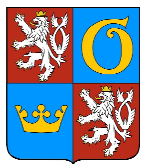


Objednatel:




KRÁLOVÉHRADECKÝ KRAJ  
Pivovarské náměstí 1245  
500 03 Hradec Králové

Zhotovitel DÚR:



**VPÚ DECO Praha a.s.**  
Podbabská 1014/20  
160 00 Praha 6

<div>Zhotovitel části PD:</div> <div></div>	Vypracoval	ING. P. VALENTA, CSc.		Zak. číslo	14-LI33-005
	Zodp. projektant	ING. P. VALENTA, CSc.		Datum	02/2015
	Tech. kontrola	ING. J. VALENTOVÁ, CSc.		Stupeň	DÚR
	Akce  II/305 TÝNIŠTĚ N. O. - ALBRECHTICE N. O.			Počet formátů	65 x A4
				Měřítko	-
<div>Zhotovitel:</div> <div>ČVUT v Praze Fakulta stavební Thákurova 7, 166 29 Praha 6</div>	Příloha  STUDIE ODTOKOVÝCH POMĚRŮ			Č. přílohy	Paré
E.9					



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**

**STUDIE ODTOKOVÝCH POMĚRŮ  
PRO PŘELOŽKU KOMUNIKACE II/305  
TÝNIŠTĚ N. ORLICÍ - ALBRECHTICE N. ORLICÍ**

**TECHNICKÁ ZPRÁVA**



Únor 2015



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**

**STUDIE ODTOKOVÝCH POMĚRŮ  
PRO PŘELOŽKU KOMUNIKACE II/305  
TÝNIŠTĚ N. ORLICÍ – ALBRECHTICE N. ORLICÍ**

**TECHNICKÁ ZPRÁVA**

**Objednatel**

Valbek spol. s r.o.  
Vaňurova 505/17  
460 02 Liberec 3

**Zpracovatel**

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební  
Thákurova 7  
166 29 Praha 6

Praha, únor 2015



## OBSAH

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	1
2. SPECIFIKACE PRACÍ	2
3. POUŽITÉ PODKLADY	3
4. METODIKA ŘEŠENÍ	7
5. SESTAVENÍ A KALIBRACE MODELU	11
6. ŘEŠENÉ VARIANTY PRO SOUČASNÝ A VÝHLEDOVÝ STAV	14
7. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ A VYPLÝVAJÍCÍ ZÁVĚRY	18
8. ZÁVĚR	22
LITERATURA	24
SEZNAM PŘÍLOH	25

## 1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Objednatel: Valbek spol. s r.o.  
Vaňurova 505/17  
460 02 Liberec 3

Zpracovatel: České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební  
Thákurova 7  
166 29 Praha 6

Řešitelé: Doc. Ing. Petr Valenta, CSc.  
Doc. Ing. Jana Valentová, CSc.



## 2. SPECIFIKACE PRACÍ

Předmětem díla je zpracování studie odtokových poměrů pro účely posouzení vlivu nově navrhované přeložky komunikace II/305 mezi Týništěm nad Orlicí a Albrechticemi nad Orlicí na podmínky proudění v korytě Orlice a v přilehlém inundačním území. Práce byly provedeny pro společnost Valbek s.r.o., která je projektantem stavby, na základě objednávky č. 14LI33005.

V souladu s účelem studie a s požadavky správce toku byla studie zpracována pomocí metodiky dvourozměrného (2D) numerického modelování proudění vody. Při řešení bylo možno zčásti vycházet z předchozích studií řešených pro dané území v letech 1998 až 2008. Jednalo se především o studii „Dvourozměrný model proudění vody při povodni v oblasti Týniště nad Orlicí“, řešenou v rámci vyhodnocení povodní v roce 1997 a dále o studii „Hydrotechnické posouzení přeložky silnice II/305 Týniště nad Orlicí – Albrechtice“, zpracovanou pro Ředitelství silnic a dálnic ČR v roce 2001 [2,3]. Obě uvedené studie zkoumaly podmínky průchodu velkých vod v prostoru inundačního území Orlice mezi Týništěm nad Orlicí a Albrechticemi s využitím dvourozměrného numerického modelu proudění vody a ve svých výsledcích poskytují dobrou představu o základních charakteristikách proudění při modelovaných povodňových situacích.

Vzhledem k tomu, že přeložka komunikace II/305 je nyní nově navrhována v jiné trase než původně dle studie [3] a s ohledem na podstatné změny v inundačním území, ke kterým v mezidobí v zájmové oblasti došlo, bylo nezbytné přikročit ke komplexní aktualizaci původního modelu a následně zpracovat a vyhodnotit příslušnou sadu srovnávacích modelových výpočtů.

Provedené práce zahrnovaly následující činnosti:

- převzetí a zpracování aktuálních geodetických, hydrotechnických a dalších podkladů
- aktualizaci 2D modelu s využitím nově zaměřených geodetických podkladů a dat z leteckého laserového skenování (aktualizace modelu terénu)
- aktualizaci 2D modelu z hlediska současných nově realizovaných staveb
- kontrolní verifikaci modelu s využitím povodňových značek povodně z roku 1997
- výpočty pro historický a současný stav inundačního území
- výpočty pro stanovení vlivu několika variant přeložky komunikace II/305 na podmínky proudění
- zpracování a vyhodnocení výsledků všech modelových výpočtů
- zhodnocení výsledků a porovnání variant

### 3. POUŽITÉ PODKLADY

#### Hydrologické podklady

Hydrologické podklady byly čerpány ze základních hydrologických údajů pro tok Orlice. Pro účely studie byly použity aktuální hydrologické údaje podle ČSN 75 14 00 pro Orlici v Týništi nad Orlicí v profilu limnigrafické stanice u silničního mostu, které byly pořízeny od ČHMÚ (tabulka 2). V porovnání s podklady z předchozích studií nedošlo v hydrologických údajích o N-letých průtocích k významnějším změnám. Výpočty pro všechny řešené varianty (kromě kalibrační) byly provedeny pro průtok  $Q_{100} = 516 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ .

#### Kalibrační podklady

Při kalibraci modelu se vycházelo i z informací o průběhu povodně z roku 1997. K dispozici byly údaje o maximální pozorované poloze hladiny při zmíněné povodni, údaje byly poskytnuty Povodím Labe (tabulka 1). Jednalo se o čtyři kalibrační body, zaměřené v profilu pod silničním mostem, nad silničním mostem v prostoru závodu na pravém břehu, u restaurace v Albrechticích a nad jezem Albrechtice u budovy vodní elektrárny.

Bod	Měřená hladina (m n.m.)
pod silničním mostem	249,15
nad silničním mostem	249,39
restaurace v Albrechticích	249,90
nad jezem Albrechtice	250,20

Tabulka 1: Značky povodně z července 1997

Údaje o kulminačním průtoku povodně v roce 1997 pro kalibrační variantu byly získány z odborných prací zaměřených na vyhodnocení povodňových událostí z roku 1997 - podle dostupných informací činil kulminační průtok povodně z července 1997 v profilu mostu  $497 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ .



ČESKÝ  
HYDROMETEOROLOGICKÝ  
ÚSTAV

POBOČKA HRADEC KRÁLOVÉ



VÁŠ DOPIS ZN: obj.č.1114250005  
DORUČEN DNE: 4.2.2015

NAŠE ZNAČKA: P15001087/551

VYŘIZUJE: Ing. Zdeňka Sedláčková  
DATUM: 12.2.2015  
TELEFON: 495 705 032  
E-MAIL: zdena.sedlackova@chmi.cz

ČVUT v Praze

Fakulta stavební

Thákurova 7

166 29 Praha 6

### HYDROLOGICKÉ ÚDAJE POVRCHOVÝCH VOD

Na Vaši žádost Vám zasíláme požadované základní hydrologické údaje podle ČSN 75 1400 pro:

Vodní tok	Orlice		
Číslo hydrologického pořadí	1-02-03-0070-0-00		
Profil	Vodoměrná stanice Týniště nad Orlicí		
Souřadnice v S JTSK	x = -625194 m      y = -1051024 m		
Plocha povodí A <sup>a)</sup>	1554,17	km <sup>2</sup>	

Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P <sub>a</sub>	-----	mm	
Dlouhodobý průměrný průtok Q <sub>a</sub>	-----	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	třída -----

M-denní průtoky Q <sub>Md</sub> <sup>b)</sup>												m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	třída
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

N-leté průtoky Q <sub>N</sub> <sup>c)</sup>								m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	
1	2	5	10	20	50	100	třída		
126	174	244	301	362	447	516	I.		

Dvorská 410/102, 503 11 Hradec Králové - Svobodné Dvory  
tel.: 495 705 011, fax: 495 705 001, e-mail: hradec@chmi.cz

IČ: 00020699, DIČ: CZ00020699, nejsme plátcí DPH  
č. ú.: 54132041/0100, www.chmi.cz

Stránka 1 z 2

Tabulka 2: Použité hydrologické podklady

Pozn.: Výše uvedné podklady ČHMÚ jsou určeny jen pro potřebu této studie a jejich použití pro jiné účely není přípustné

### **Geodetické podklady**

Pro modelování inundačního území při tvorbě dvourozměrného modelu byla využita nově dostupná data digitálního modelu reliéfu páté generace (DMR5G), pořízená metodou leteckého laserového skenování. Digitální model reliéfu DMR 5G má podobu nepravidelné sítě výškových bodů (TIN) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu. Data DMR5G byla v případě potřeby selektivně kombinována s daty z letecké fotogrammetrie zahrnujícími pravidelné bodové pole a pole linií, reprezentující lomové hrany terénu. Tato data byla využita k upřesnění průběhu významných terénních hran (násypy komunikací apod.).

Oba podklady poskytlo pro účely studie Povodí Labe. Jako podkladový materiál byly dále využity i kontaktní kopie leteckých snímků, a to především ke stanovení oblastí s různými hydraulickými drsnostmi.

Poskytnuté podklady byly dále doplněny o data z dostupných pozemních geodetických zaměření. Jednalo se především o geodetické zaměření pro účely projektové přípravy přeložky, poskytnuté projektantem.

Aktualizovaný numerický model vychází při popisu koryta řeky ze zaměření korytových a objektových profilů na toku Orlice. Pro modelování vodního toku byly použity profily řeky Orlice, které Povodí Labe zaměřilo v roce 2000 a nově pro účely aktualizace záplavového území v roce 2011.

Informace o válcovém jezu v Albrechticích byly získány z technického pasportu zpracovaného Povodím Labe. Údaje o mostních objektech byly čerpány z existujících zaměření příčných profilů (Geodézie Pardubice 1983, Aquageodet 1998, Povodí Labe 2011).

K aktualizaci modelu byly dále využity projektové podklady či geodetické podklady týkající se nových již realizovaných staveb v zájmovém území – protipovodňová ochrana (PPO) Albrechtice, cyklistická stezka, demolice a nová výstavba v areálu Penny Market. Upřesnění aktuálního stavu zástavby v zájmovém území se opírá o dostupné mapové webové služby.

### **Projektové podklady**

Při modelování zkoumaných variant se vycházelo z podkladů a konzultací, poskytnutých objednatelem. Základním podkladem byl situační plán přeložky, předaný v digitální podobě (formát DWG) spolu s údaji o výškovém vedení nivelety komunikace.



## Přehled použitých podkladů

- Dvourozměrný model proudění vody při povodni na Orlici v oblasti Týniště nad Orlicí, studie, Hydroexpert s.r.o., 1998
- Hydrotechnické posouzení přeložky silnice II/305 Týniště nad Orlicí – Albrechtice, studie, Hydroexpert s.r.o., 2001
- Digitální model reliéfu pásu generace DMR5G, ČUZK
- Vyhodnocení fotogrammetrického zaměření zájmového území (bodové pole a lomové hrany), Argus Geosystem, objednatel Povodí Labe, 1998, systém Bpv
- Kontaktní kopie leteckých snímků z fotogrammetrického zaměření, zapůjčeno Povodím Labe
- Letecké snímky zájmové oblasti pořízené v průběhu povodně v červenci 1997, zapůjčeno Povodím Labe
- Vybrané údaje ze studie Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997, DÚ 4 Hydraulické vyhodnocení dynamiky odtoků a rozlivů, VÚV Praha
- Zaměřené značky po povodni v červenci 1997, zakres zátopové čáry povodně z července 1997 – pracovní materiál Povodí Labe
- Příčné a objektové profily Orlice – Spojená Orlice, km 22,510 – 32,710, Geodezie n.p. Pardubice, 1988, výškový systém Bpv
- Technický pasport válcového jezu na Spojené Orlici v Albrechticích, Povodí Labe
- Zaměření příčných profilů Orlice – Orlice, Týniště n. Orlicí, těžení nánosů v ř. km 29,538 – 32,543 – příčné řezy, Povodí Labe, 2001, výškový systém Bpv
- Zaměření příčných profilů Orlice (aktualizace ZÚ), Povodí Labe, 2011, systém Bpv
- Zaměření pro projekt Orlice-Štěpánovsko, revitalizace ramene, Geošrafo s.r.o., 2008, výškový systém Bpv
- Geodetické zaměření pro projekt přeložky silnice II/305 v digitální formě (formát DWG), Valbek Liberec, výškový systém Bpv
- Vybrané části z projektové dokumentace Novostavba supermarketu Penny Market Týniště nad Orlicí (situace, výšky), BKN s.r.o., 2008
- Vybrané části z projektové dokumentace PPO Albrechtice nad Orlicí, Agroprojekce Litomyšl s.r.o., 2009
- Pracovní projektové podklady pro přeložku komunikace II/305, situace a podélné řezy ve formátu DWG, Valbek s.r.o., Liberec, 2015

#### 4. METODIKA ŘEŠENÍ

Pro dvourozměrné numerické modelování byl použit model FAST2D, který umožňuje podrobné numerické modelování povodňových situací v reálných geometrických podmínkách otevřených koryt a inundačních územích včetně urbanizovaných oblastí. Aktuální verze modelu (Valenta, 2004) koncepčně vychází z původní verze modelu vyvinutého v Institutu pro hydrodynamiku univerzity Karlsruhe (Wenka, Valenta, Rodi, 1991), který uvádějí Wenka a Valenta (1991). Uvedený 2D model je u nás opakovaně používán pro řešení aktuálních úloh vodohospodářské praxe i výzkumu – viz např. Valenta a Valentová, 2001 a 2003, v posledních letech především v souvislosti s problematikou ochrany proti povodním.

Matematický základ modelu představuje soustava svisle integrovaných Reynoldsových rovnic, která bývá v odborné literatuře někdy označována jako ‘shallow water equations’ (rovnice mělké vody). Při odvození rovnic je použit předpoklad, že místní svislá zrychlení jsou zanedbatelná v porovnání se zrychlením gravitačním a že tlak vody se mění podle hydrostatického rozdělení. Z objemových sil je do řešení zahrnuta gravitační síla a vliv rotace Země. Rovnice jsou s ohledem na výchozí předpoklady vhodné pro případy, kdy půdorysné rozměry oblasti, v níž voda proudí, výrazně přesahují hloubku.

Řídící rovnice lze psát ve tvaru

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -g \frac{\partial}{\partial x_i} (h + z_b) + \frac{1}{\rho h} \frac{\partial}{\partial x_j} (h T_{ij}) + S_i ; \quad i, j = 1, 2$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial (h u_i)}{\partial x_i} = 0$$

Jde o dvě pohybové rovnice ve směrech  $x_1$  a  $x_2$  a rovnici kontinuity. V rovnicích značí  $h$  hloubku vody [m],  $z_b$  je svislá souřadnice polohy dna [m],  $\rho$  je hustota vody [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ],  $g$  gravitační zrychlení [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ] a  $t$  je čas [s]. V rovnicích se kromě hloubky  $h$  vyskytují jako neznámé složky průměrných svislicových rychlostí  $u_1$  a  $u_2$  [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ], které jsou definovány jako

$$u_i = \frac{1}{h} \int_{z_b}^{z_b+h} u_i^z dz$$

kde  $u_i^z$  je vektor rychlosti [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ] v úrovni  $z$ .

Po výšce průměrované složky tenzoru efektivních napětí jsou popsány vztahy

$$T_{ij} = \frac{1}{h} \int_{z_b}^{z_b+h} (\tau_{ij}^l + \tau_{ij}^t + \tau_{ij}^d) dz$$

$$\tau_{ij}^l = \nu \rho \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$$

$$\tau_{ij}^t = -\rho \overline{u_i' u_j'}$$

$$\tau_{ij}^d = -\rho (u_i - u_i^z)(u_j - u_j^z)$$

Jednotlivé výrazy popisující tenzor efektivních napětí vyjadřují v uvedeném pořadí napětí vznikající vlivem viskozity, turbulentní Reynoldsova napětí a napětí vlivem nerovnoměrnosti rychlostních profilů ve svislici. Člen  $S_i$  [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ] v pohybových rovnicích zahrnuje obecně působení vnějších sil a napětí, jakými jsou např. tečné napětí na dně  $\tau_b$  [Pa], tečné napětí na hladině vlivem větru  $\tau_w$  [Pa] a Coriolisovo zrychlení  $f_c$  [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ]:

$$S_i = \frac{1}{\rho h} (\tau_{w,i} - \tau_{b,i}) + f_{c,i}$$

Efektivní napětí jsou modelována podle principu turbulentní (resp. efektivní) viskozity  $\nu_t$  [ $\text{m}^2\text{s}^{-1}$ ], podle kterého lze turbulentní napětí vyjádřit s využitím turbulentní viskozity ze vztahu

$$\tau_{ij}^t = -\rho \overline{u_i' u_j'} = \nu_t \rho \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$$

V modelu je implementována svisle průměrovaná varianta dvourovnicového  $k$ - $\varepsilon$  modelu turbulence. Turbulentní viskozita je vyjádřena pomocí turbulentní kinetické energie  $k$  [ $\text{m}^2\text{s}^{-2}$ ] a disipace  $\varepsilon$  [ $\text{m}^2\text{s}^{-3}$ ]

$$\nu_t = c_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$

Zavedením uvedeného principu se rozšiřuje systém řídicích rovnic o další dvě transportní rovnice. Na rozdíl od jednodušších modelů pro dvourozměrné proudění, které turbulenci buď zcela zanedbávají nebo určují turbulentní viskozitu pomocí jednoduchých algebraických vztahů, jsou v modelu FAST2D řešeny navíc dvě diferenciální přenosové rovnice pro turbulentní kinetickou energii  $k$  a disipaci  $\varepsilon$ .

Model FAST2D používá k numerickému řešení soustavy řídicích rovnic metodu konečných objemů, která tvoří přechod mezi metodou sítí a metodou konečných prvků. Princip metody vychází ze skutečnosti, že parciální diferenciální rovnice popisující řešený fyzikální jev, vyjadřují bilanci sledované veličiny v nekonečně malém objemu. Řešená oblast je nejprve rozdělena na malé podoblasti – konečné objemy – čtyřúhelníkového tvaru. Na rozdíl od přímé diskretizace, používané v metodě sítí, jsou řešené diferenciální rovnice nejprve v každém konečném objemu formálně integrovány a převedeny na integrály po hranicích konečného objemu. Od požadavku splnění bilance v nekonečně malém objemu se tak přechází k požadavku jejího splnění v konečném objemu, tedy v makroskopickém měřítku.

Předmětem řešení je celkem pět neznámých veličin, definovaných ve středu každého konečného objemu – dvě složky průměrných svislicových rychlostí  $u$  a  $v$ , poloha hladiny  $h$ , turbulentní kinetická energie  $k$  a disipace  $\varepsilon$ . Těchto pět neznámých je určováno jako řešení soustavy pěti nelineárních parciálních diferenciálních rovnic – dvou pohybových rovnic, rovnice kontinuity a přenosových rovnic pro  $k$  a  $\varepsilon$ .

Základní vstupní data modelu FAST2D zahrnují:

- geometrická data definující výpočetní síť,
- geometrická data popisující morfologii terénu,
- data definující obtékané překážky proudění (budovy, hráze, násypy komunikací),
- rozložení parametrů drsnosti povrchu území,
- okrajové podmínky.

Při praktické aplikaci modelu je řešená oblast nejprve pokryta křivočarou výpočetní sítí, která je zadávána pomocí souřadnic  $x$  a  $y$  rohových uzlů jednotlivých konečných objemů. Při konstrukci sítě je přitom vhodné využít možností dané metody a hlavní linie sítě přizpůsobit obrysům hranic a eventuelně významným vnitřním překážkám uvnitř modelované oblasti, jakými jsou například příčné a podélné usměrňovací stavby, linie významné zástavby, linie oddělující oblasti s různými drsnostmi dna (terénu), atd. V další fázi je třeba doplnit souřadnice konečných objemů o informaci o nadmořské výšce terénu ve všech bodech výpočetní sítě a vytvořit tak digitální model terénu. Pro každý konečný objem je dále třeba definovat odpovídající hodnotu drsnostního součinitele podle charakteru dna, resp. povrchu zaplavovaného terénu. Plošné rozložení drsností a odhad jejich velikosti je předmětem kalibrace modelu.

Součástí tvorby modelu terénu je zohlednění zástavby, eventuelně dalších prvků, které představují úplné nebo částečné překážky proudění. Postup při modelování těchto překážek



závisí na výšce překážky, to jest, zda se jedná o překážku přelévanou (pod hladinou vody) nebo obtékanou. Překážky prvního typu lze zahrnout do modelu terénu pomocí lokálních úprav nadmořské výšky povrchu terénu, překážky druhého typu se modelují vynecháním odpovídajících bloků konečných objemů a zavedením vnitřních okrajových podmínek, definujících příslušné úseky sítě jako nepropustné stěny. Třetí možností, používanou při modelování shluků velmi malých přelévavých překážek, je aplikace vysokých hodnot součinitele drsnosti, vystihujícího skutečnou makrodrsnost v odpovídající podoblasti.

Na hranicích (vnějších i vnitřních) zvolené řešené oblasti je nutné zadat příslušné okrajové podmínky. Model umožňuje použít na jednotlivých částech hranice následující typy okrajových podmínek:

- zadání rychlostního profilu včetně směrů proudění,
- zadání rozdělení průtoků podél vstupního profilu,
- zadání polohy hladiny,
- zadání parametrů turbulence,
- zadání nepropustné hranice s uvažováním tření,
- zadání nepropustné hranice bez tření (ev. zadání osy symetrie).

Výsledkem numerické simulace jsou složky rychlostí proudění a poloha hladiny spolu s charakteristikami turbulence proudění ve středech všech konečných objemů v řešené oblasti. Dostupná grafická vyhodnocení výsledků zahrnují výstupy v podobě tématických map hladin, hloubek a rychlostí či vyhodnocení proudových poměrů ve formě proudnic a vektorových polí rychlostí proudění vody.

## 5. SESTAVENÍ A KALIBRACE MODELU

### Modelovaná oblast a koncepce modelu

Pro podrobné vyšetření proudových poměrů a hydraulických podmínek průchodu povodně korytem Orlice a přilehlým inundačním územím byl sestaven detailní dvourozměrný model.

Koncepce modelu vychází z numerického modelu použitého v předchozích studiích, model byl však v rámci aktualizace kompletně přepracován s využitím nově dostupných zdrojů geodetických dat. Současně došlo ke zdvojnásobení hustoty výpočetní sítě s ohledem na členitost zájmového území a s cílem lépe vystihnout zástavbu a jednotlivé terénní tvary (násypy komunikací, tvary navrhované přeložky, koryto vodního toku, vedlejší vodoteče apod.)

Rozsah modelu zahrnuje cca 1,65 km dlouhý úsek (měřeno podél osy inundace) území zaplavovaného při extrémních povodních vodou. Tvar a rozsah modelované oblasti je zřejmý z přílohy 2, na které je do leteckých snímků z fotogrammetrického zaměření vykreslena hranice modelu.

