

## **1CE037P3 LABEL**

**LABE – ELBE – Adaptace na povodňové riziko v povodí Labe**

**Studie oblastí vzniku povodní v Krušných horách**

**Prosinec 2010**



**EUROPEAN UNION**  
**EUROPEAN REGIONAL**  
**DEVELOPMENT FUND**

## Obsah

1	Průvodní údaje projektu.....	3
2	Úvod a cíle.....	4
2.1	Cíle studie.....	4
3	Popis podpůrných systémů a databází.....	4
3.1	Prostředky GIS.....	4
3.1.1	3D Analyst.....	4
3.1.2	Spacial Analyst.....	4
3.1.3	ArcHydro 1.3.92.....	5
3.2	Prostředky HEC.....	5
3.2.1	HEC-GeoHMS 4.2.92.....	5
3.2.2	HEC-GeoDozer 1.0.....	5
3.2.3	HEC-GeoRAS 4.2.92.....	5
3.2.4	HEC-DSSVue 2.0.1.....	5
4	Metodika zpracování.....	5
4.1	Zpracování podkladů pro prostředí GIS.....	6
4.2	Zpracování modelu terénu a hydrologické sítě.....	6
4.3	Zpracování srážko-odtokového modelu území.....	7
4.4	Vyhodnocení území z hlediska odtokových poměrů.....	7
4.5	Vytvoření hydraulického modelu území.....	7
4.6	Vyhodnocení povodňového rizika.....	7
4.7	Posouzení vlivu vegetace na povodňová rizika.....	7
4.8	Vyhodnocení erozního rizika v území.....	7
4.9	Navržení protipovodňových a protierozních opatření.....	8
5	Řešení případové studie.....	9
5.1	Charakteristika území.....	9
5.2	Klimatická charakteristika.....	9
5.3	Stav lesního porostu.....	9
5.4	Jílovský potok.....	10
5.5	Geodetické podklady.....	11
5.6	Srážko-odtokový model.....	12
5.7	Hydraulický model.....	16
5.8	Erozní riziko.....	18
5.9	Protipovodňová opatření.....	19
6	Závěr.....	20
7	Mapové přílohy.....	21
8	Grafické a tabelární výstupy.....	43
9	Fotodokumentace.....	91
10	Použitá literatura.....	106

# 1 Průvodní údaje projektu

## Úvodní údaje projektu :

1CE037P3 LABEL

LABE – ELBE – Adaptace na povodňové riziko v povodí Labe



Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung: Investition in Ihre Zukunft / Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj: Investice do vaší budoucnosti

## Leadpartner :

PP 1: SMI-Saxon State Ministry of the Interior  
(Sächsisches Staatsministerium des Innern)

Andreas Kühl  
Wilhelm-Buck-Straße 2  
D-01097 Dresden

STAATSMINISTERIUM  
DES INNERN



Phone: ++49/(0)351/5643456  
Fax: ++49/(0)351/5643459  
E-mail: [regionalentwicklung-eu@smi.sachsen.de](mailto:regionalentwicklung-eu@smi.sachsen.de)  
<http://www.smi.sachsen.de/>

## Zadavatel / Czech Partner :

PP 10: Ústí Region  
(Ústecký kraj)

Odbor regionální rozvoje  
Velká Hradební 3118/48  
400 02 Ústí nad Labem



Phone: +420 475 657 111  
Fax: +420 475 200 245  
E-mail: [urad@kr-ustecky.cz](mailto:urad@kr-ustecky.cz)  
<http://www.kr-ustecky.cz>

## Zpracovatel :

AZ Consult spol. s r.o.

Klíšská 12  
400 01 Ústí nad Labem



Ing. Martin David  
(vedoucí střediska projekce)  
Phone: +420 724 227 755  
E-mail: [david@azconsult.cz](mailto:david@azconsult.cz)

Ing. Zbyněk Novák  
(projektant)  
Phone: +420 602 765 953  
E-mail: [novak@azconsult.cz](mailto:novak@azconsult.cz)

Fax: +420 475 240 864  
<http://www.azconsult.cz/>

## 2 Úvod a cíle

Povodně jsou v rámci střední Evropy nejničivějším přírodním jevem, který se běžně vyskytuje. V povodí Labe proběhlo v posledních deseti letech několik povodňových událostí, které zasáhly velkou část území a způsobily velké škody na zdraví a majetku v zasažených obcích.

