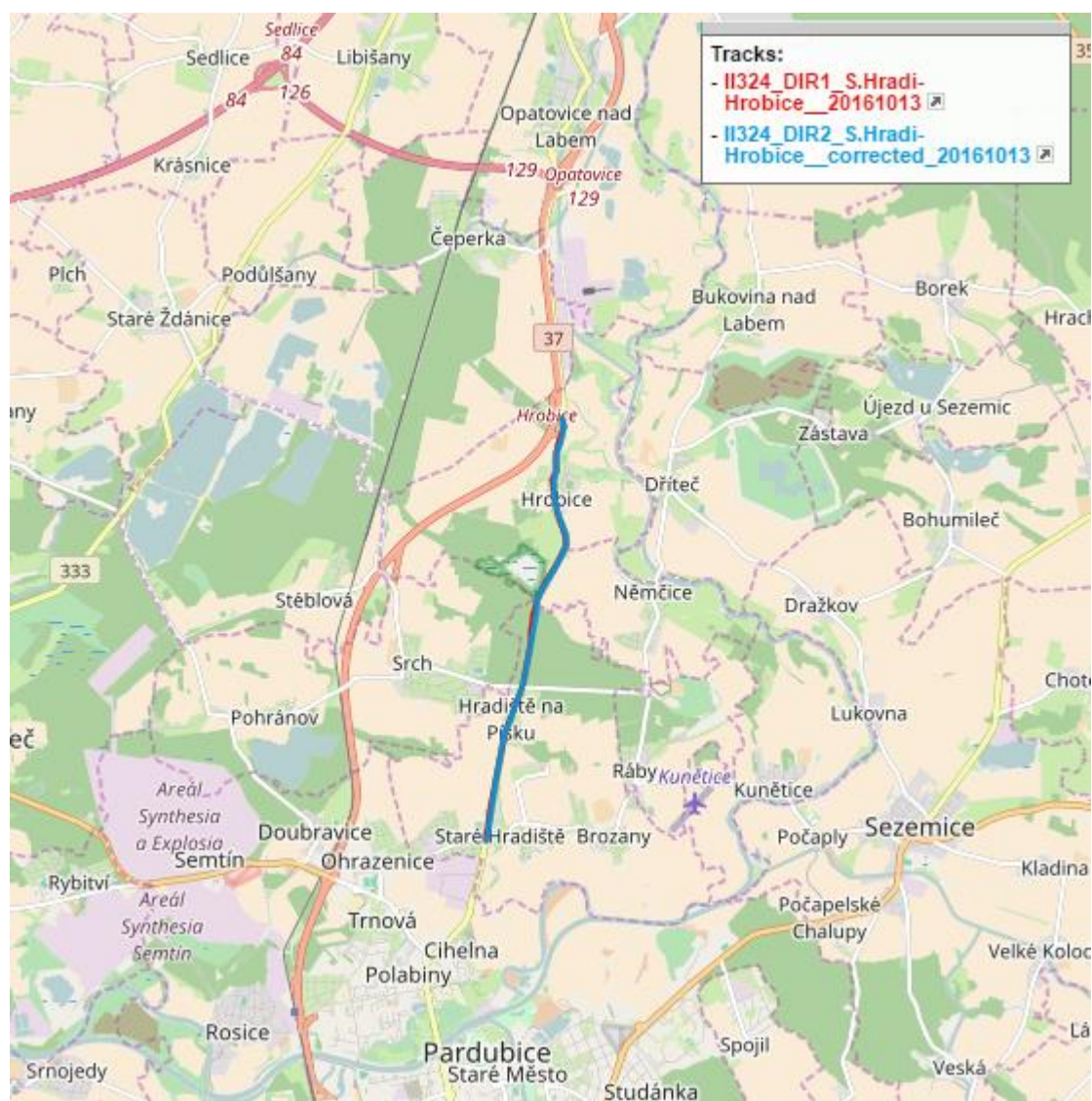
## 4. Popis úseku a provedených zkoušek

Měřený úsek silnice II/324 Staré Hradiště - Hrobice je dlouhý přibližně 5,53 km v jednom směru. Měření bylo započato několik metrů před křížením cesty II/324 a I/37 před začátkem obce Hrobice. Konec měřeného úseku byl několik metrů za kruhovým objezdem v obci Staré Hradiště. Silnice má v tomto úseku 2 jízdní pruhy, zaměření bylo provedeno celkem ve 2 měřených liniích v obou směrech.

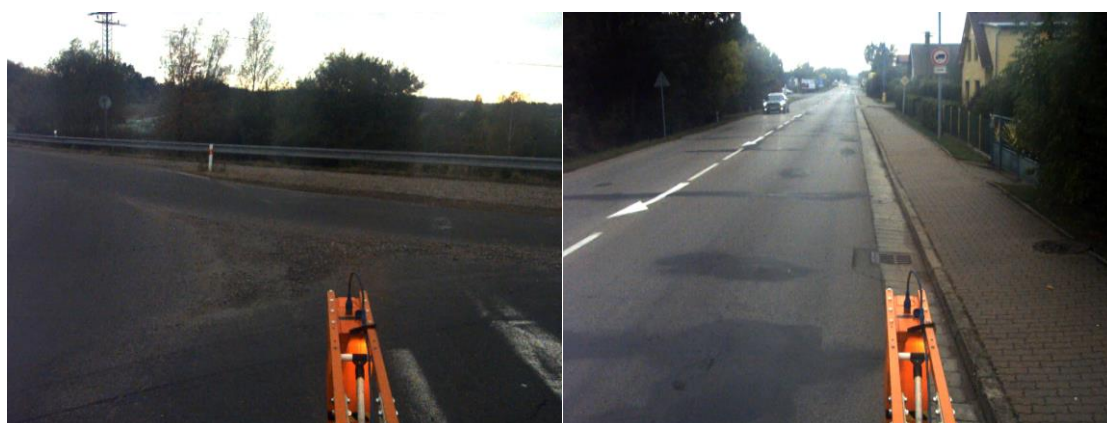


Obrázek 2. Mapa měřeného úseku silnice II/324 Staré Hradiště - Hrobice. Mapový podklad: [www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org)





Obrázek 3. Přehledová situace měřeného úseku silnice II/324 Staré Hradiště - Hrobice. Mapový podklad: [www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org)



Obrázek 4. Začátek (vlevo) a konec (vpravo) měřeného úseku ze zařízení CamLink.

GPS souřadnice začátku měření: 50° 6'45.036"N, 15° 47'23.100"E

GPS souřadnice konce měření: 50° 3'53.454"N, 15° 46'34.680"E

Měření georadarem (GPR) bylo provedeno pomocí zařízení GSSI SIR-30 se dvěma anténami, 2 GHz anténou typu “horn” a 400 MHz anténou typu “ground coupled” (obr. 8). Taktéž bylo pořízeno digitální video s GPS souřadnicemi.



Obrázek 5. GPR měřicí systém společnosti Roadscanners CE vybavený 2 GHz “horn” anténou a 400 MHz ground-coupled anténou před vozidlem. Videokamera s GPS přijímačem (oranžový box) a laserový skener jsou upevněny na střeše vozidla, 3D akcelerometr na zadní nápravě vozidla.



## 5. Zpracování a interpretace dat

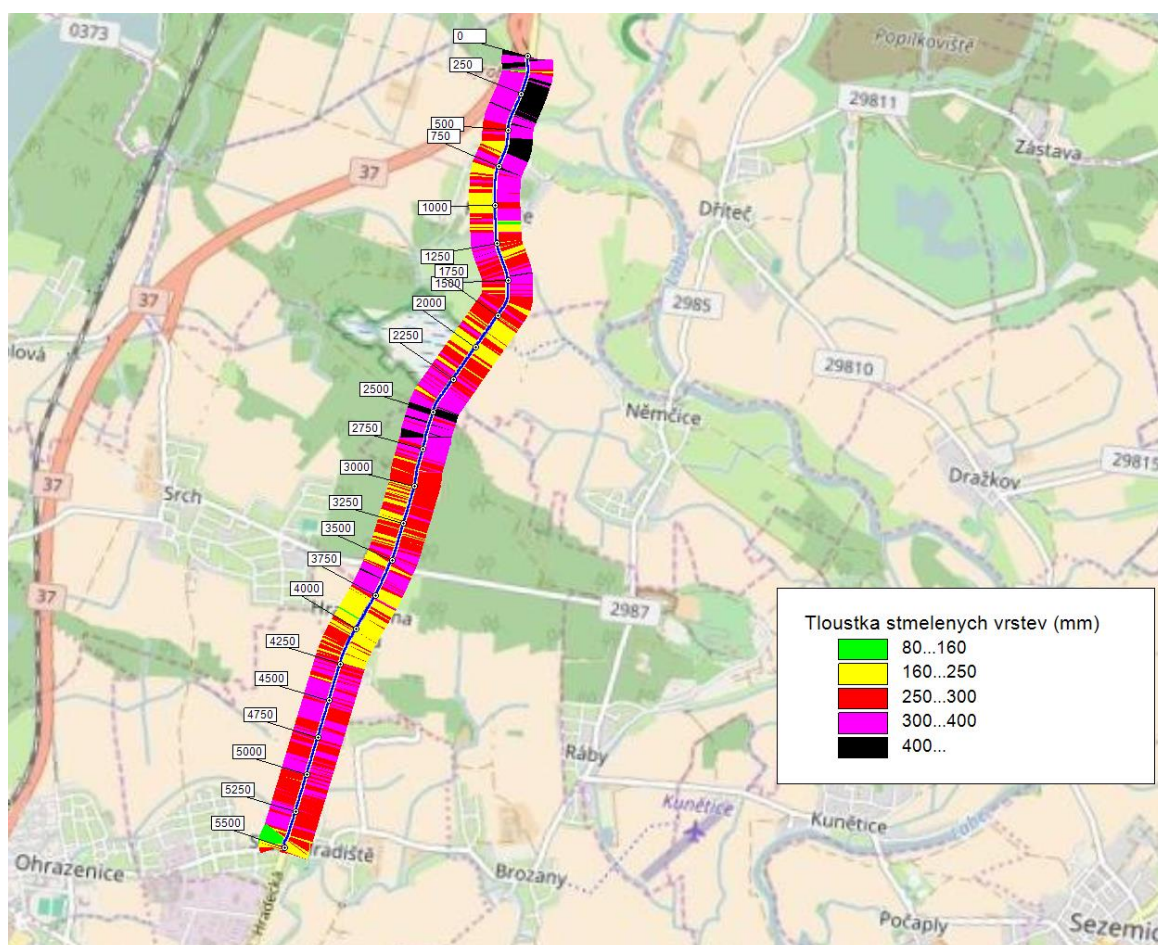
Údaje z GPR byly zpracovány a vyhodnoceny v softwaru Road Doctor 3®. Zároveň byly do softwaru importovány i dodané údaje z měření deflektometrem (FWD) a záznam digitálního videa pro komplexní interpretaci.

Interpretace GPR údajů byla provedena pro 2 nejdůležitější rozhraní tohoto průzkumu, a to pro spodek stmelené vrstvy a rozhraní mezi konstrukcí vozovky a podložím/násypem.

### 5.1 Tloušťky konstrukčních vrstev vozovky

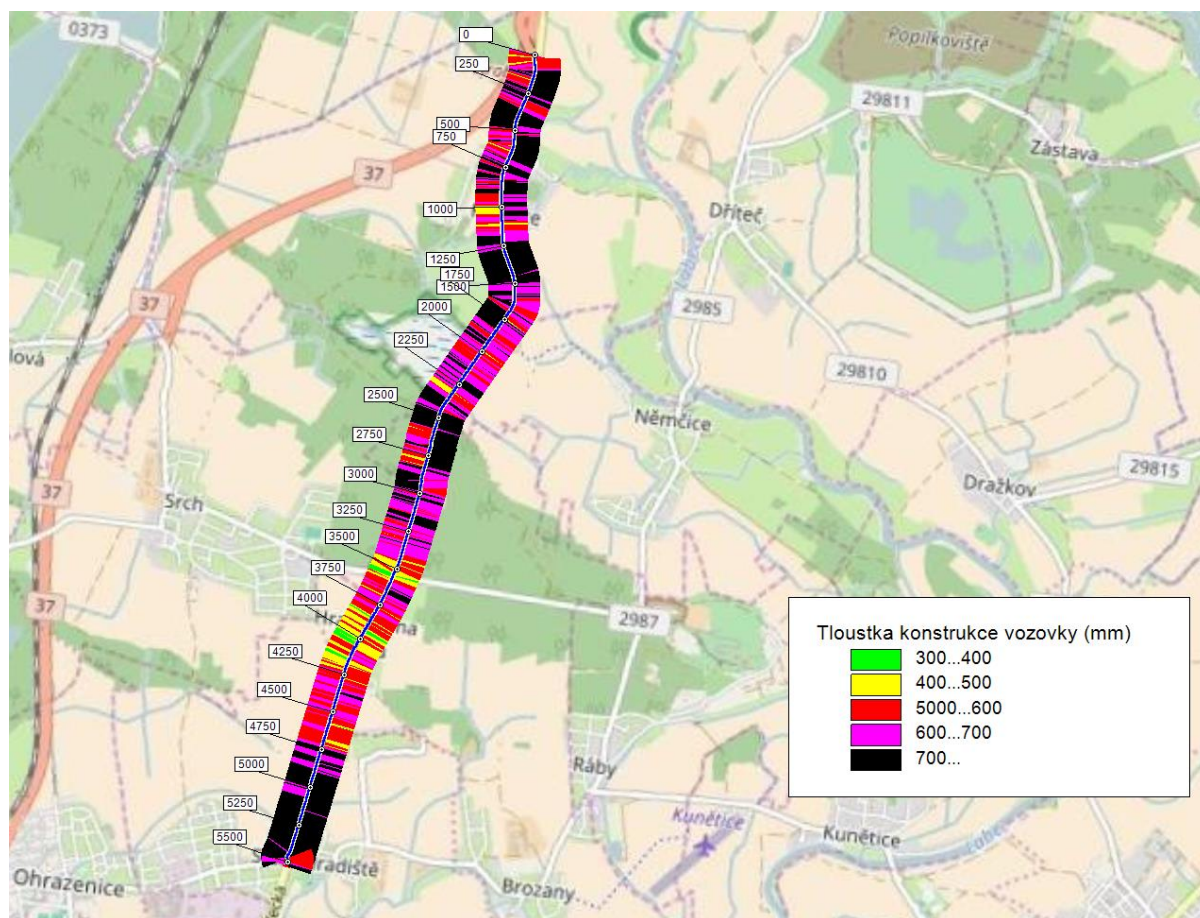
Úsek silnice II/324 tvoří stmelené vrstvy s průměrnou tloušťkou 290,43 mm ve směru 1 a 301,55 mm ve směru 2 (obrázek 9).

Nestmelené vrstvy dosahují průměrné hodnoty 381,99 mm ve směru 1 a hodnoty 387,66 mm ve směru 2.



Obrázek 6. Tloušťka stmelených vrstev úseku II/324 Staré Hradiště - Hrobice v obou směrech na mapě.

Celková tloušťka konstrukce vozovky dosahuje průměrné hodnoty 672,42 mm ve směru 1, ve směru 2 průměrné hodnoty 689,22 mm (obrázek 10).



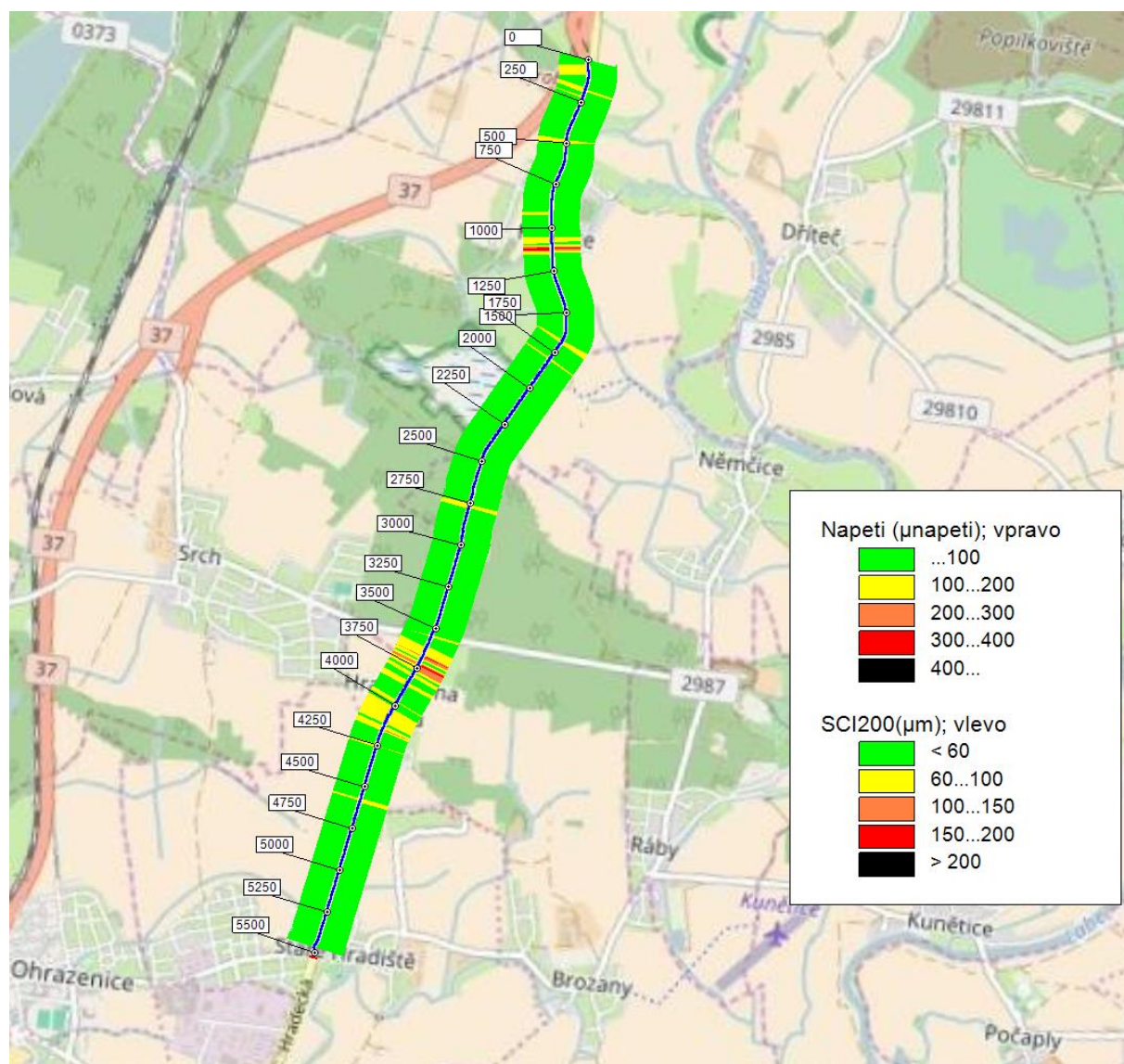
Obrázek 7. Celková tloušťka konstrukce vozovky úseku II/324 Staré Hradiště - Hrobice na mapě.

Podélné profily s interpretací - hodnocením průběhu vrstev silnice II/324 Staré Hradiště - Hrobice jsou zobrazeny v přílohách 1 této zprávy.

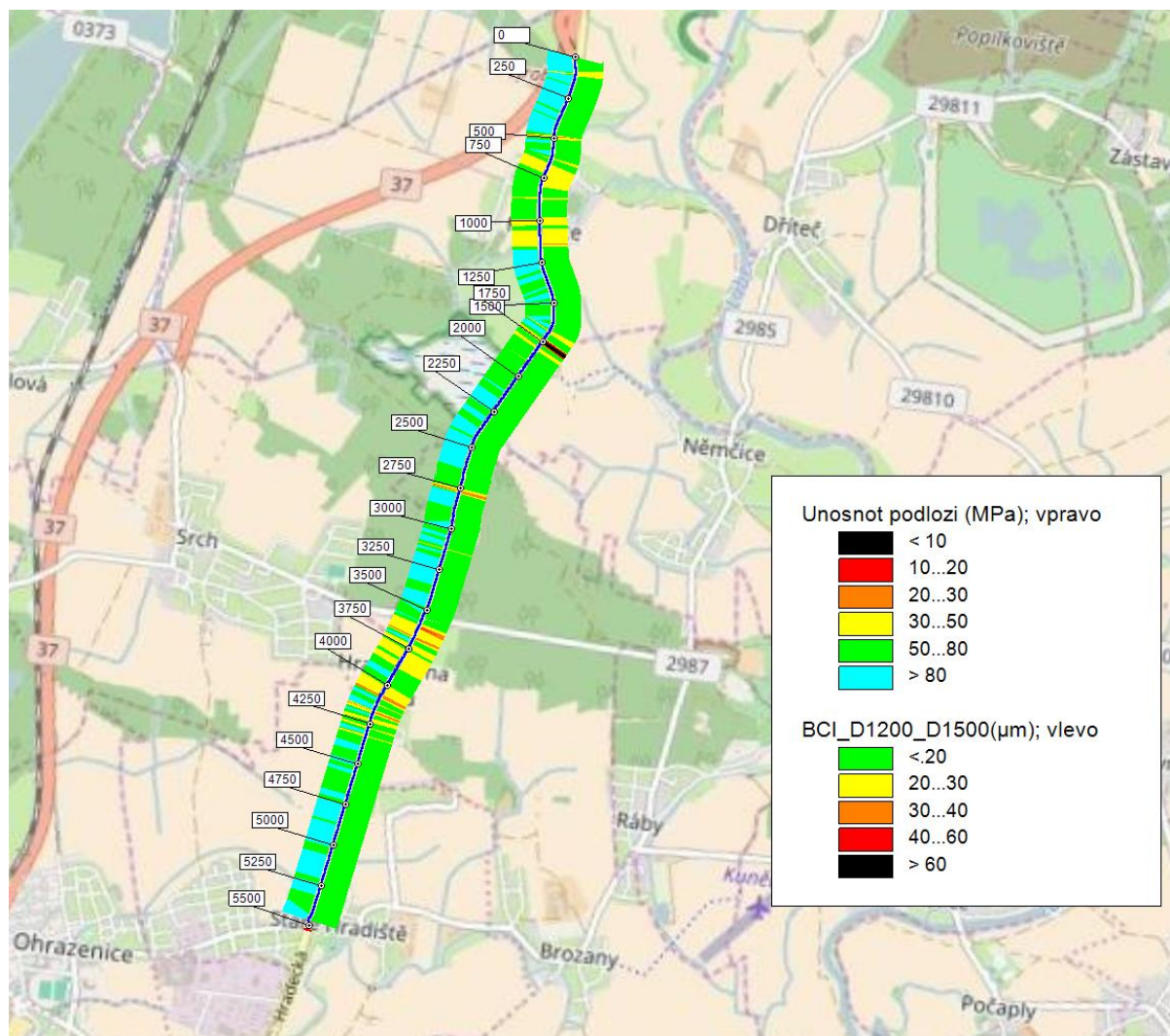


## 5.2 Přepočet pevnostních charakteristik vozovky

Data z rázových zatěžovacích zkoušek byla dodána objednatelem ve formátu FWD. Podélné profily s interpretací - hodnocením průběhu vrstev - včetně dodaných dat FWD silnice I/324 jsou zobrazeny v přílohách 2 této zprávy.



Obrázek 8. Zobrazení napětí (vpravo) a indexu SCI (vlevo) ve směru staničení, na mapě úseku.



Obrázek 9. Zobrazení únosnosti podloží (vpravo) a indexu BCI (vlevo) ve směru staničení, na mapě úseku.

# PŘÍLOHY

Příloha 1. Profily silnice II/324 Staré Hradiště - Hrobice zobrazené v programu Road Doctor 3<sup>®</sup>, vyhodnocení dat GPR a FWD.