Při volbě ohraničení modelu se přibližně vycházelo z leteckých snímků povodně v červenci 1997 (s přihlédnutím ke skutečnosti, že snímek nezachycuje kulminaci), z údajů o zaměřených povodňových značkách a ze zákresu zátopové čáry povodně v roce 1997.

Vstupní hranice modelu je tvořena přirozeným ohraničením představovaným násypem železniční tratě, která nad Albrechticemi kolmo kříží koryto Orlice a přechází přes něj pomocí železničního mostu. Násyp přehražuje inundační území a průchod velkých vod umožňuje kromě železničního mostu několika dalšími inundačními mostky a propustky. Výstupní hranice modelu je situována pod zaústěním slepého ramene ve Štěpánovsku přibližně v ř.km 30,30.

Ohraničení na pravé straně modelu je v celé délce podél silničního obchvatu Týniště nad Orlicí. Při povodňových situacích patrně může docházet k rozlivu vody i do prostoru za silnicí, jedná se však o území, které se aktivně nepodílí na převádění významnější části povodňového průtoku a oblast za násypem silnice nebyla z tohoto důvodu do modelu zahrnuta.

Rovněž levostranná hranice modelu odpovídá původní koncepci modelu a je vedena plynule nad maximální předpokládanou záplavovou čarou. V oblasti Albrechtic byl v zájmu zjednodušení modelu hranicí odříznut plošně a průtokově zcela nevýznamný lokální rozliv, vybočující z modelované oblasti západním směrem (kalibrační varianta). S výjimkou modelové varianty pro kalibrační stav je skutečné levostranné ohraničení průtočné části modelu uvažováno v linii PPO Albrechtice.

### Výpočetní síť

Výpočetní síť konečných objemů byla navržena jako křivočará, s liniemi sledujícími tvar bočních hranic modelu. Parametry modelu jsou uvedeny v tabulce 3, uváděné délkové charakteristiky zahrnují délku modelu měřenou v ose toku, uváděné rozměry buněk jsou průměrem v rámci modelu. Celkově výpočetní síť obsahovala 2 400 000 výpočetních bodů a průměrné rozměry konečného objemu činily cca 1 x 1 metr.

Model č.	Rozsah (ř. km)	Délka (m)	Šířka (m)	Počet buněk	Rozměr buňky (m)
1	30,30 - 32,66	1650	850 - 1080	2000 x 1200	1 x 1

Tabulka 3: Topologické parametry numerického modelu

### Tvorba modelu terénu

Při definování morfologie terénu se vycházelo z dostupných topografických a geodetických podkladů, využita byla především aktuální geodetická data z leteckého laserového (DMR5G) a doplňkového pozemního zaměření podrobněji specifikovaná v kap. 3. Výchozí surová data modelu terénu získaného leteckým zaměřením musela být doplněna informacemi o tvaru říčního koryta s využitím příčných profilů a dalšími podklady zpřesňujícími popis terénu v zájmovém území. Model byl doplněn o nové existující stavby, především se jednalo o PPO Albrechtice (ochranné hráze, přeložka potoka). Bylo nutné přikročit i k lokální editaci zdrojových dat modelu terénu, neboť v modelu DMR5G byly zachyceny i dočasné terénní útvary (skládky zeminy) související s tehdy probíhající výstavbou PPO Albrechtice. Tyto terénní tvary byly v datech eliminovány a lokálně byla využita starší data z letecké fotogrammetrie a projektové podklady.

Na základě výsledných diskrétních vstupních dat pro digitální model byla preprocesorem vytvořena spojitá aproximace terénu pro numerický model. Následně byly hodnoty nadmořských výšek terénu převedeny do všech uzlů výpočetní sítě 2D modelu a tak vytvořena finální reprezentace modelovaného území v numerické podobě. V další fázi návrhu modelu bylo zapotřebí zohlednit veškeré překážky proudění, které byly do modelu zapracovány v podobě zablokování (zneprůtočnění) příslušných buněk výpočetní sítě. Zadání překážek probíhalo interaktivně nad podkladem tvořeným leteckým snímkem (ortofotomapou) zájmového území a dalšími geodetickými a projektovými podklady, aby byla zajištěna přesná polohová návaznost zadání na modelovanou skutečnost.

Výsledný model terénu po převedení na výpočetní síť je pro variantu 1 – současný stav zobrazen ve formě barevné mapy na příloze 5.

## Okrajové podmínky

Na horní vstupní hranici, tvořené korytem Orlice v profilu železničního mostu spolu s dalšími inundačními mostky a propustky, byl zadáván celkový přítok do modelované oblasti. Tento přítok se v rámci modelu automaticky rozděloval podle šířky příslušného otvoru a podle hloubky vody. Zadávaný průtok odpovídal hodnotě  $Q_{100}$ , v případě kalibrace kulminačnímu průtoku povodně z července 1997.

Na dolní výstupní hranici byla použita volná okrajová podmínka, odpovídající volnému výtoku z modelované oblasti při předepsané poloze hladiny. Zadávaná úroveň hladiny vycházela z výsledků výpočtů průběhů hladin v oblasti pod modelovaným územím - k dispozici byly výsledky výpočtů pomocí jednorozměrného modelu HEC RAS sestaveného v rámci aktualizace záplavového území v roce 2011. Data poskytl Povodí Labe.

## Kalibrace modelu

Kalibrace aktualizovaného modelu byla provedena s využitím informací o nadmořských výškách značek povodně z července roku 1997. Modelované území bylo na základě mapových podkladů, leteckých snímků a terénního průzkumu rozděleno na dílčí podoblasti, charakterizované různými typy povrchu a charakteristikami drsnosti. Celkem bylo použito 13 charakteristických typů povrchu. Hodnoty příslušných součinitelů drsnosti a jejich prostorové rozložení byly přitom bez úprav převzaty z předchozích studií. Vhodnost zvolených součinitelů drsnosti byla verifikována pomocí simulace povodně s kulminačním průtokem odpovídajícím svou velikostí kulminačnímu průtoku povodně v roce 1997 a následného porovnání výsledků s dostupnými údaji o povodňových značkách.

Přehled měřených značek spolu s hladinami vypočtenými pomocí dvourozměrného modelu je uveden v tabulce 4.

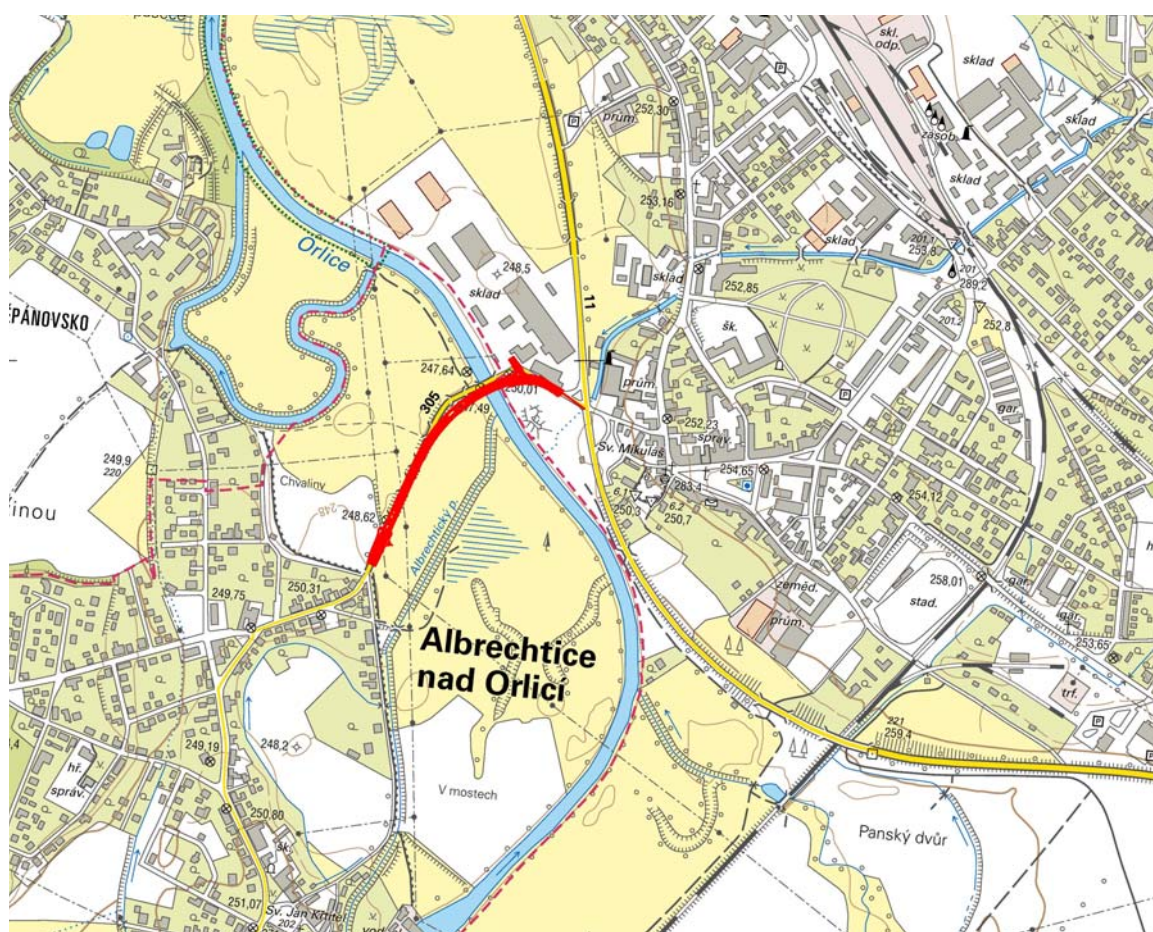
Bod	Měřená hladina (m n.m.)	Vypočtená hladina (m n.m.)	Odchylka (m)
pod silničním mostem	249,15	249,20	+0,05
nad silničním mostem	249,39	249,40	+0,01
restaurace v Albrechticích	249,90	249,80	-0,10
nad jezem Albrechtice	250,20	250,22	+0,02

Tabulka 4: Výsledky kalibrace modelu pro povodeň z července 1997

## 6. ŘEŠENÉ VARIANTY PRO SOUČASNÝ A VÝHLEDOVÝ STAV

### Současný a výhledový stav

Zájmové území zahrnuje úsek Orlice v délce cca 2,35 km mezi ř. km 30,31 a ř. km 32,66 (nové staničení dle studie ZÚ) s přilehlým inundačním územím. Umístění posuzované přeložky je zřejmé z obrázku 1. Situace modelované oblasti je uvedena na příloze 1, charakter inundačního území je patrný z kompozice leteckých snímků na příloze 2. V obou přílohách je vyznačen půdorys posuzované přeložky komunikace II/305.



Obr. 1: Přehledná situace přeložky silnice II/305

Prostor zájmové oblasti je na horním okraji ohraničen tělesem násypu železniční trati, který příčně přehraňuje celé inundační území. Koryto Orlice překonává železniční trať mostním objektem v ř. km 32,66. Kromě zmíněného mostu je těleso trati opatřeno čtyřmi dalšími mostky a propustky, které přispívají k převádění povodňových průtoků.



V ř. km 32,108 je situován válcový jez s vodní elektrárnou.

Další liniovou stavbou, která napříč přetíná inundační území, je stávající komunikace II/305 Týniště nad Orlicí – Albrechtice (obr.2). Komunikace přechází přes koryto Orlice silničním mostem v ř. km 30,939 a v prostoru inundačního území je vedena v násypu. K převádění povodňových průtoků bylo v tělese komunikace v minulosti vybudováno celkem 5 inundačních mostků a propustků. Jejich kapacita se však při povodňových situacích ukazuje jako nedostatečná, za extrémních povodňových situací je uvedena komunikace přelévána. V rámci vyhodnocení povodní v roce 1997 byla komunikace identifikována jako významná překážka, která nezanedbatelně zhoršuje podmínky průchodu povodní zájmovým územím.



Obr. 2: Stávající komunikace II/305 s inundačními mostky, v pozadí hlavní most přes Orlici

Boční ohraničení inundačního území na pravé straně (ve směru proudění) je tvořeno násypem silničního obchvatu Týniště nad Orlicí. Za extrémních průtoků může dojít k rozlití vody i za těleso komunikace, pro aktivní převádění povodně však tento prostor není významný. Na levé straně je hranice území zaplavovaného při povodních nepravidelná a z větší části odpovídá linii nově vybudované protipovodňové ochrany obce Albrechtice nad Orlicí.

Inundační území je tvořeno víceméně rovinným územím, ve kterém se nachází několik starých, většinou slepých ramen a tůní. Největším z nich je staré rameno ve Štěpánovsku. Kromě těchto vodotečí se v inundačním území nachází síť mělkých odvodňovacích příkopů.

Významnější uměle vybudovanou vodoteč představuje koryto potoka, vedeného původně od rybníčku v Albrechticích podél ochranné hráze v ulici Na Hrázce a dále podél silnice II/305 do koryta Orlice. V rámci stavby PPO Albrechtice bylo koryto potoka zčásti převedeno do nové souběžné trasy.

Povrch inundačního území je z převážné části tvořen loukami v kombinaci se zemědělsky obhospodařovanými plochami, místy se nachází hustší keřová či stromová vegetace (většinou jako doprovod vodotečí).

Občanská a průmyslová zástavba se nachází na okrajích záplavového území, v Albrechticích nad Orlicí je dnes chráněna protipovodňovou ochranou navrženou na  $Q_{100}$ . Na straně Týniště nad Orlicí se nachází průmyslový areál na pravém břehu Orlice pod silničním mostem, zaplavovaný objekt bývalé koželužny nad mostem byl demolován a nahrazen objektem Penny Market s podlahou nad úrovní  $Q_{100}$ .

Výhledový stav, posuzovaný v rámci této studie, souvisí s předpokládanou realizací přeložky silniční komunikace II/305. Nově navrhovaný stav uvažuje vedení přeložky víceméně v trase stávající komunikace II/305 a je výrazně odlišný od varianty uvažované v předchozí studii [3], kdy přeložka v podobě estakády měla být vedena zhruba 550 metrů výše proti proudu.

Podle nového návrhu (viz obrázek 1 a přílohy 3.1 až 4) přeložka sil. II/305 vychází z místa stávajícího křížení sil. I/11a II/305. Pokračuje Mosteckou ulicí, mezi areálem Hudebních nástrojů a areálem Penny Market k hlavnímu mostnímu objektu přes koryto Orlice. Trasa není zcela situována v původní trase sil. II/305 z důvodu optimálnějšího směrového vedení přeložky. Napojení sil. I/11a II/305 je řešeno pomocí okružní křižovatky. Přeložka pokračuje levostranným obloukem o  $R=95,0$  m na most přes řeku Orlici. V tomto úseku zasahuje přeložka částečně do areálu Penny market. Nový most přes řeku Orlici je situován jižně od stávajícího. Dále pokračuje přeložka levostranným obloukem  $R=250,0$  m a vrací se do původní trasy. Přeložka se napojuje na stávající komunikaci na začátku obce Albrechtice n/O.

Délka přeložky je 550,0 m, délka přemostění v maximální variantě – estakáda – činí 338,0 m.

### **Řešené varianty**

Studie vlivu realizace navrhované přeložky na proudové poměry v inundačním území za povodně bylo provedeno formou srovnávací studie, v jejímž rámci byly metodou dvourozměrného modelování podrobně vyřešeny a vzájemně porovnány varianty pro současný stav a stav po provedení přeložky. Stav po realizaci přeložky byl řešen ve třech základních a dvou doplňkových dílčích variantách, které měly shodnou trasu a vzájemně se

lišily uspořádáním mostních objektů v rozsahu křížení inundačního území trasou přeložky. Volba variant vycházela z požadavků objednatele a z jím poskytnutých projektových podkladů.

Rovněž výškové vedení nivelety je u všech dílčích variant nového stavu shodné. Niveleta komunikace je vedena tak, aby v hlavním mostu přes Orlici byl splněn požadavek ČSN na zachování bezpečnostního volného prostoru nad návrhovou hladinou 0,50 m, obdobný požadavek však není splněn v případě estakády, resp. inundačních mostů v prostoru kříženého inundačního území, kde se niveleta snižuje směrem k napojení na stávající komunikaci u Albrechtic n/O. Zde se spodní konstrukce přemostění dostává pod úroveň předpokládané hladiny při  $Q_{100}$ .

Ve všech posuzovaných variantních návrzích je počítáno s demolicí původního mostu a s kompletním odstraněním konstrukcí a násypů souvisejících se stávající komunikací až na úroveň původního terénu. První tři základní varianty počítají navíc s odstraněním stávající cyklistické stezky a s jejím převedením do trasy nové komunikace. V doplňkových variantách 5 a 6 je stávající stezka ponechána.

V následujících odstavcích je uveden stručný přehled všech modelovaných variant.

**Kalibrační varianta (varianta 0)** sloužila ke kalibraci modelu na základě informací o průběhu kulminační hladiny při povodni v roce 1997. Geometrické uspořádání varianty odpovídá stavu objektů a zástavby v době výskytu této povodně.

**Srovnávací varianta (varianta 1)** představuje současný stav a slouží pro porovnání s variantami nového stavu. Zjištěné rozdíly ve výsledcích modelového řešení pro původní a nový stav slouží ke zhodnocení negativních, resp. pozitivních účinků uvažovaných změn v inundačním území. Od stavu uvažovaného ve variantě 0 se tato varianta liší zavedením nové zástavby, demolice bývalé koželužny a výstavby v areálu Penny, cyklistické stezky a zejména dokončené protipovodňové ochrany obce Albrechtice nad Orlicí včetně související přeložky souběžného potoka.

**Základní varianty nového stavu (varianty 2, 3, 4)** představují tři dílčí varianty navrhované přeložky, lišící se vzájemně počtem a uspořádáním mostních objektů v rozsahu přeložky s tím, že trasa přeložky, výškové vedení nivelety a objekt hlavního mostu přes Orlici jsou shodné u všech variant dle výše uvedeného textu. Varianta 3 představuje variantu, která víceméně vychází z jedné z variant řešených ve studii [4] a předpokládá provedení přeložky v podobě estakády prakticky v celém rozsahu inundačního území. Délka estakády činí 338 metrů. Varianty 2 a 4 uvažují alternativní provedení přeložky v násypu se třemi, resp. pěti



inundačními mostky šířky 19 metrů. Dispoziční řešení variant je zřejmé z projektových podkladů na přílohách 3.1, 3.2 a 4.1.

**Doplňkové varianty nového stavu (varianty 5 a 6)** byly řešeny v návaznosti na průběžné výsledky a byly doplněny v průběhu zpracování. Trasa přeložky, výškové vedení nivelety a objekt hlavního mostu přes Orlici jsou shodné. Varianta 5 uvažuje celkem šest inundačních mostů, varianta 6 z této varianty vychází a slučuje čtyři ze šesti inundačních mostů do podoby jednoho objektu – dílčí estakády. Obě varianty zohledňují přirozený směr proudění vody v inundačním území šikmou orientací mostních podpěr a opěr vůči ose komunikace. Dispoziční řešení doplňkových variant je zřejmé z projektových podkladů na přílohách 4.2 a 4.3.

## 7. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ A VYPLÝVAJÍCÍ ZÁVĚRY

Modelové výpočty a vyhodnocení simulací byly provedeny pro průtok  $Q_{100}$ , resp. pro průtok  $Q_{1997}$  u kalibrační varianty.

Pro výsledky modelování v jednotlivých variantách byly vytvořeny záplavové mapy, které kromě základní informace o rozsahu záplavy obsahují i detailní informace o rozložení charakteristik proudění vody v zájmovém území. Tyto mapy znázorňují prostorové rozložení jednotlivých hydraulických veličin získaných jako výstupy dvourozměrného numerického modelování.

Tento způsob vyhodnocení poskytuje přehledné souhrnné vyhodnocení podmínek proudění vody v zájmové oblasti a umožňuje podrobnější analýzu odtokových poměrů v zájmovém území. Kompletní sestava grafického vyhodnocení simulačních výsledků zahrnuje následující přehledné tematické mapy charakteristik proudění:

- mapy hladin,
- proudnice
- mapy hloubek,
- mapy rychlostí.

V případě rychlostí se vzhledem k typu numerického modelu (2D model) jedná o průměrné svislicové rychlosti (průměr rychlostí v celém rozsahu hloubky od obvykle nejmenších rychlostí u dna po obvykle nejvyšší rychlosti u hladiny). Proudnice vymezující proudové pásy, kterými prochází stejný dílčí průtok vody, byly zkonstruovány s krokem  $dQ = 20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Kompletní vyhodnocení všech variant je uvedeno v grafických přílohách zprávy.

## Proudové poměry

Výsledky proudových poměrů vyšetřené dvourozměrným modelem pro současný stav odpovídají poznatkům z předchozí studie [3]. Vyšetřené proudové poměry ukazují, že i při velkých povodních se průtok zčásti koncentruje do koryta řeky. Značná část průtoku se však rozlévá do inundačního území, přičemž podíl koryta a inundačního území na převádění povodňového průtoku se v závislosti na podmínkách proudění mění. Na dvou místech přitom dochází ke křížení hlavních směrů proudění v korytě a inundačním území.

Poprvé k tomu dochází v oblasti pod jezem v Albrechticích, kde má koryto Orlice směr téměř kolmý na podélnou osu inundace. Voda se v této části vrací do koryta z pravé strany z prostoru před železničním násypem (kromě vody z rozlivu Orlice do inundace se jedná i o přítoky z inundačních mostků pod tratí), současně však značný podíl průtoku v této části opouští koryto Orlice a rozlévá se do levostranné inundace. Téměř veškerý průtok procházející touto inundací je díky poměrně velké hustotě inundačních otvorů pod komunikací Týniště - Albrechtice (spolu s částečným přeléváním tělesa násypu) převeden do levostranné inundace ve spodní části modelu, pouze malá část proudnic se vrací do koryta Orlice ještě před silničním mostem v Týništi. Tuto skutečnost je však třeba hodnotit s určitou opatrností, zejména proto, že proudové pole by se podstatně změnilo, pokud by došlo k ucpání některých mostků plovoucími předměty. Takový případ však nebyl na modelu zkoumán.

Z výsledků je dále patrné, že v dolní části modelu dochází ke koncentraci proudění vlivem zástavby v pravostranné inundaci, která spolu s výběžkem zástavby v obci Albrechtice vytváří zúžený profil. V této části dochází ke druhému významnému křížení směrů proudění, kdy se pod zúženým profilem voda rozlévá do pravostranné inundace. Z porovnání variant 0 a 1 je patrné, že realizací PPO Albrechtice bylo zamezeno jistému, i když kapacitně nepříliš významnému průtoku prostorem zástavby v Albrechticích. Za současné situace je tento dílčí průtok koncentrován do inundačního území před linií PPO.

Sledujeme-li vliv realizace přeložky komunikace II/305 na proudové poměry, lze konstatovat, že varianta 3 (estakáda) má pozitivní vliv na vyrovnaní proudového pole v úseku nad i pod silničním mostem a průtok prochází víceméně rovnoměrně v celé šíři inundačního území. V proudovém poli není patrná koncentrace proudění do hlavního mostu či dílčích mostků tak, jak k tomu dochází za současného stavu. Proudové poměry u variant 2 a 4 (dílčí mosty) jsou ve srovnání s variantou estakáda ovlivněny výrazněji s tím, že varianta 2 má proudové poměry nejméně vhodné.

Z průběhu proudnic je u základních variant patrné, že trasa komunikace je v levé části inundace orientována šikmo vůči přirozenému průběhu proudnic, což proudové poměry u všech variant dále komplikuje.

Doplňkové varianty 5 a 6 se jeví ve srovnání s variantami 2 a 4 z hlediska proudových poměrů jako vhodnější, především varianta 6 (dílní estakáda), u které lze pozorovat menší míru koncentrace průtoku do hlavního mostního objektu. V porovnání s variantou 3 je samozřejmě patrné určité ovlivnění proudových poměrů v důsledku úseků v násypu se sjezdy na přilehlé pozemky.