Jako největší povodně lze označit události ze srpna 2002, které postihly velkou část povodí Vltavy a Labe. Povodně v roce 2002 zasáhly také část Krušných hor na německé i české straně území.

Oblast Krušných hor byla zasažena naposledy v roce 2010 bleskovými povodněmi, které opět zasáhly zejména východní část tohoto pohoří.

Na základě těchto událostí jsou navrhovány protipovodňová opatření, která lze rozdělit na netechnické zásahy do povodí a technická protipovodňová opatření v místě povodňových škod.

### 2.1 Cíle studie

Cílem této studie je posouzení území pro extrémní hydrologické jevy v podobě povodňového rizika. Pro území je zpracována studie, která hodnotí míru zranitelnosti území z hlediska povodňového ohrožení.

Studie charakterizuje hlavní odtokové směry a jejich míru nebezpečí pro území ve směru odtoku. Na základě těchto výsledků je možný návrh úpravy, zejména vegetativního charakteru zájmového území.

Dalším zkoumaným parametrem je nebezpečí eroze, které představuje nebezpečí pro ornou půdu i pro území intravilánu ležící pod zasaženou plochou. Na základě této studie je tak možné vytipovat území, které je z hlediska erozivního rizika a nedostatečné míry akumulace vod nejvíce zranitelné.

Na základě výsledků této studie je možné navrhnout vhodná místa pro technickou protipovodňovou ochranu v povodí a protierozní opatření.

## 3 Popis podpůrných systémů a databází

Pro vypracování studie jsou použity jako hlavní softwarové prostředky GIS (geoinformační systémy) s nástavbami HEC.

### 3.1 Prostředky GIS

Jako hlavní prostředí bylo použito softwaru ArcGIS 9.2 společnosti ESRI. Pro vypracování byly použity extenze 3D Analyst a Spatial Analyst.

#### 3.1.1 3D Analyst

Nadstavba 3D Analyst umožňuje vytvářet, zobrazovat a analyzovat trojrozměrná data. Tvorba a analýza digitálního modelu reliéfu v rastrovém i trojúhelníkovém tvaru, vrstevnice. Sklon, expozice, profily, analýza viditelnosti, základní mapová algebra. Interpolace měřených hodnot, konverze mezi 3D shapefile, 2D shapefile, TIN a GRID. Dále zahrnuje aplikace ArcScene a ArcGlobe pro vytvoření 3D modelu území jako interaktivní 3D GIS, simulace pohybu územím v reálném čase, videozáznam pohybu (průlety). Pomocí těchto nástrojů byly zpracovány geodetická prostorová data.

#### 3.1.2 Spatial Analyst

Nadstavba Spatial Analyst slouží pro prostorovou analýzu na bázi rastru, tzn. umožňuje pracovat i s daty, která se v území spojitě mění (nadmořská výška, demografická data, znečištění apod.). Kombinace rastrových a vektorových dat, škála funkcí mapové algebry, interpolace měřených hodnot, izolinie, modelování a analýza terénu

(sklon, expozice, analýza viditelnosti...), hydrologické modelování, dynamické modelování, distanční analýza. Pomocí těchto nástrojů byly zpracovány jednotlivé zdrojové vrstvy a bylo provedeno jejich vyhodnocení.

### 3.1.3 ArcHydro 1.3.92

Nadstavba slouží pro zpracování hydrologických podkladů v prostředí ArcGIS.

## 3.2 Prostředky HEC

Software spadající pod prostředky HEC (The Hydrologic Engineering Center) pochází z vývojového střediska Institute for Water Resources pracující pod US Army Corps of Engineers. Byly použity softwarové nástavby ArcGIS. Veškeré produkty HEC jsou distribuovány jako freeware a lze je získat na internetových stránkách US Army Corps of Engineers :

<http://www.hec.usace.army.mil/>

### 3.2.1 HEC-GeoHMS 4.2.92

Software HEC-GeoHMS (The Geospatial Hydrologic Modeling System) slouží k vytvoření srážko-odtokového modelu v geoprostorovém prostředí ArcGIS.