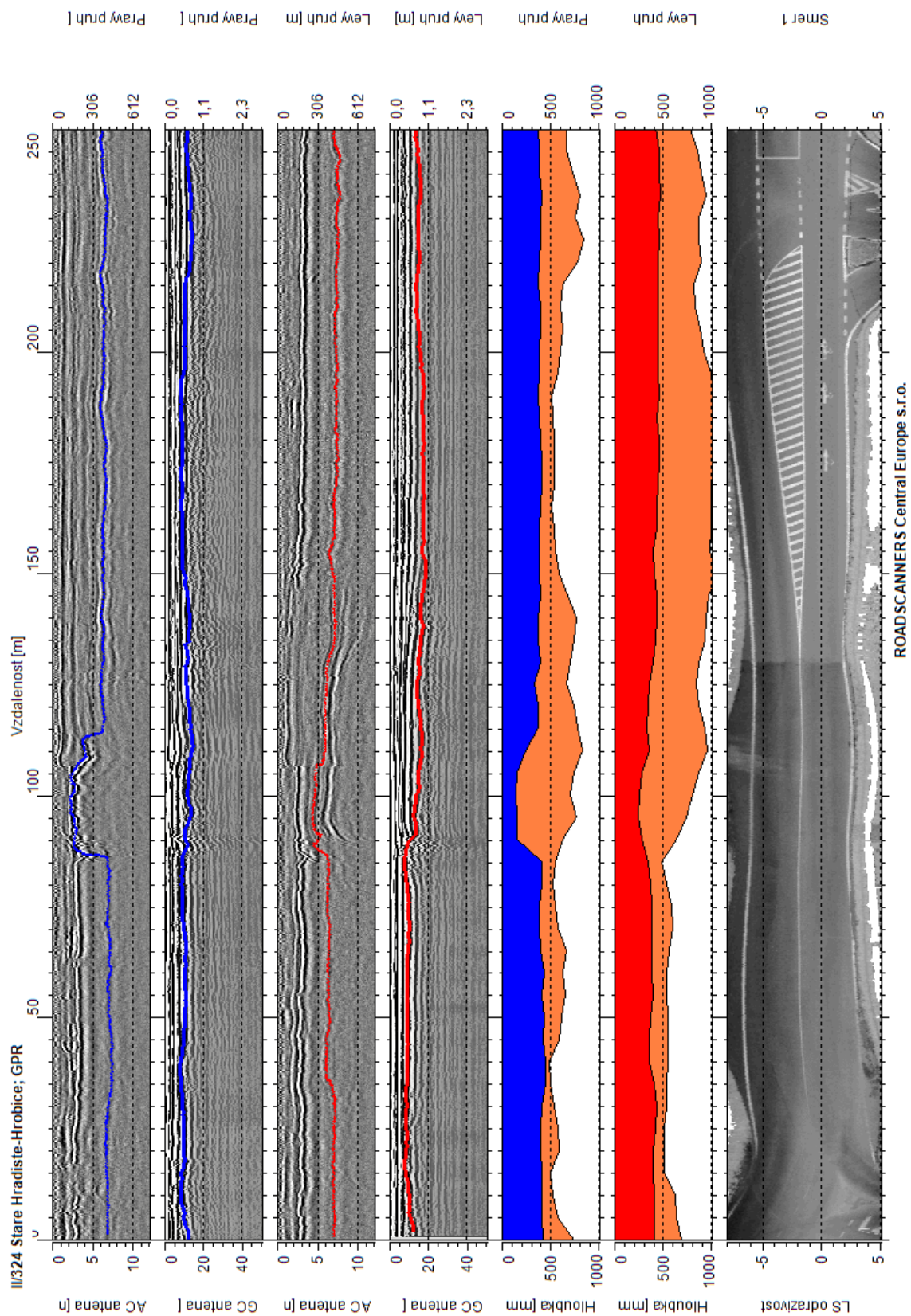
Příloha 2. Profily silnice II/324 Staré Hradiště - Hrobice zobrazené v programu Road Doctor 3<sup>®</sup>, modul podloží, napětí a únosnost vozovky.

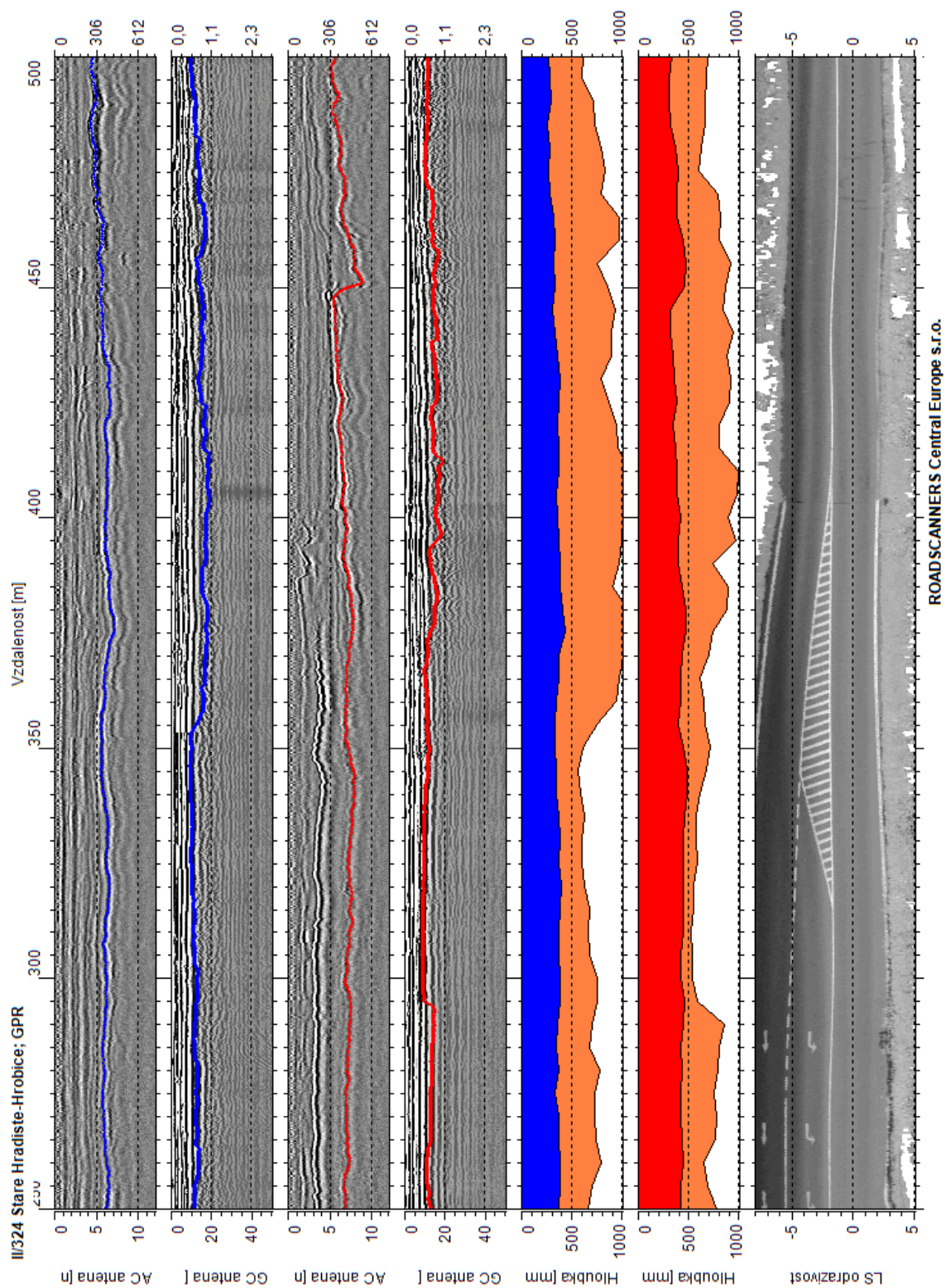
Zpracovali: Annele Matintupa, MSc. Civ. Eng. (Ing.)  
Ing. Ján Filipovský, PhD.  
Ing. Michaela Sekaninová