### **Průběh hladiny**

Vyhodnocení průběhů hladin při povodni bylo provedeno v podobě barevných map hladin. Rozhraní mezi jednotlivými barvami představují vrstevnice hladiny, krok zobrazení činí 10 cm. Paleta se opakuje po jednom metru, pro usnadnění orientace je na každé příloze v prostoru nad mostem uvedena jedna kóta s popisem odpovídajícím nadmořské výšce hladiny.

Z vyhodnocení průběhů hladin je zřejmý vliv současné komunikace II/305 na polohu hladiny vody při povodni. Na hraně komunikace s inundačními mostky mezi Týništěm nad Orlicí a Albrechticemi vzniká v průběhu hladiny skok, rozdíly mezi hladinami nad a pod tělesem komunikace jsou nejmenší v místě silničního mostu (cca 15 cm) a postupně rostou směrem k Albrechticím až na hodnotu cca 35 až 40 cm. Koruna silnice je na straně od Albrechtic zhruba do poloviny délky směrem k Týništi nad Orlicí při povodni přelévána, na zbylém úseku se hladina nachází těsně pod korunou násypu.

Na základě vyhodnocení lze konstatovat, že výstavba přeložky v podobě estakády nebude mít ve srovnání se stávajícím stavem na průběh hladiny negativní vliv, naopak by mělo dojít ke zlepšení současného stavu. V důsledku odstranění stávající komunikace dojde ke snížení skoku v průběhu hladiny pozorovaného za současného stavu a k vyrovnání hladin v prostoru před a za původní komunikací. Hladina v úseku inundace nad mostem se podle výpočtů nesníží všude o celou hodnotu původního rozdílu v hladinách, předpokládané snížení činí cca 20 cm v místě napojení na původní komunikaci u Albrechtic nad Orlicí. U varianty 2 k podobnému pozitivnímu účinku nedochází, naopak se jedná o zhoršení v podobě dalšího zvýšení hladiny. V případě varianty 4 k určitému zlepšení – snížení hladiny - v důsledku zvětšení průtočných profilů inundačních mostů dochází. Toto snížení hladiny činí asi 10 cm, projevuje se však pouze v části přilehlé k řece (zhruba do poloviny šířky inundace) a nedosahuje až ke konci přeložky u Albrechtic nad Orlicí. Zvýšení průtočné kapacity

inundačních mostů je patrně zčásti eliminováno zmenšením rozsahu přepadu vody přes těleso přeložky z důvodu navýšení nivelety oproti současnému stavu.

Pro posouzení míry vzduší hladiny komunikací je mimo jiné podstatná oblast křížení komunikace II/305 s linií PPO Albrechtice, kde při nepříznivém zvýšení hladiny dochází ke snížení bezpečnosti prvků protipovodňové ochrany. Návrhová úroveň PPO navrhovaná na  $Q_{100}$  zde podle dostupných podkladů činí 249,42 m n. m. plus bezpečnostní převýšení 50 cm. Vypočtené úrovně hladin ve zkoumaných základních variantách v tomto místě dosahují úrovně hladin podle tabulky 5. Z porovnání je zřejmé, že původním předpokladům návrhu se v základních variantách 2 až 4 blíží pouze varianta 3 – estakáda. U doplňkových variant 5 a 6 vychází lépe varianta 6 – dílčí estakáda.

Označení varianty	0 kalibrace	1 současný stav	2 3 mosty	3 estakáda	4 5 mostů	5 6 mostů	6 dílčí estakáda
Hladina	249,63	249,67	249,78	249,47	249,66	249,59	249,53

Tabulka 5: Vypočtené úrovně hladin v oblasti křížení komunikace s linií PPO

### Hloubky a rychlosti proudění

Ve všech modelovaných variantách dosahují hloubky v korytě Orlice hodnot 2,5 až 7 metrů. V inundačním území jsou hloubky vody proměnlivé v závislosti na morfologii terénu a na průběhu hladiny při povodni. Na převážné ploše průtočného inundačního území se vyskytují hloubky vody v rozmezí mezi 1,0 až 2,5 metru, lokálně i více (stará ramena, tůně). Rozdíly v průběhu hloubek u jednotlivých variant souvisí s rozdíly v průběhu hladin a s lokálními úpravami modelu terénu.

Největší hloubky nad korunou stávající přeléváné komunikace II/305 (varianta 0 a 1) se vyskytují v blízkosti Albrechtic (0,3 až 0,4 m), směrem k Týništi nad Orlicí postupně klesají. U variant nového stavu (varianty 2,3 a 4) je z vyhodnocení zřejmý menší rozsah přelévání komunikace oproti současnému stavu, což souvisí s postupným zvyšováním nivelety přeložky od Albrechtic směrem k Týništi nad Orlicí. Zvýšení nivelety přeložky přispívá ke zvýšení světlé výšky inundačních otvorů, dílčí omezení možnosti přepadu vody přes těleso komunikace současně zvyšuje nároky na jejich kapacitu.

Ve všech variantách je oblast s nejvyššími průměrnými svislicovými rychlostmi tvořena korytem Orlice, kde se převážně vyskytují rychlosti od  $1,0 \text{ m.s}^{-1}$  do  $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ . Lokálně lze ovšem pozorovat i hodnoty vyšší - např. na vtoku do modelu v místě železničního mostu byla

vyhodnocena rychlost  $3,2 \text{ m.s}^{-1}$  a v místě jezu v Albrechticích rychlost  $2,2 \text{ m.s}^{-1}$ . Pod silničním mostem v Týništi n. Orlicí byla ve stávajícím stavu vypočtena rychlost  $2,0 \text{ m.s}^{-1}$ , v místě stávajících mostků a propustků a také v oblasti přepadu vody přes těleso komunikace u Albrechtic nad Orlicí se vyskytují rychlosti 2 až  $2,5 \text{ m.s}^{-1}$ .

Hlavní rozdíly v rozložení rychlostí lze pozorovat při porovnání současného stavu s variantou 3 – estakáda. Zrovnoměrnění proudového pole kompletním odstraněním stávající komunikace a souvisejících objektů na úroveň původního terénu a návrhem estakády vede k celkovému vyrovnaní rychlostí a snížení jejich maximálních hodnot. Maximální průměrné svislicové rychlosti se u varianty estakáda vyskytují v části od Albrechtic zhruba do třetiny vzdálenosti směrem k Týništi nad Orlicí, a to jednak v oblasti soustředěného přepadu přes těleso komunikace v oblasti napojení na původní komunikaci, a dále v rozsahu úseku estakády se spodní hranou konstrukce pod úrovní hladiny vody. Velikosti rychlostí se zde pohybují do  $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ , v ostatním rozsahu estakády pak do  $1 \text{ m.s}^{-1}$ . Zvýšení podílu průtoku převáděného inundačním územím snižuje i nutnost koncentrace proudění do hlavního mostu, což se projevuje snížením rychlosti v korytě na hodnotu kolem  $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ .

Varianty s dílčími mosty jsou v tomto ohledu méně příznivé, zejména u varianty 2 (3 mosty) jsou ve vyšších hodnotách rychlostí patrné důsledky koncentrace proudění do koryta Orlice a tří inundačních mostů. Varianta 4 je co do velikostí rychlostí víceméně srovnatelná se současným stavem. U varianty 5 a 6 jsou rychlosti rovněž srovnatelné a jejich rozložení závisí na umístění a kapacitě průtočných objektů v obou variantách.

## 8. ZÁVĚR

Na základě provedených modelových výpočtů a podrobného zhodnocení jejich výsledků (viz předcházející odstavce) lze učinit následující závěry.

Současný stav komunikace II/305 mezi Týništěm nad Orlicí a Albrechticemi je z hlediska převádění povodní nevyhovující. Komunikace způsobuje vzdutí hladiny, které nepříznivě zvyšuje povodňová rizika. Největší rozdíl v hladinách před a za komunikací byl vyčíslen na 35 až 40 cm za předpokladu plné průtočnosti všech inundačních mostků, negativní vliv stávající komunikace je navíc umocněn možností částečného či úplného ucpání mostních otvorů.

Výchozí koncepce návrhu přeložky je nepříznivě ovlivněna místními podmínkami zvoleného místa křížení s inundačním územím – zejména ve vztahu k vynucenému výškovému uspořádání, kdy spodní hrany všech mostních objektů nejsou situovány nad hladinou  $Q_{100}$ .

Odstranění stávajícího násypu dnešní komunikace a realizace přeložky v podobě estakády představuje z hlediska průchodu povodní inundačním územím jednoznačný přínos. Předpokládané snížení hladiny u varianty 3 (estakáda) bylo vyčísleno na cca 20 cm. Výsledky potvrzují předpoklady studie [4] o možnosti snížení hladiny návrhem estakády.

Uvažovaná návrhová hladina PPO Albrechtice nad Orlicí v místě napojení přeložky na stávající komunikaci činí 249,42 m n. m. při  $Q_{100}$ . Pro přeložku silnice II/305 je v projektových podkladech uváděna hodnota návrhové hladiny 249,40 m n. m. při  $Q_{100}$ . Provedené výpočty ukazují, že hladina v místě hlavního mostu přes Orlici prakticky odpovídá této hodnotě a obdobný výsledek poskytly i výpočty pro stanovení ZÚ z roku 2011 (1D model). Výsledky 2D modelování podobně jako studie [3] současně ukazují, že úroveň hladiny podél komunikace směrem k Albrechticím nad Orlicí mírně roste. V místě křížení s linií PPO činí v současném stavu území 249,67.

Tato zvýšená hladina je sice stále v rozsahu bezpečnostního převýšení návrhu PPO (50 cm), nicméně z něj využívá zhruba 50 procent a celková bezpečnost v důsledku nejistot (hydrologická data, nepřesnosti modelu terénu, dynamické a další vlivy) je tedy nižší.

Návrh přeložky v podobě varianty 2 (3 inundační mosty) situaci nezlepšuje, ale naopak zhoršuje – hladina v místě křížení komunikace II/305 s linií PPO vychází na úrovni 249,78, což by vedlo ke snížení bezpečnostní rezervy na pouhých 10 cm. Varianta 4 (5 mostů) vede k obdobným hodnotám polohy hladiny v blízkosti PPO Albrechtice jako v současném stavu. Určité zlepšení lze spatřovat ve snížení hladiny zhruba od poloviny inundačního území

směrem k Týništi nad Orlicí a ve zvětšení průtočných profilů inundačních mostů, což může přispívat ke zmenšení nebezpečí jejich ucpávání při povodni

K výraznému zlepšení současných podmínek vede návrh přeložky v podobě estakády (varianta 3), kdy hladina v místě křížení s linií PPO vychází 249,47, což je hodnota blíží se původním předpokladům a ovlivnění přirozených proudových poměrů je zde nejmenší ze všech řešených variant. Jako druhá nejvhodnější z hlediska polohy hladiny se jeví varianta 6 (dílčí estakáda), u které činí teoretická vypočtená hladina v daném místě 249,53 m n. m. Míra ovlivnění proudových poměrů je zde však již vyšší než u varianty 3 v důsledku návrhu částí přeložky v násypu se sjezdy na přilehlé pozemky.

Na základě vyhodnocení základních variant bylo doporučeno zabývat se při dalším návrhu podrobněji návrhem podpěr a pokusit se minimalizovat vliv pilířů na proudění vody pod estakádou (resp. v mostních objektech), protože přirozený směr proudění není kolmý na trasu přeložky. V rámci doplňkových variant 5 a 6 bylo toto doporučení již zohledněno.

Závěrem je třeba upozornit, že výpočty byly provedeny za předpokladu zachování plné průtočnosti mostních objektů v průběhu povodně a neřeší extrémní stavy související s případným omezením jejich průtočnosti v důsledku ucpání. Takové stavy je obtížné predikovat, při nízké úrovni spodních hran konstrukcí v části přeložky však podobné jevy zcela vyloučit nelze. Při interpretaci výsledků je také zapotřebí zohlednit současné limity numerického modelování povodňových situací a jeho dosažitelnou přesnost (cca 20 cm) a dále i možné odchylky od teoreticky stanovených hladin. V této souvislosti je zapotřebí zmínit nejen reálnou přesnost samotných numerických modelů, ale i předpokládanou přesnost používaných geodetických podkladů (např. předpokládaná úplná střední chyba laserového skenování terénu činí 0,20 až 0,30 m v závislosti na typu povrchu) a rovněž možný rozptyl vstupních hydrologických dat. V tomto kontextu je třeba považovat míru snížení hladiny ve vztahu k výšce protipovodňové ochrany v Albrechticích za podstatnou.

Vyhodnocené charakteristiky proudění je třeba chápat jako průměrné hodnoty při daném simulovaném kulminačním stavu. To znamená, že nelze vyloučit lokální překročení vyčíslených hodnot například v důsledku lokálních depresí, lokálních koncentrací proudu a obdobných geometrických detailů či jevů pod hranicí rozlišení modelu, či v důsledku dalších nahodilých modelem nepostižitelných jevů.

## LITERATURA

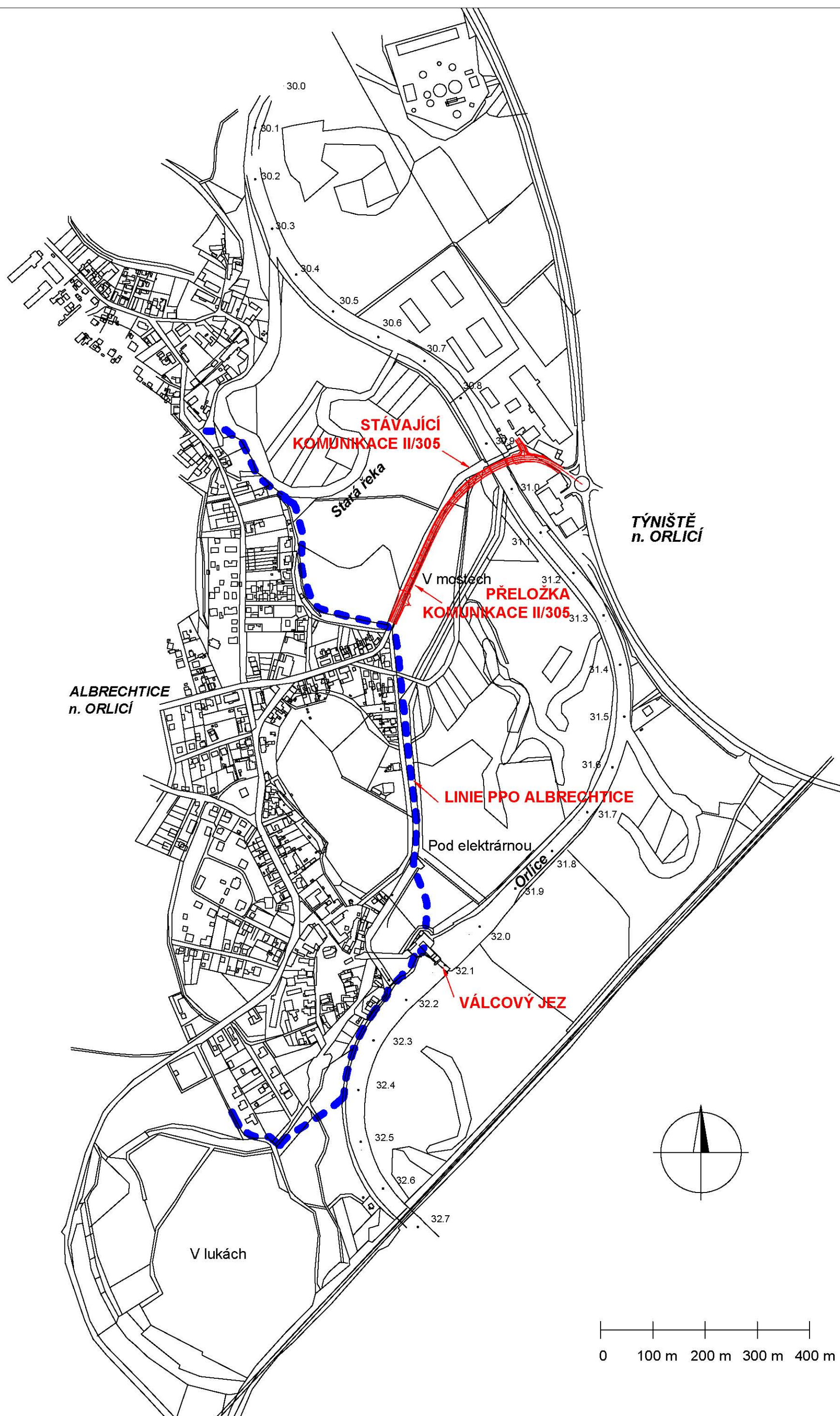
- [1] Vyhodnocení povodní z července 1997, DÚ 4 „Hydraulické vyhodnocení dynamiky odtoků a rozlivů“. *Studie, VÚV Praha, 1998*
- [2] Valenta, P.- Valentová, J. (1998): Dvourozměrný model proudění vody při povodni na Orlici v oblasti Týniště nad Orlicí. *Studie, Hydro Expert, Praha.*
- [3] Hydroexpert spol. s r.o. (2001): Hydrotechnické posouzení přeložky silnice II/305 Týniště nad Orlicí – Albrechtice
- [4] Strada v.o.s (2007): II/305 Týniště nad Orlicí – Albrechtice nad Orlicí, studie
- [5] Valenta P. (2004): Dvourozměrné numerické modelování proudění vody v otevřených korytech a inundačních územích. Habilitační práce. ČVUT, Fakulta stavební, Praha.
- [6] Valenta, P a kol. (2000): Klasifikace inundačních území a předpovídání povodňových škod na bázi dvourozměrného matematického modelování povodňových situací. In: Workshop 2000 - Extrémní hydrologické jevy v povodích, ČVUT Praha
- [7] Valenta, P., Valentová, J. (2001): Dvourozměrné matematické modelování proudění vody v inundačních územích jako podklad pro územní plánování. In: Konference Orlice 2001, Jablonné nad Orlicí, Orlická hydrogeologická společnost
- [8] Valenta P., Valentová J. (2003): Detailed Numerical Modeling of Flood Flow in Floodplains with Complex Geometry. *Acta Polytechnica* 3/2003, 43, 55 – 60.
- [9] Wenka, T.- Valenta, P.- Rodi, W. (1991): Depth - Average Calculation of Flood Flows in a River with Irregular Geometry. *Proc. XXIV IAHR Congress, Madrid.*
- [10] Wenka, T.- Valenta, P. (1991): Entwicklung und Austesten einer tiefengemittelten Version des FAST 2D Computer Programms. Universität Karlsruhe.



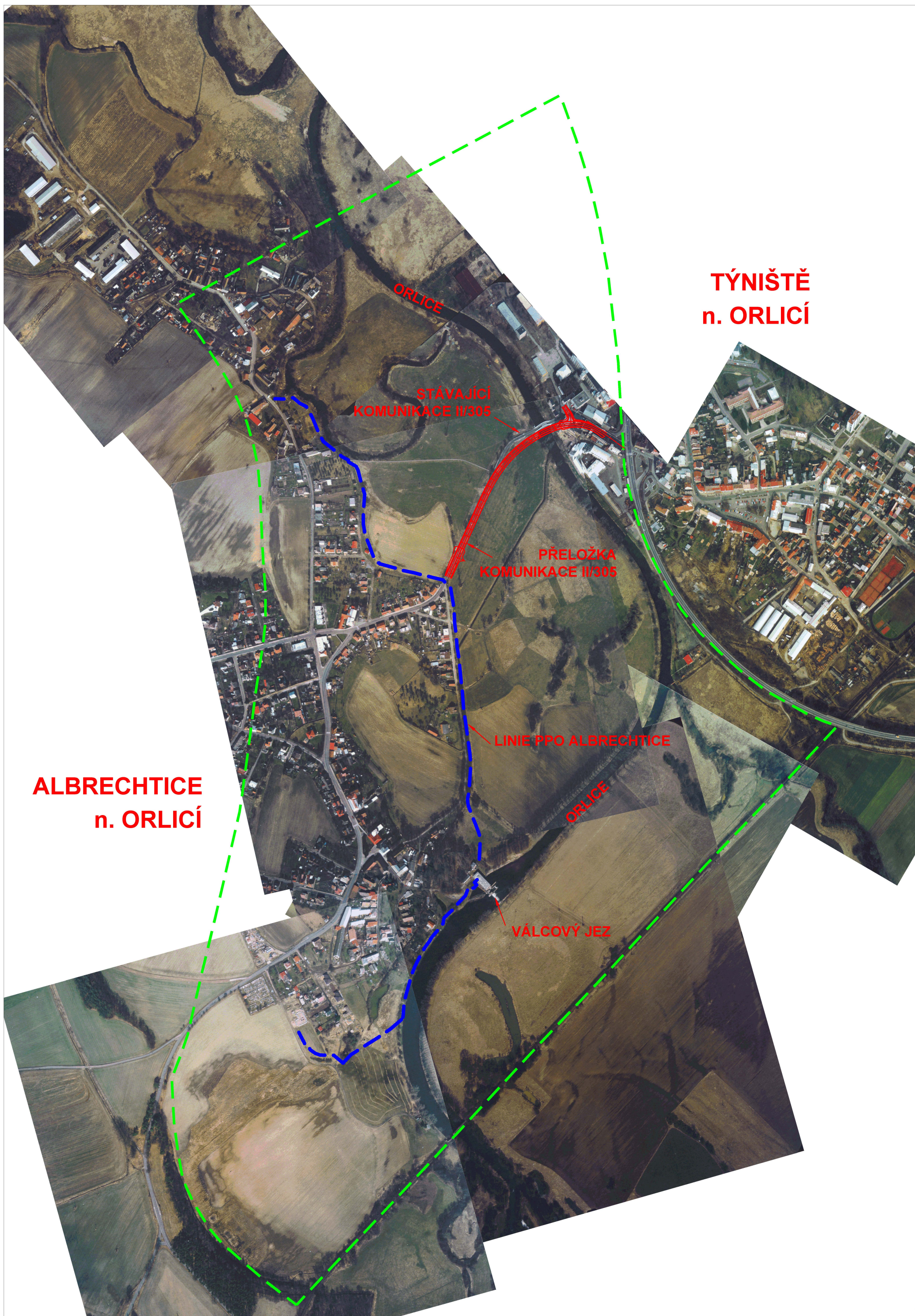


## SEZNAM GRAFICKÝCH PŘÍLOH

1. Situace
2. Letecké snímky s vyznačením hranic 2D modelu
- 3.1. Varianta 2 - situace
- 3.2. Varianta 3 - situace
- 4.1. Varianta 4 - situace
- 4.2. Varianta 5 - situace
- 4.3. Varianta 6 - situace
5. Model terénu
6. Varianta 0 - mapa hladin
7. Varianta 0 - proudnice
8. Varianta 0 - mapa hloubek
9. Varianta 0 - mapa rychlostí
10. Varianta 1 - mapa hladin
11. Varianta 1 - proudnice
12. Varianta 1 - mapa hloubek
13. Varianta 1 - mapa rychlostí
14. Varianta 2 - mapa hladin
15. Varianta 2 - proudnice
16. Varianta 2 - mapa hloubek
17. Varianta 2 - mapa rychlostí
18. Varianta 3 - mapa hladin
19. Varianta 3 - proudnice
20. Varianta 3 - mapa hloubek
21. Varianta 3 - mapa rychlostí
22. Varianta 4 - mapa hladin
23. Varianta 4 - proudnice
24. Varianta 4 - mapa hloubek
25. Varianta 4 - mapa rychlostí
26. Varianta 5 - mapa hladin
27. Varianta 5 - proudnice
28. Varianta 5 - mapa hloubek
29. Varianta 5 - mapa rychlostí
30. Varianta 6 - mapa hladin
31. Varianta 6 - proudnice
32. Varianta 6 - mapa hloubek
33. Varianta 6 - mapa rychlostí