V rámci studie byl software využit ke zpracování srážko-odtokového modelu území, který sloužil k prostorovému zhodnocení území z hlediska odtokových poměrů. Výsledky modelu slouží také jako vstupní data dalších modelů (HEC-GeoRAS) a k vyhodnocení míry akumulace vod v povodí.

### 3.2.2 HEC-GeoDozer 1.0

Software slouží pro zpracování a editaci hydro-geodetických dat v rámci ArcGIS. Jedná se o editaci terénu, rozvodnic, dílčích povodí a dále o editaci vodních toků.

Software byl využit pro úpravu výsledků hydrologické sítě a srážko-odtokového modelu podle výsledků rekognoskace terénu.

### 3.2.3 HEC-GeoRAS 4.2.92

Software HEC-GeoRAS (The Geospatial River Analysis systém) slouží pro vytvoření hydraulického matematického modelu proudění v korytě. Software poskytuje široké množství nástrojů pro vyhodnocení povodňové situace.

V rámci studie byl HEC-GeoRAS využit k vytvoření hydraulického modelu zájmové oblasti s vyhodnocením rozlivu z hlediska hloubky vody a rychlosti proudění v zasaženém území. Výsledky jsou použity ke stanovení povodňového rizika v záplavovém území. Výsledky slouží k návrhu protipovodňového opatření.

### 3.2.4 HEC-DSSVue 2.0.1

Produkt slouží ke zpracování databází hydrologických dat. Databáze lze využívat exportu dat do dalších systémů HEC, nebo lze exportovat do formátu tabulkového procesoru pro jejich další editaci.

Při zpracování studie bylo využito softwaru k vyhodnocení dat srážko-odtokového modelu HEC-HMS a jejich editaci a export do hydraulického modelu HEC-RAS. Pomocí softwaru HEC-DSSVue byly dále vyhodnoceny výsledky hydraulického modelu a bylo provedeno jejich grafické zpracování.

## 4 Metodika zpracování

Pro zpracování studie byly využity stávající metodiky a následně byly upraveny a přizpůsobeny pro zadání projektu. Metodiku lze rozepsat do následujících bodů :

1. Zpracování podkladů pro prostředí GIS
2. Zpracování modelu terénu a hydrologické sítě
3. Zpracování srážko-odtokového modelu území
4. Vyhodnocení území z hlediska odtokových poměrů
5. Vytvoření hydraulického modelu území
6. Vyhodnocení povodňového rizika
7. Posouzení vlivu vegetace na povodňová rizika
8. Vyhodnocení erozního rizika v území
9. Navržení protipovodňových a protierozních opatření

Zhodnocení je provedeno v rámci případové studie, která hodnotí vybranou část Krušných hor v několika scénářích. Před provedením jednotlivých kroků metodiky předchází výběr vhodné lokality a rekognoskace vybraného území. Metodika navazuje na studii „Vývoj metodiky pro identifikaci vzniku povodňových škod“ zadaný Saským zemským úřadem pro životní prostředí a geologii v Drážďanech 2006. Tato metodika je přiložena k této studii.

### 4.1 Zpracování podkladů pro prostředí GIS

Jako podklady slouží podklady ZABAGED poskytnuté Krajským úřadem Ústeckého kraje. Jedná se o vrstvy které popisují následující charakteristiky území :

- rostlinný pokryv a využití území
- půdní typy ( BPEJ )
- intravilánové plochy

Jednotlivé vrstvy byly zpracovány pomocí nástrojů GIS a připraveny k dalšímu zpracování. Vrstvy slouží k zadání parametrů srážko-odtokového modelu.

### 4.2 Zpracování modelu terénu a hydrologické sítě

Pro zpracování digitálního modelu terénu byly použity podklady poskytnuté střediskem GIS Krajského úřadu Ústeckého kraje. Jedná se o tři hlavní zdroje :

1. Výškopisné bodové pole – Ústecký kraj
2. Vrstevnice – ZABAGED
3. Doměření v terénu

Tato zdrojová data byla využita k tvorbě vrstev TIN ( triangulated irregular network ) a DTM ( Digital Terrain Model ) zájmové oblasti. Terén byl pak upraven podle zastižené skutečnosti provedené v rámci rekognoskace terénu pomocí nástroje Hec-GeoDozer. Tyto modely terénu byly pak dále využity k dalším analýzám území a jako podklad pro zpracování dalších modelů. Hydrologická síť byla vygenerována na základě vstupu DTM a nástrojů ArcHydro. Výsledná síť byla kalibrována podle hydrologické sítě vodohospodářských map v databázi HEIS VÚV T.G.M.