V Praze dne 7.11.2016

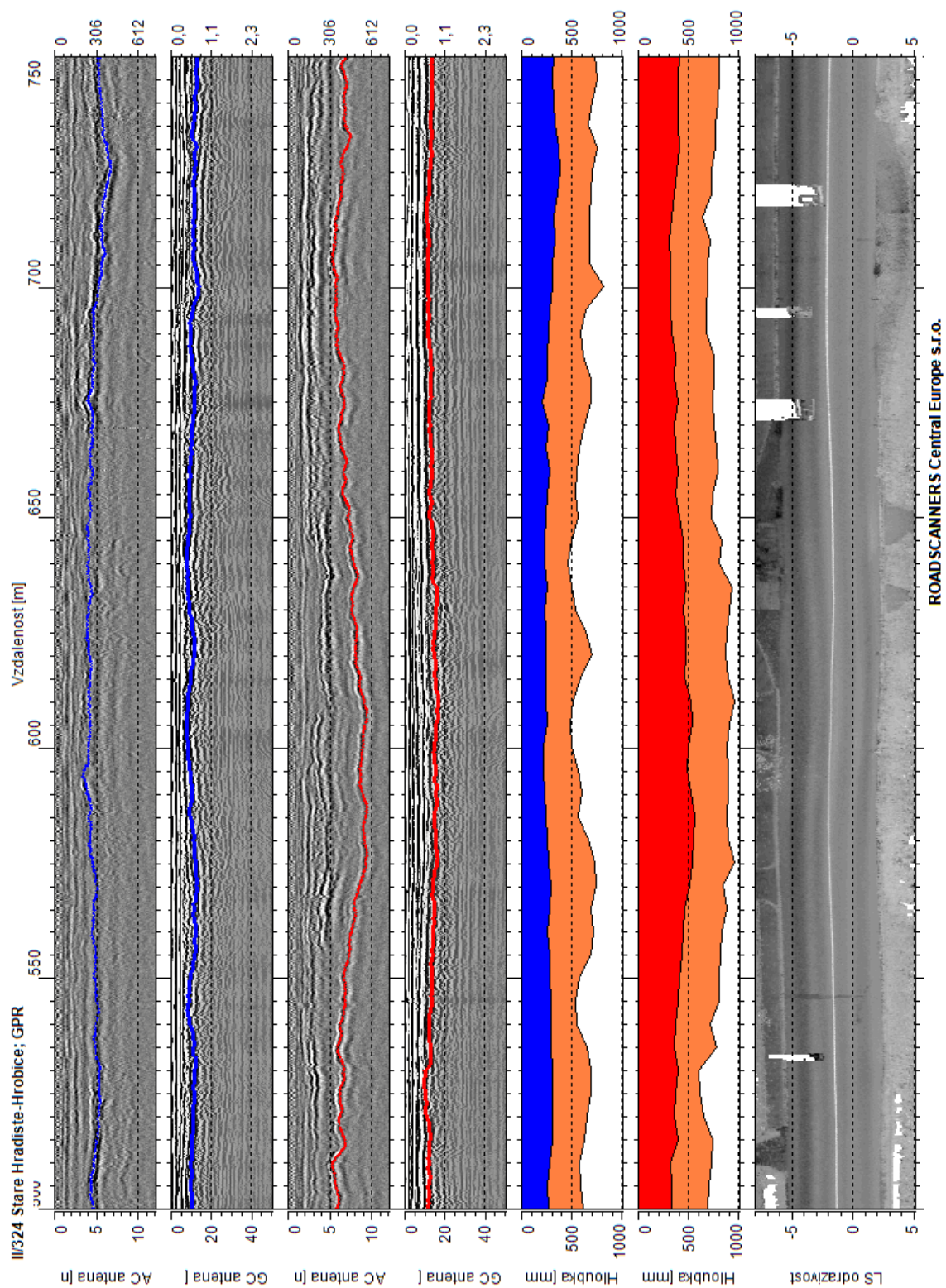


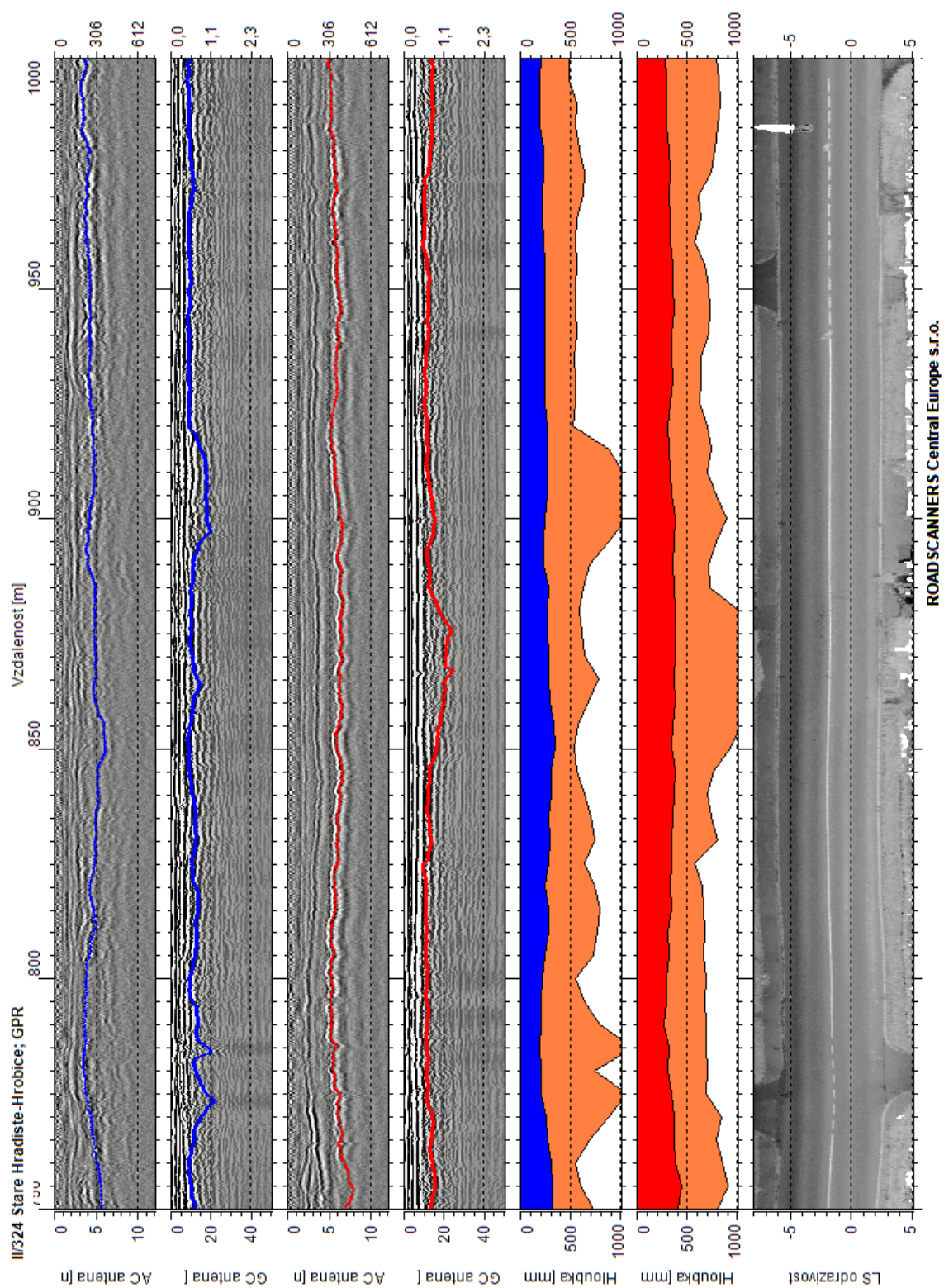
## 6.1 Vyhodnocení GPR dat



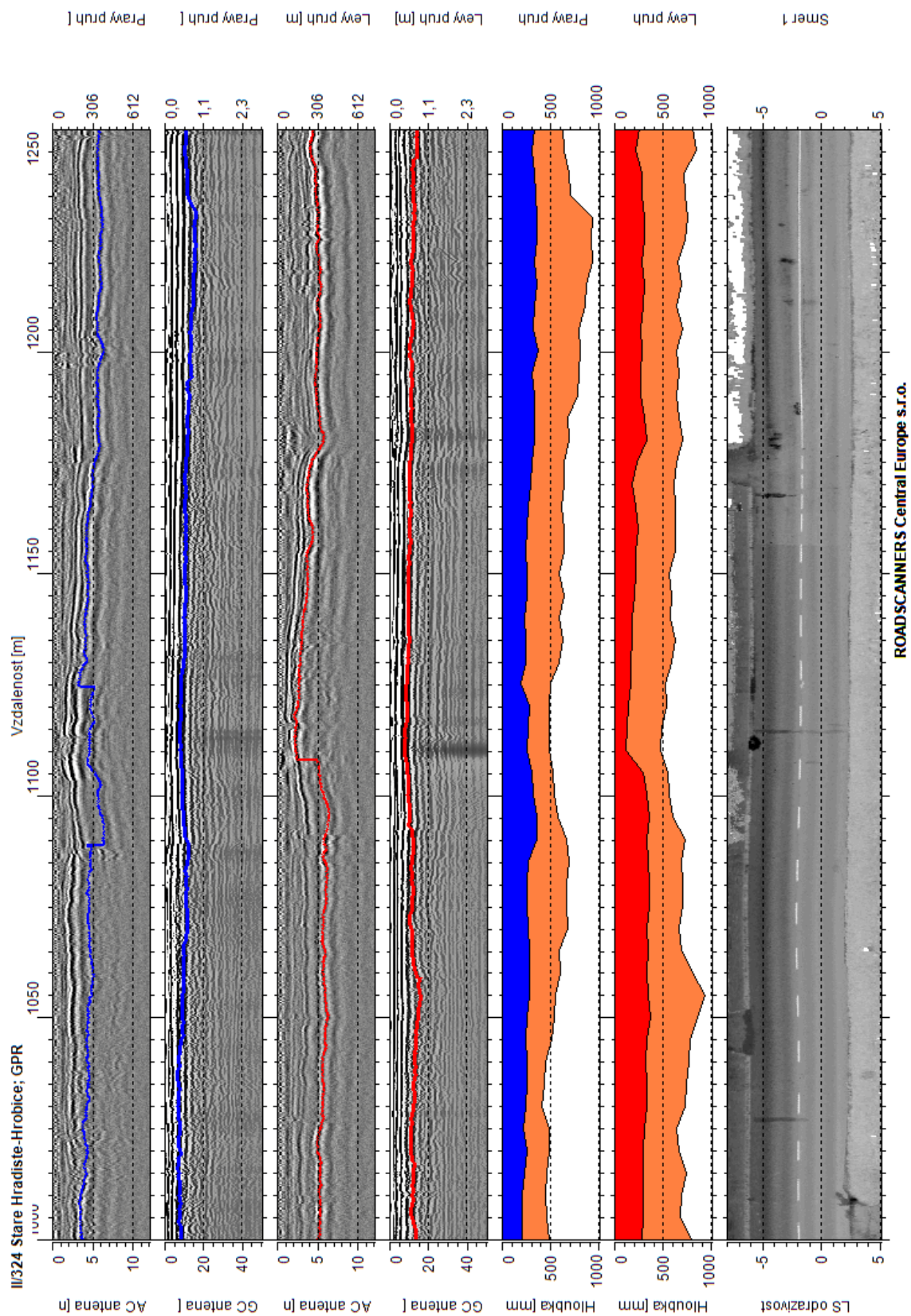




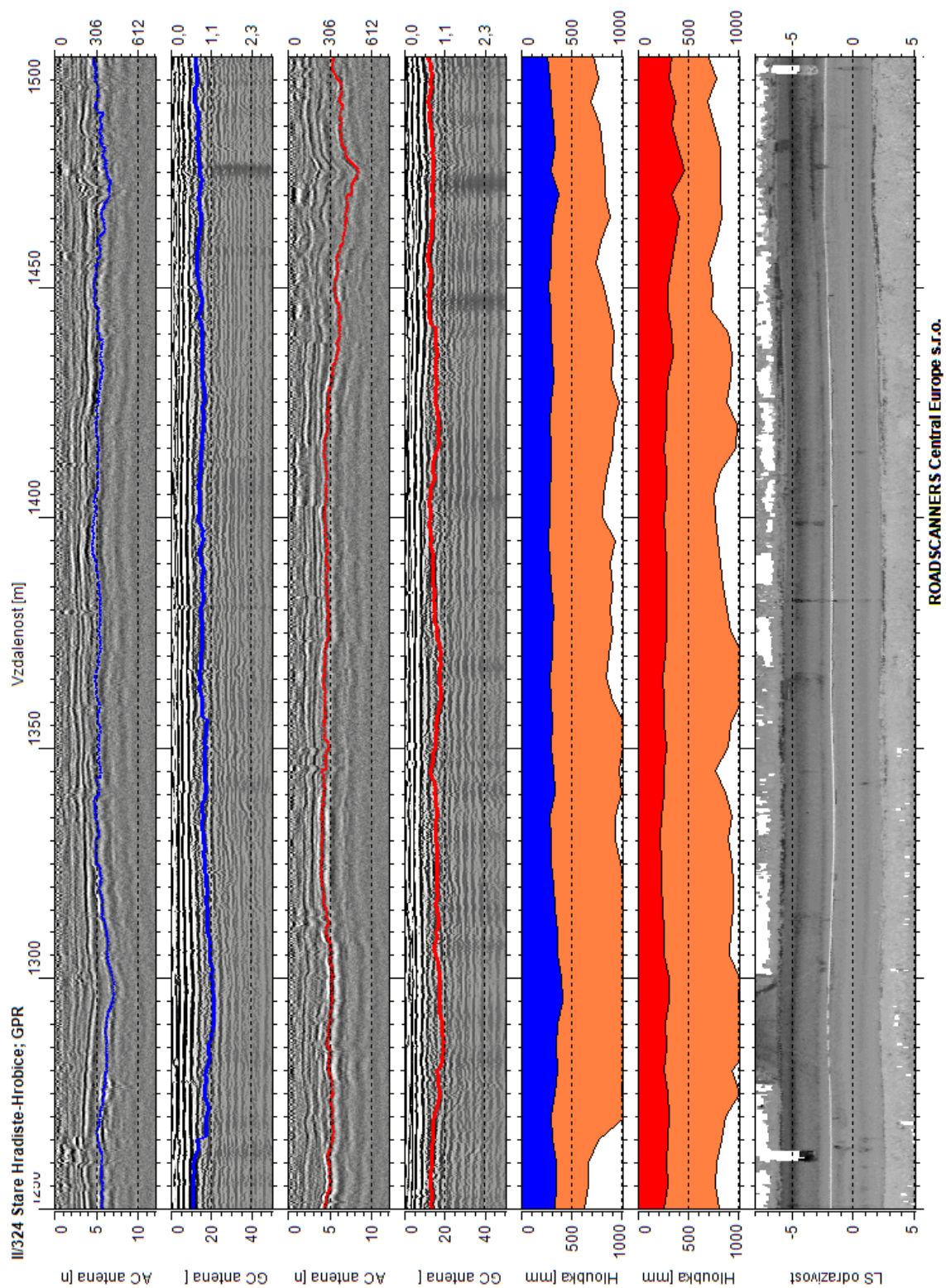


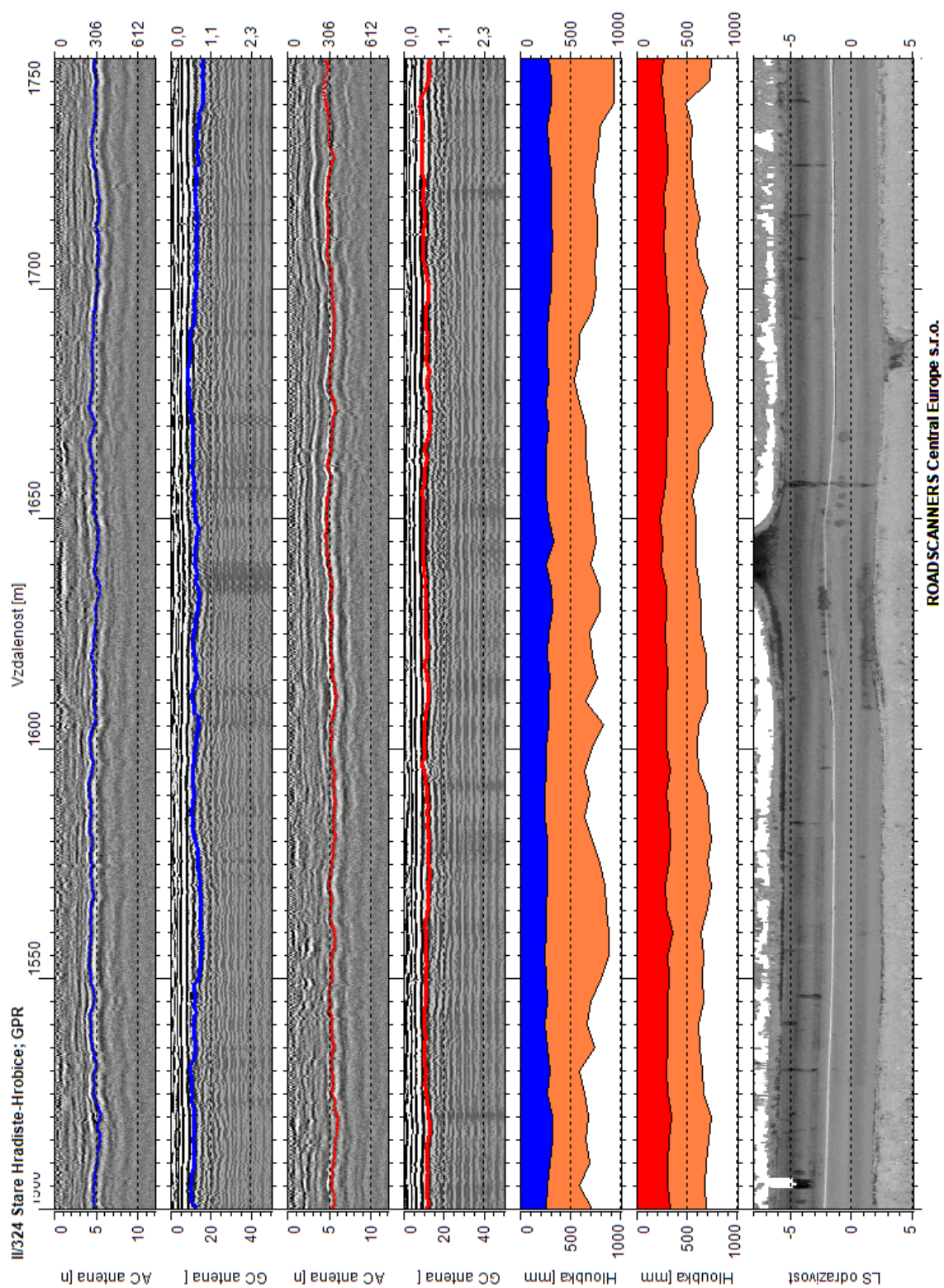




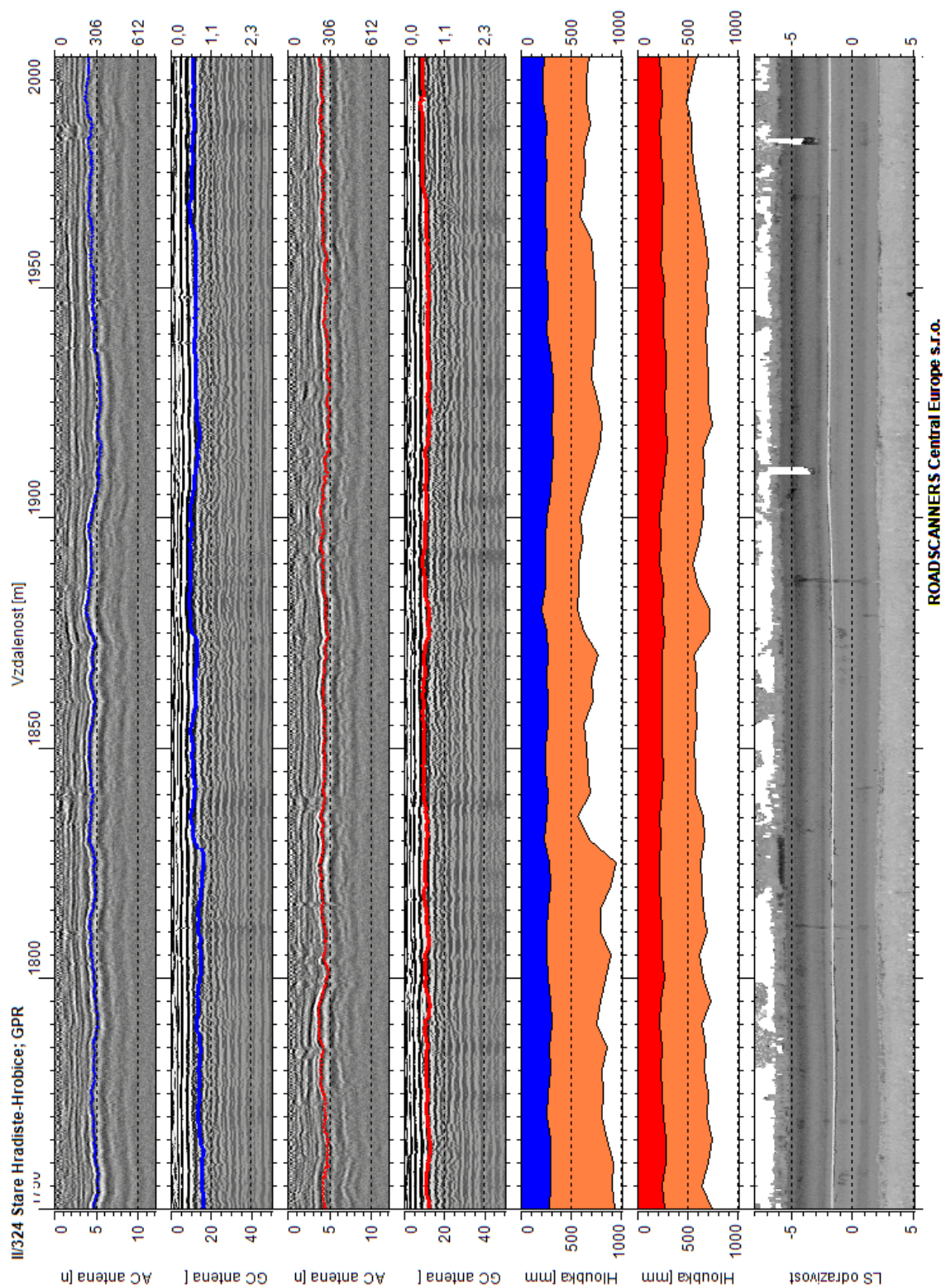


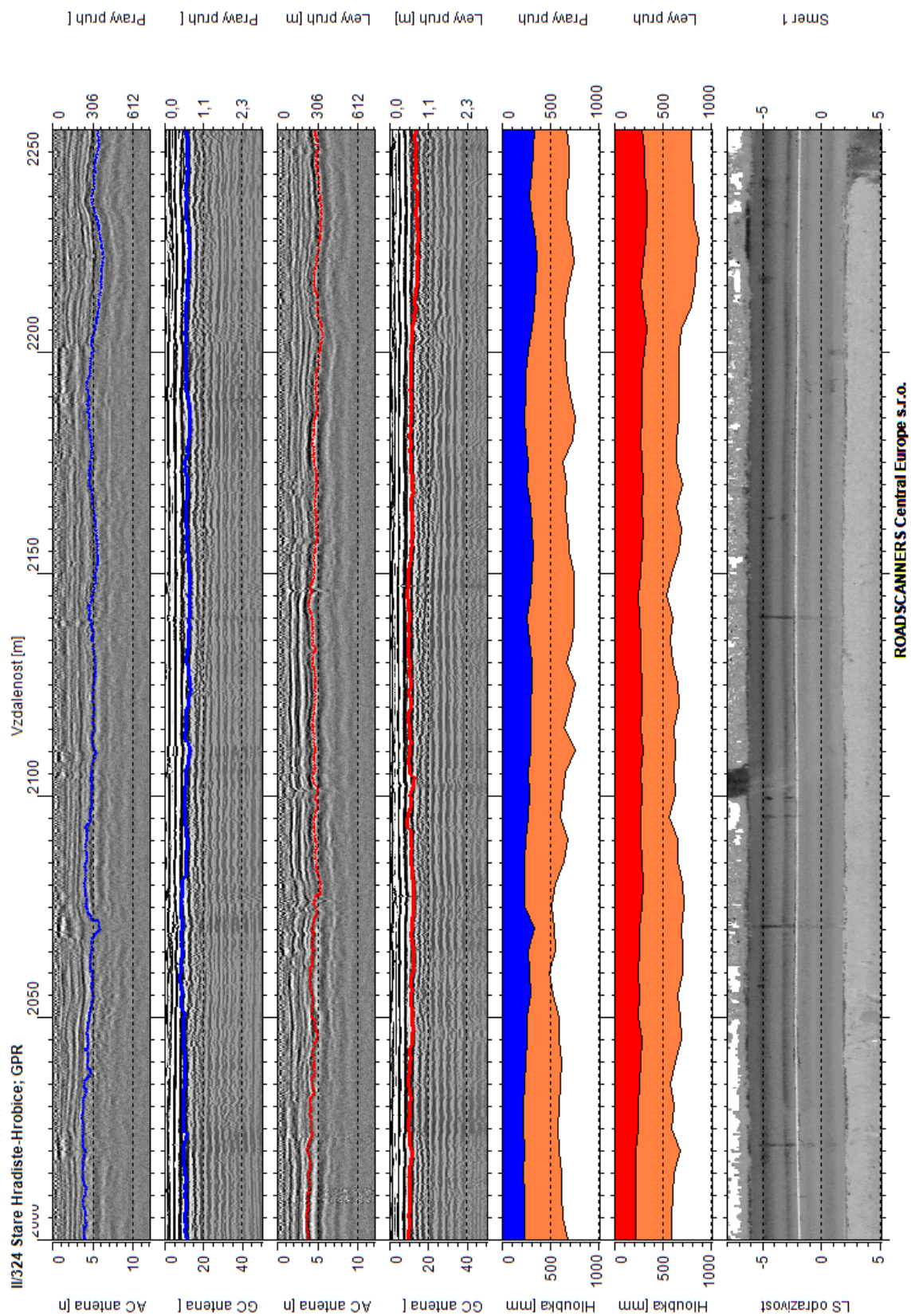




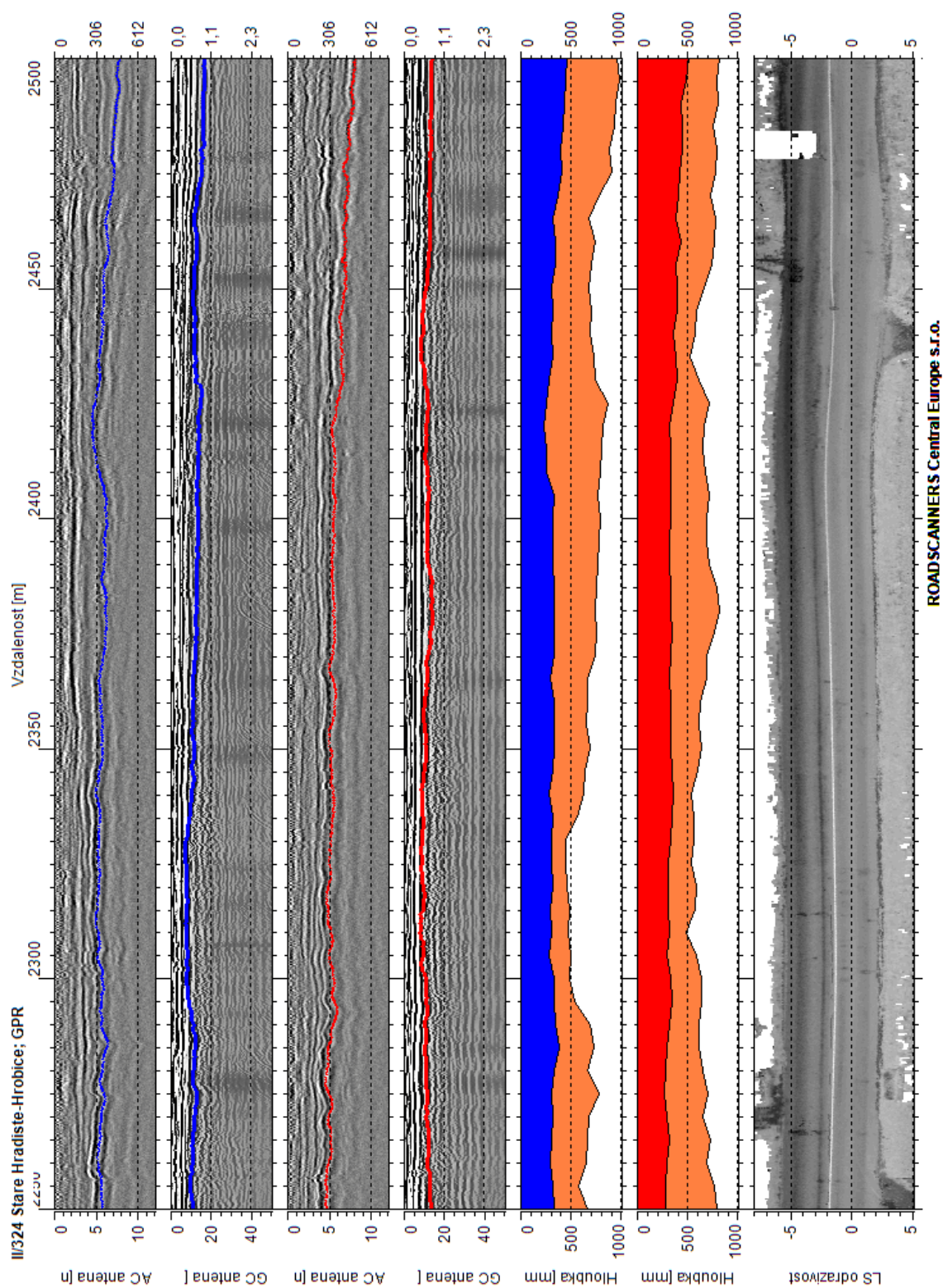