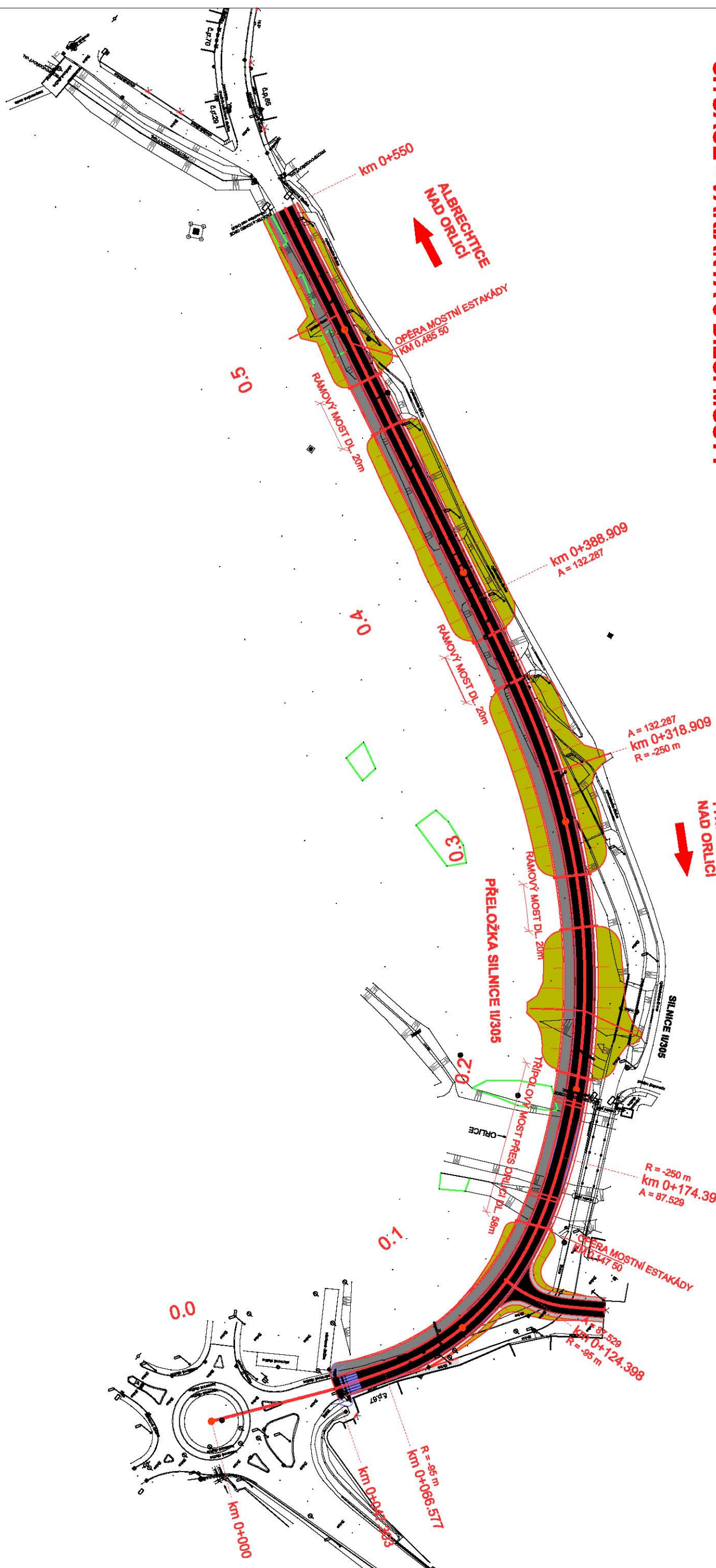








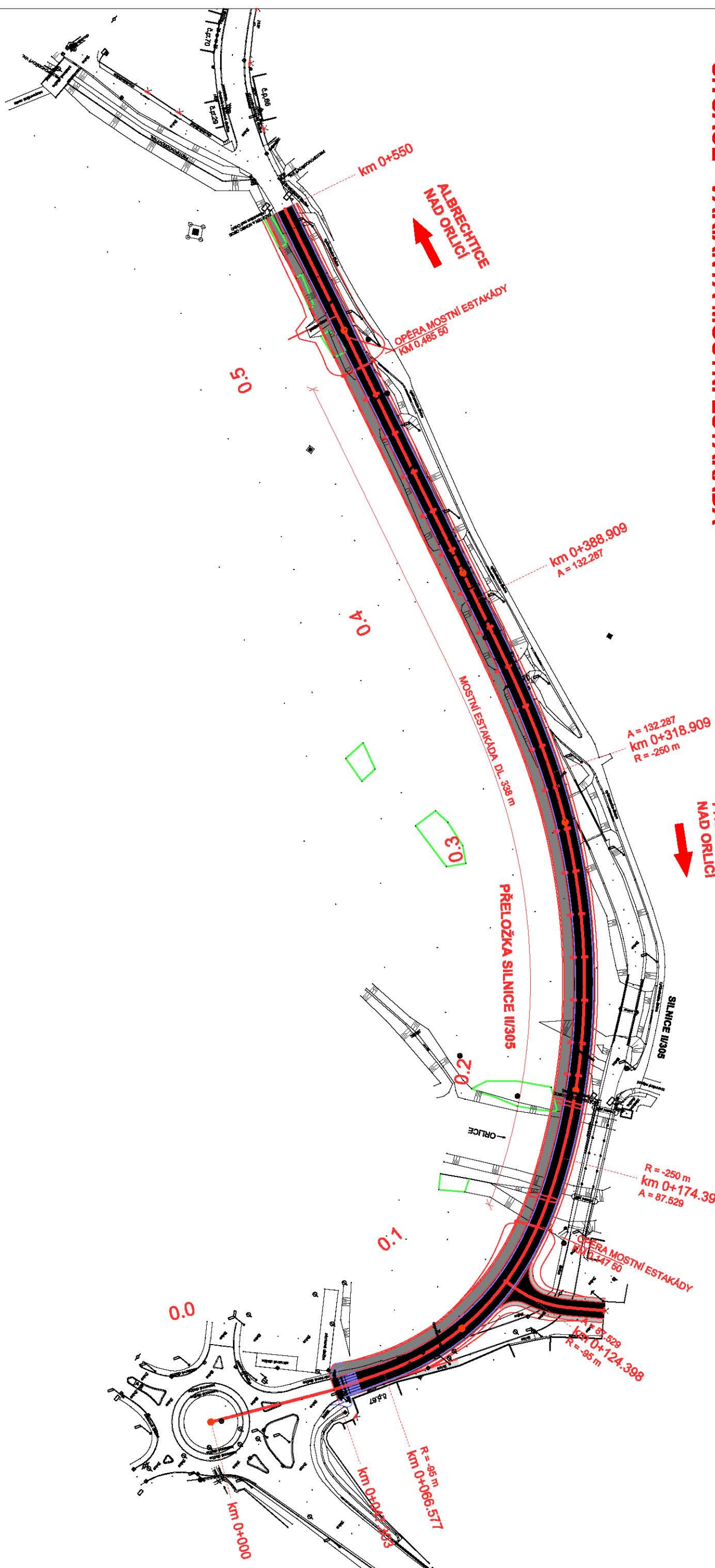
**II/305 TÝNIŠTĚ n. O. - ALBRECHTICE n. O.  
SITUACE - VARIANTA 3 DÍLČÍ MOSTY**



MĚŘÍTKO 1 : 1500

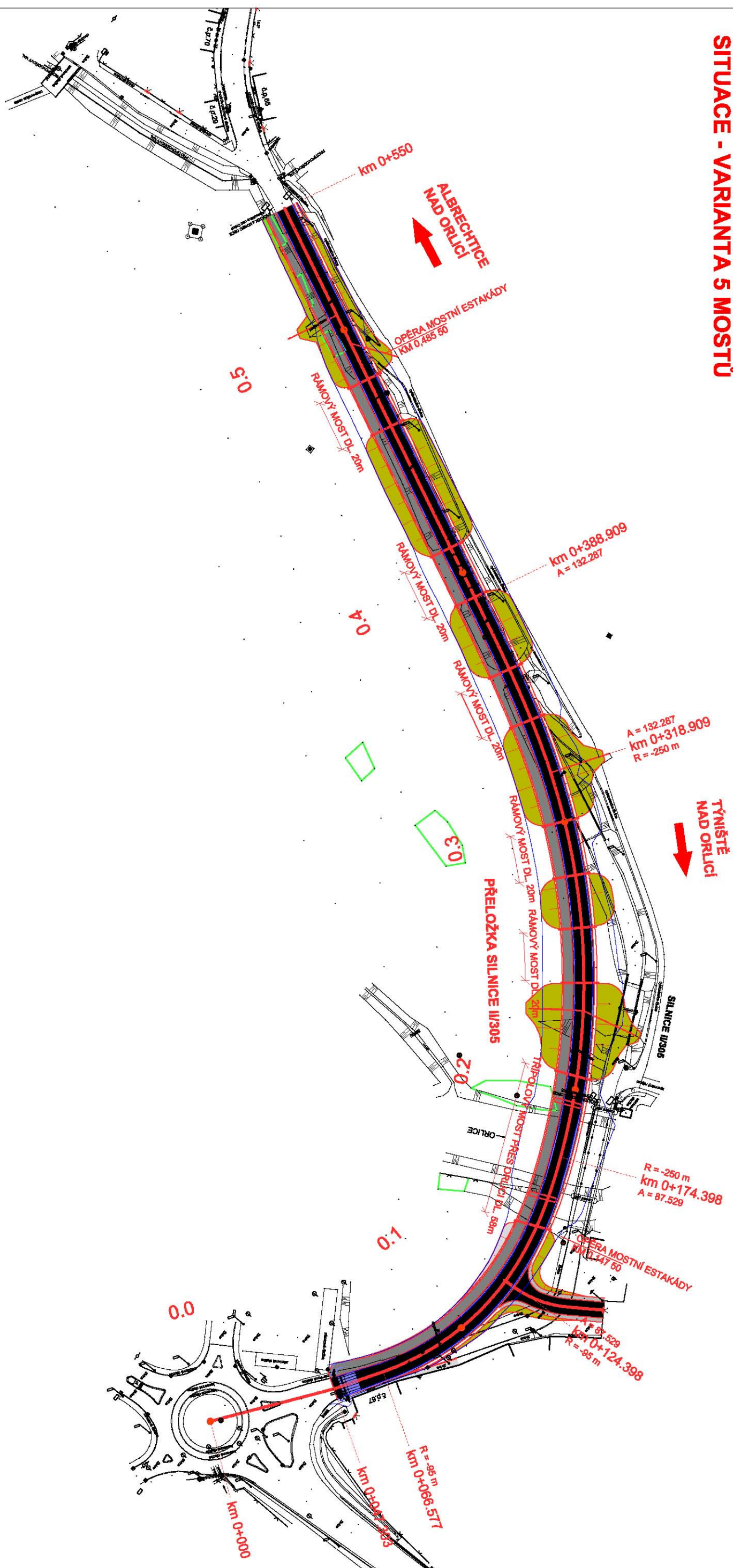
PŘÍLOHA 3-1

**II/305 TÝNIŠTĚ n. O. - ALBRECHTICE n. O.  
SITUACE - VARIANTA MOSTNÍ ESTAKÁDA**

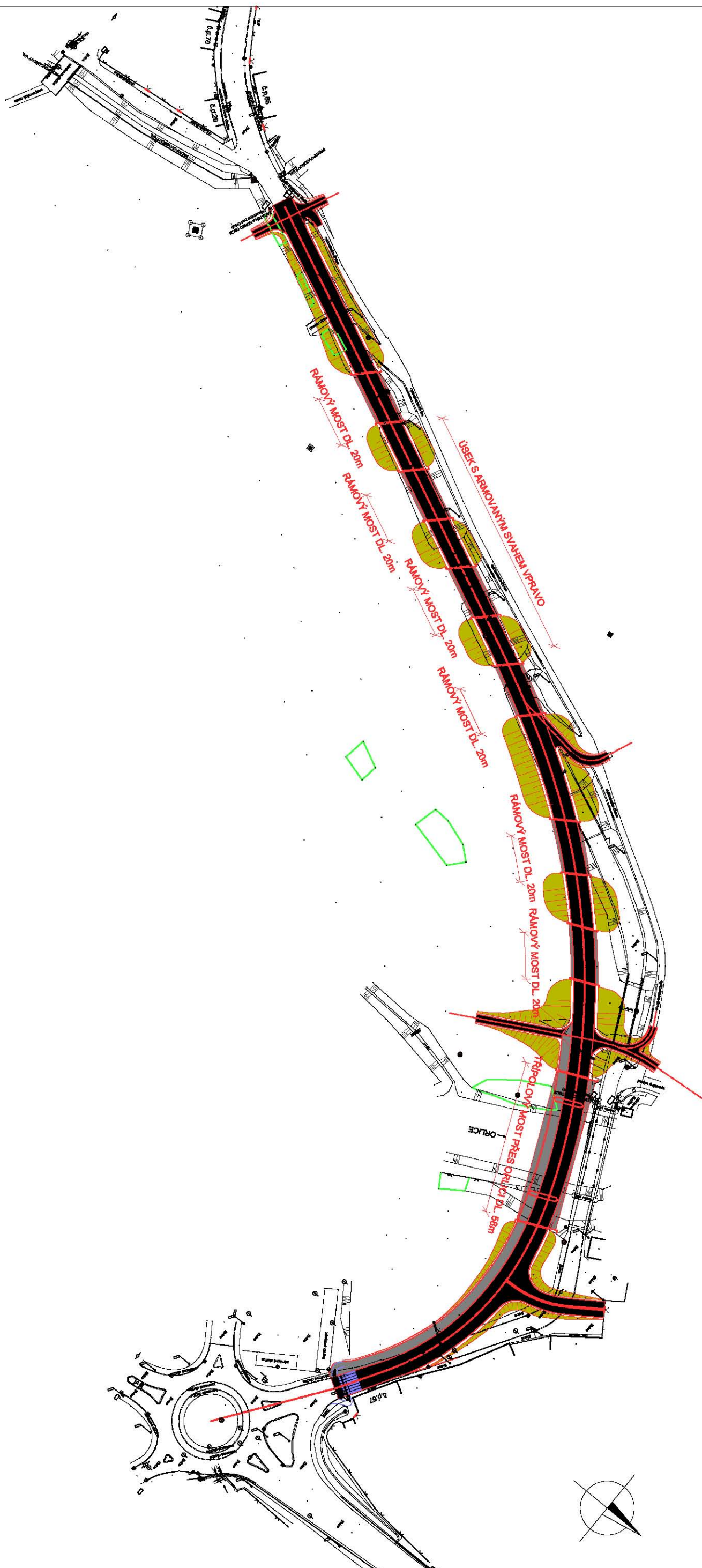




**II/305 TÝNIŠTĚ n. O. - ALBRECHTICE n. O.  
SITUACE - VARIANTA 5 MOSTŮ**

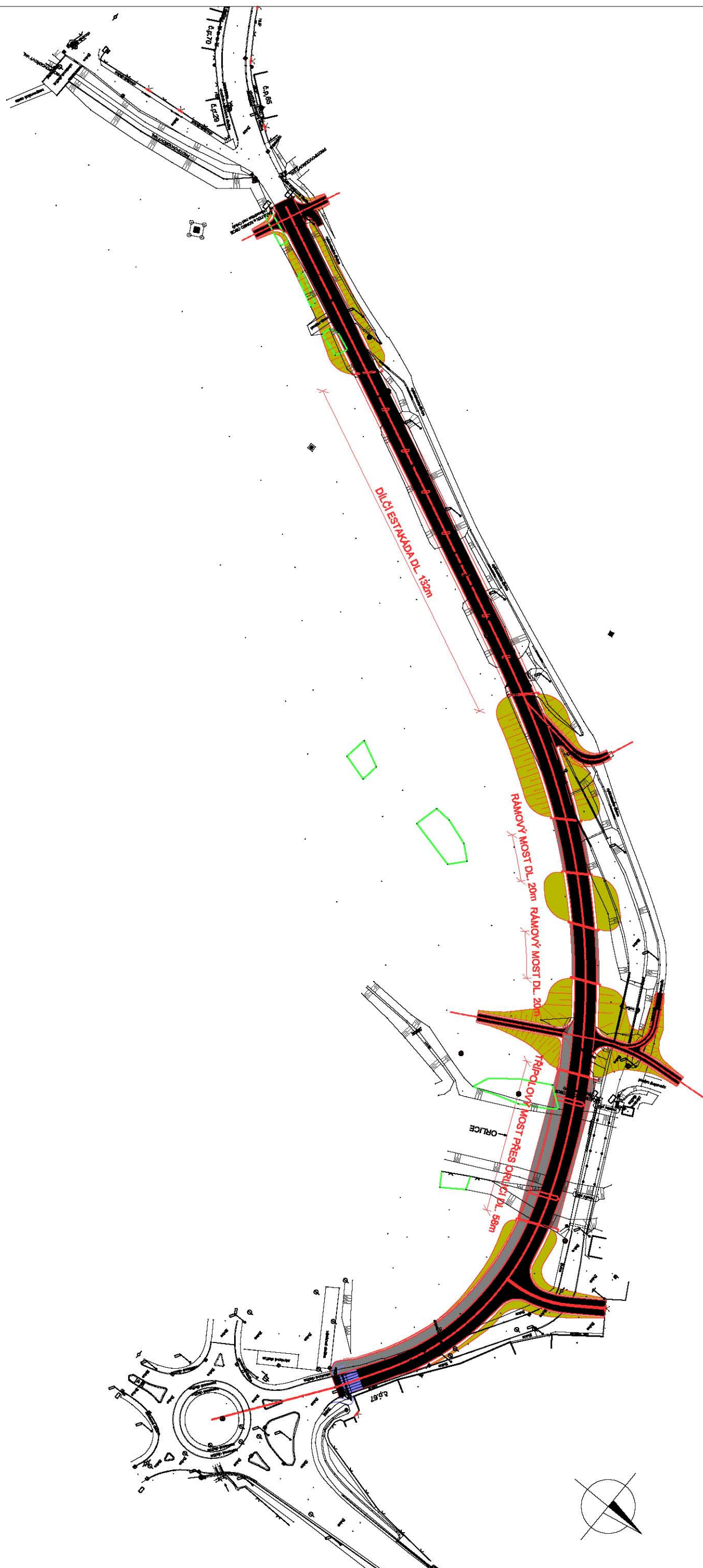


**II/305 TÝNIŠTĚ n. O. - ALBRECHTICE n. O.  
SITUACE - VARIANTA 6 MOSTŮ**





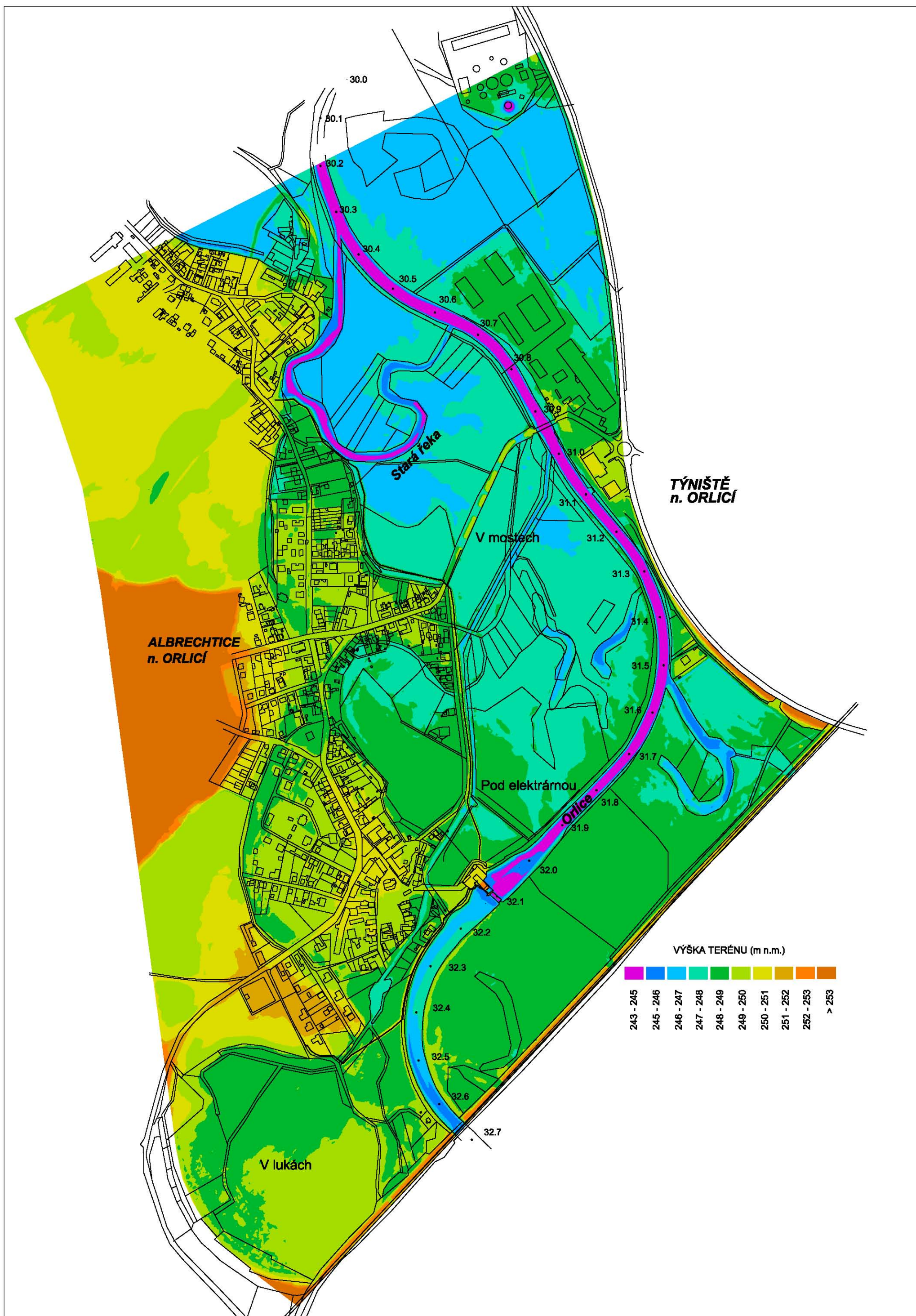
**II/305 TÝNIŠTĚ n. O. - ALBRECHTICE n. O.  
SITUACE - VARIANTA DÍLČÍ ESTAKÁDA**