### **4.3 Zpracování srážko-odtokového modelu území**

Srážko-odtokový model byl zpracován pomocí softwaru HEC-GeoHMS, který je nadstavbou ArcGIS. Jedná se o model, který na základě charakteristiky území určuje odtokové poměry v reakci na zadanou srážkovou situaci. Charakteristiky odtokových parametrů jsou stanoveny na základě vegetačního a krajinného pokryvu a mapy půdního pokryvu.

Zpracování modelu je charakterizováno třemi kroky :

1. Příprava vstupních dat ( preprocessing )
2. Výpočet modelem ( processing )
3. Zpracování výstupních dat ( Postprocessing )

Srážko-odtokový model je nakalibrován a verifikován pomocí stávajících měření v měrných profilech provozovaných ČHMÚ.

### **4.4 Vyhodnocení území z hlediska odtokových poměrů**

Na základě výsledků srážko-odtokového modelu jsou vyhodnoceny odtokové poměry ze zkoumaného území. Výsledky jsou dále vyhodnoceny v prostředí GIS nástroji Spatial Analyst. Výsledky jsou pak prezentovány v grafické podobě pomocí mapových výstupů.

Výsledky z vyhodnocení mapových výstupů je blíže popsán v části závěry, který se nachází na konci této zprávy.

### **4.5 Vytvoření hydraulického modelu území**

Na základě výsledků odtokových poměrů je vypracován hydraulický model otevřených koryt. Ty posuzují povodňovou situaci v území vyvolanou extrémní srážkovou situací. Pro vypracování odtokového modelu bylo použito programu HEC-GeoRAS, jehož výsledky je dále možné editovat v prostředí GIS.

### **4.6 Vyhodnocení povodňového rizika**

Na základě výsledků hydraulického modelu jsou vyhodnoceny povodňové stavy pro různé scénáře odtokových parametrů. Pomocí hladin záplavového území je posouzena kulminační hladina jednotlivých povodňových vln vycházejících ze srážko-odtokového modelu.

### **4.7 Posouzení vlivu vegetace na povodňová rizika**

Zhodnocením výše uvedených bodů je popsáno území z hlediska vlivu vegetace na povodňovou situaci. Pro vyhodnocení míry vlivu vegetačního pokryvu na povodňová rizika jsou pro zájmové území vypracovány různé scénáře popisující stejné území s rozdílným typem vegetačního krytu. Jedná se o varianty popisující stávající stav, se zalesněním území, území po vykácení části lesního porostu až po variantu bez vegetačního krytu.

### **4.8 Vyhodnocení erozního rizika v území**

Vyhodnocení erozního rizika je zaměřeno na zhodnocení potenciální ohroženosti území vodní erozí. Potenciál ohrožení je stanoven pomocí dlouhodobého průměrného smyvu půdy (G).

Vodní eroze je způsobena destrukční činností deště a povrchového odtoku a následným transportem půdních částic. Intenzita vodní eroze je závislá na charakteru srážek a povrchového odtoku, půdních poměrech, morfologii území (především na sklonu a nepřerušené délce svahu), vegetačních poměrech a způsobu hospodaření na pozemcích.



Vodní eroze se na povrchu půdy projevuje selekcí půdních částic a vznikem odtokových drah různých rozměrů, v místech výrazné koncentrace povrchového odtoku se mohou vytvářet strže. V depresích a na místech sníženého sklonu dochází zpravidla na níže ležících plochách k ukládání půdních částic. Částice transportované za hranice pozemků se dostávají do hydrografické sítě, kde vytvářejí plaveniny. Ty sedimentují v nádržích a v úsecích toků se sníženou transportní schopností. Z hlediska objemu plavenin je jejich největším zdrojem smyv orné půdy; je však třeba počítat i s erozí ploch stavenišť, s erozí lesní půdy při mechanizované těžbě dřeva, s břehovou a dnovou erozí v tocích. Tyto zdroje se mohou rovněž podstatnou měrou podílet na zvýšeném transportu plavenin.