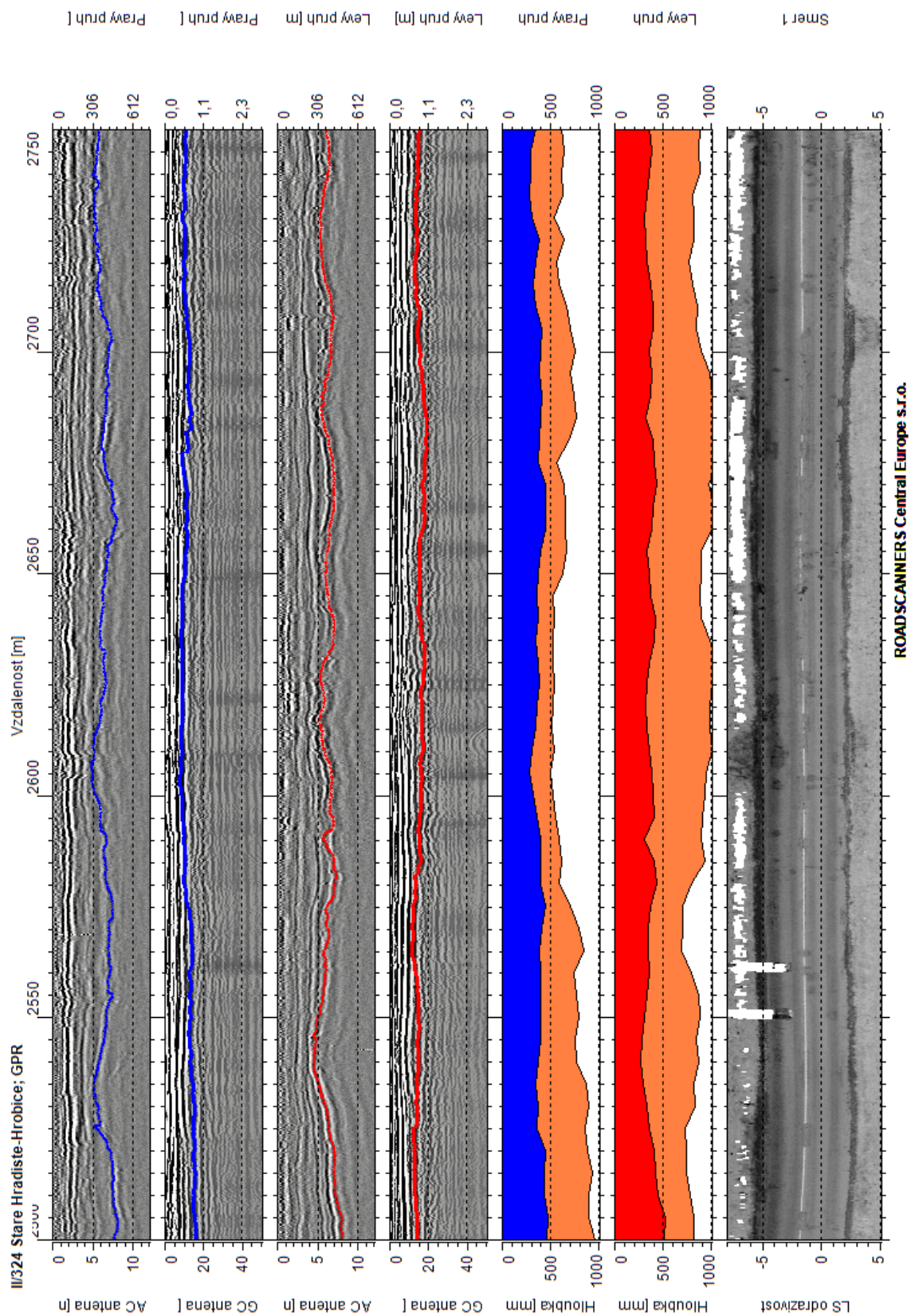


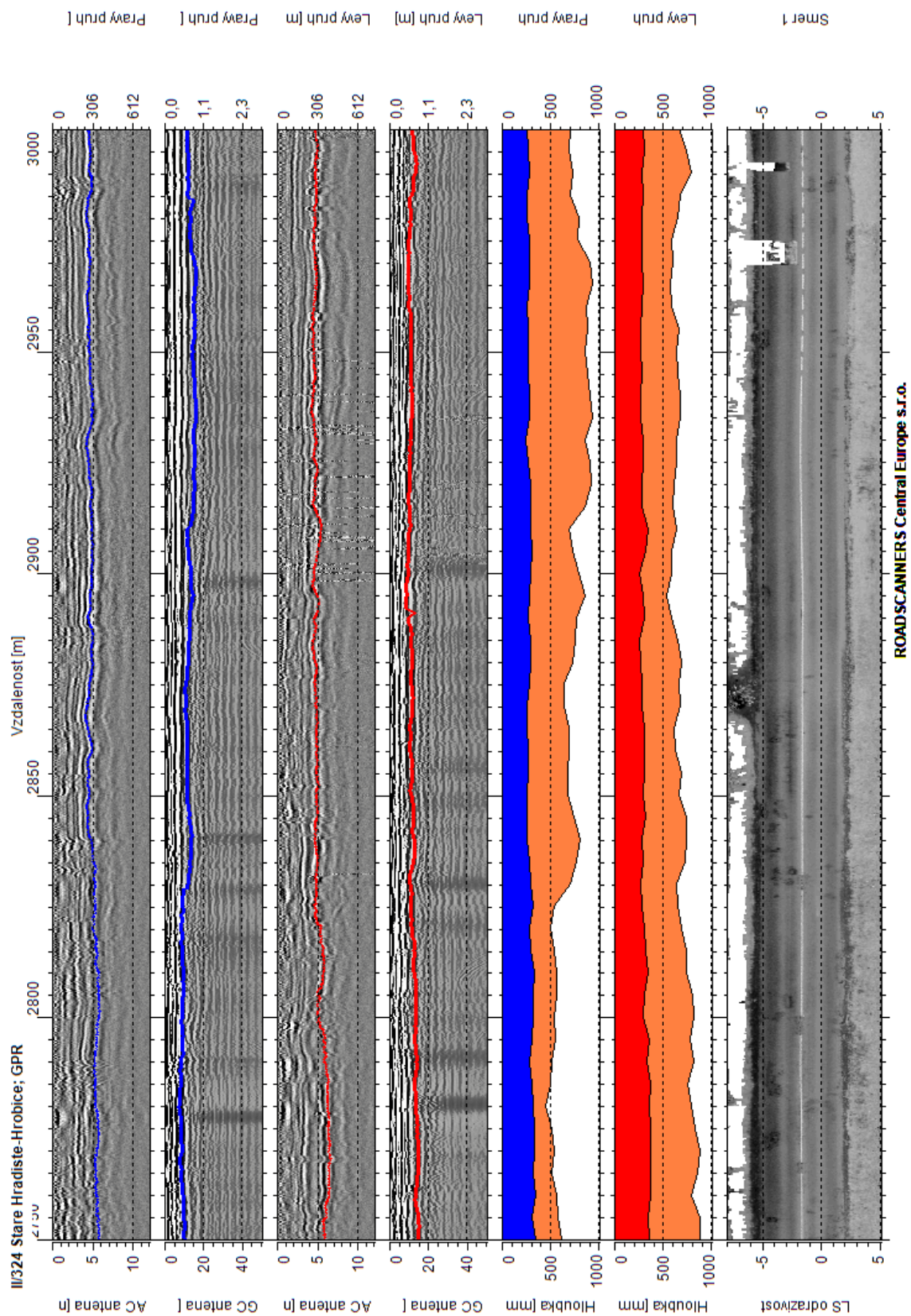




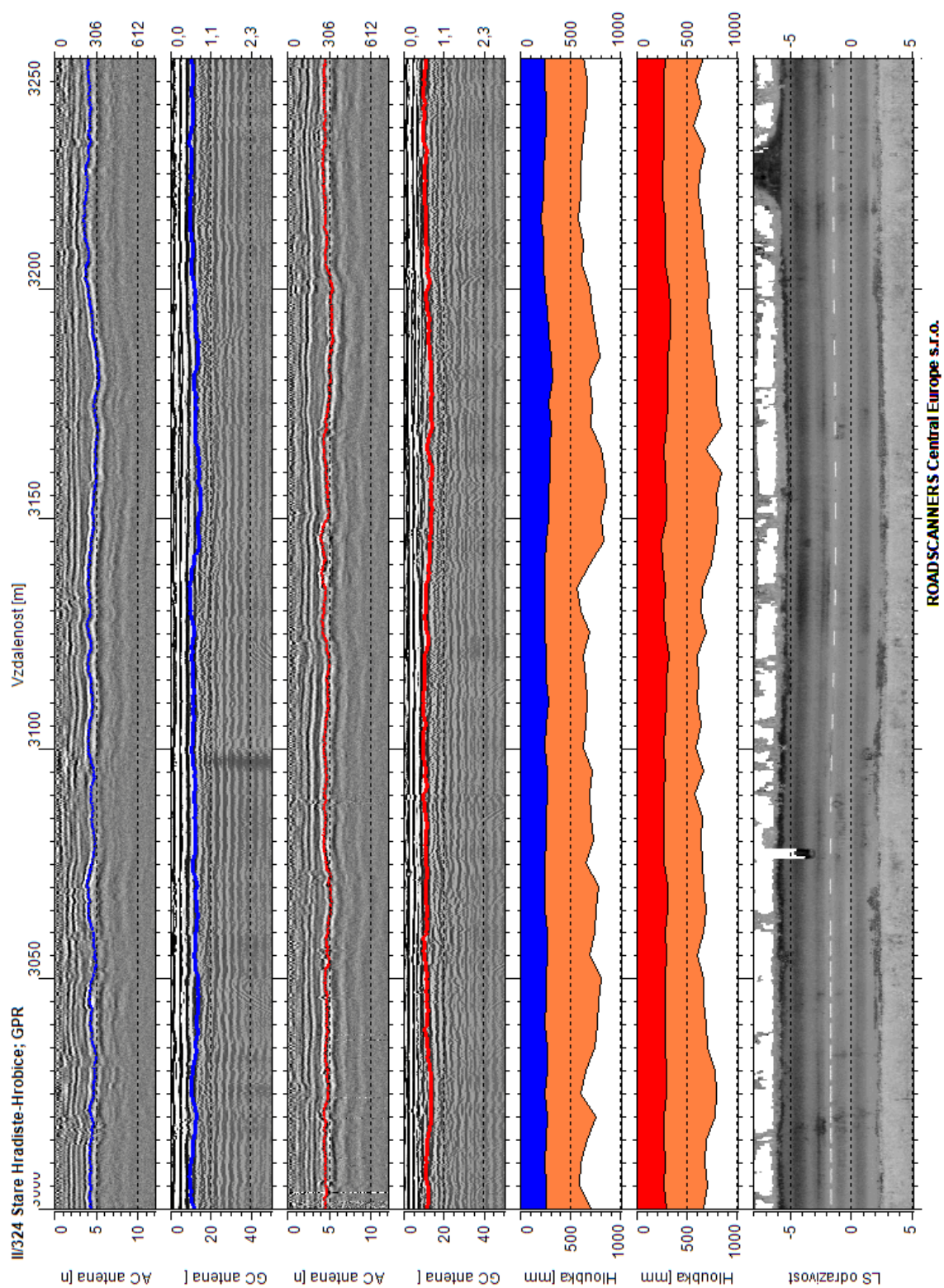


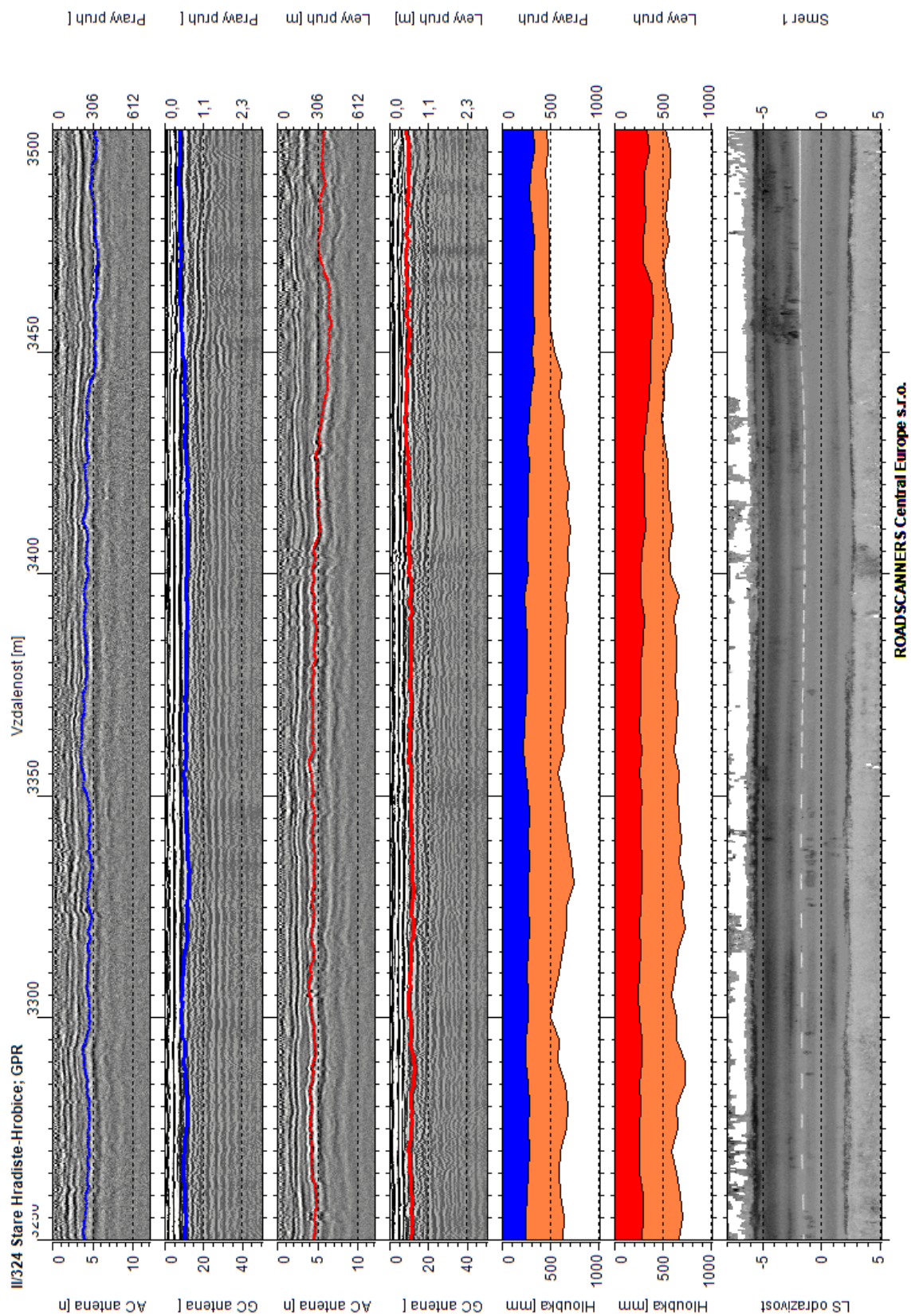




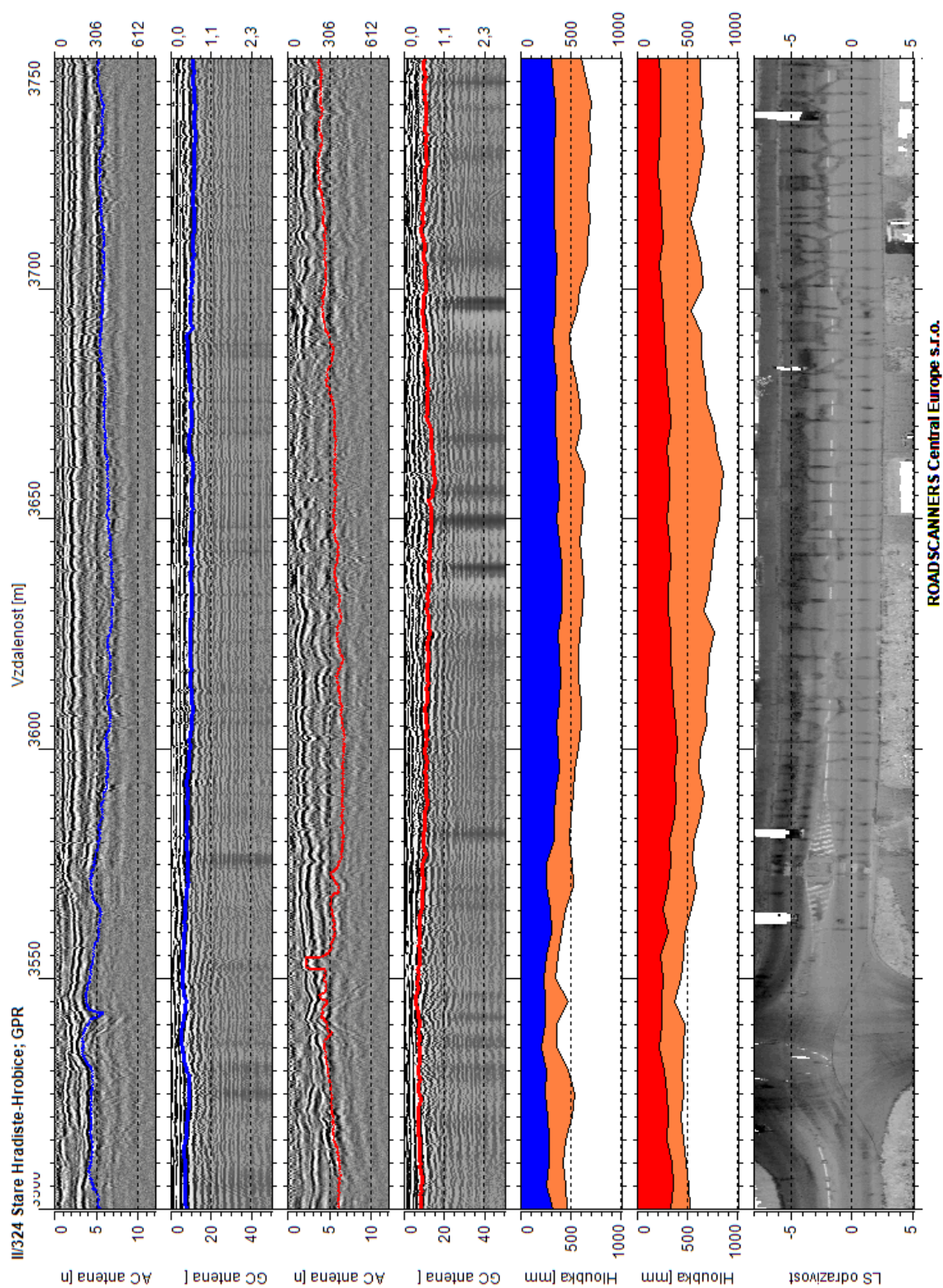


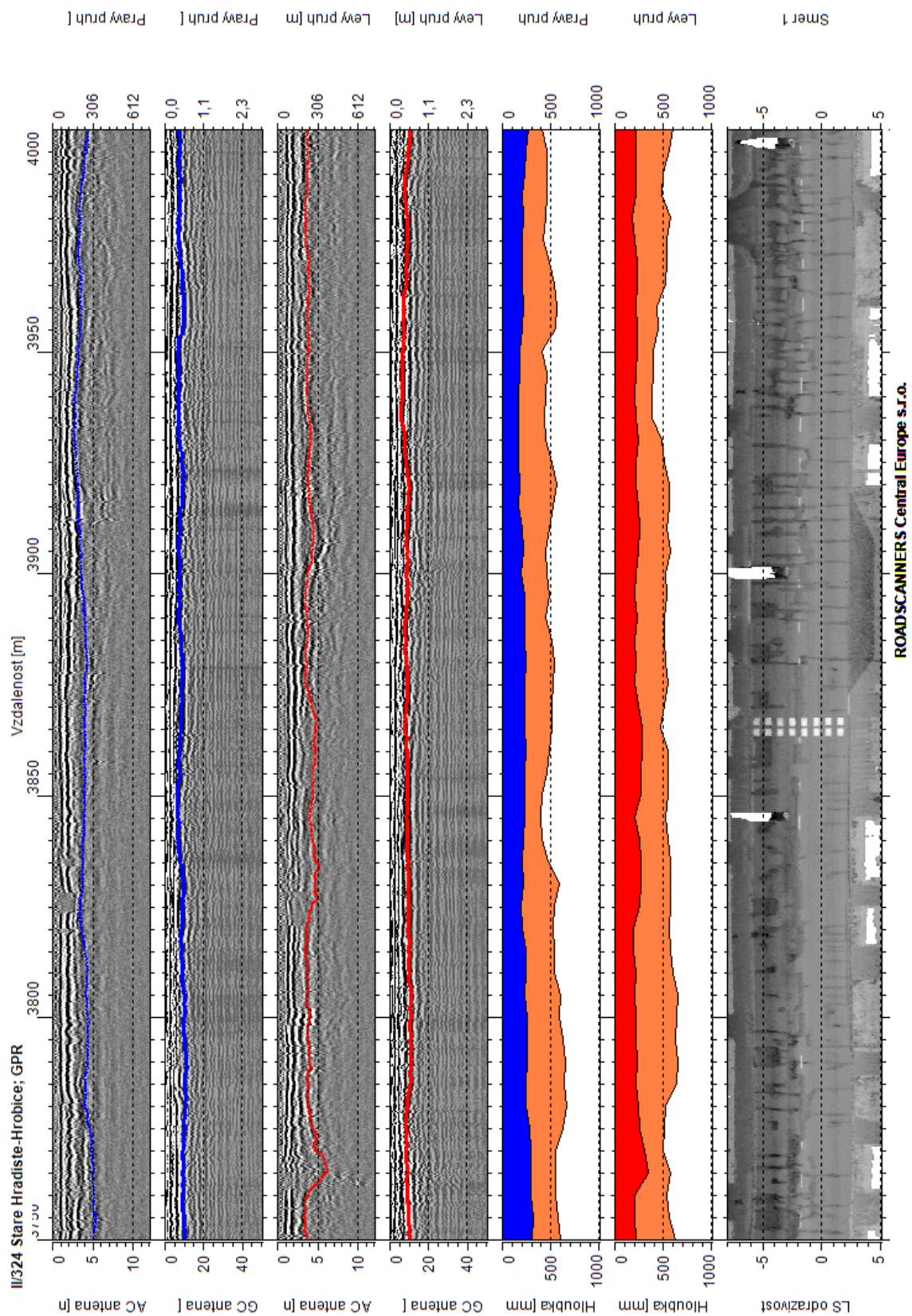




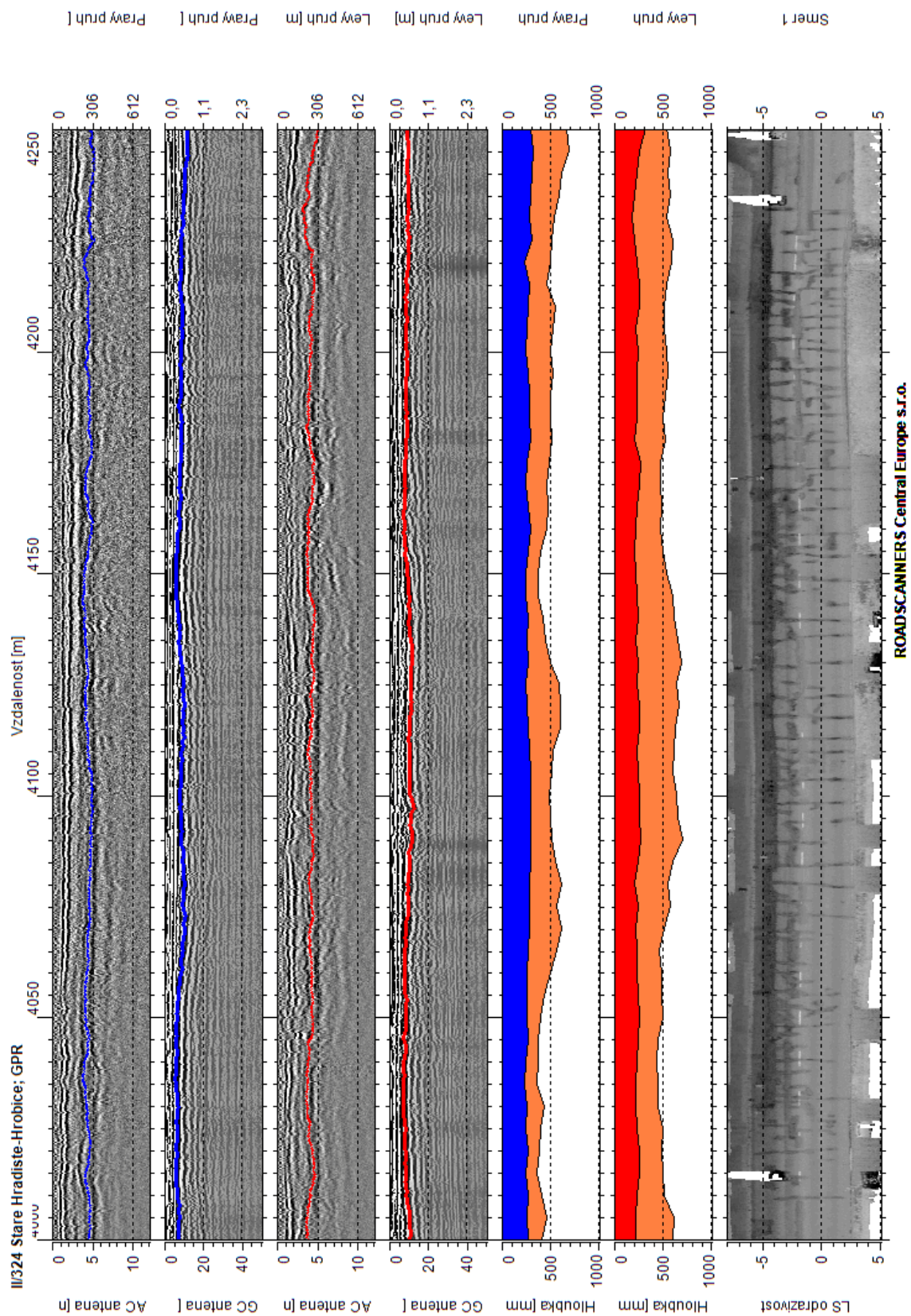


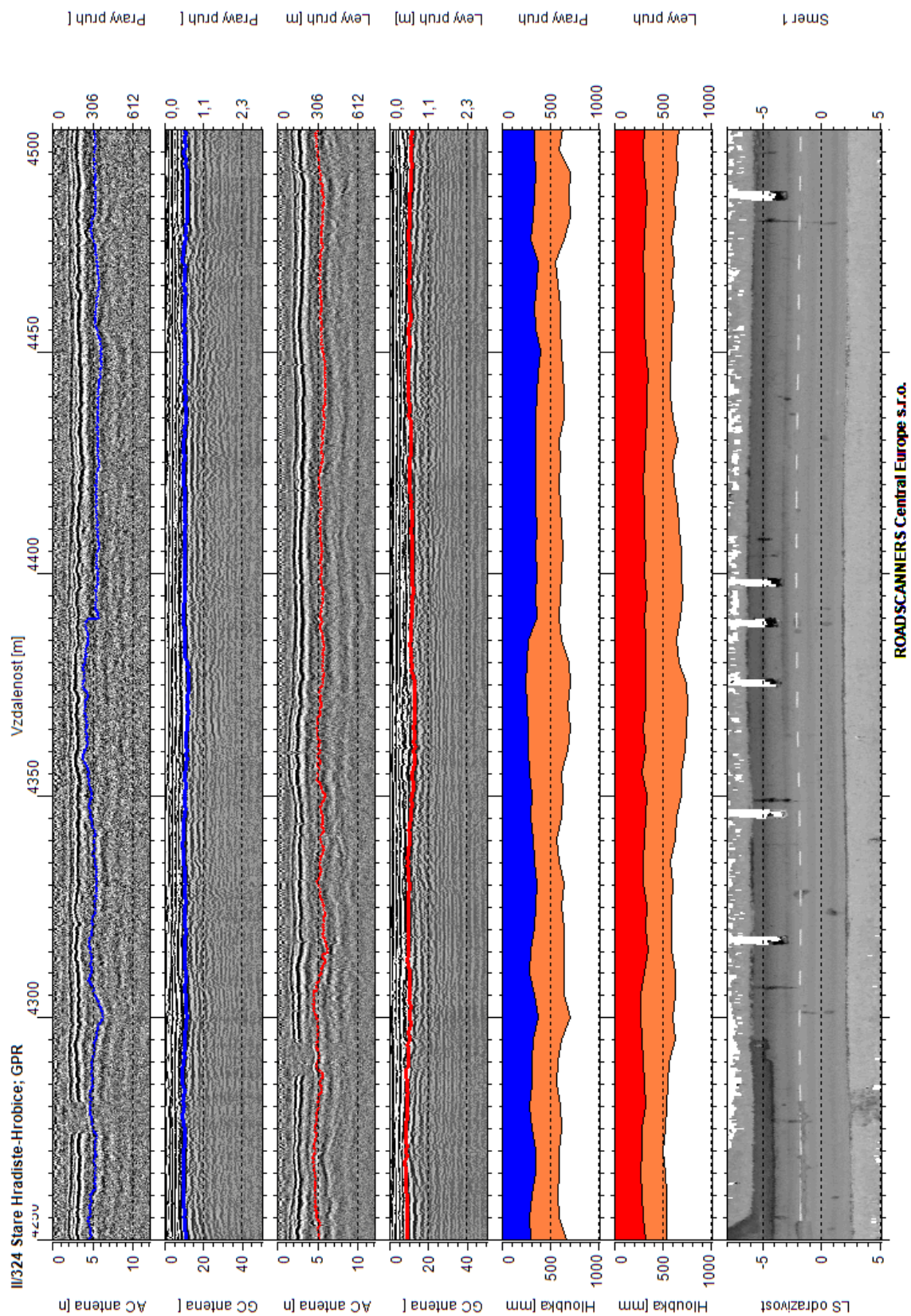




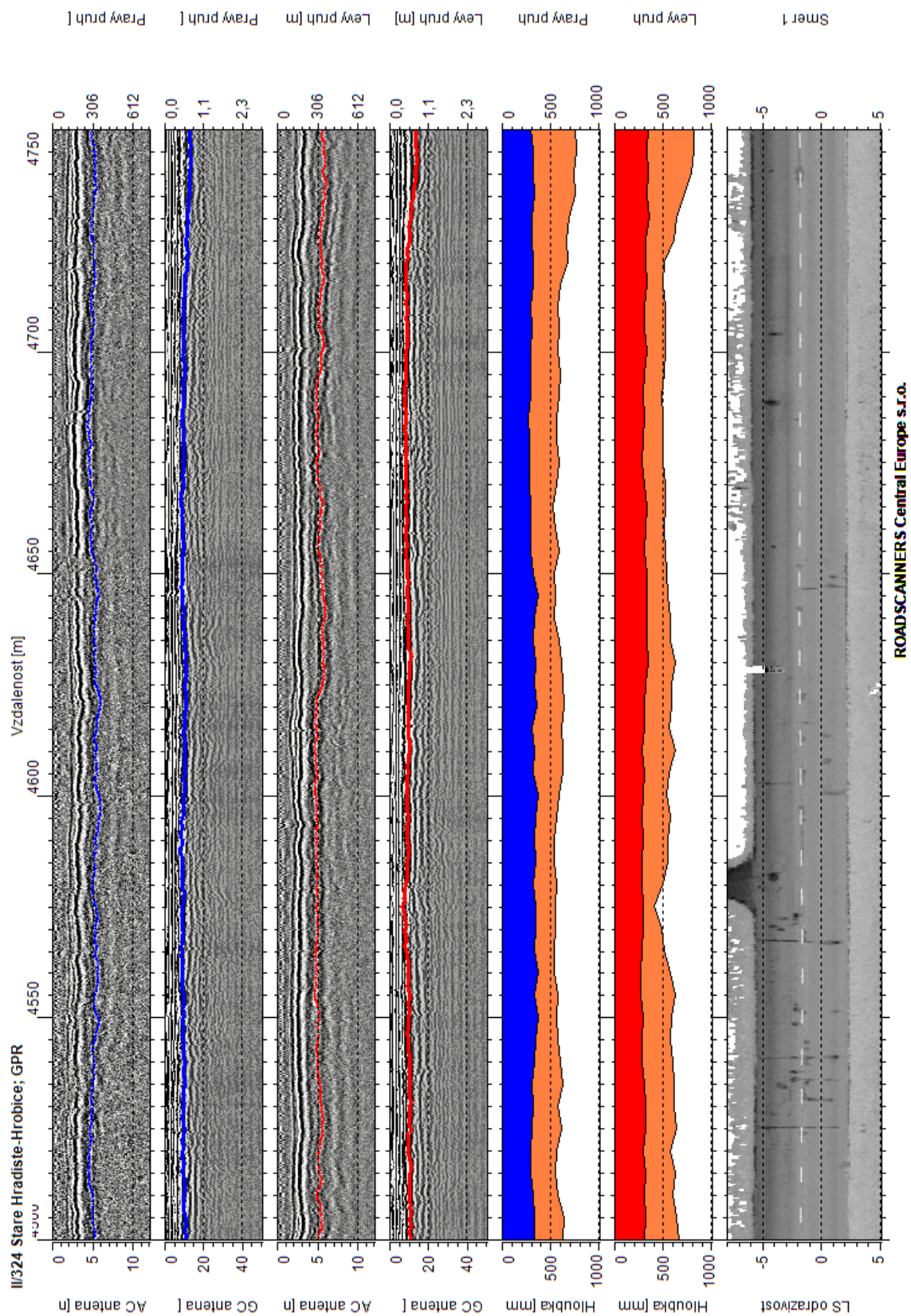