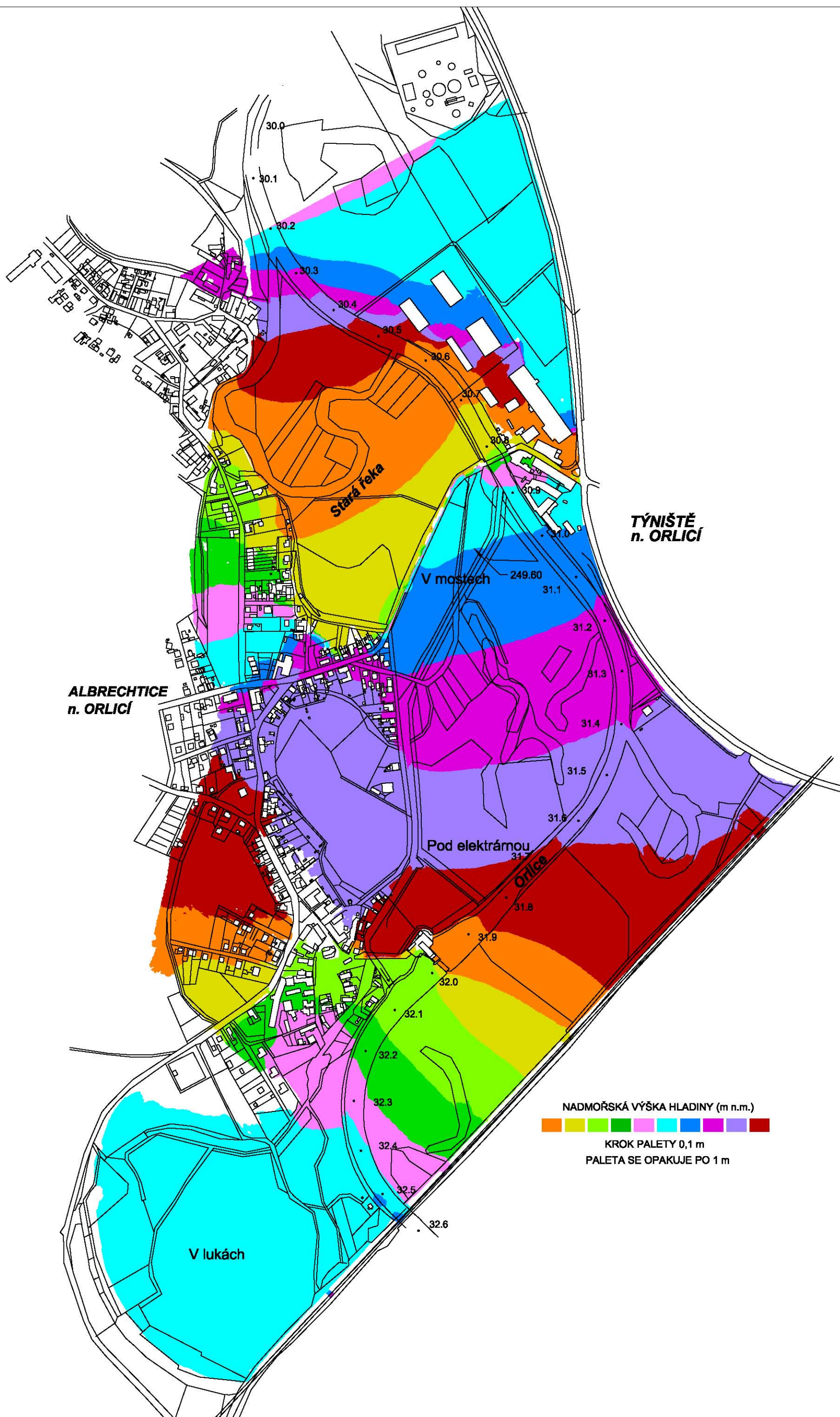
MĚŘÍTKO 1 : 1500

PŘÍLOHA 4-3

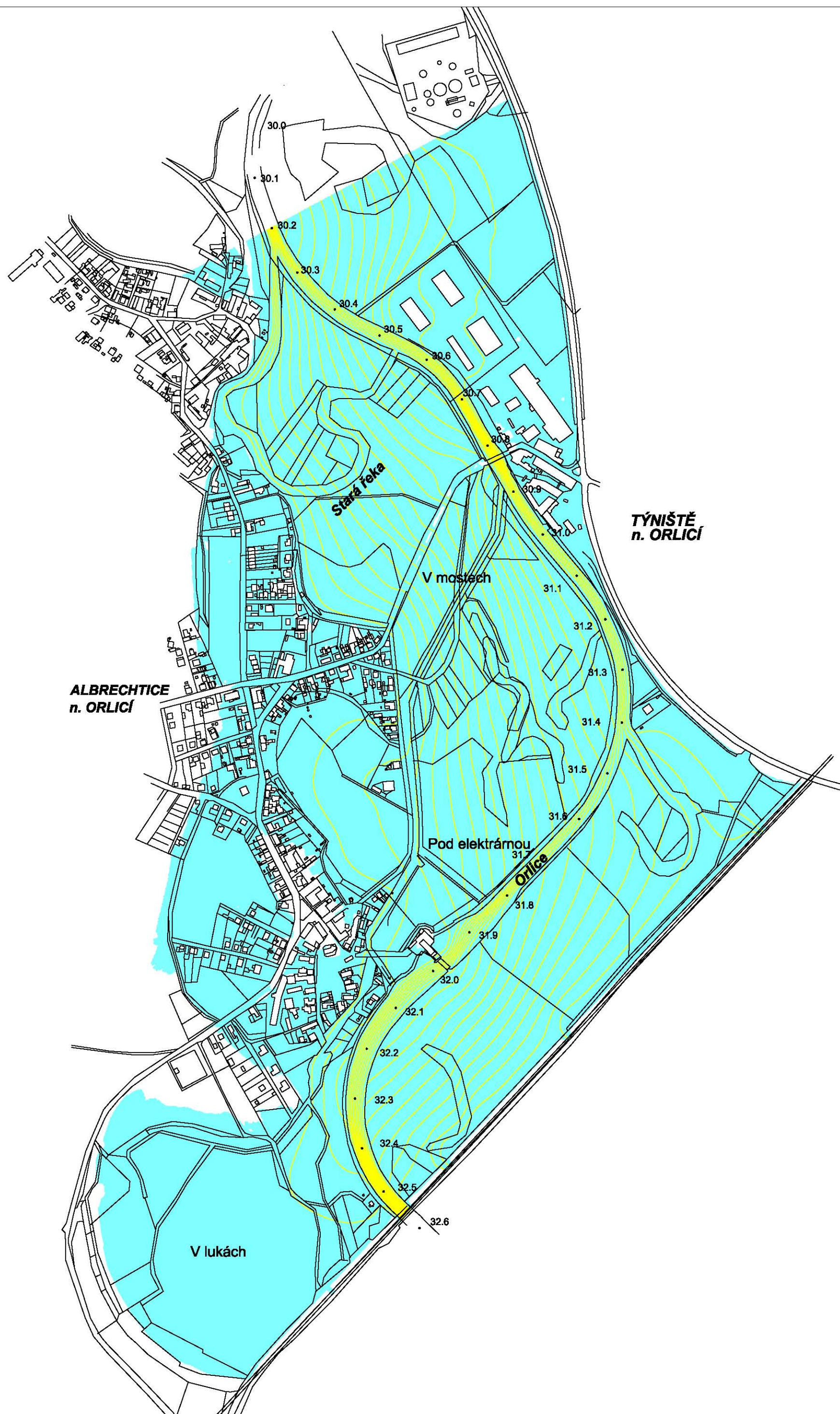




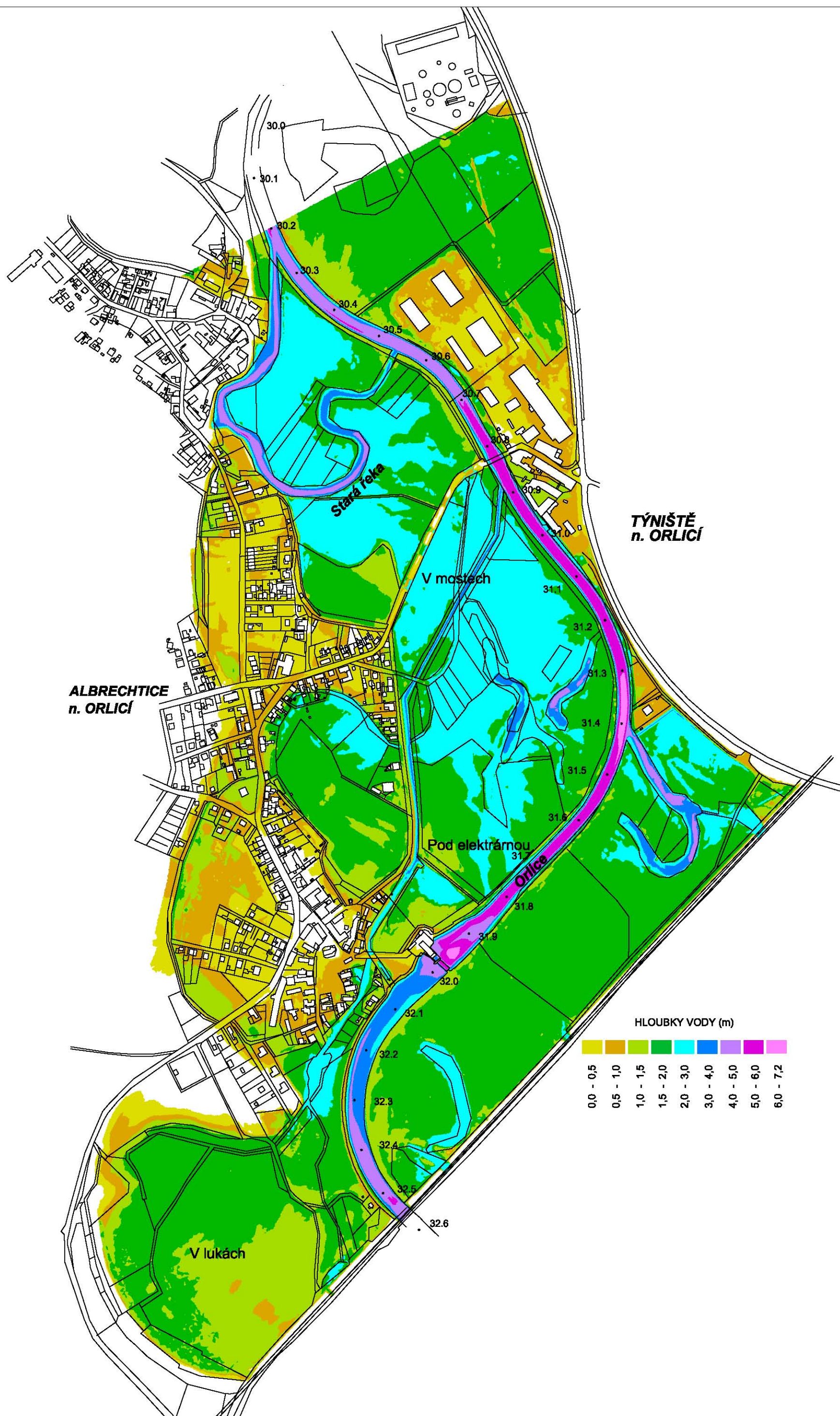




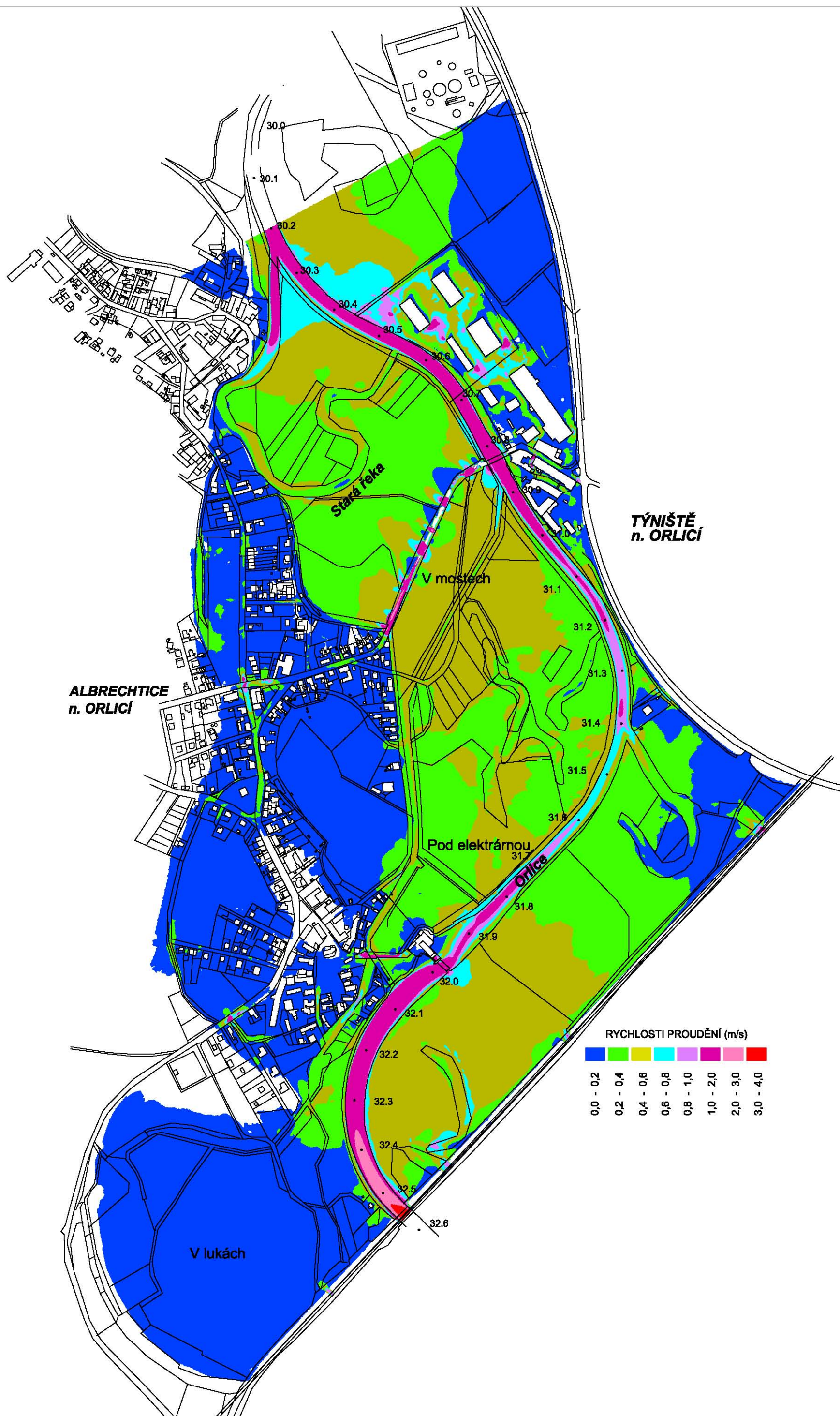




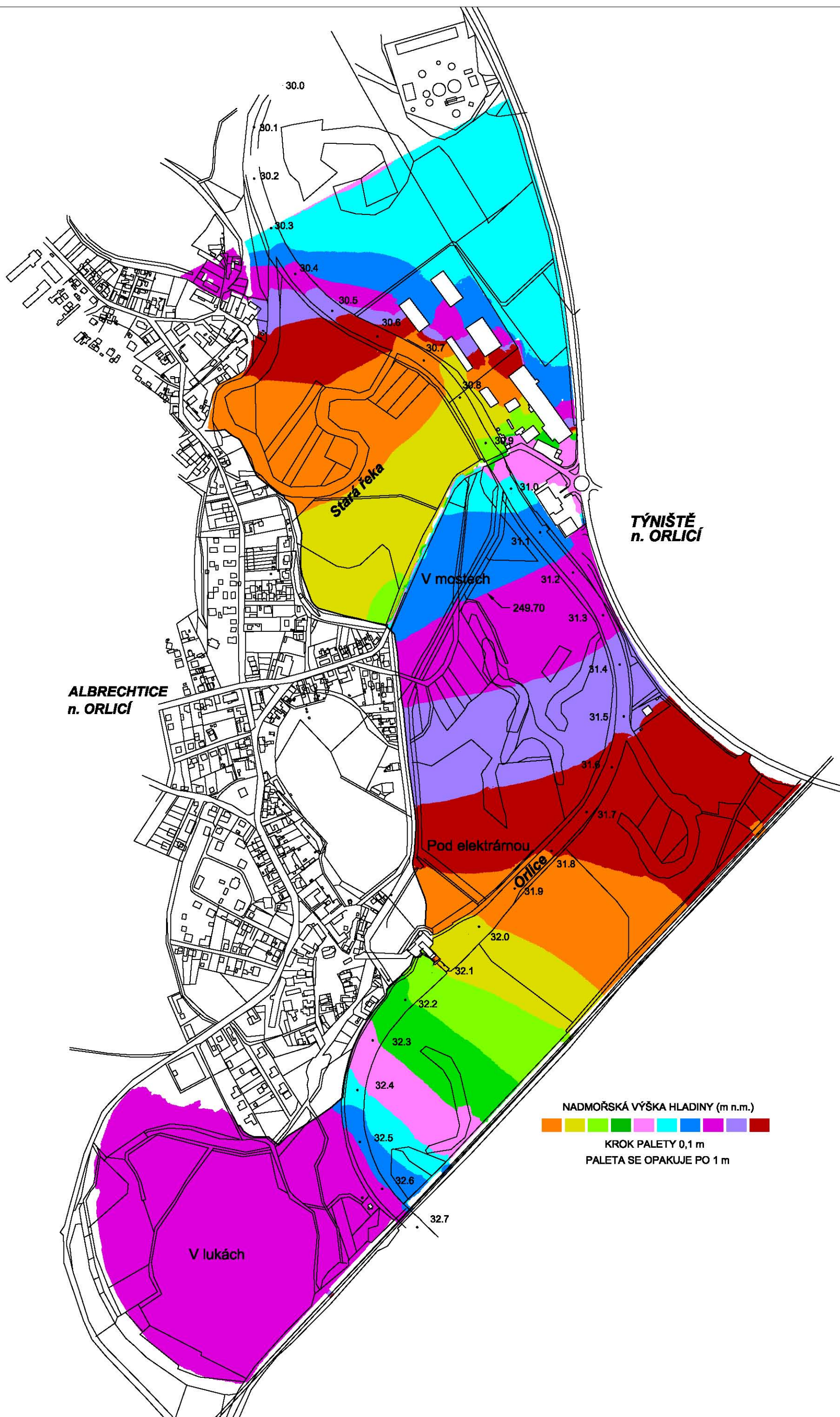




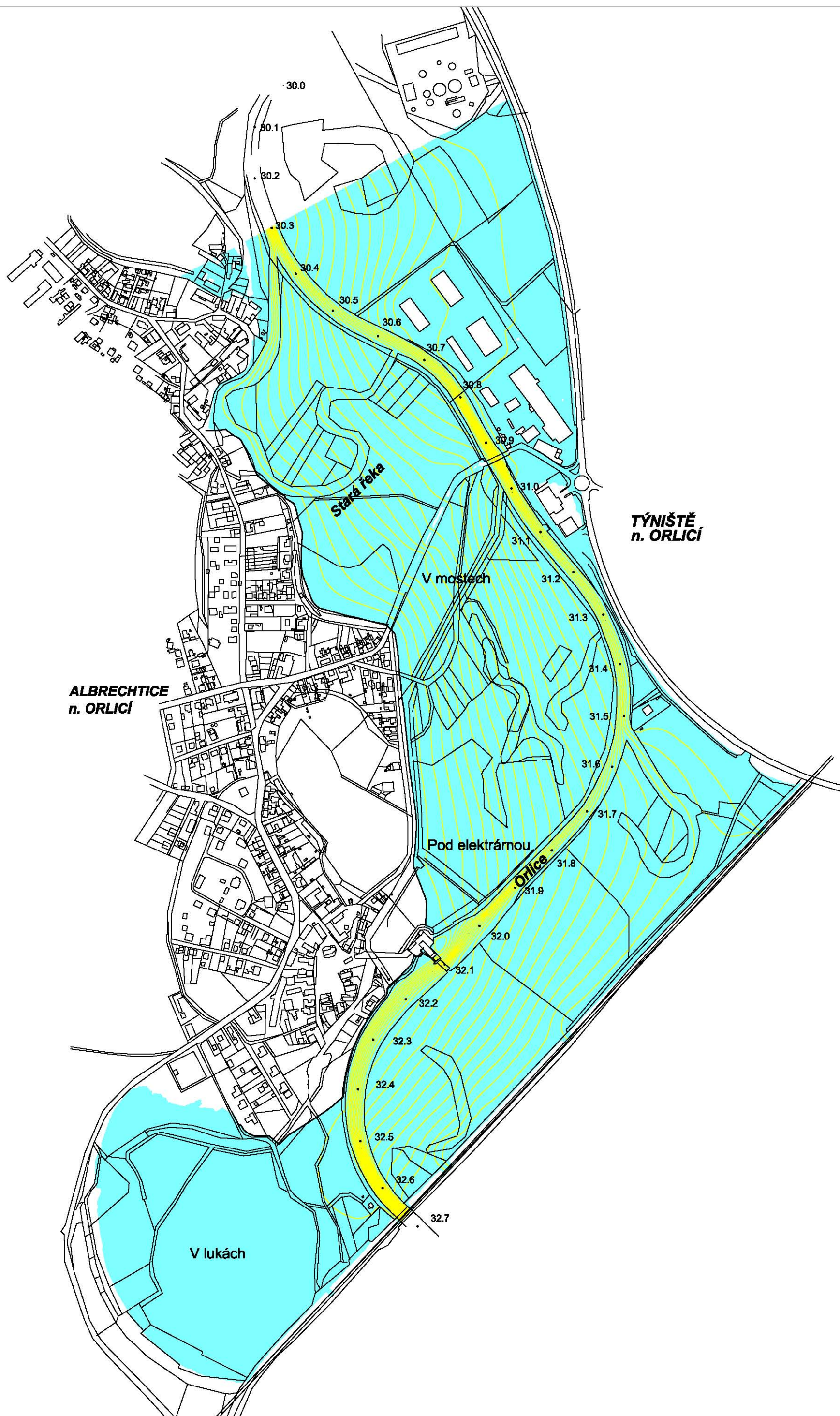




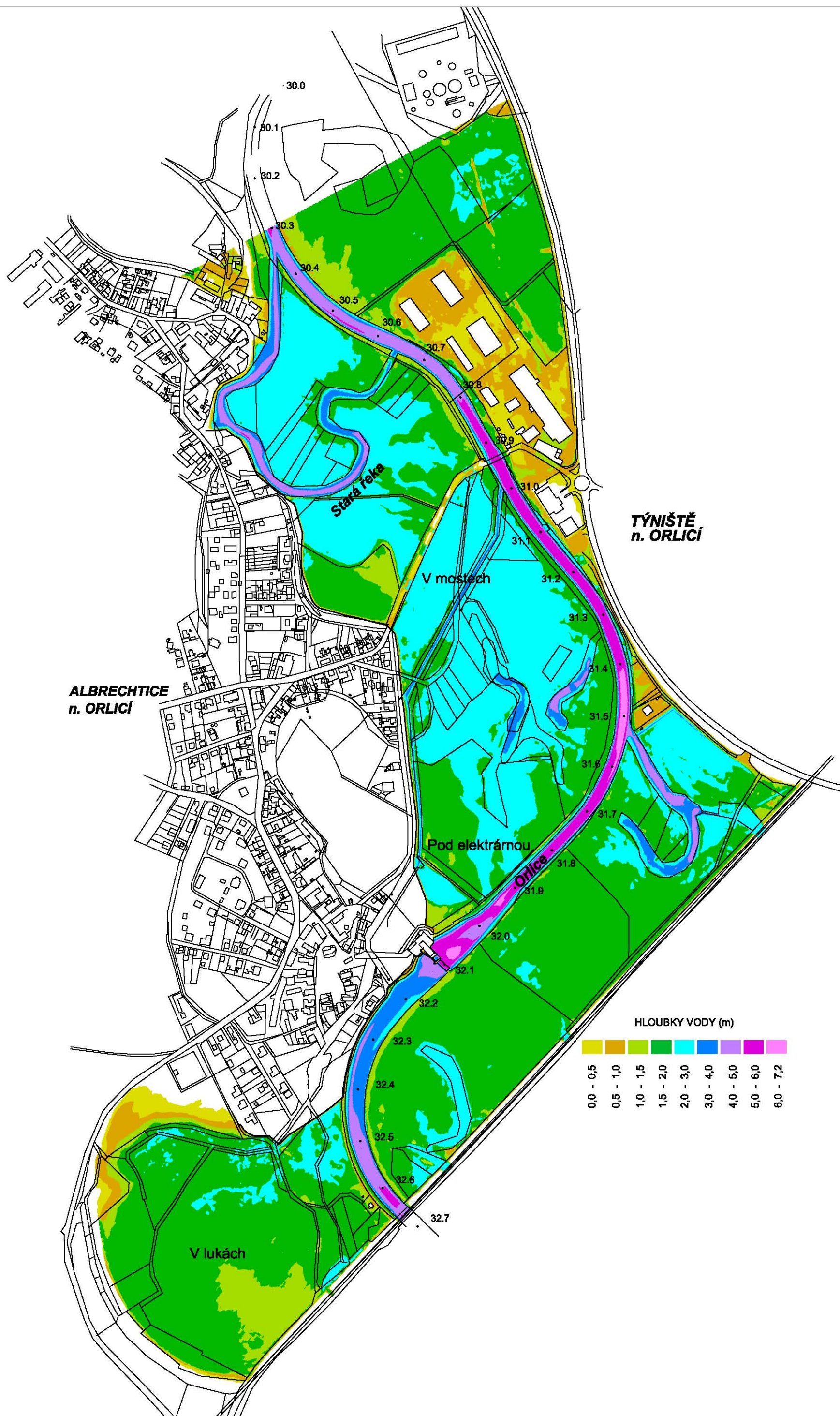