Nejčastěji používanou metodou pro stanovení intenzity vodní eroze je tzv. Univerzální rovnice USLE (Wischmeier, Smith 1978):

$$G = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

kde:

G – průměrná dlouhodobá ztráta půdy ( $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ),  
R, K, L, S, C, P – viz. níže

#### **Faktor erozní účinnosti přívalového deště (R)**

Faktor R je vyjádřený v závislosti na kinetické energii a intenzitě erozně nebezpečných dešťů. Doporučená průměrná hodnota pro Českou republiku je  $R = 20 \text{ MJ} \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$ . Použití této hodnoty je doporučeno dle nejnovějších metodik (např. Janeček et al. 2008) a to z toho důvodu, že pro přesnější regionalizaci faktoru R na území České republiky není prozatím vyhodnoceno dostatek údajů. Průměrná hodnota faktoru R je v našich podmínkách hodnotou za vegetační období, neboť přívalové deště vyvolávající erozi se vyskytují převážně od konce dubna do počátku října.

#### **Faktor erodovatelnosti půdy (K)**

Faktor K je v USLE definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku vyjádřená v  $t \cdot ha^{-1}$  na jednotku erozní účinnosti deště R. Hodnota faktoru K závisí na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a propustnosti půdního profilu. Tento faktor představuje náchylnost půdy k erozi, tedy schopnost půdy odolávat působení rozrušujícímu účinku deště a transportu povrchového odtoku.

#### **Topografický faktor (LS)**

Topografický faktor (LS), neboli faktor délky (L) a sklonu svahu (S), vyjadřuje vliv morfologie terénu na vznik a vývoj erozních procesů. Topografický faktor představuje poměr ztrát půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na jednotkovém pozemku o délce 22,13 se sklonem 9%.

**L - faktor délky svahu vyjadřuje vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí.**

**S - faktor sklonu svahu vyjadřuje sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí.**

#### **Faktor ochranného vlivu vegetace (C)**

Faktor C vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice, představuje poměr smyvu na pozemku s pěstovanými plodinami ke ztrátě půdy na standardním pozemku udržovaném jako úhor, pravidelně po každém dešti kypřeném. Metodika USLE počítá se stanovením faktoru ochranného vlivu vegetace (C) pro konkrétní osevní postup včetně období mezi střídáním plodin a při určení nástupu a způsobu agrotechnických prací v 5-ti obdobích (Janeček et al. 2007) pro každý pozemek.

#### **Faktor účinnosti protierozních opatření (P)**

Jestliže nelze předpokládat, že by byly dodrženy podmínky maximálních délek pozemků a počtů pásů při pásovém střídání plodin, nelze s uvedenou účinností příslušného opatření vyjádřenou hodnotami faktoru P při výpočtu průměrné dlouhodobé ztráty půdy počítat a hodnota faktoru  $P = 1$ .

Výsledky jsou pak v roztríděny do kategorií, které charakterizují ohrožení od nejohroženějšího po území bez ohrožení. Výsledky jsou prezentovány v grafické podobě pomocí mapových výstupů.

## **4.9 Navržení protipovodňových a protierozních opatření**

Veškeré výsledky této studie slouží k navržení protipovodňových a protierozních opatření ve zkoumaném povodí. Výsledky charakterizují nejohroženější území z hlediska eroze a dále pak nejvíce zasažený intravilán povodňovými škodami.



Protipovodňová opatření lze rozdělit do dvou skupin. První část se týká zásahů do povodí vodního toku, kterými jsou zejména změny vegetačního krytu v povodí. Další protipovodňová opatření se soustředí přímo na místa vzniku povodňových škod, kde jsou navrženy linie vhodných technických protipovodňových opatření.

Další skupinou jsou pak opatření proti riziku eroze. Zde je soustředěno zejména na vegetační a technická opatření v místě největšího erozního rizika.

## 5 Řešení případové studie

Jako případová studie bylo vybráno území povodí Jílovského potoka ve východní části Krušných hor ( Přírodní park Krušné hory ). Tato oblast je často postihována extrémními srážkovými událostmi, které způsobují povodňové situace.