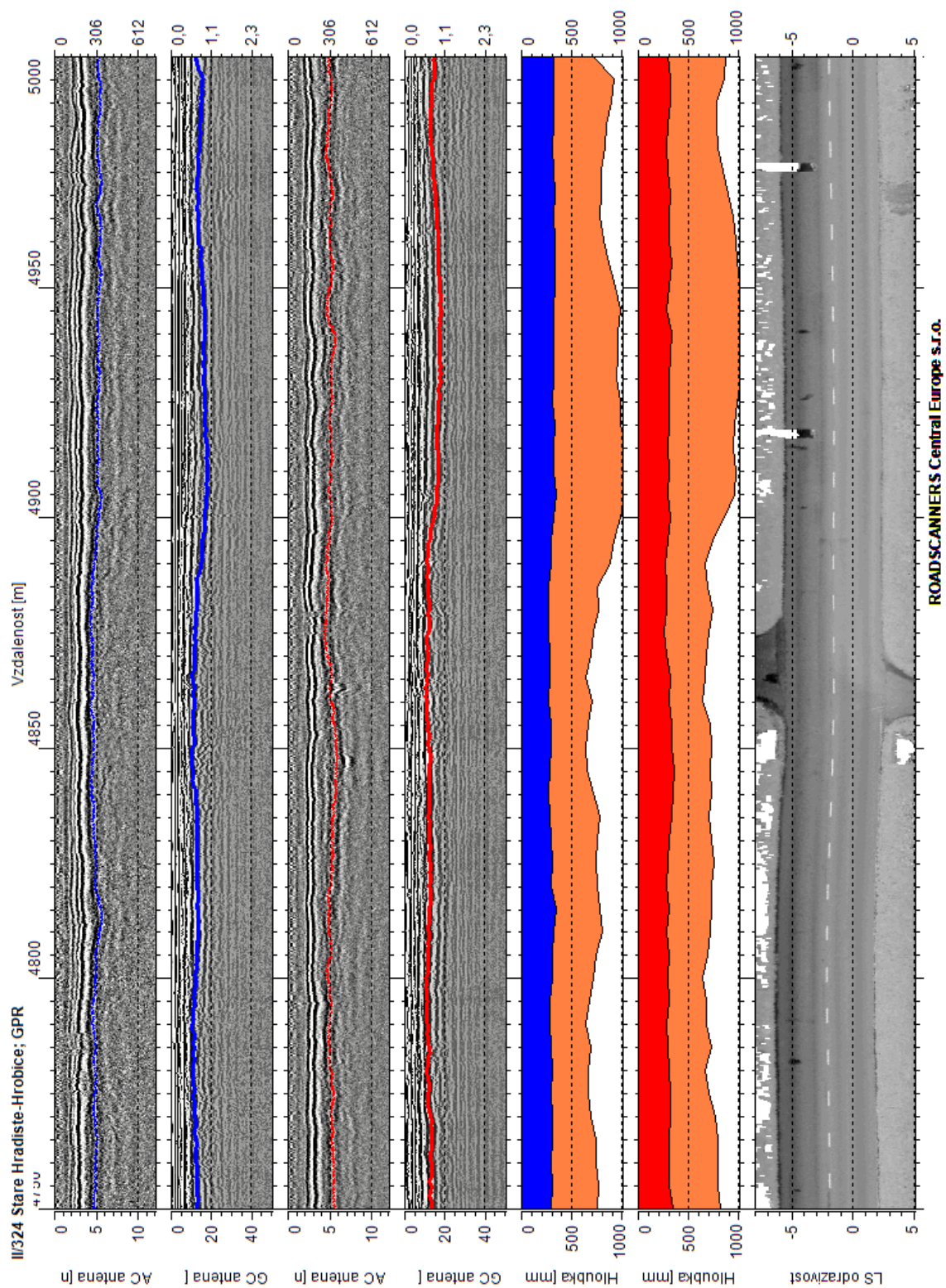




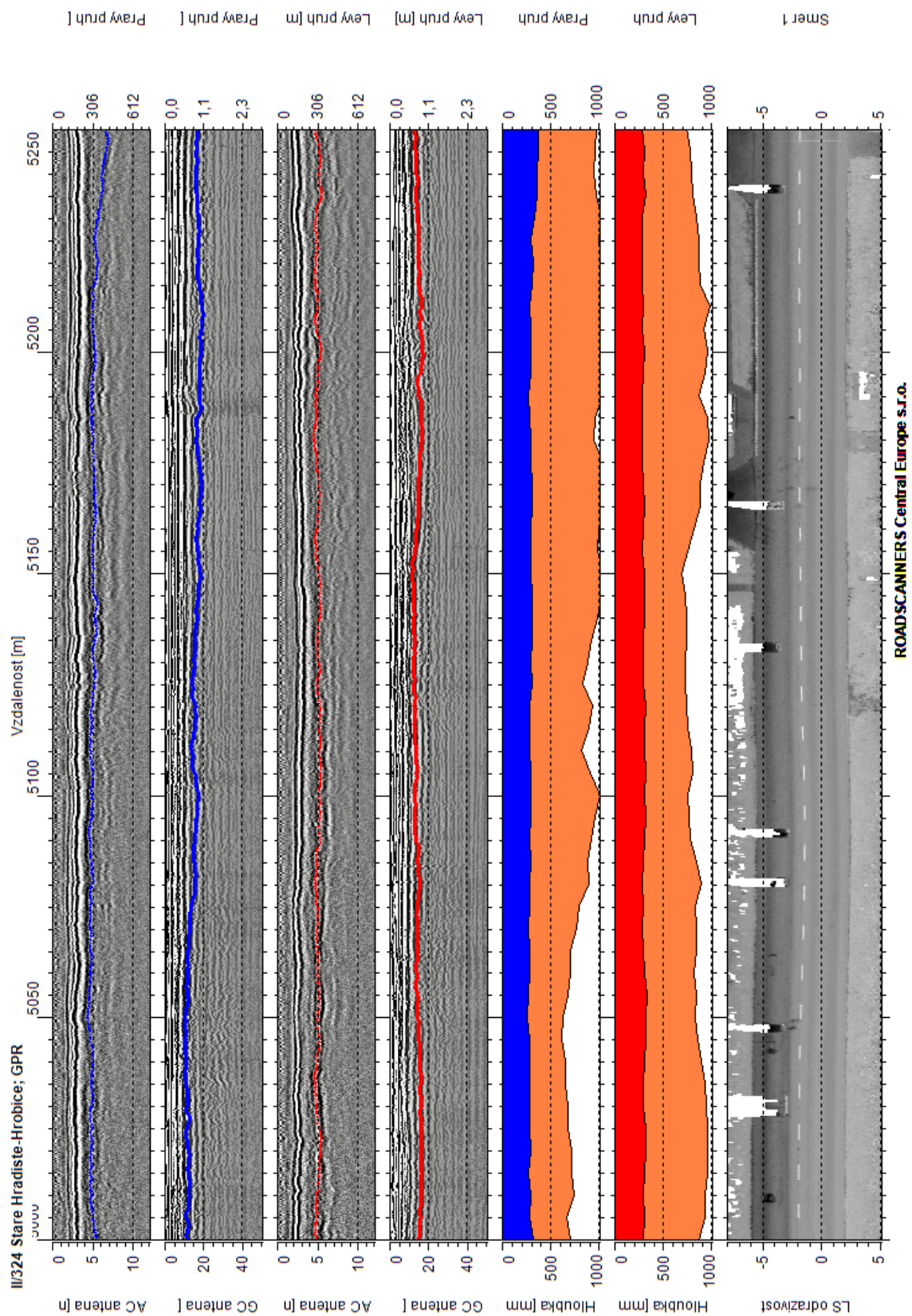


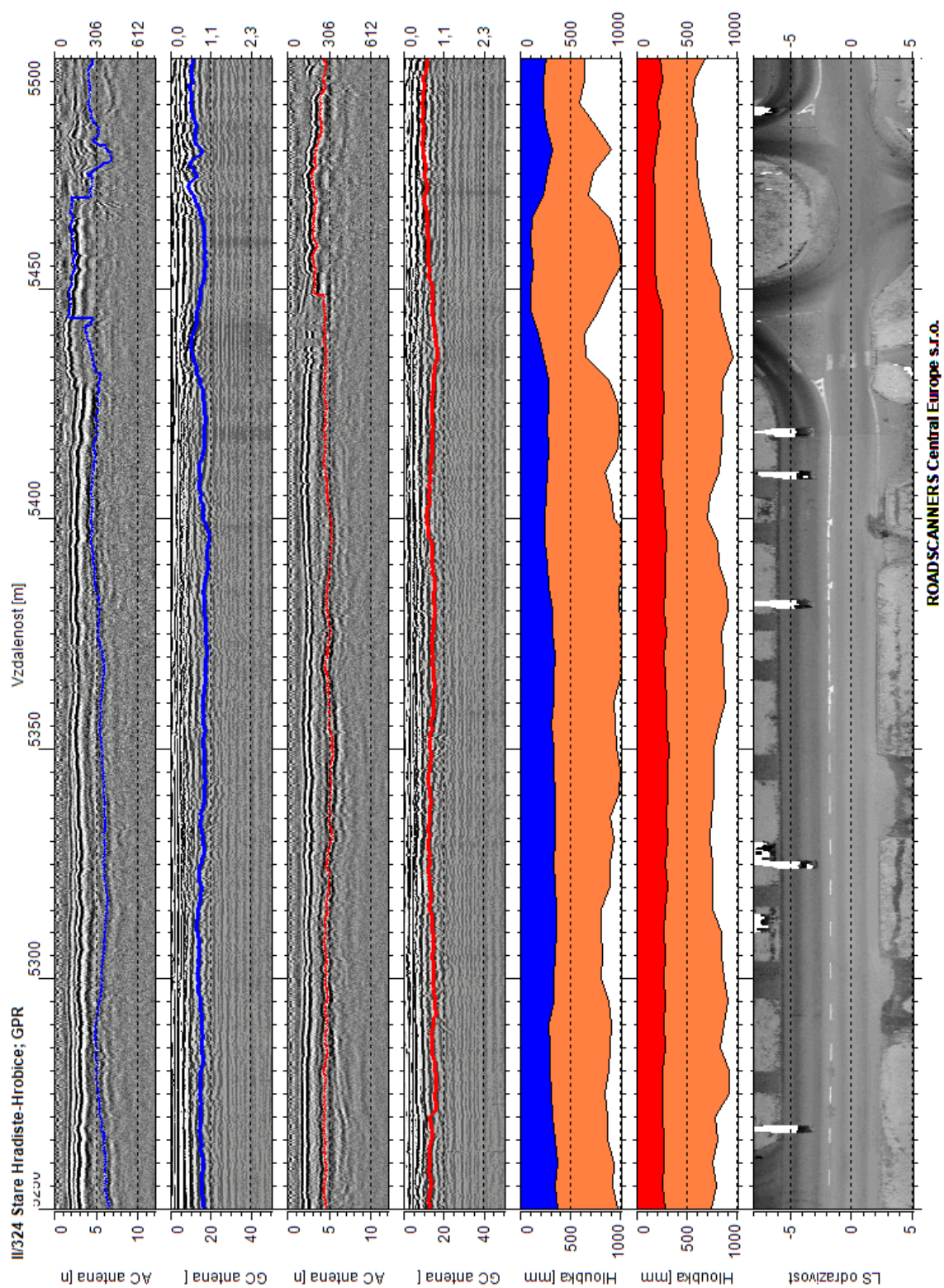




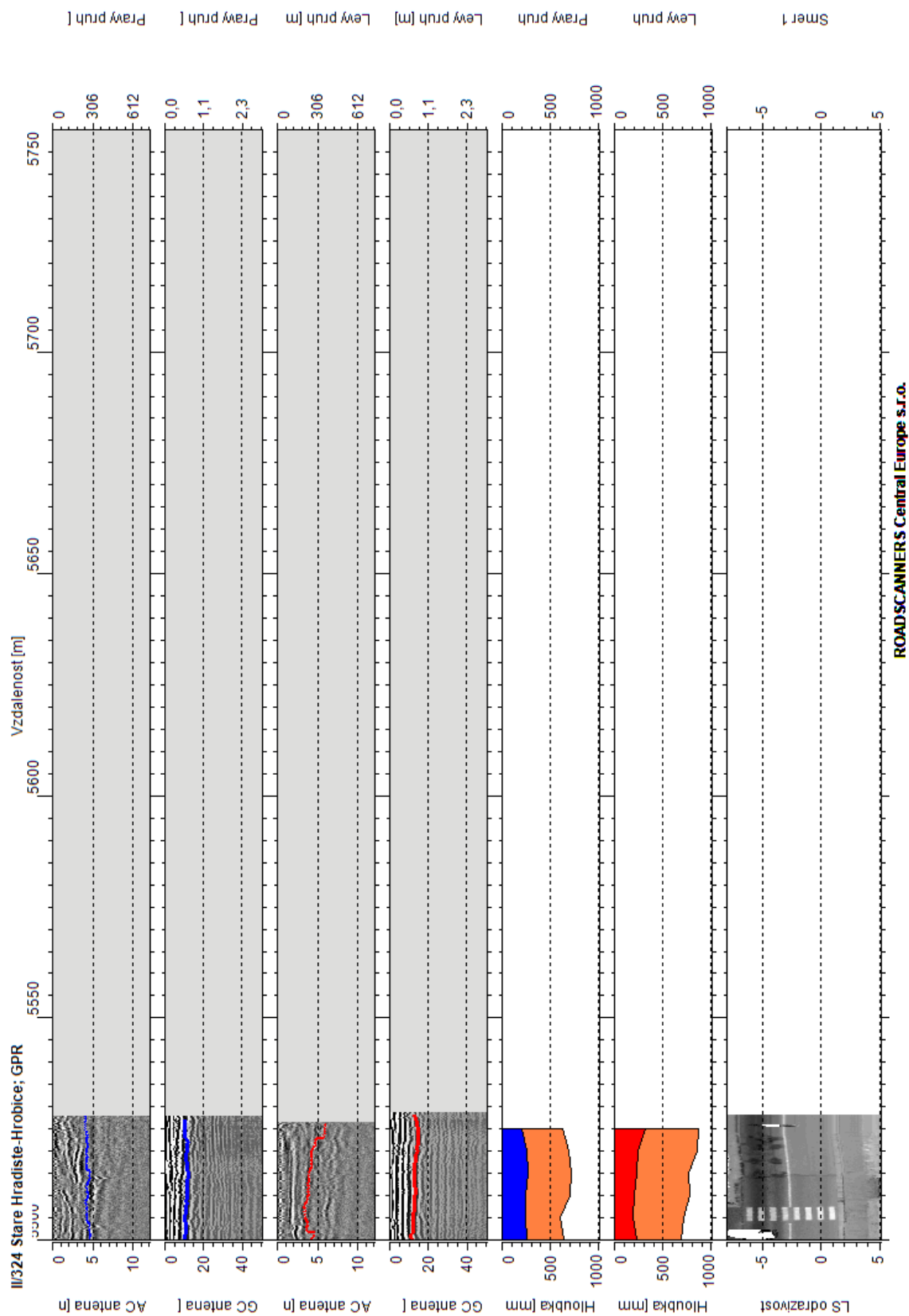




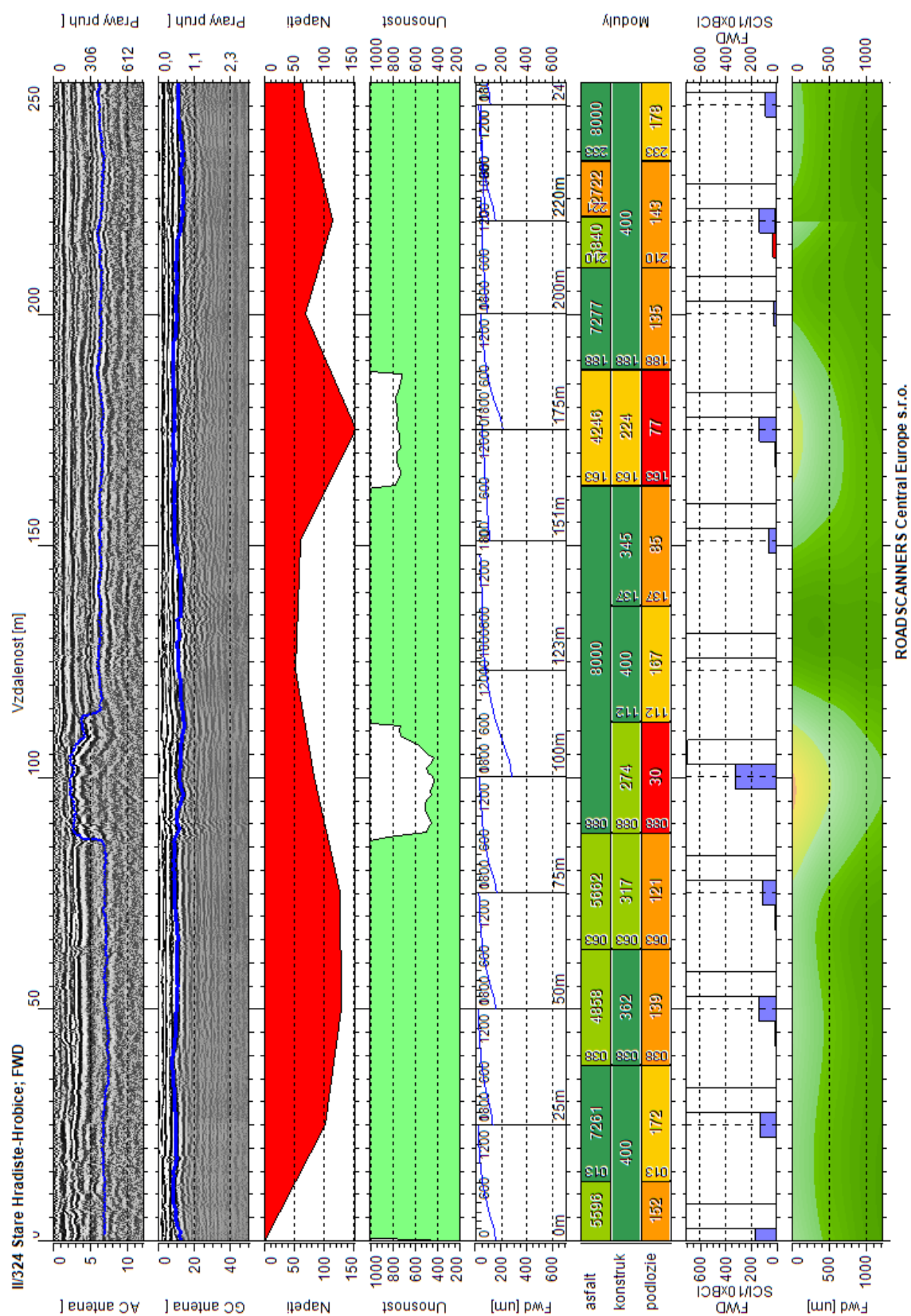




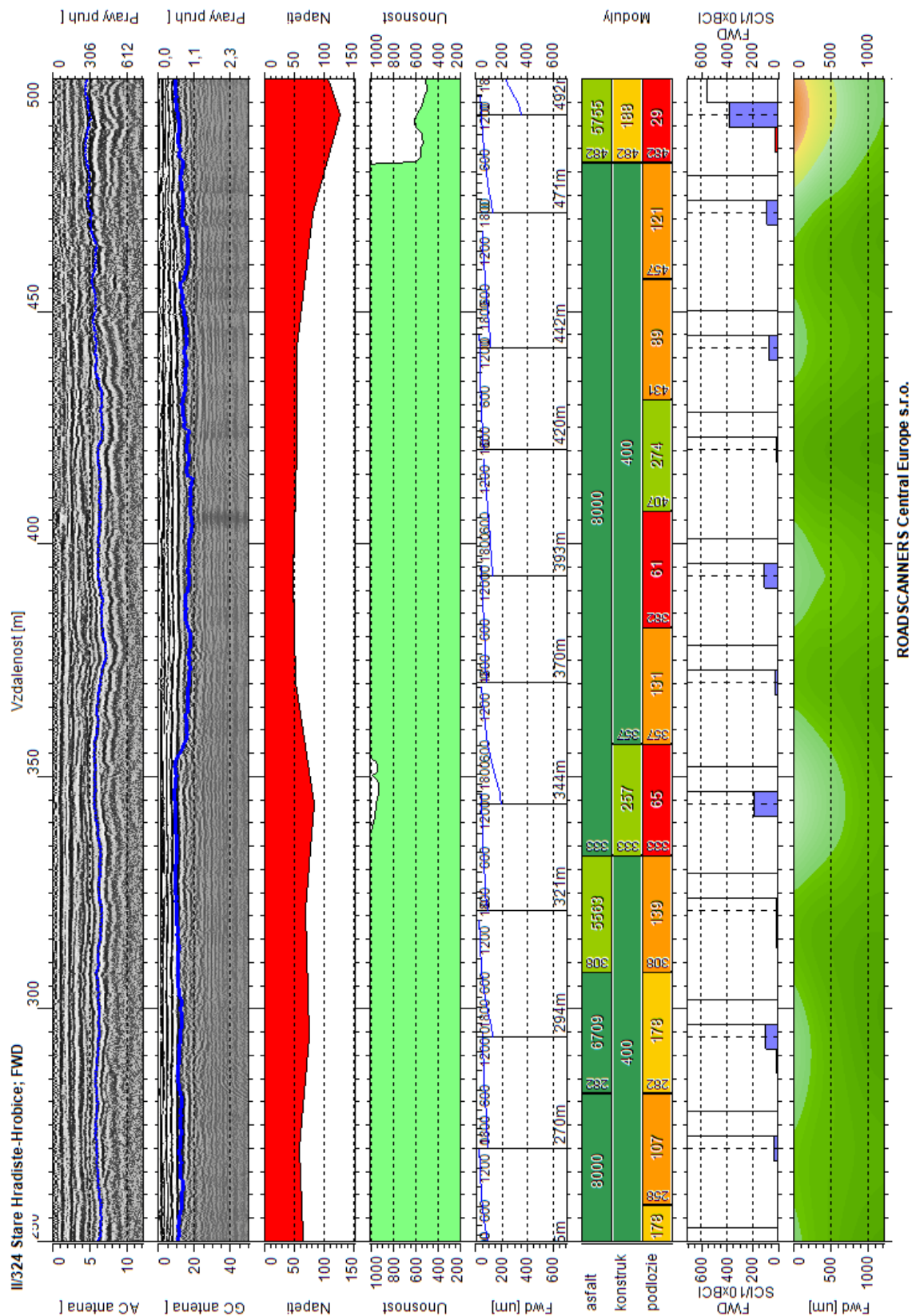


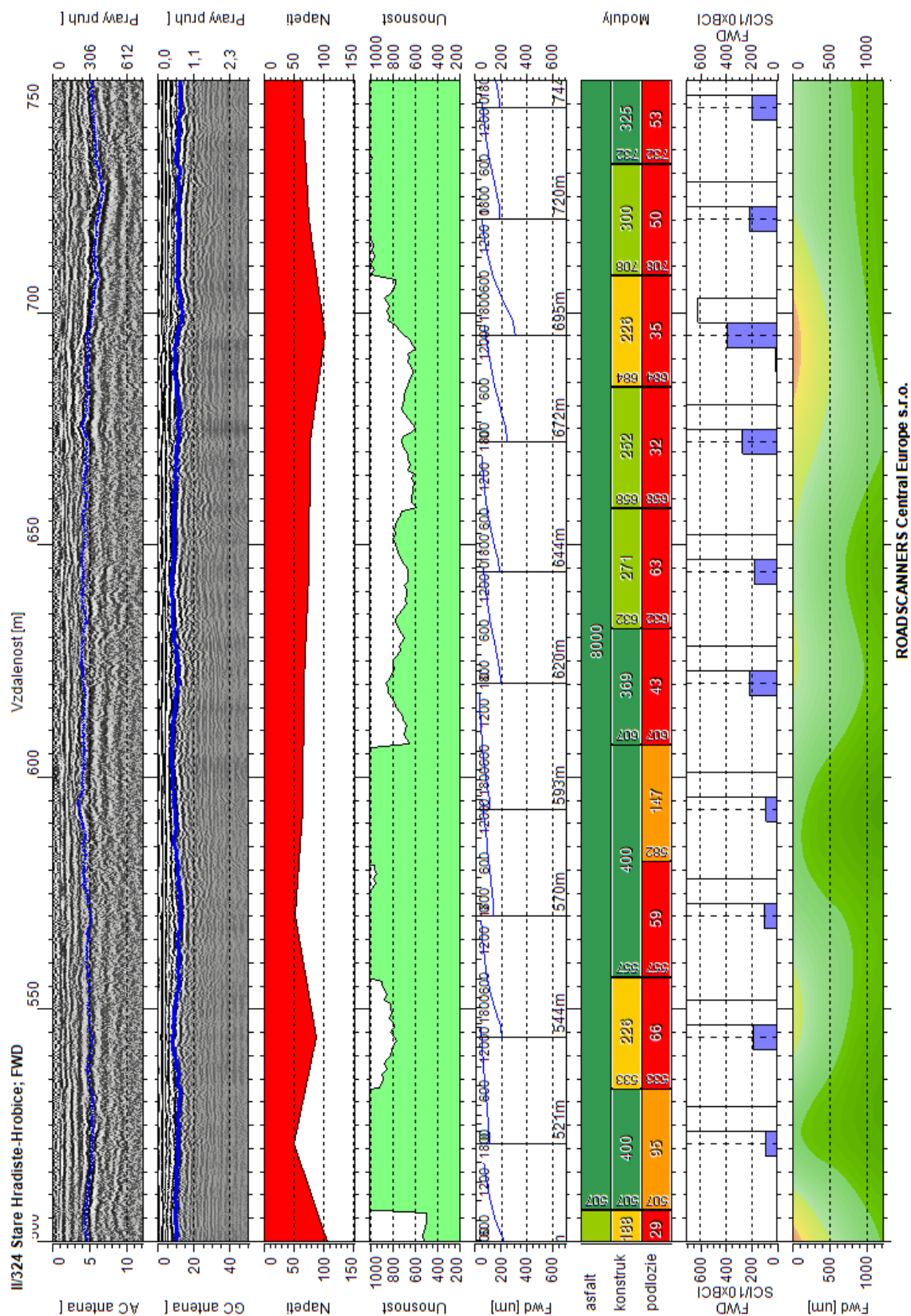


## 6.2 Vyhodnocení dat FWD

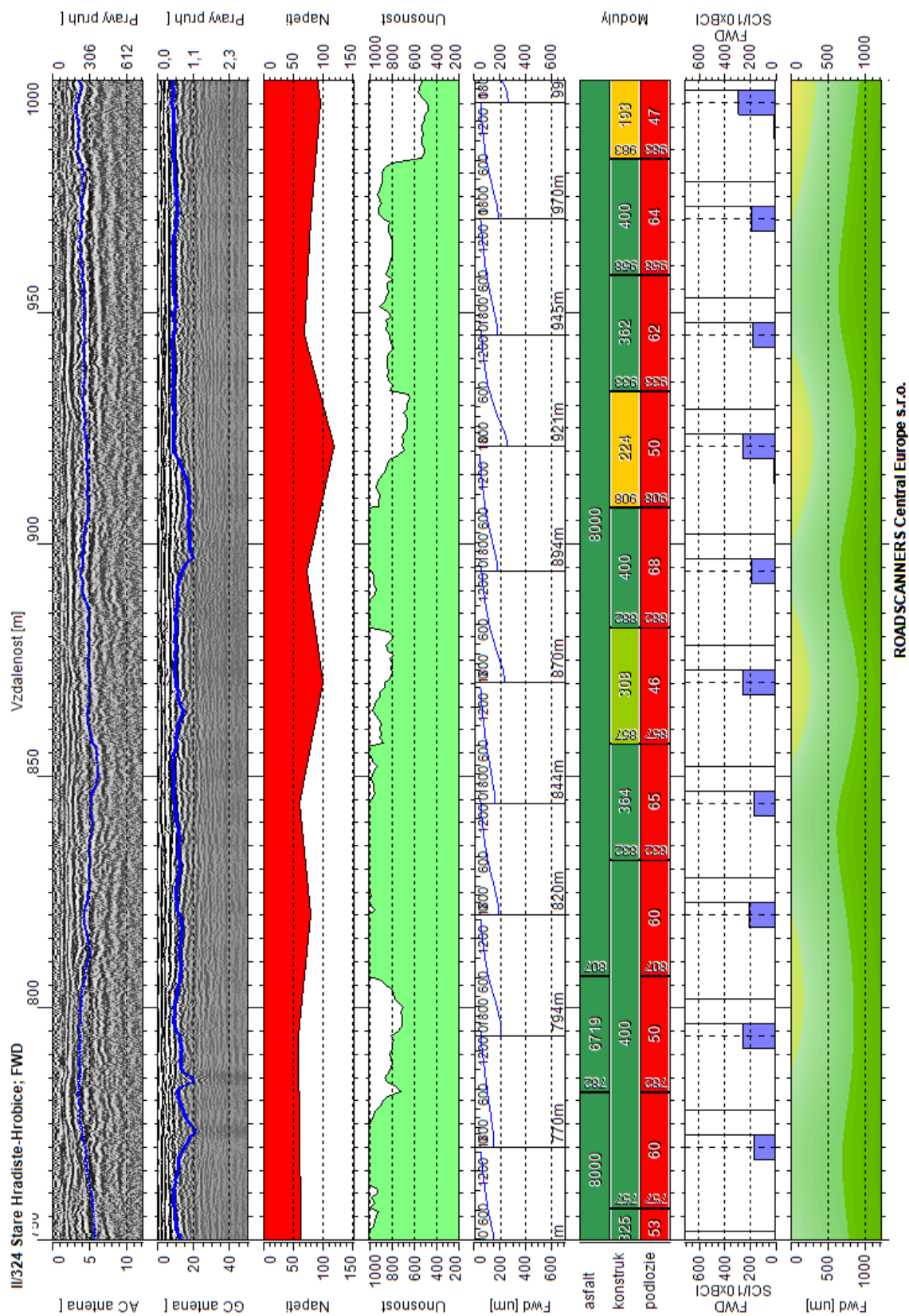


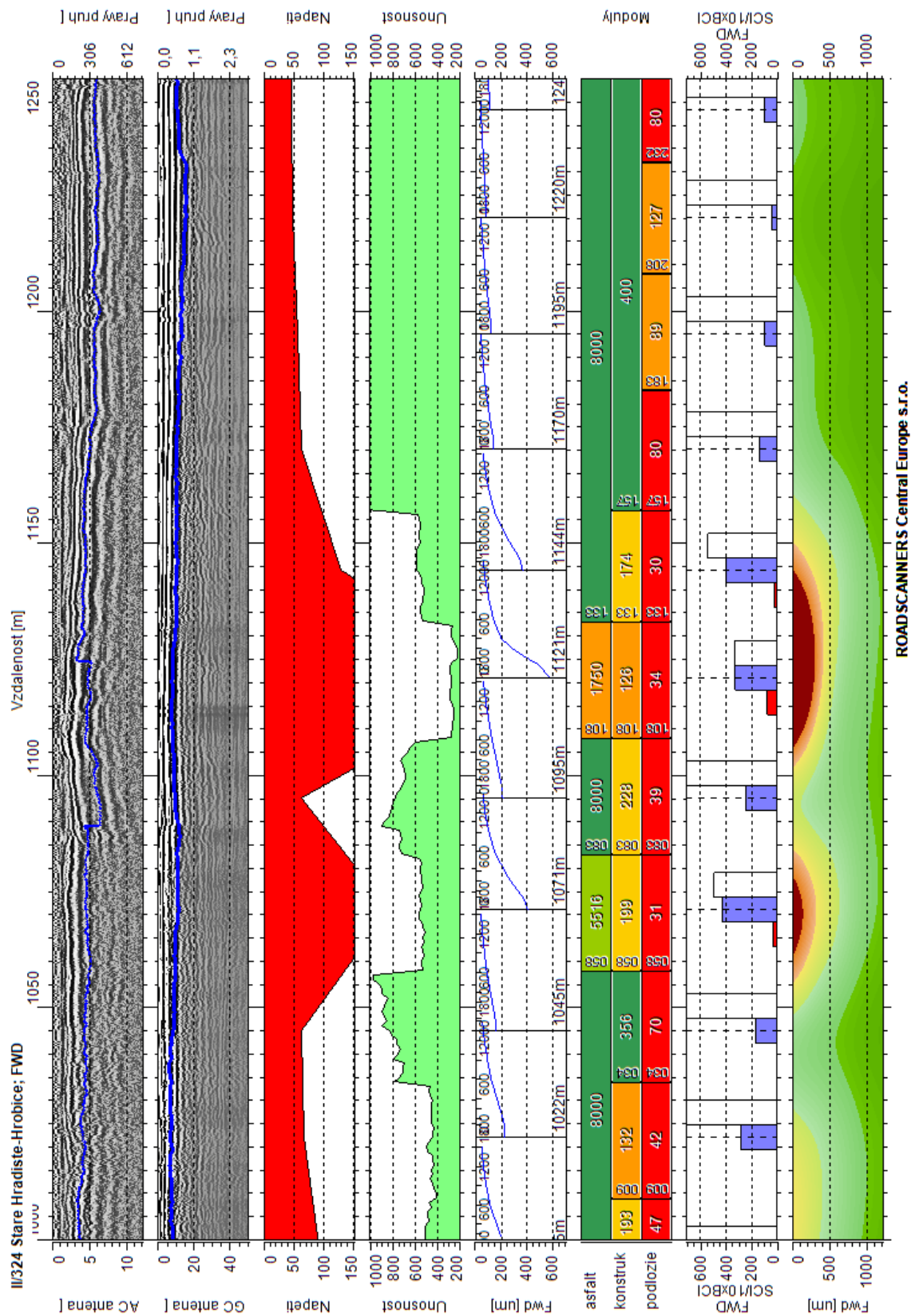