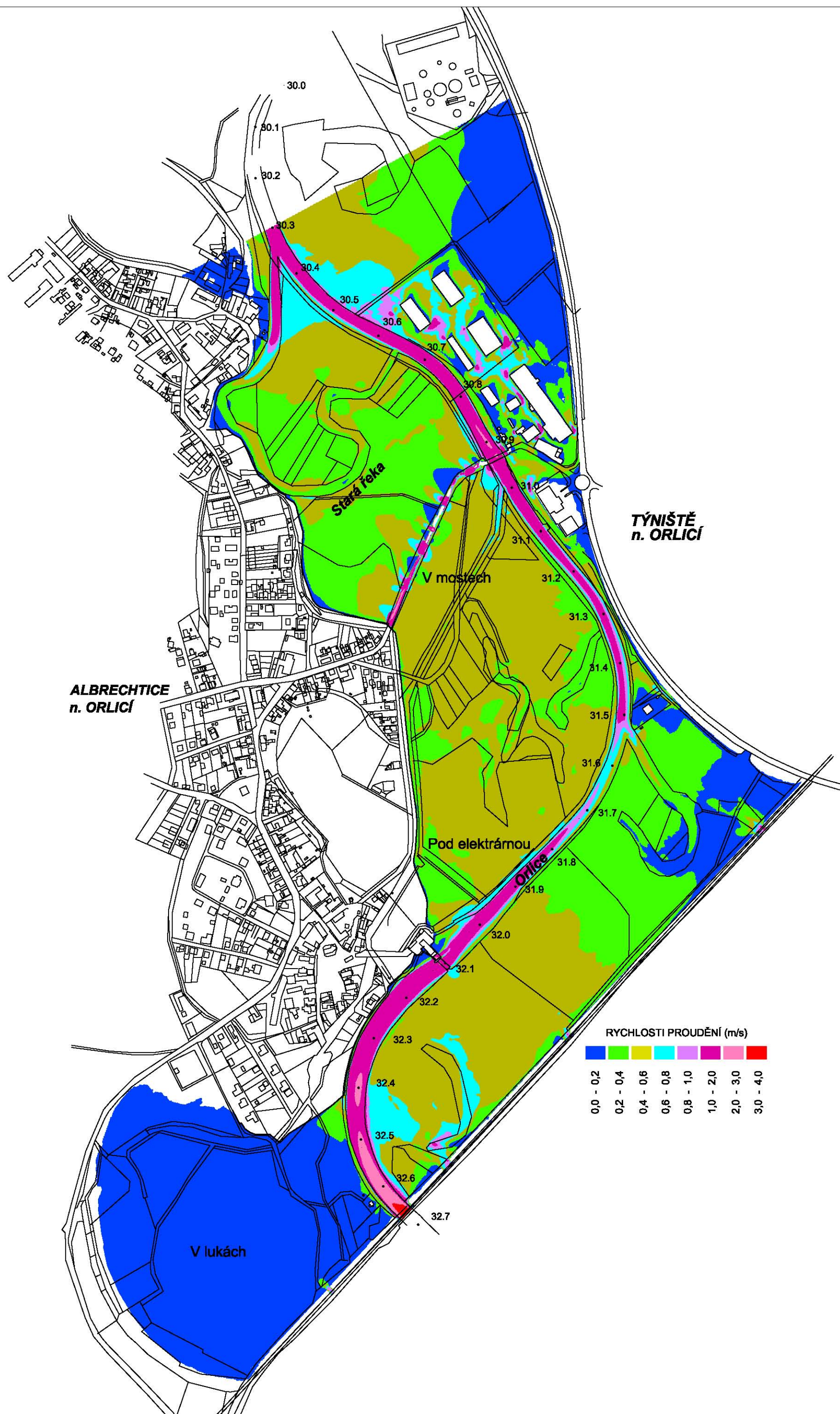




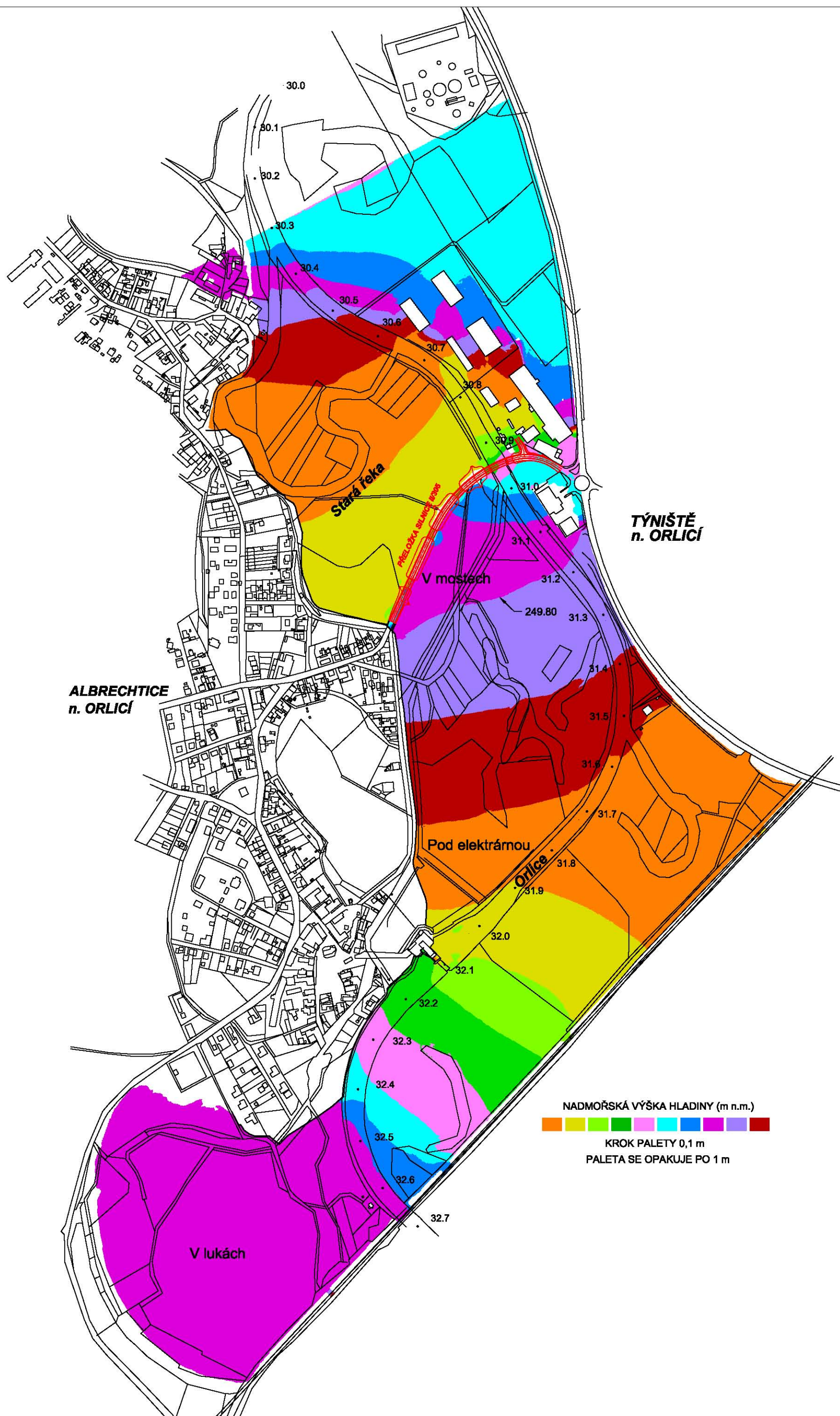




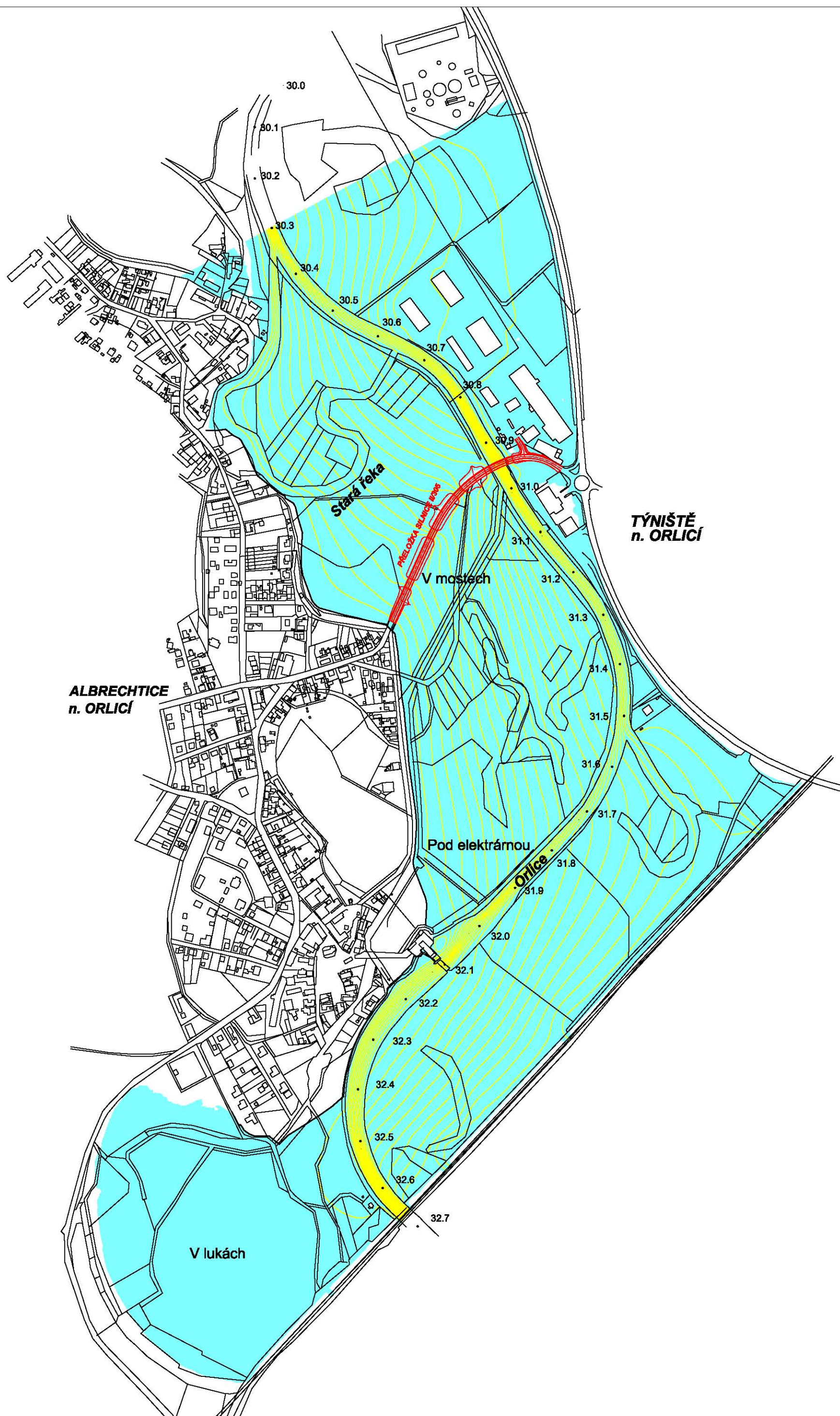




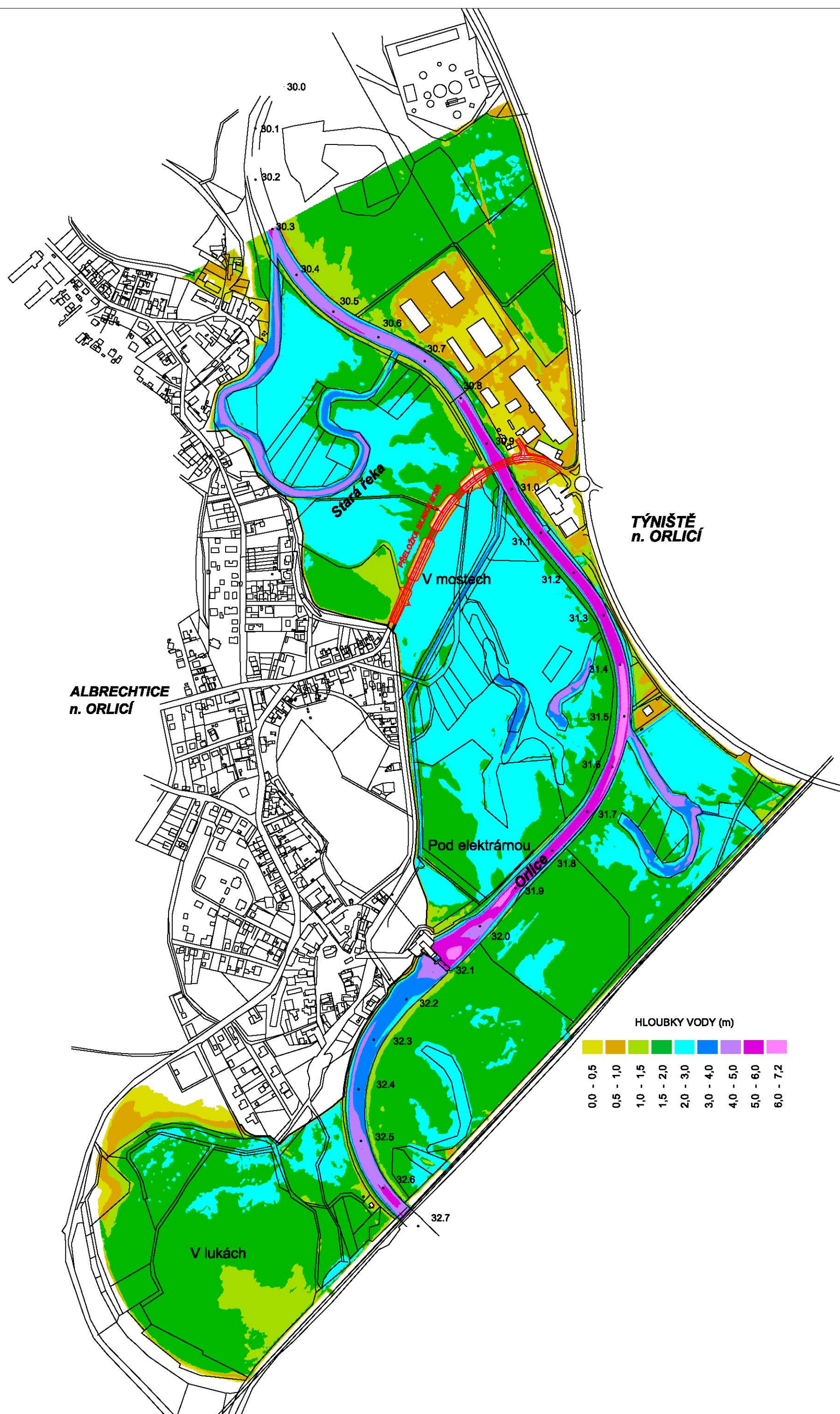




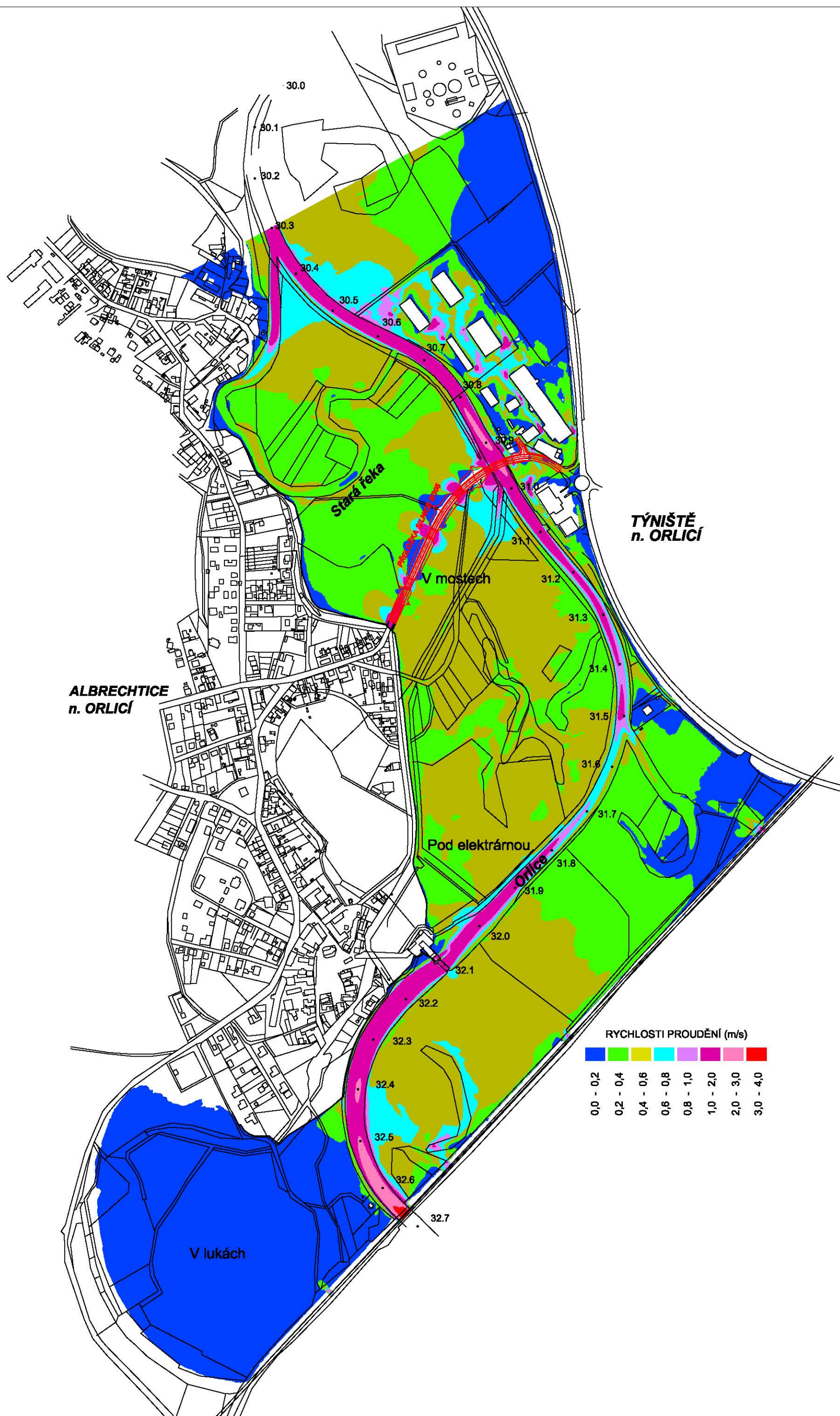




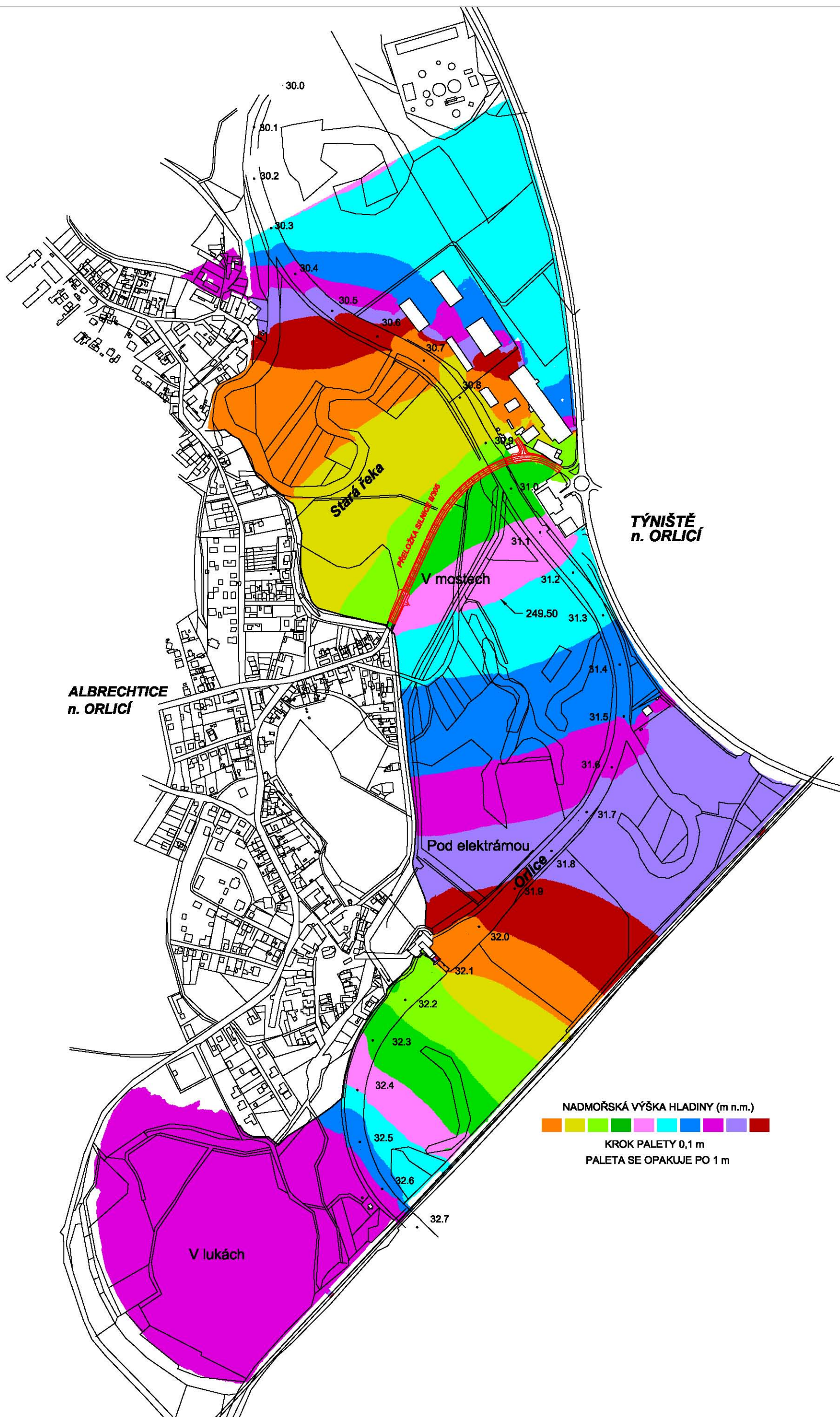




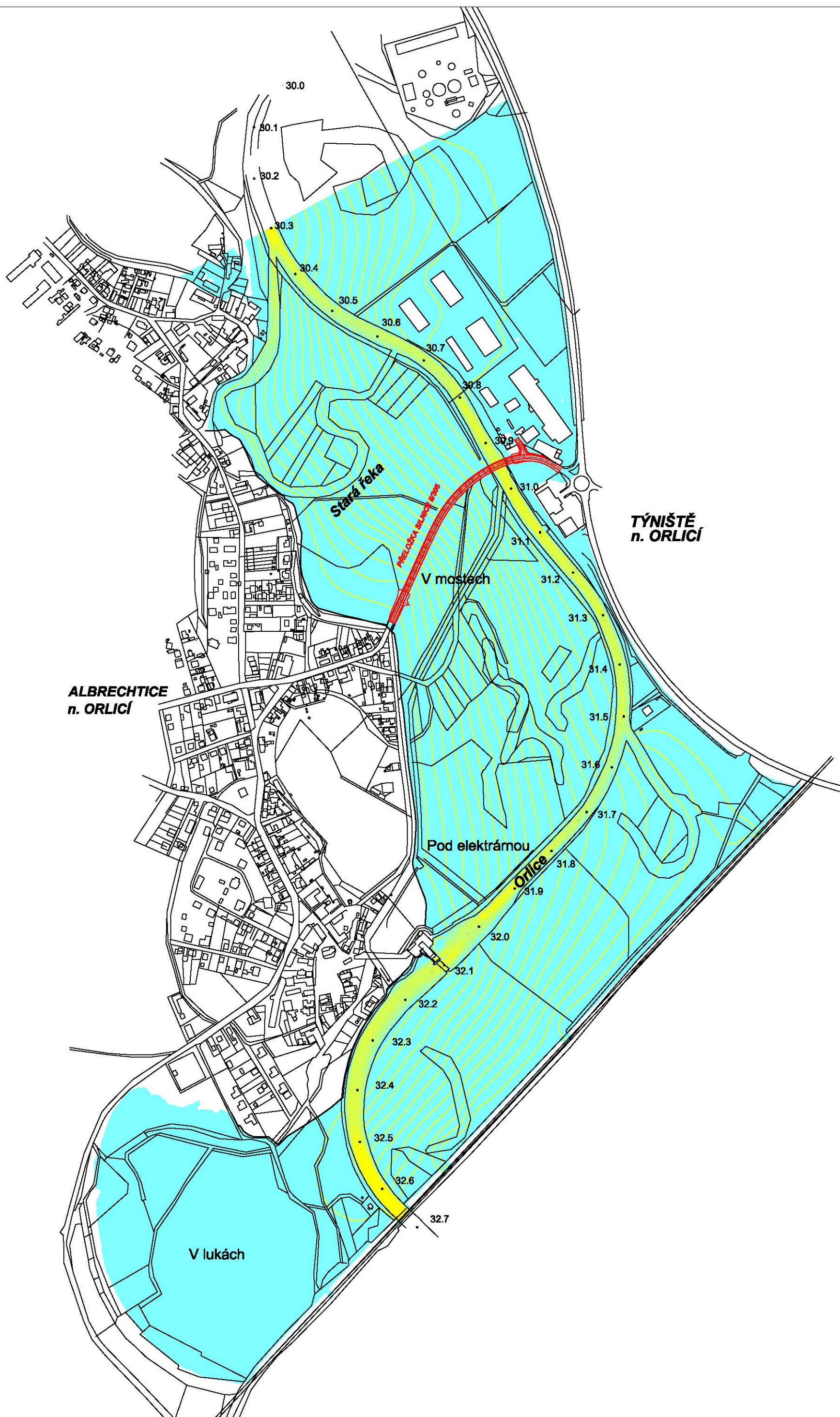