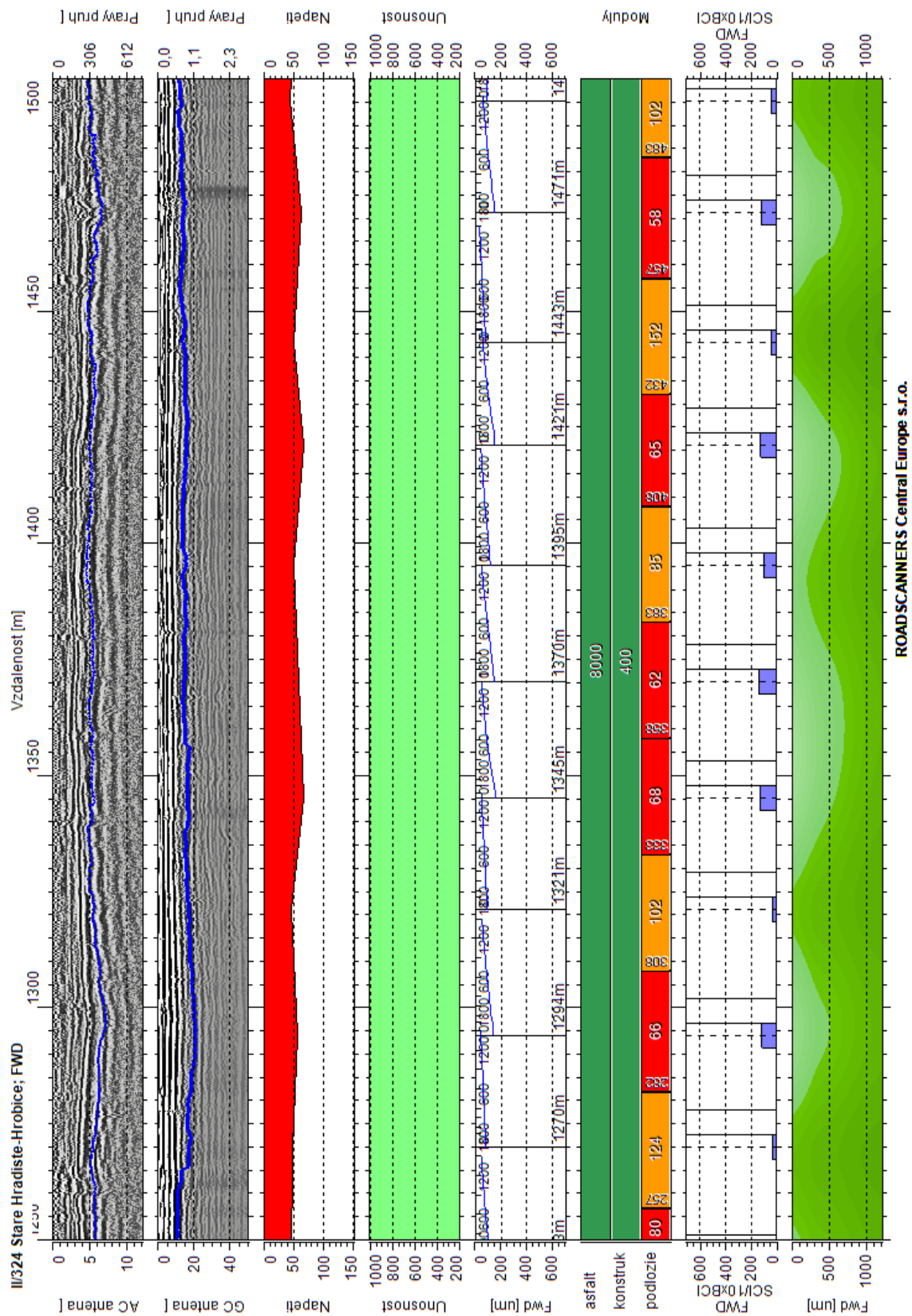


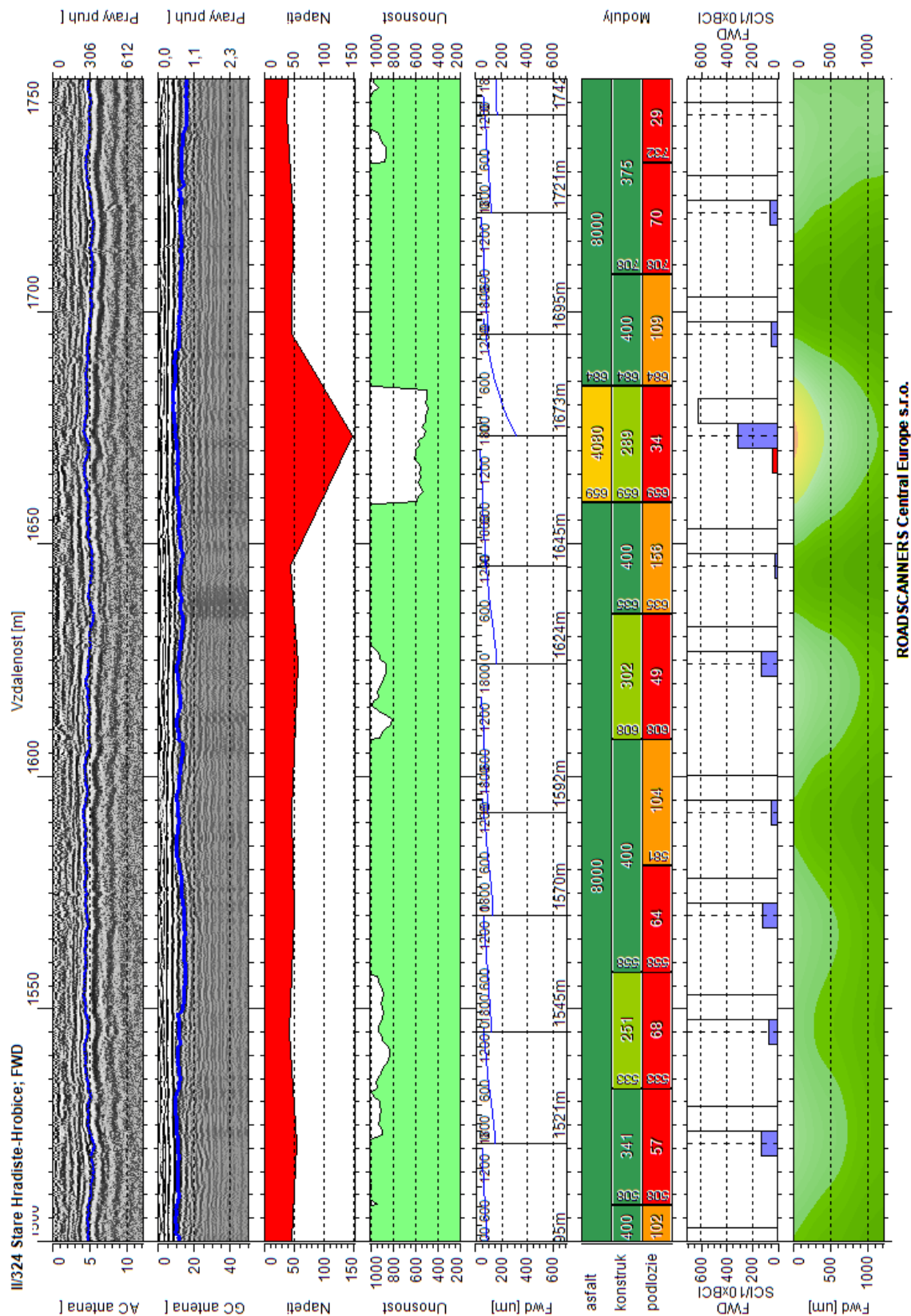




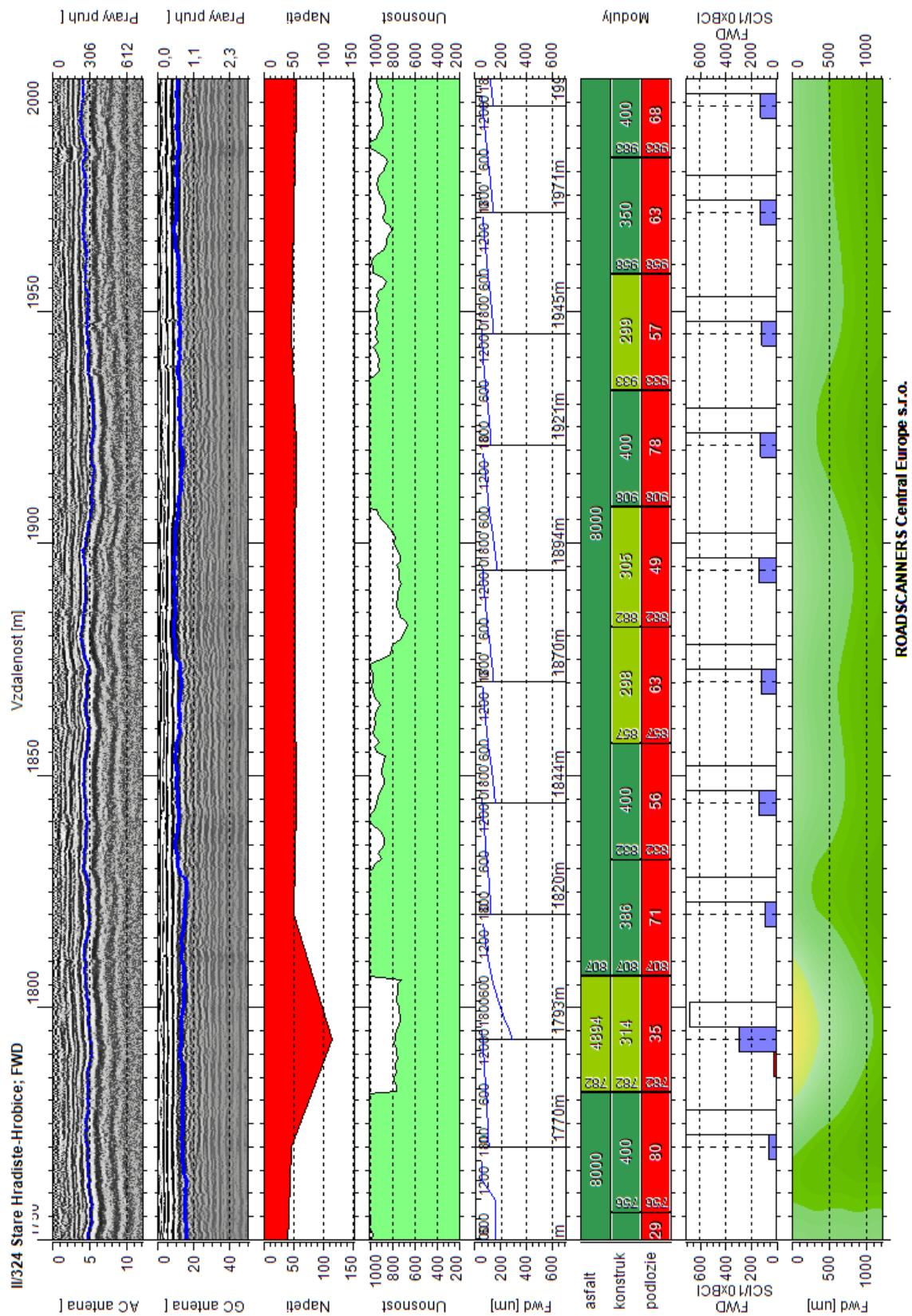


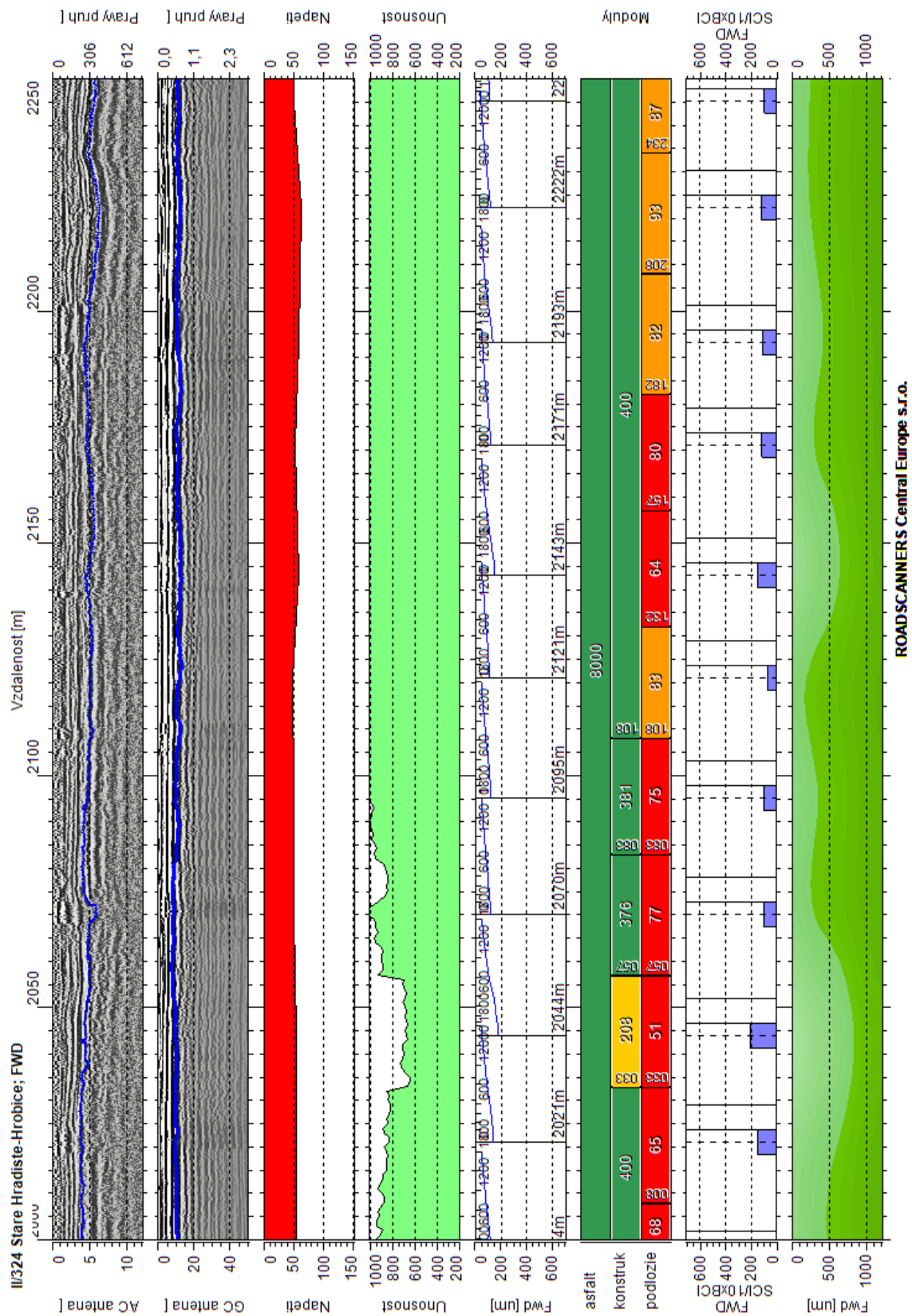




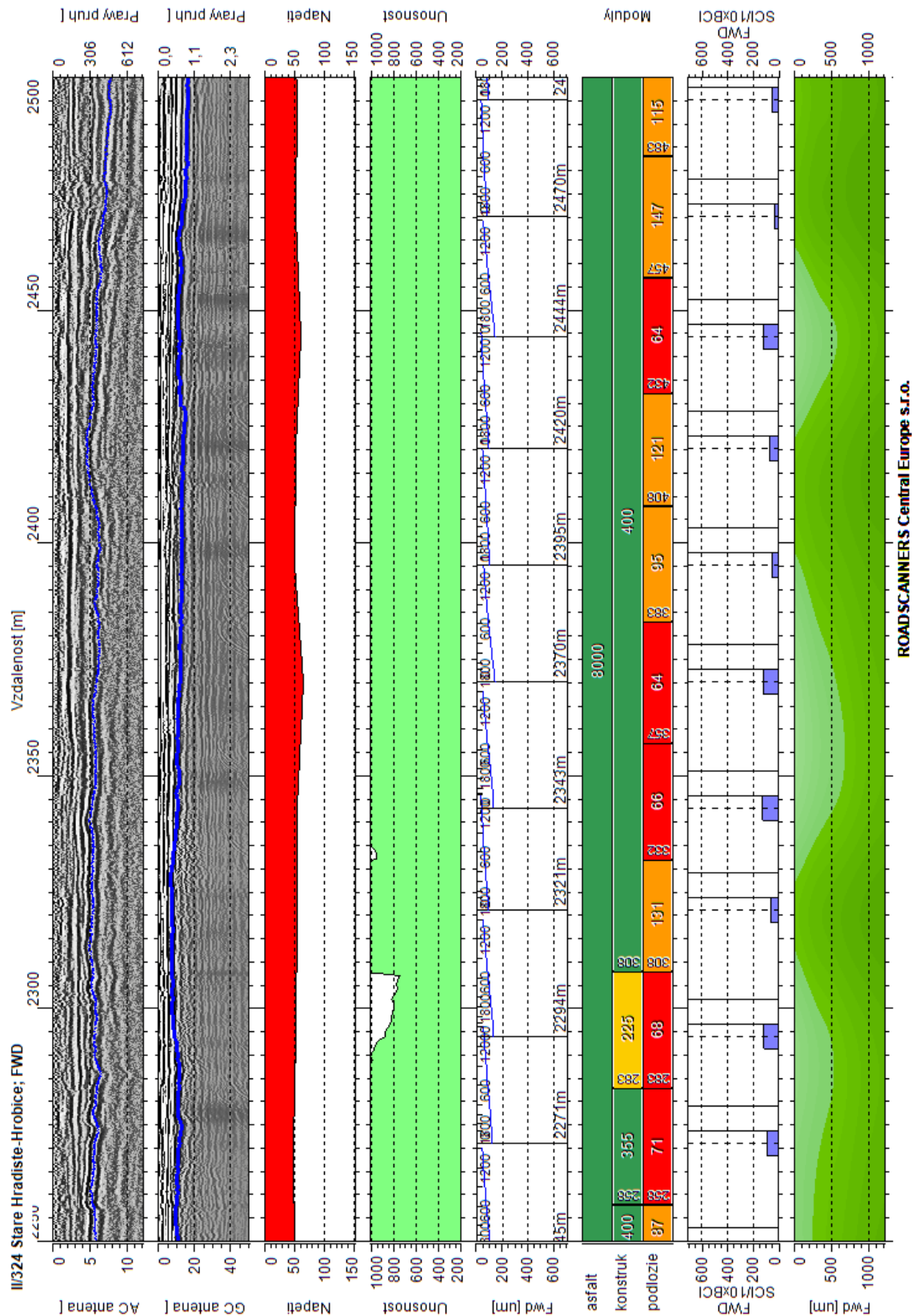


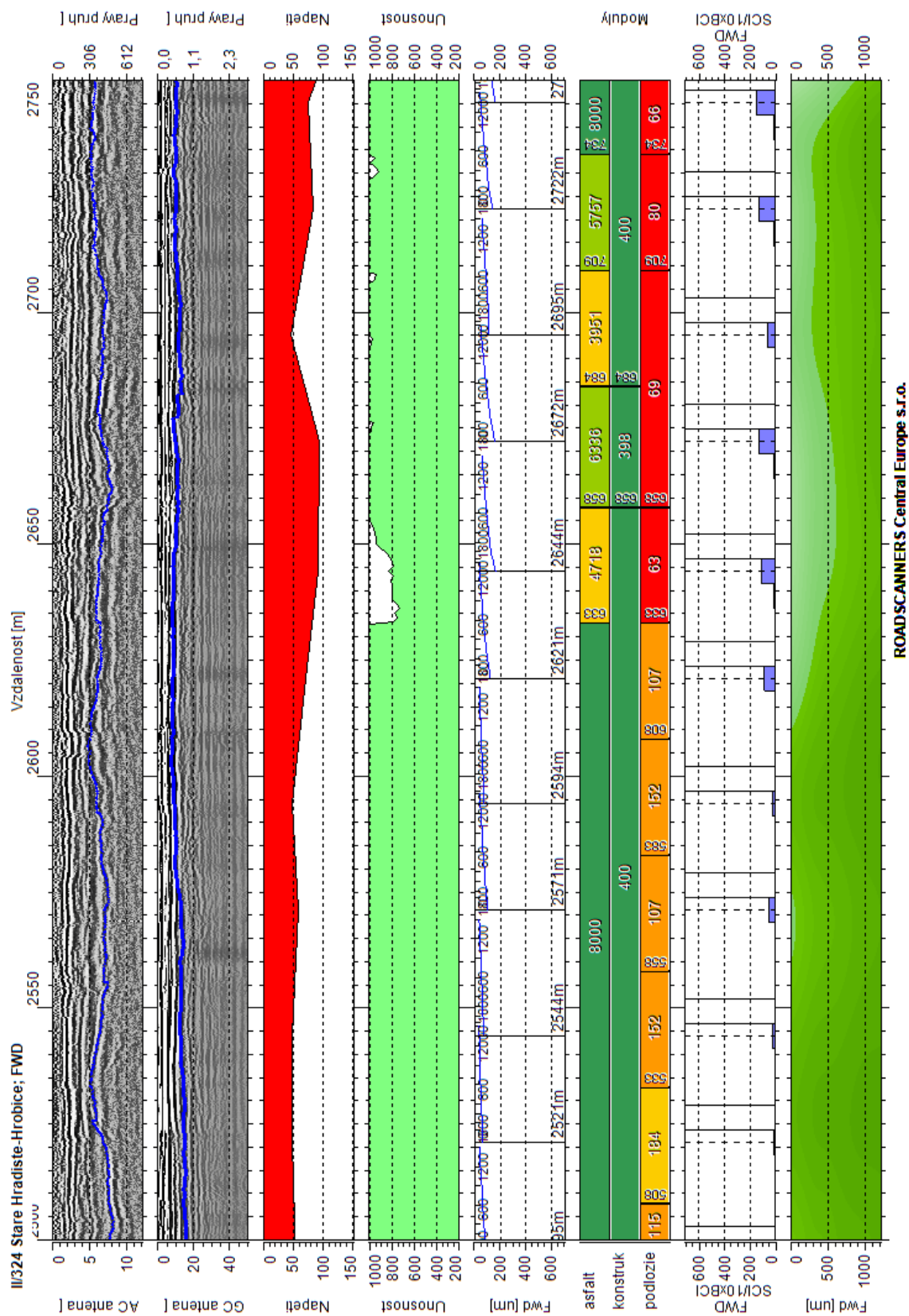




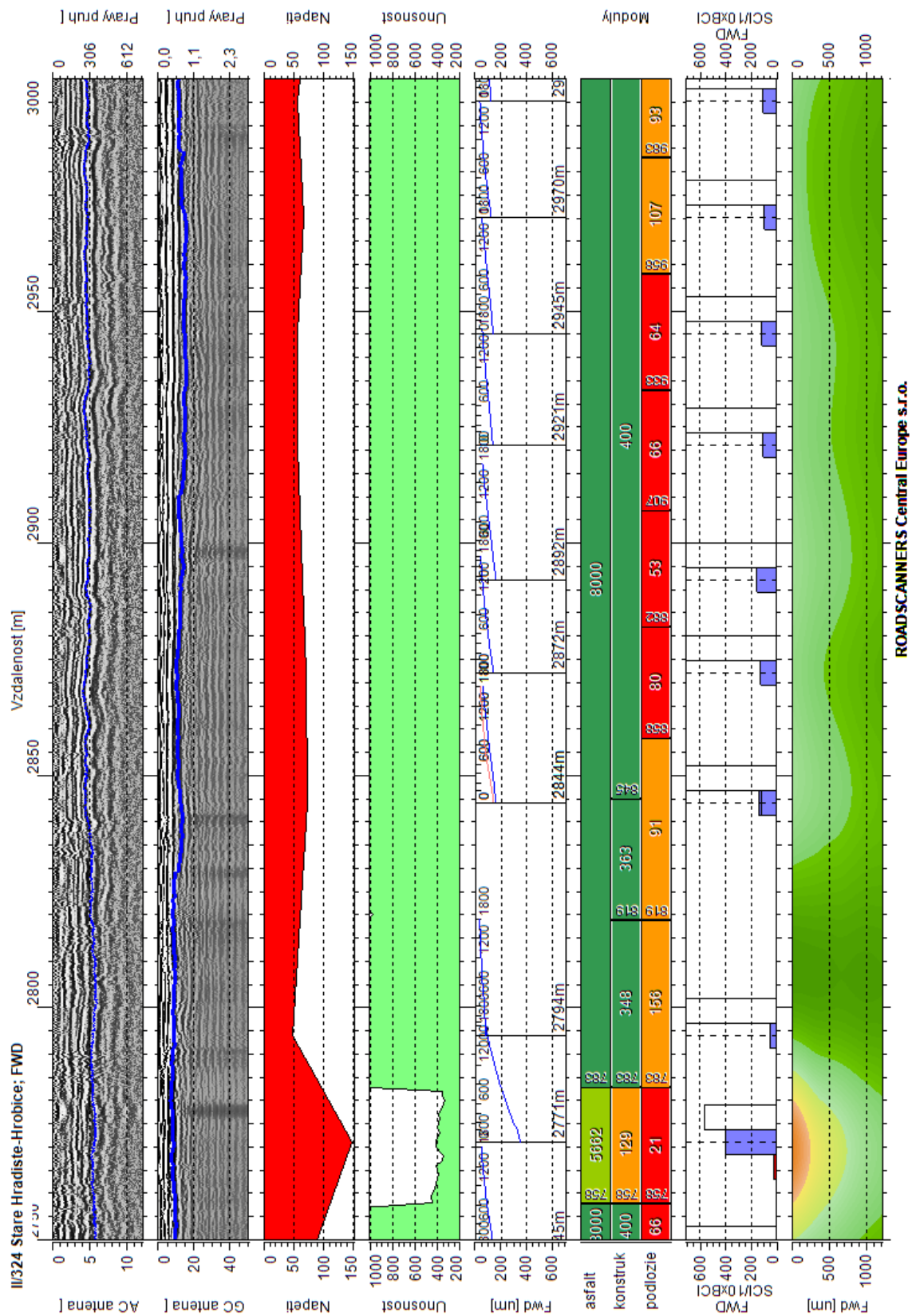


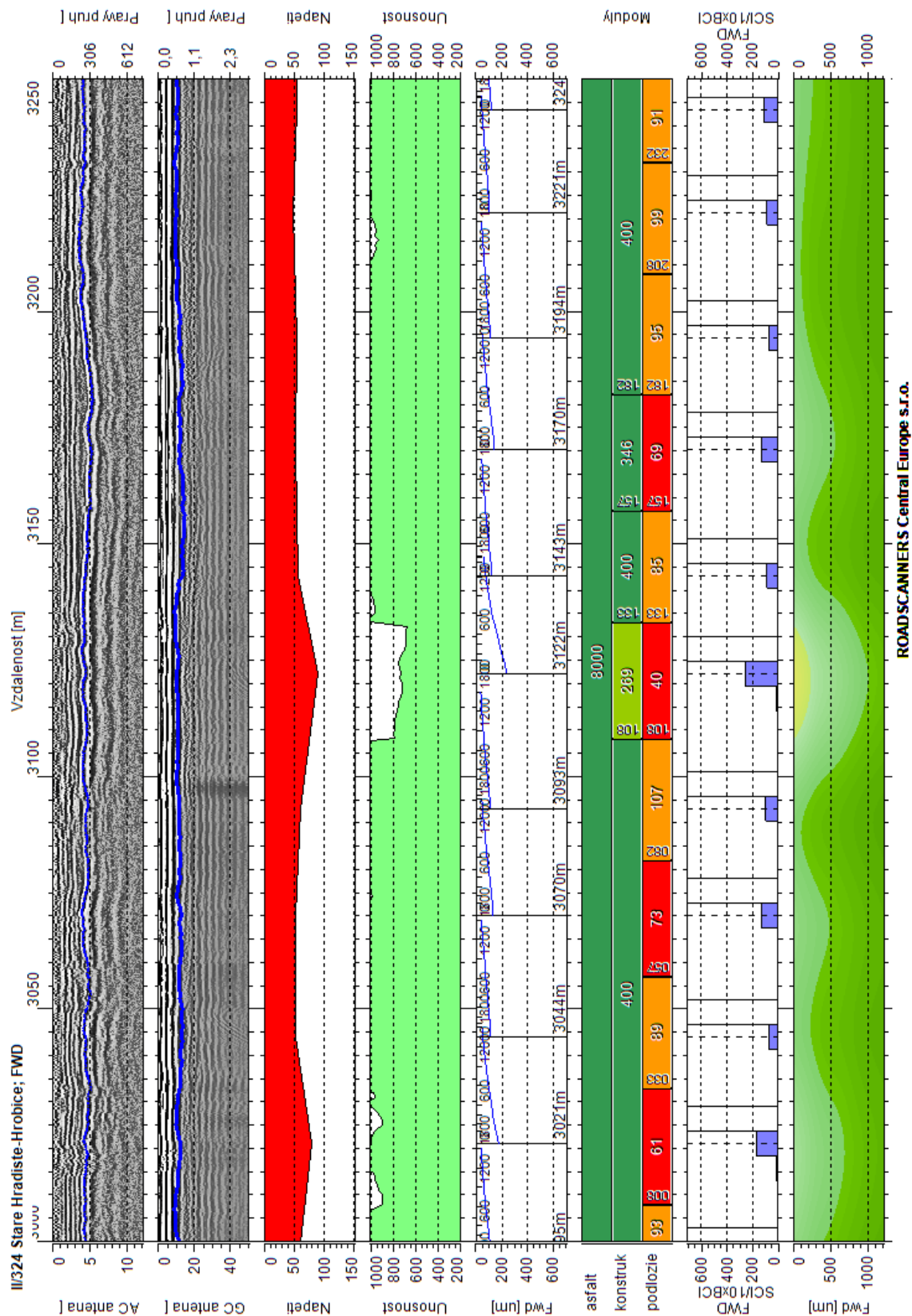




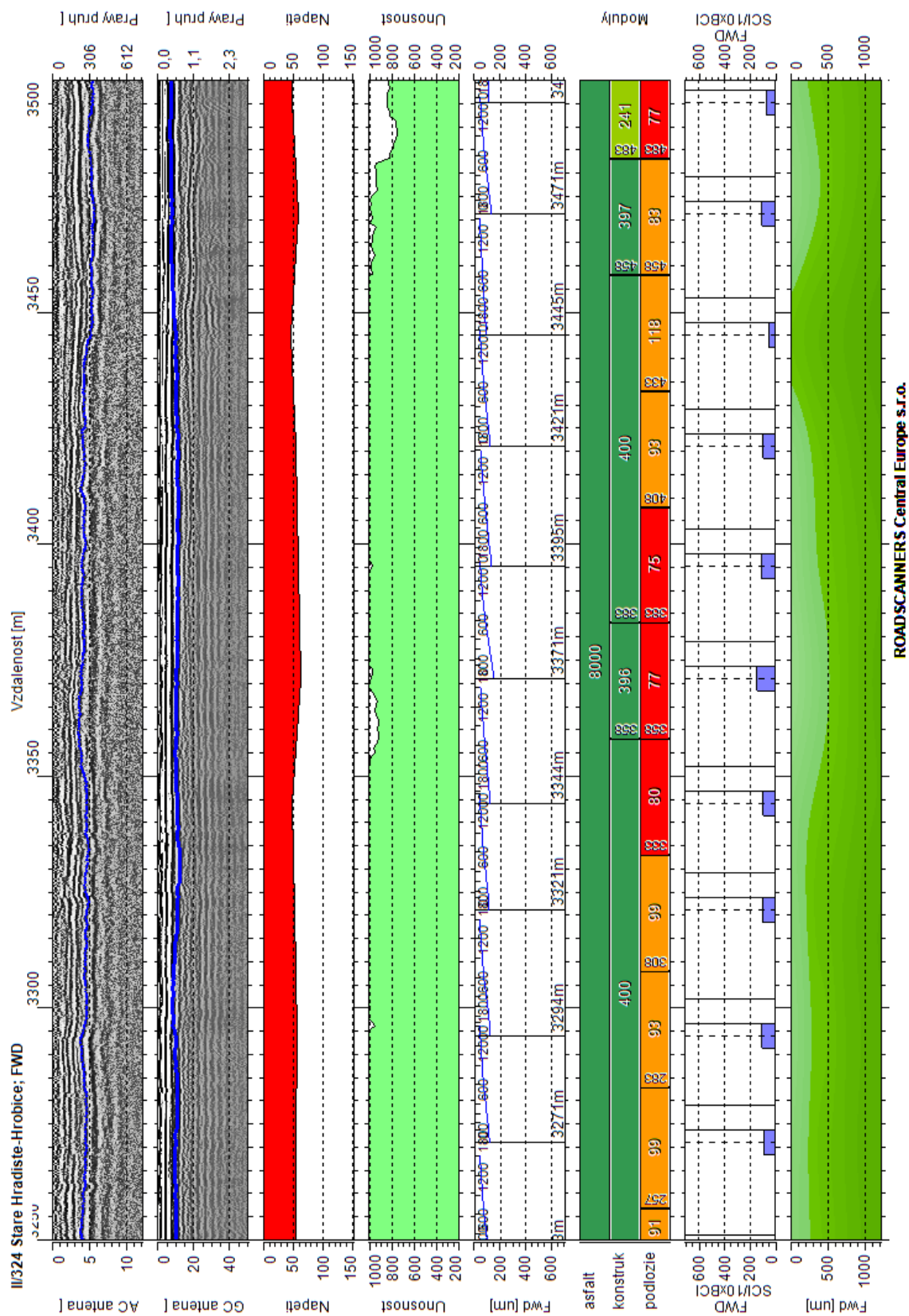


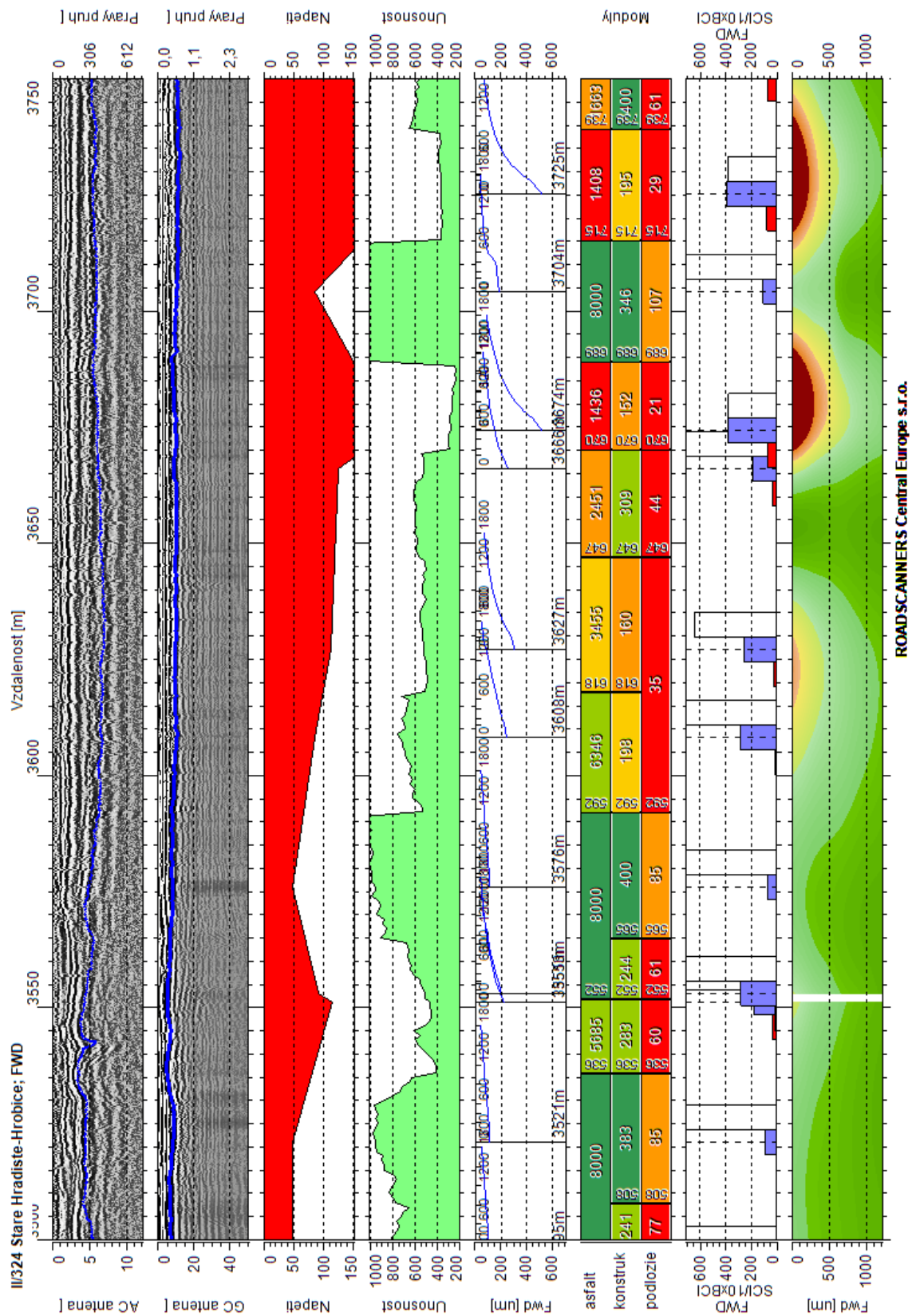




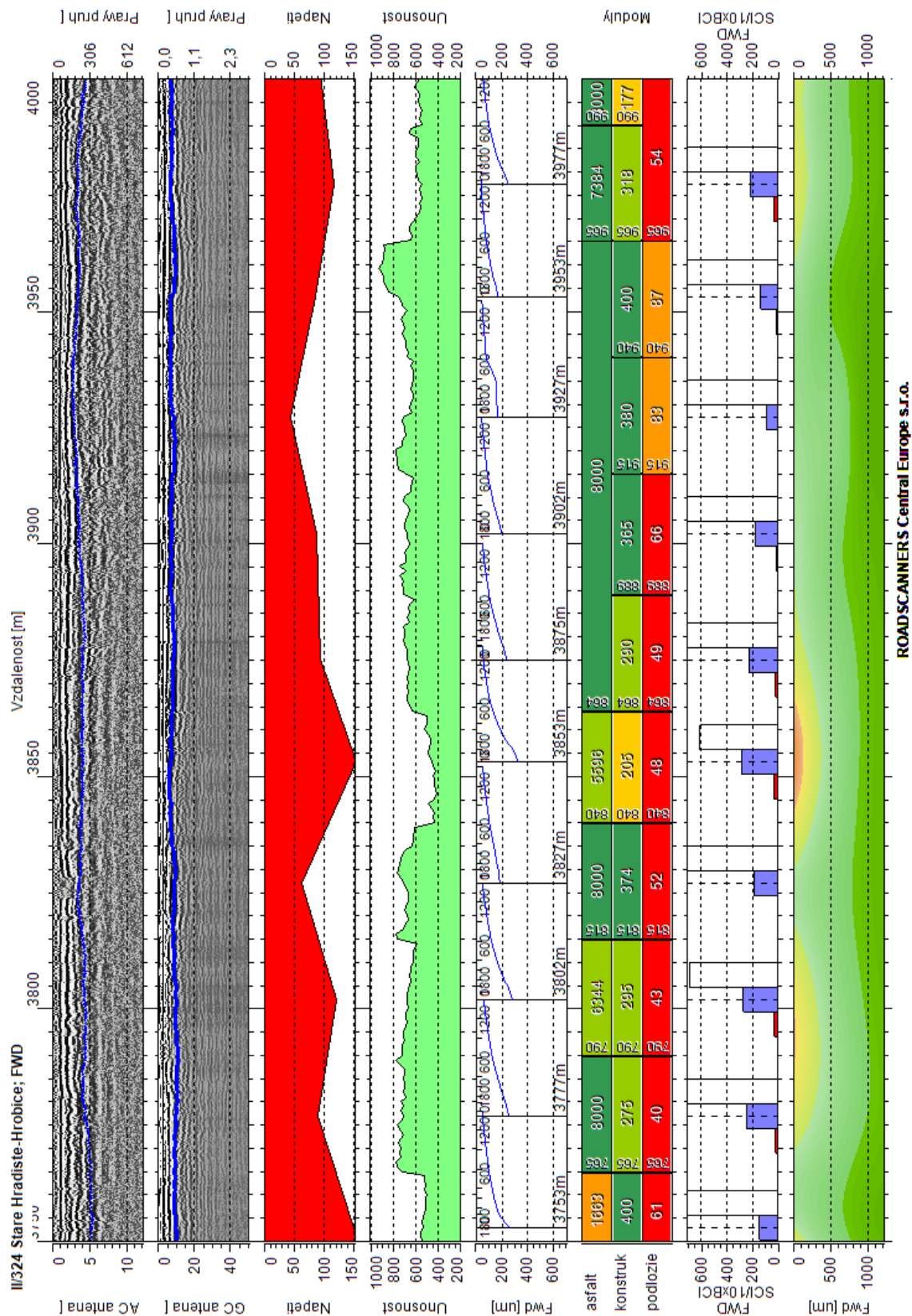


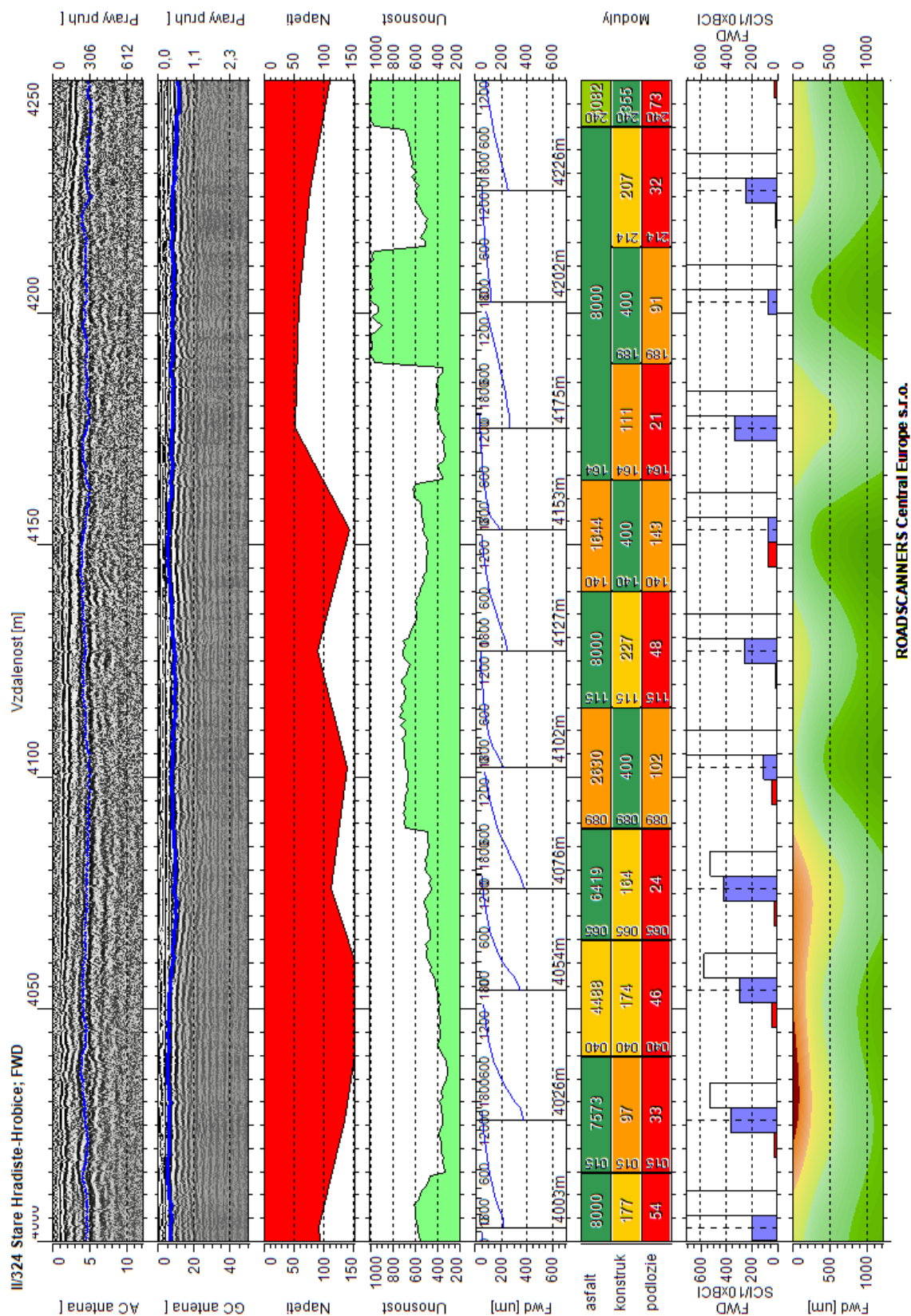




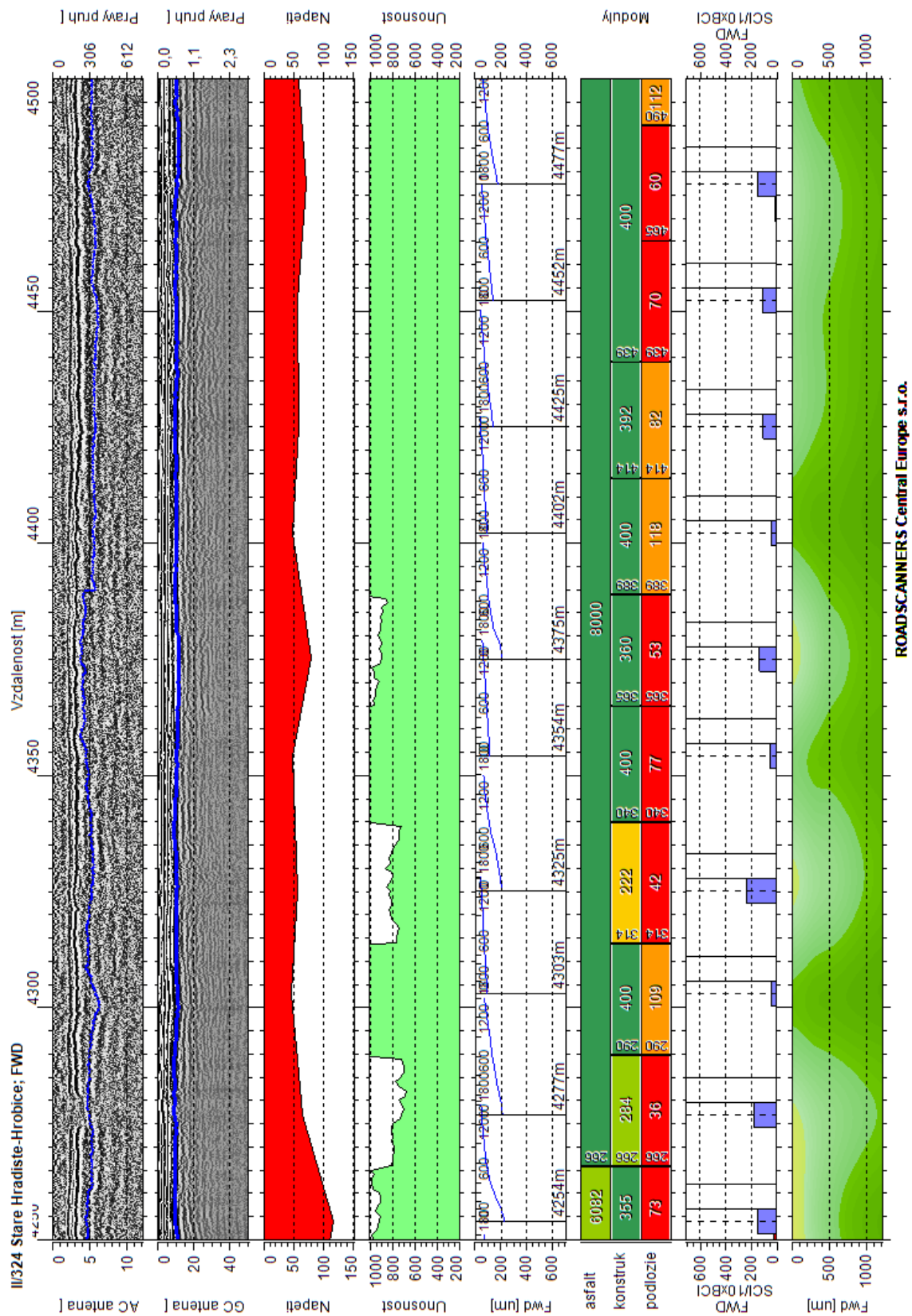


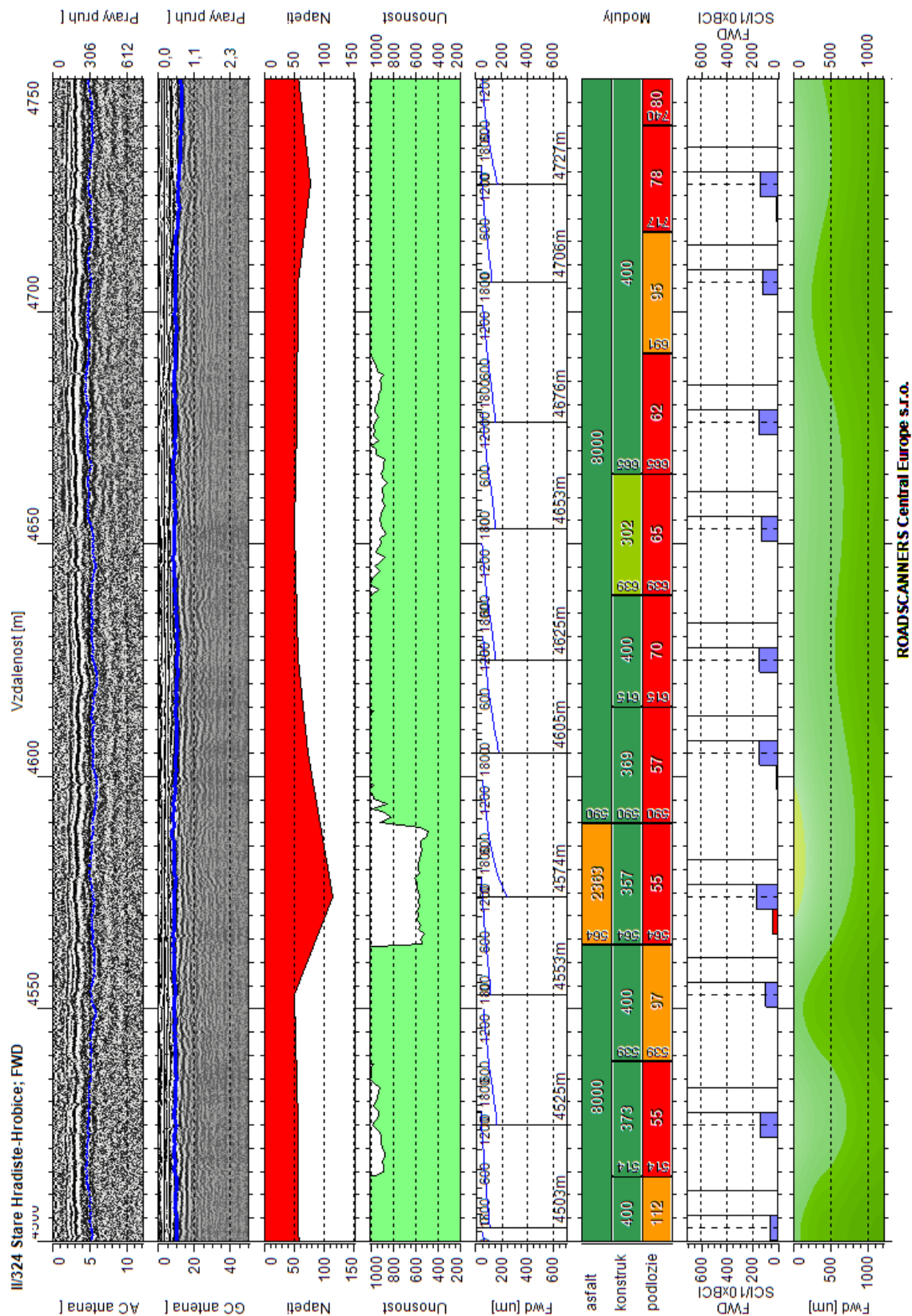




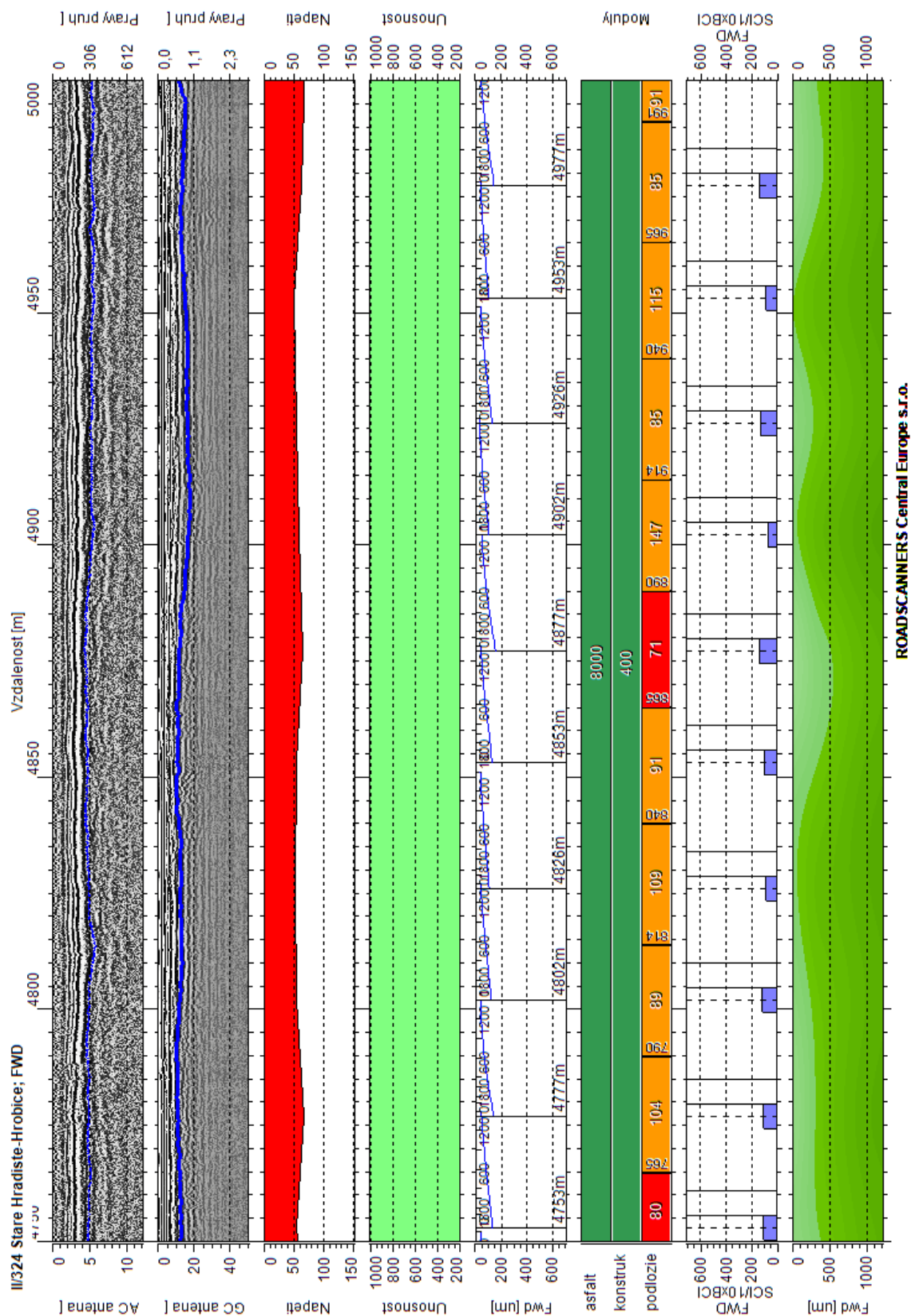


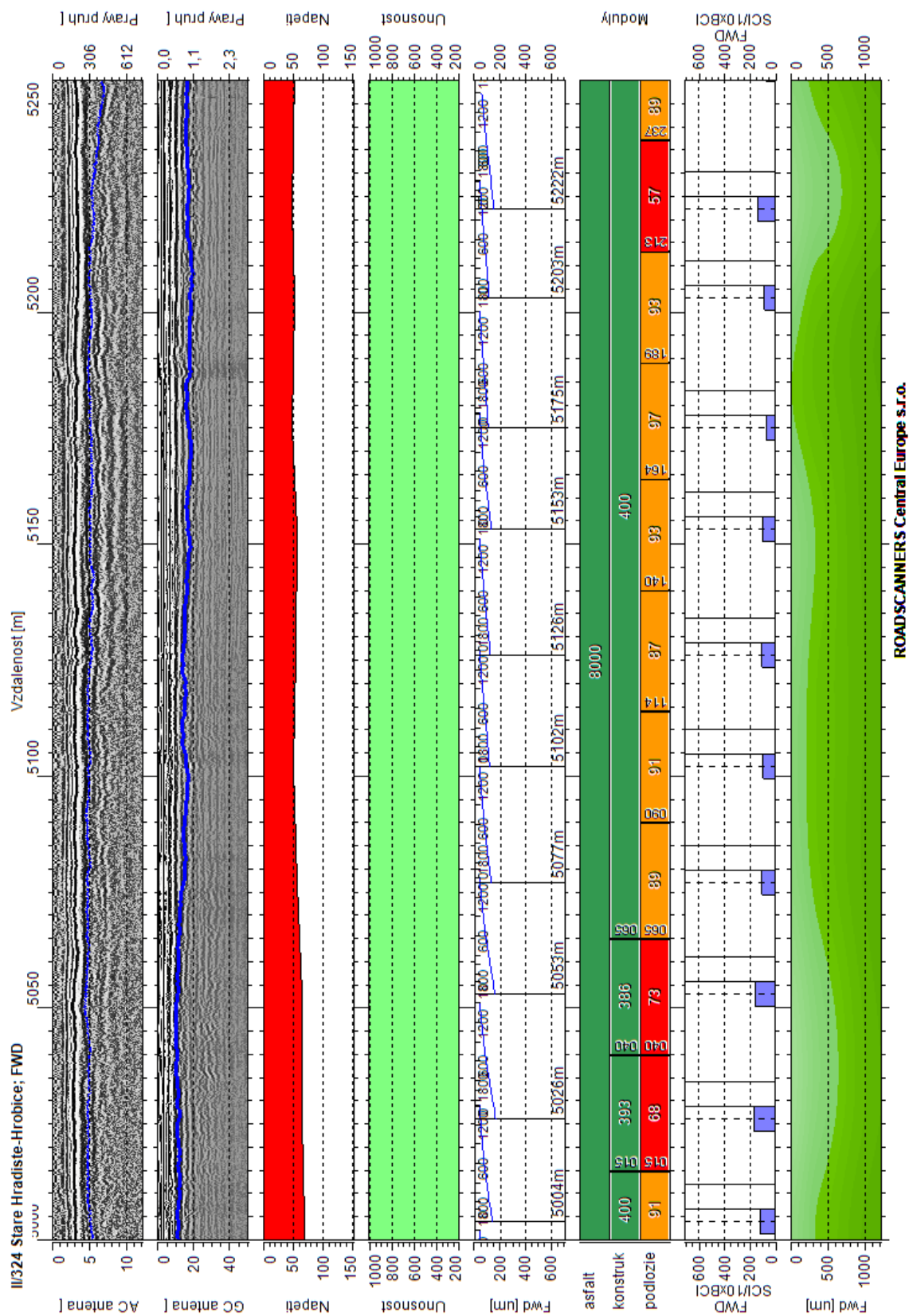




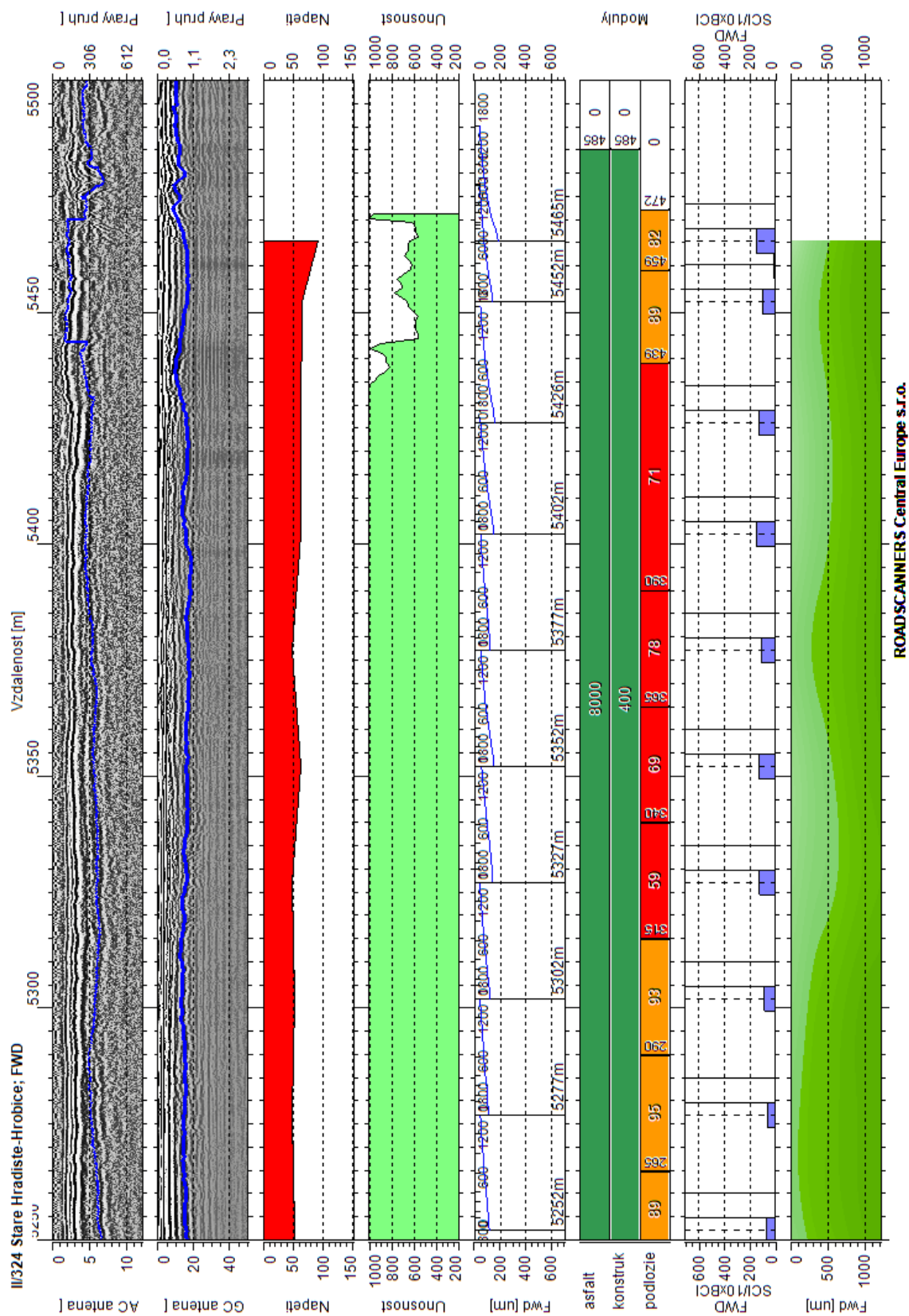


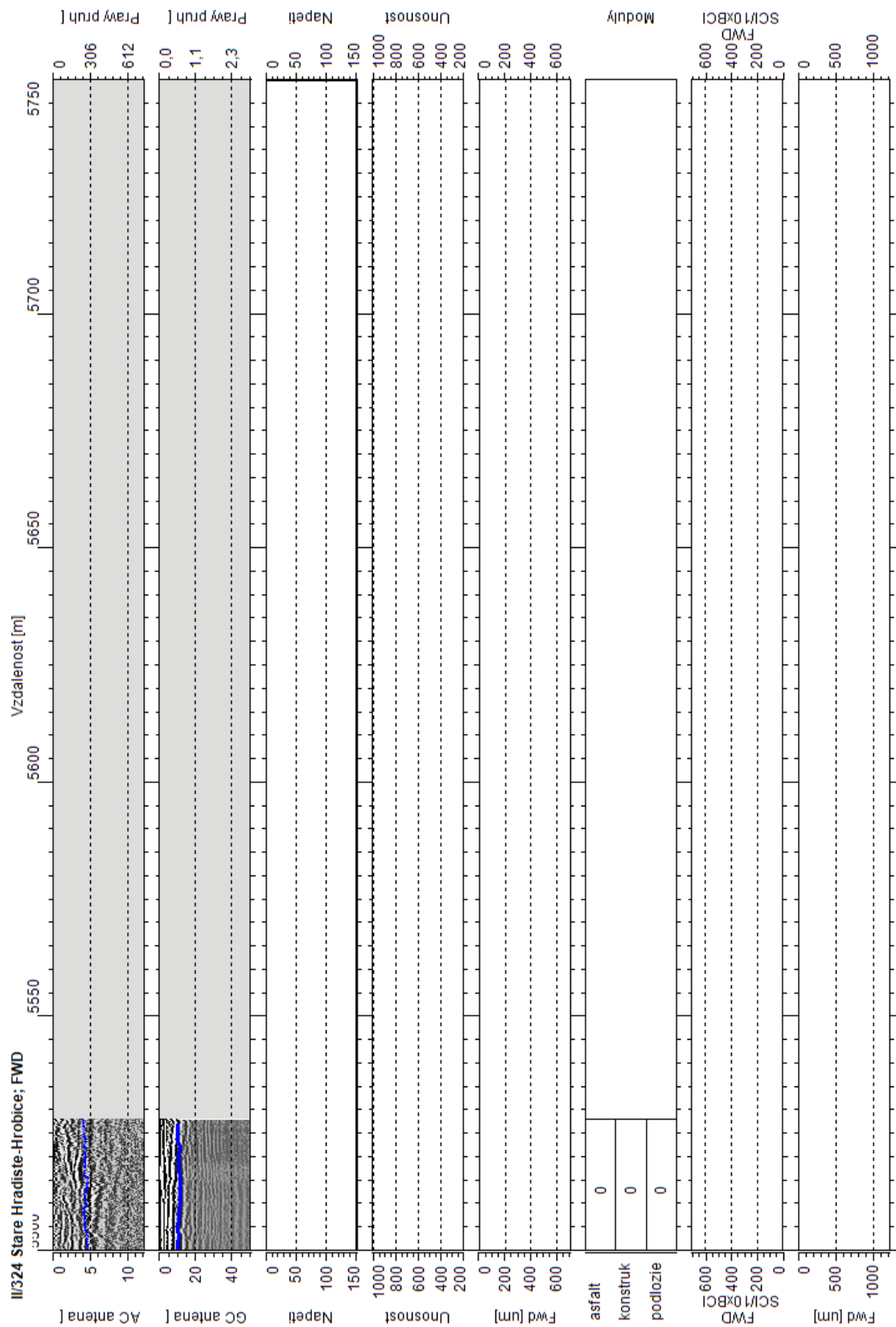












ROADSCANNERS Central Europe s.r.o.





**Roadscanners Central Europe s.r.o**  
Červeňanského 2824/15, 155 00 Prague 5, Czech Republic  
Tel. int. +420 601 325 131

**Rovaniemi, Main Office:**  
Roadscanners Oy, Varastotie 2, FI-96100 ROVANIEMI, Finland  
Tel. int. +358 (0)207 815 660  
Fax int. +358 (0)207 815 662  
General enquiries: [info@roadscanners.com](mailto:info@roadscanners.com)