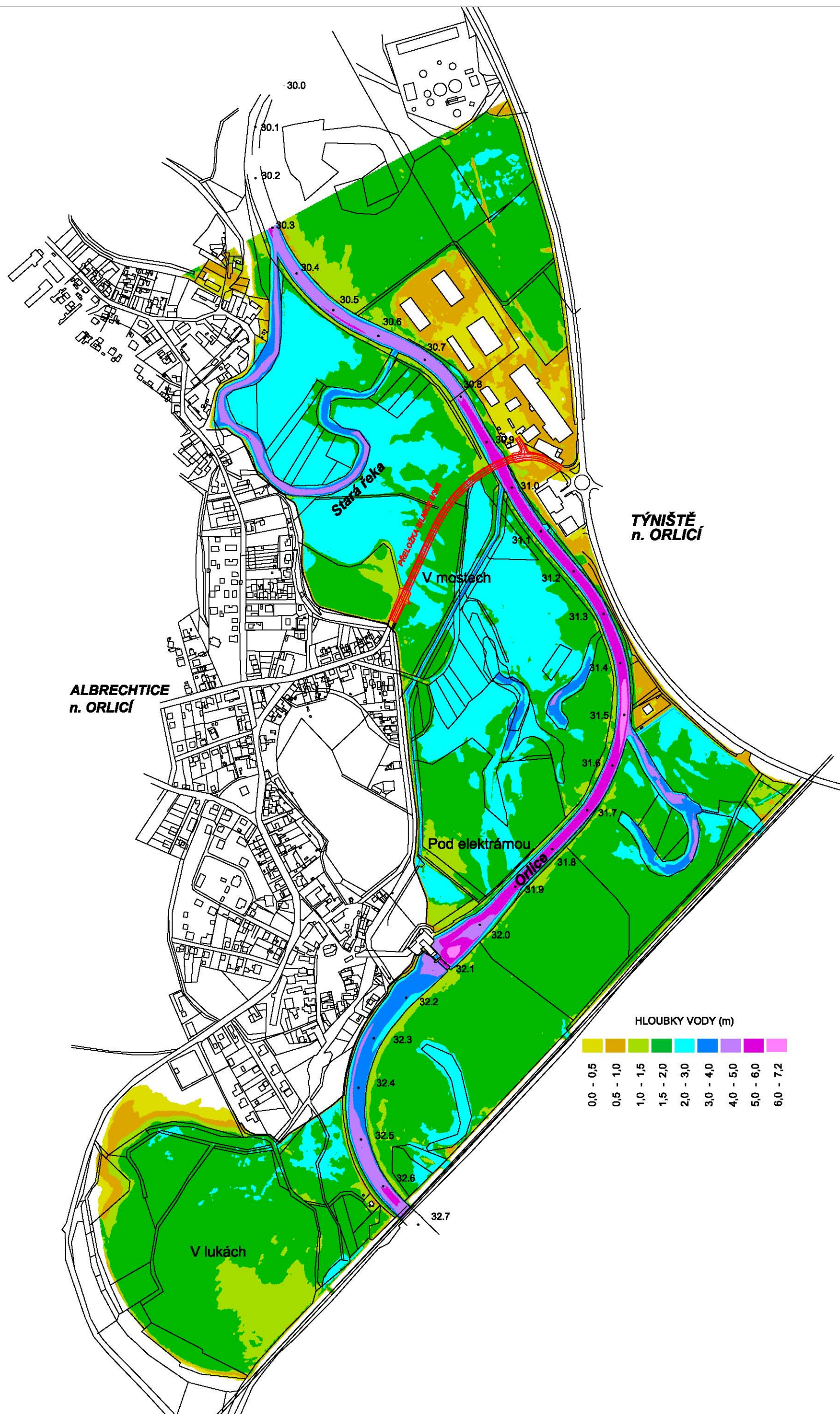




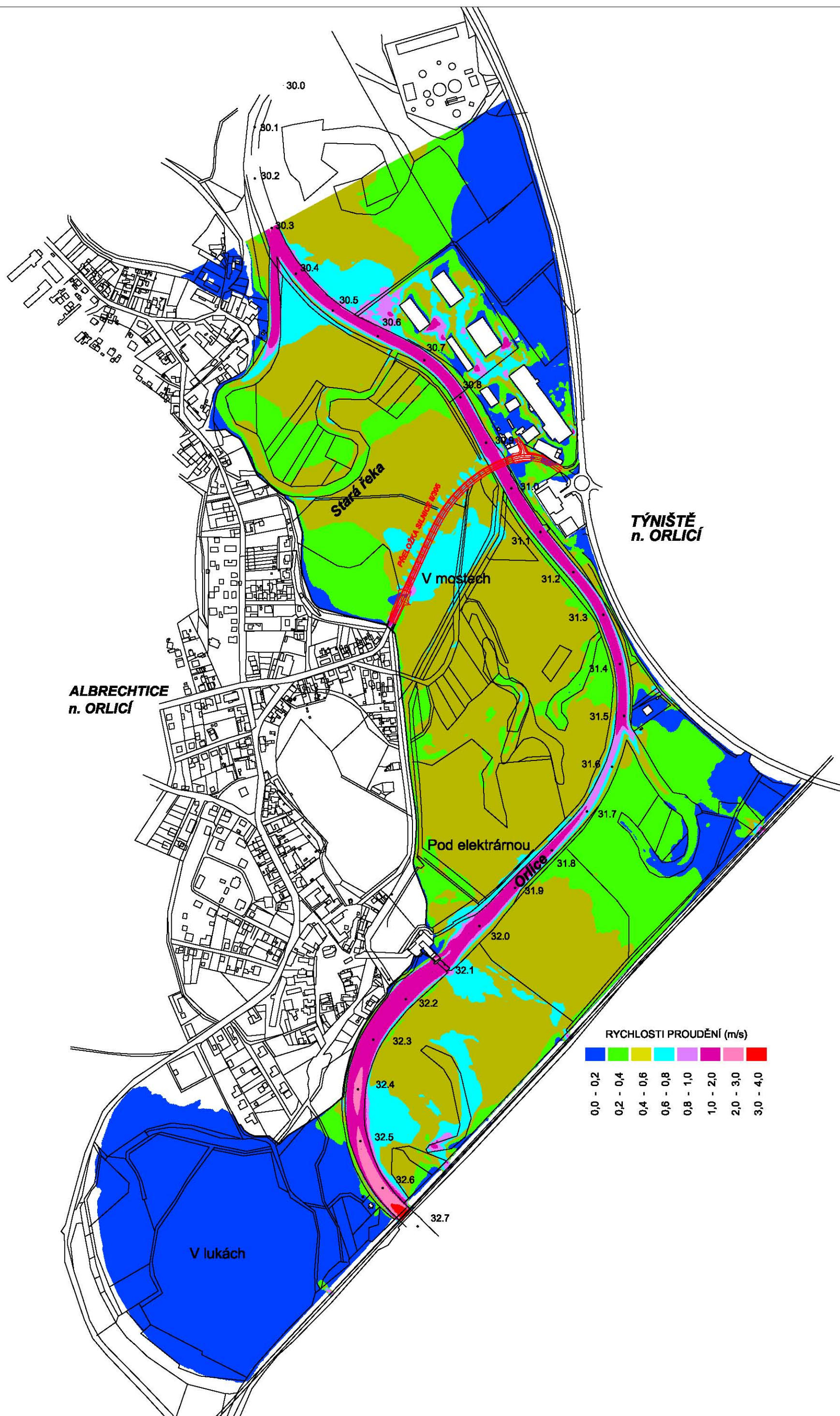




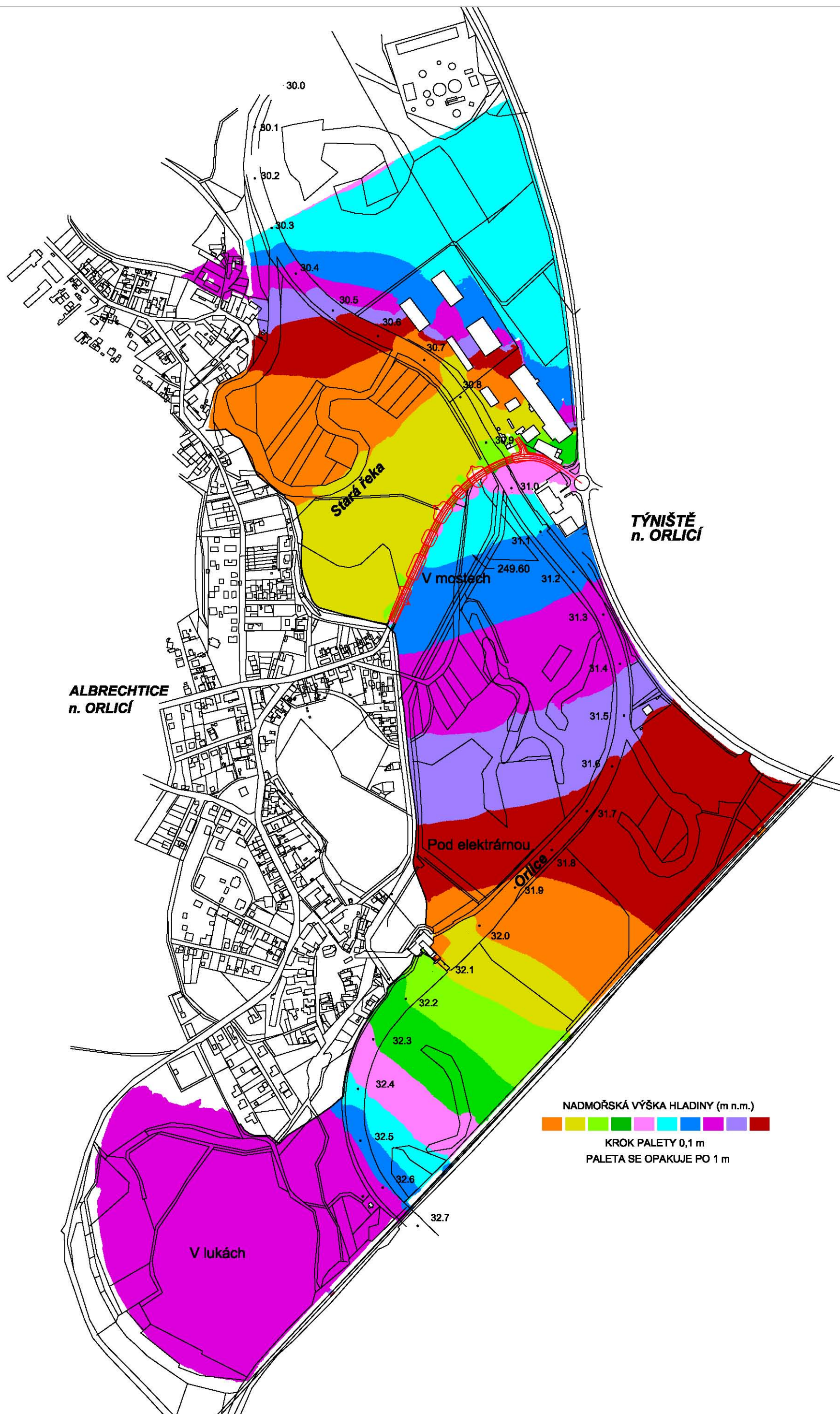




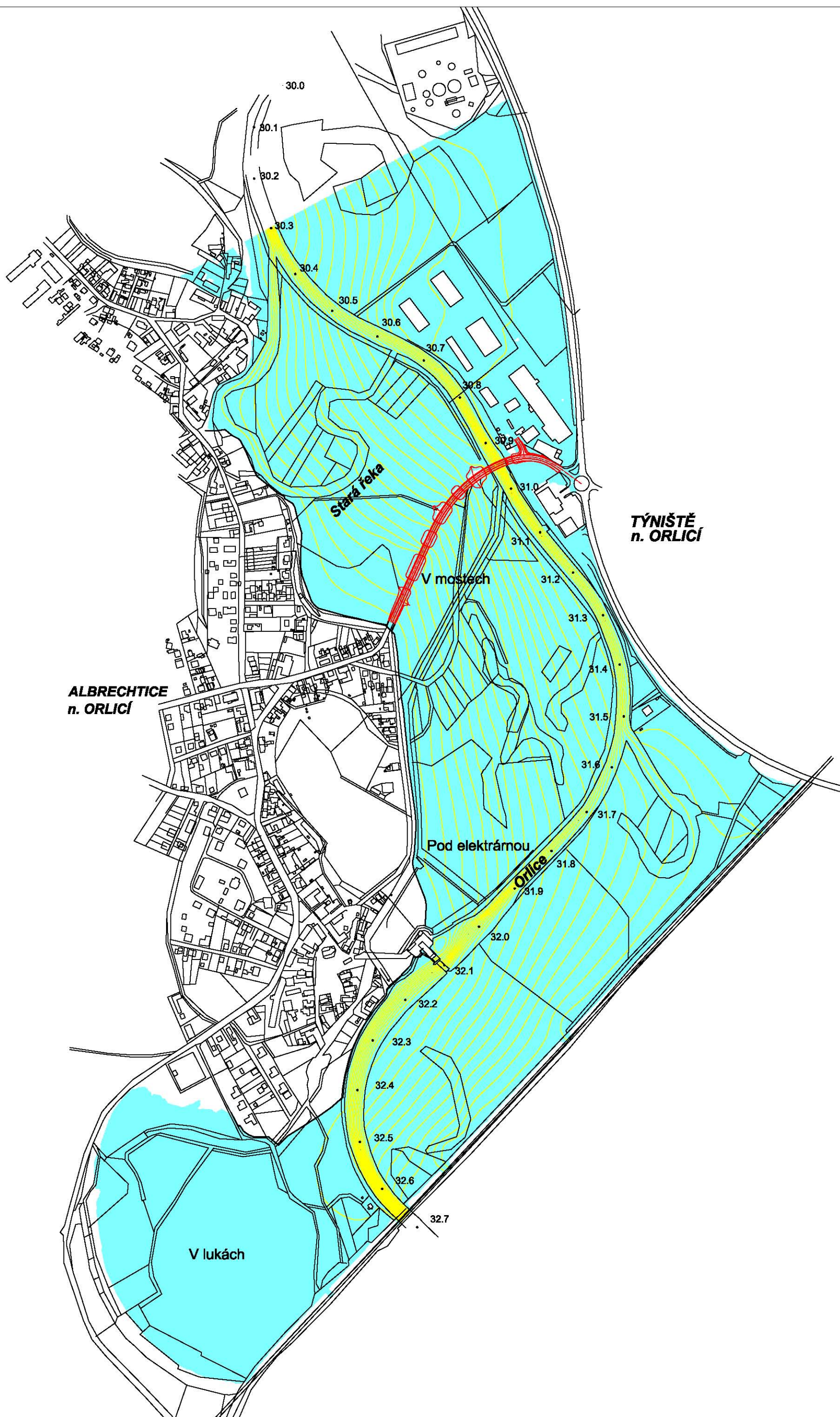




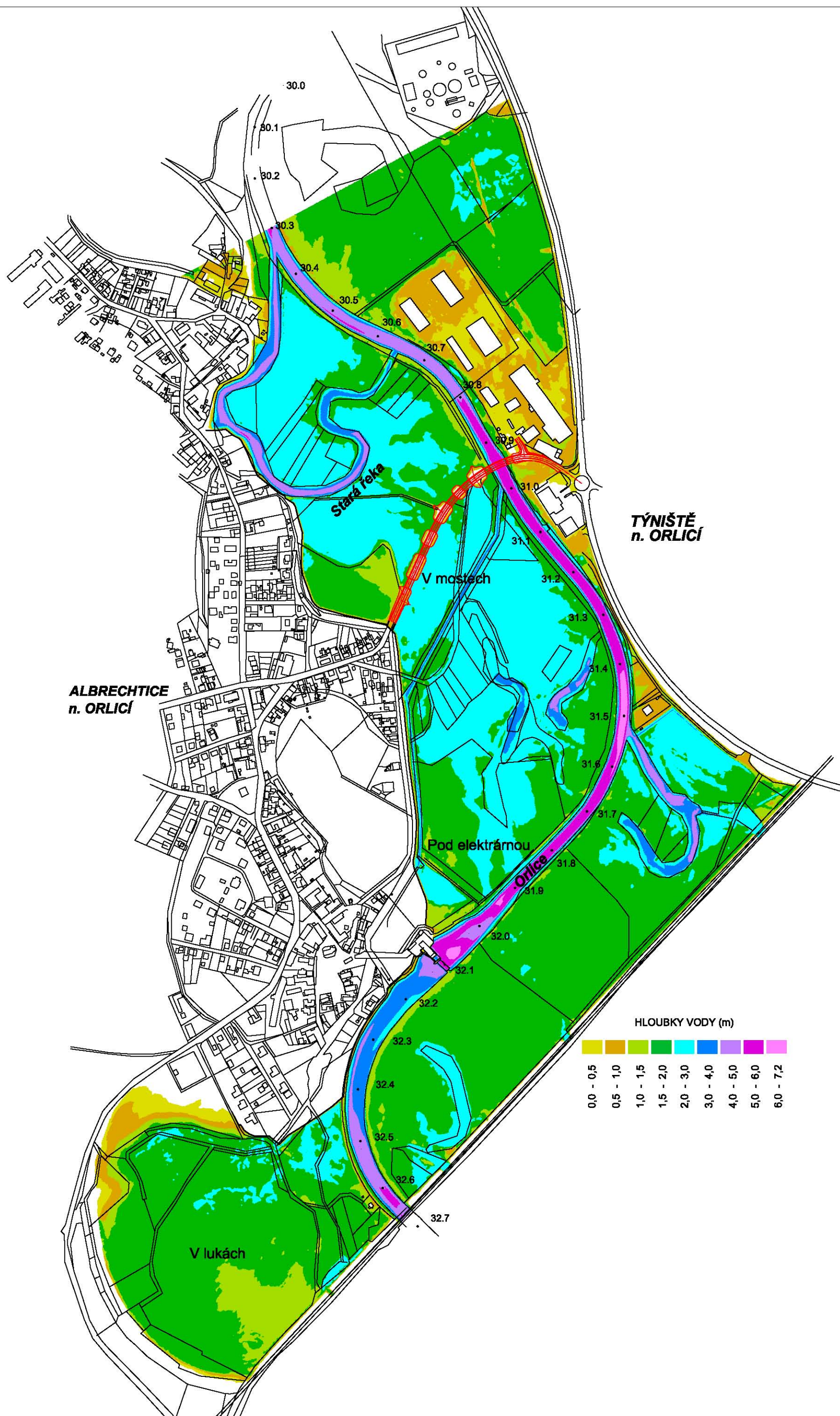




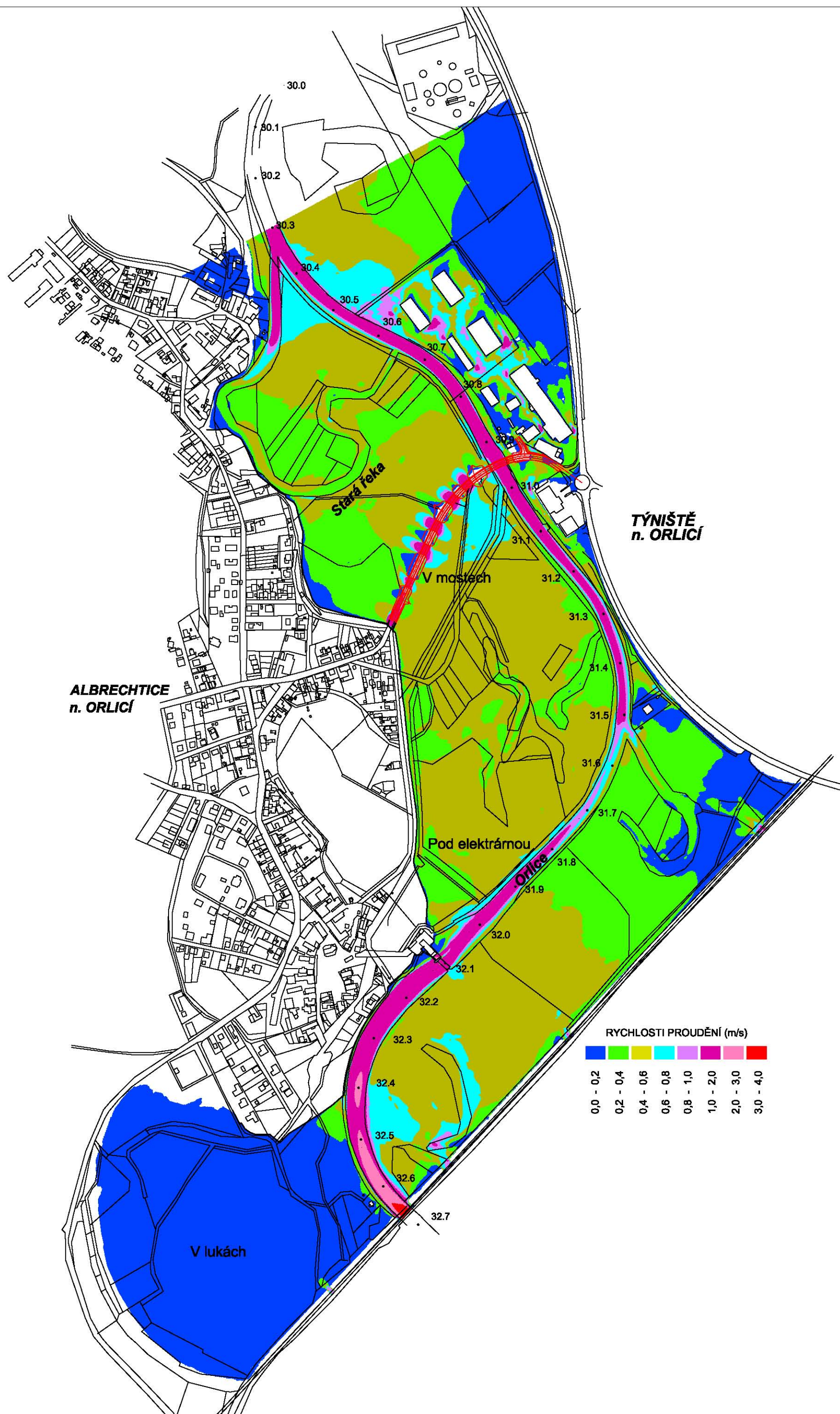




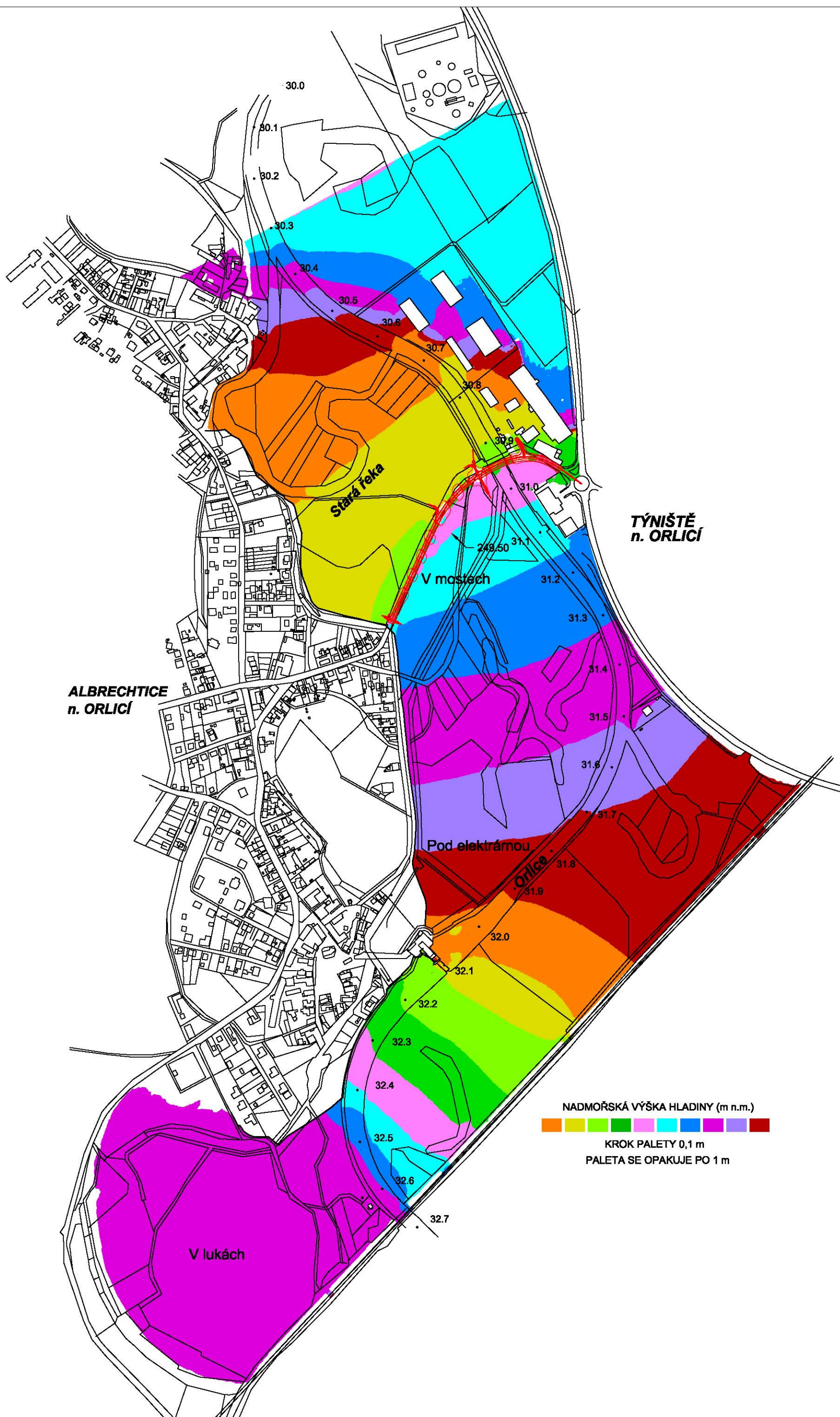




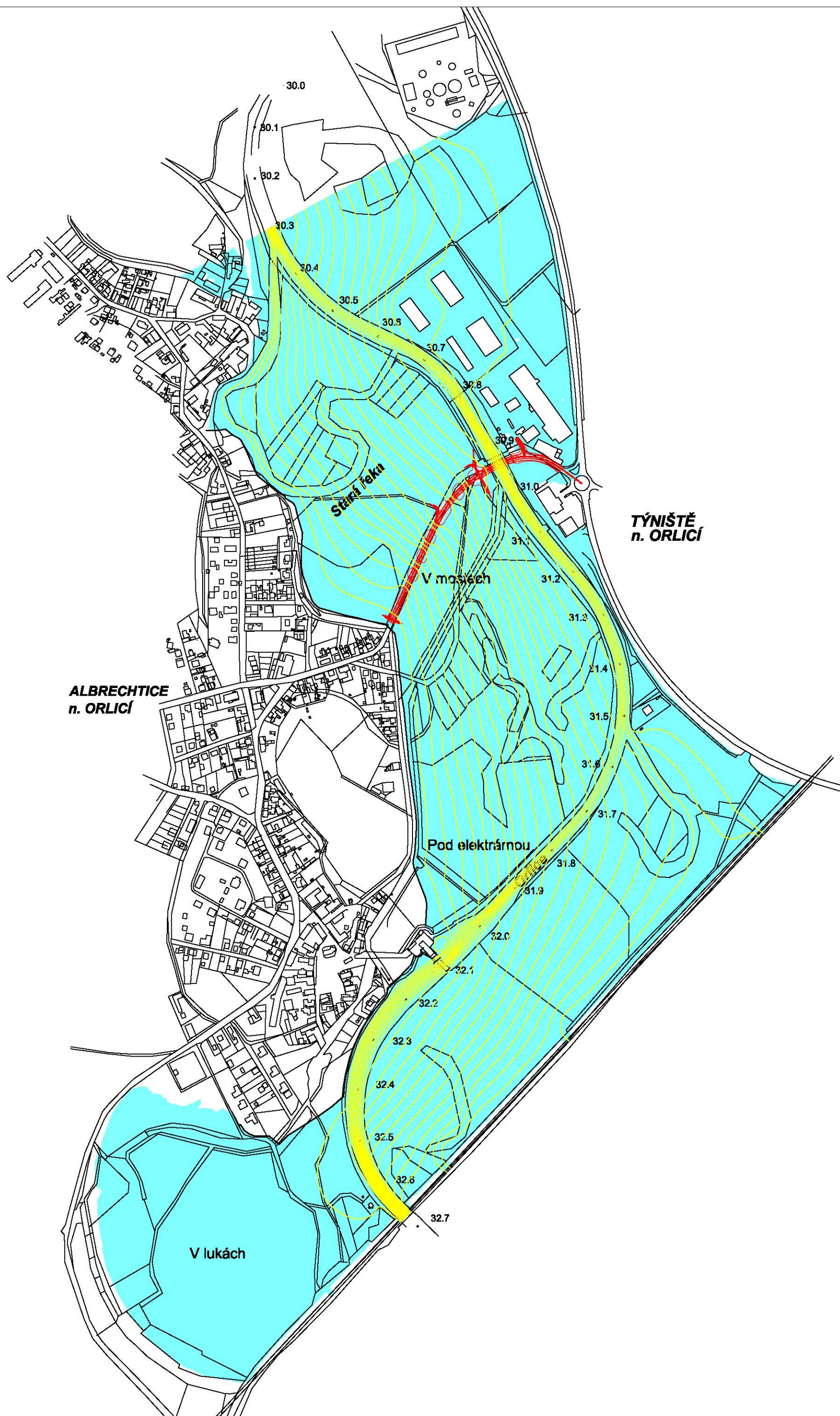




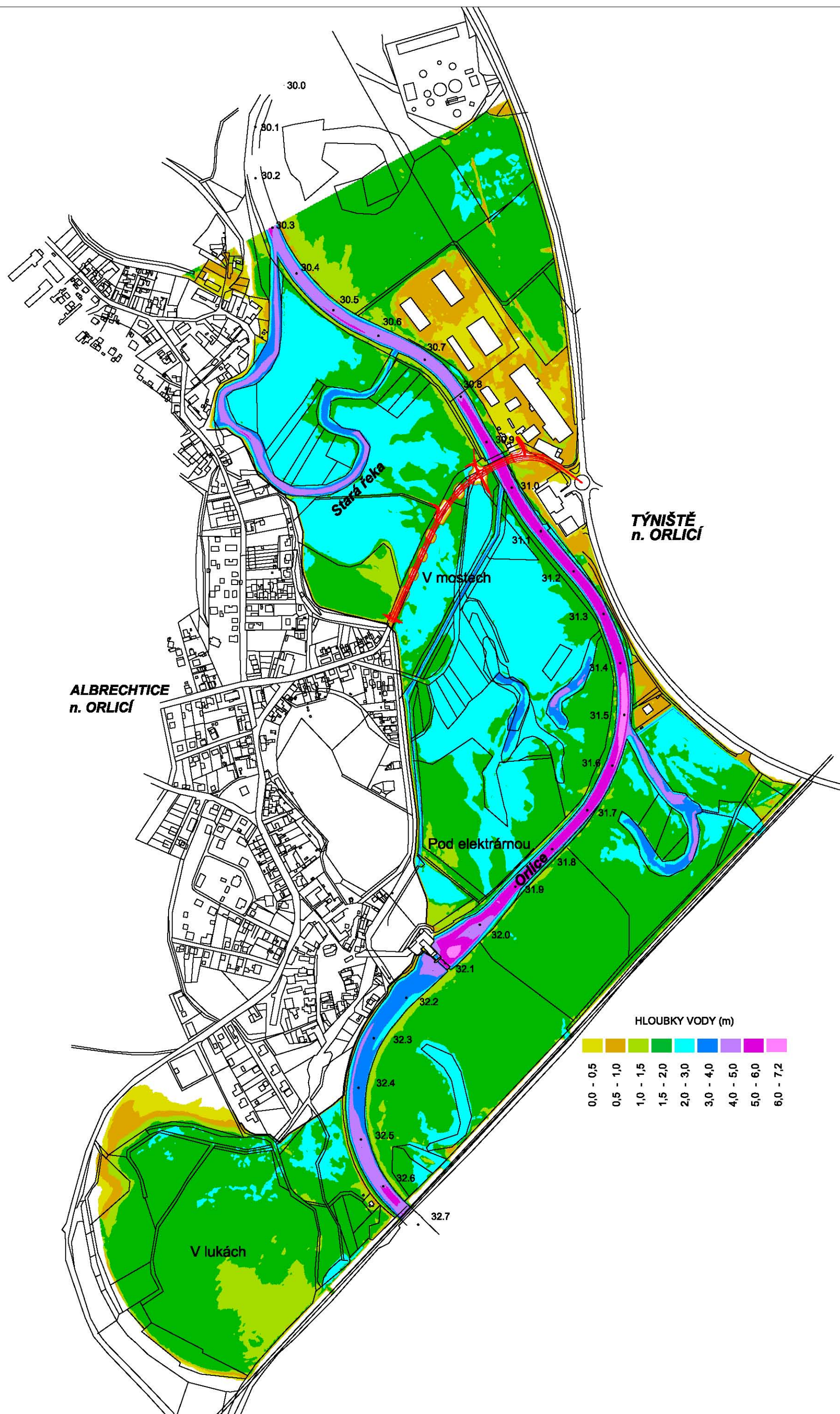




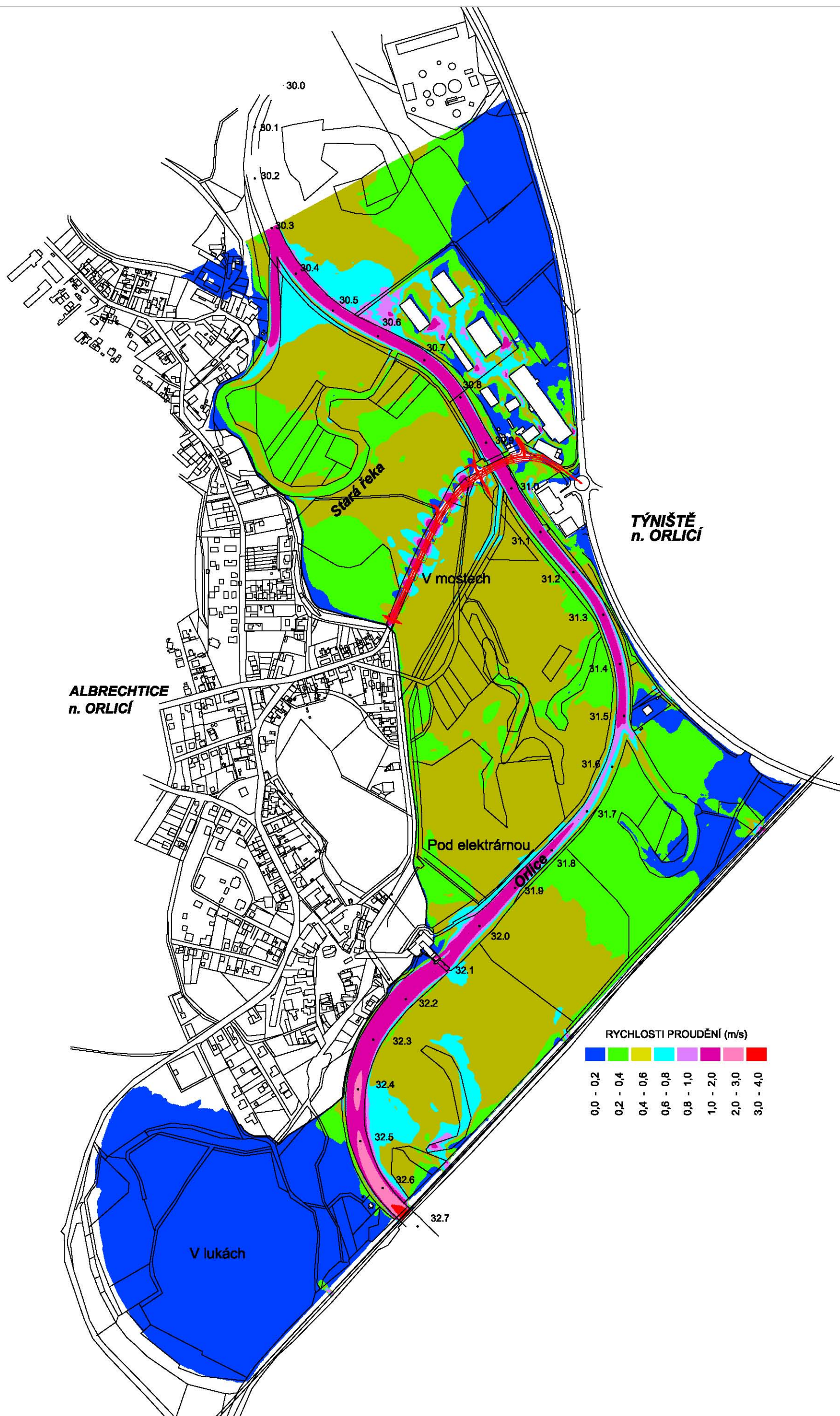




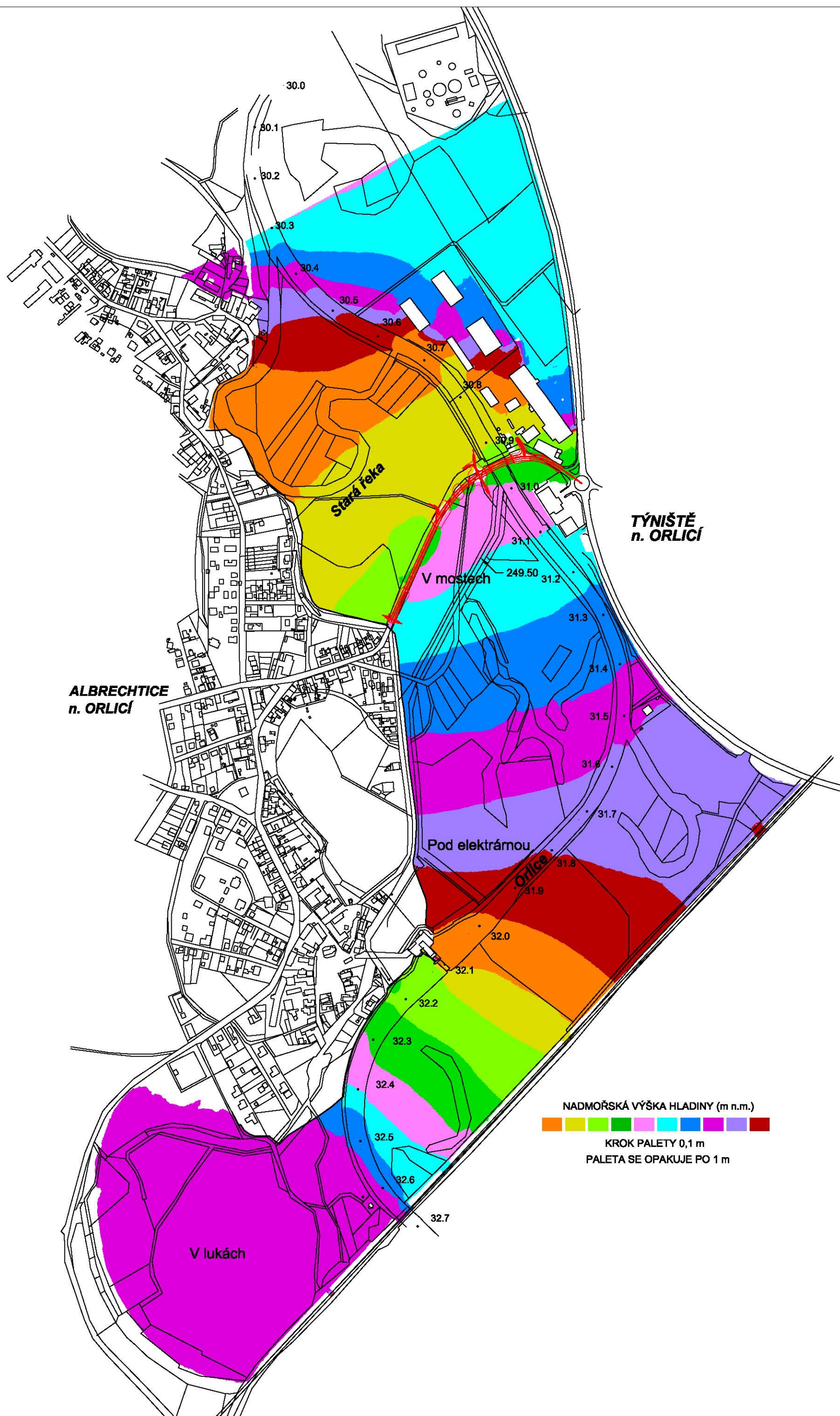




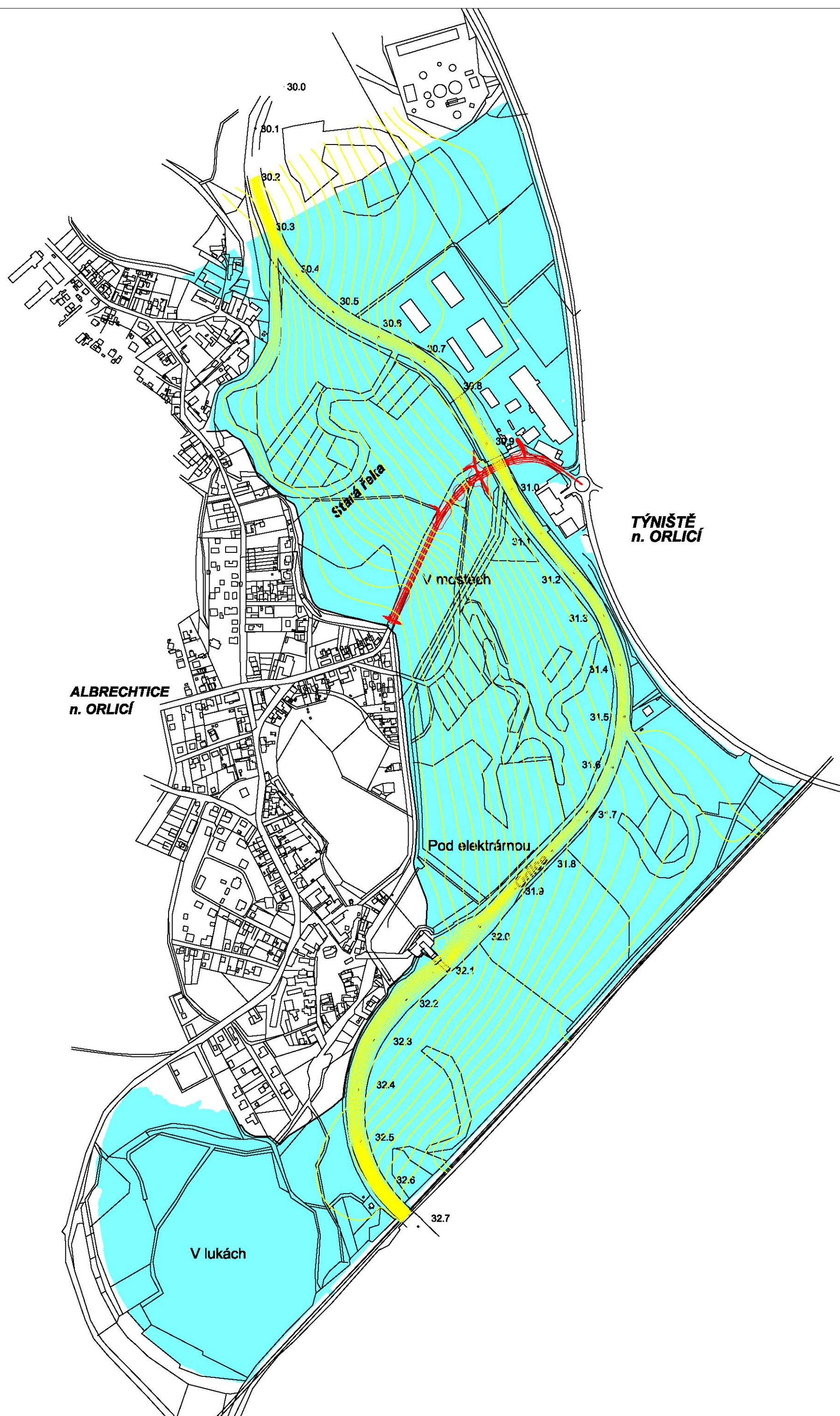












ALBRECHTICE  
n. ORLÍČ

TÝNIŠTĚ  
n. ORLÍČ

Stará řeka

V mostech

Pod elektrárnou

V lukách

VARIANTA 6 - PROUDNICE