### 5.1 Charakteristika území

Krajinu v pramenné oblasti zájmového území je možno charakterizovat jako pahorkatinu s výškovými rozdíly do 200 m. Významnými krajinnými prvky jsou ekosystémy ager – kulturní pastviny pravidelně obhospodařované, které protínají ekologicky významná společenstva starých úvozových cest. Rozsáhlé luční plochy člení také společenstva podél malých a drobných toků, které mají také liniový charakter.

Jižní svahy Krušných hor je pak charakterizován strmým spádem s převýšením 300 m. Říční toky zde vytvářejí hluboká údolí. Jižní svah Krušných hor je zalesněn s částečně zachovalou skladbou dřevin.

Celé okolí zájmového území tvoří horniny krušnohorského krystalinika proterozoického stáří, které jsou tvořeny především biotitickou a muskovit-biotitickou pararulou, zčásti magmatizovanou, a svory.

### 5.2 Klimatická charakteristika

Nižší vrcholové plošiny leží v chladné oblasti CH7, polohy nad 800m v CH6 a nad 1000m v CH4 tj. české nejchladnější klimatické oblasti. Horní část svahů leží v CH7, dolní v mírně teplých oblastech MT4 a výjimečně i MT9. Teplota na vrcholových plošinách kolísá mezi 2,7 °C na vrcholu Klínovce a 5 °C v teplejších polohách. Srážky kolísají mezi 900 - 1200mm. Je zde patrný vliv vrcholového fenoménu. Podnebí na svahu vykazuje velice strmý gradient od chladného vlhkého klimatu náhorní plošiny, po teplé a mimořádně suché klima úpatních pánví. Zdejší klimatický gradient je největší v našich zemích a jeden z nejstrmějších i z hlediska střední Evropy.

Klimaticky spadá zájmové území do okrsku CH 7, tzn. s typem klimatu s krátkým létem, dlouhým přechodovým obdobím a dlouho trvající sněhovou pokrývkou a dlouhou mírnou zimou. Srážky dosahují cca 750 mm. Průměrná roční teplota činí cca 7 °C.

### 5.3 Stav lesního porostu

V sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století se převážně smrkové lesní porosty v imisemi silně poškozené oblasti Krušných hor rozpadly na výměře více než 40 000 ha. Pro zachování kontinuity lesních porostů, plnící alespoň nejdůležitější ekologické funkce v dané oblasti (funkce půdoochranné a vodohospodářské) vznikly na výše uvedené výměře porosty náhradních dřevin, především břízy, smrku pichlavého, modřínu, jeřábu, olše a kleče. V současnosti se tyto porosty začínají rozpadat. Kritická situace je zejména u porostů břízy a smrku pichlavého. Mluvíme-li o ploše lesa, kterou je nezbytné obnovit, je to porosty náhradních dřevin na ploše 40 000 ha, kloubnatkou je napadeno aktuálně cca 5 500 ha, šetření Lesní ochranné služby, které rozsah aktuálního poškození upřesní bude dokončeno v září. Pro porovnání na území Ústeckého kraje je 159 950 ha lesa, tj. 29,4 % rozlohy Ústeckého kraje.

*Gemmamyces piceae* – kloubnatka smrková – je významný houbový patogen jehličnatých dřevin (smrků, méně často i jedlí). Setkat se s ním můžeme především na lokalitách s vysokými srážkami a trvale vysokou vzdušnou vlhkostí. Houba je známa především ze severozápadní a severní Evropy (Velká Británie – Skotsko, Německo,

Dánsko, Finsko, Rusko), ve střední (popř. jižní) Evropě spíše z horských oblastí (nálezy z Česka, Rakouska, Švýcarska, Itálie). Kloubnatka smrková byla poprvé platně popsána před sto lety ve Skotsku, kde ji A. W. Borthwick r. 1909 zařadil do rodu *Cucurbitaria* Gray (1821) pod jménem *Cucurbitaria piceae* Borthw. Intenzivně se studiu této houby věnoval ruský badatel N. A. Naumov, který platně popsal konidiové stadium (anamorfu) této houby jako *Megaloseptoria mirabilis* Naumov (1925).

Poškození smrků (popř. jedlí) kloubnatkou smrkovou je charakteristické a prakticky nezaměnitelné. Napadené pupeny na jaře jakoby natékají, zduří, nezřídka se ještě spirálovitě krouží a deformují. Odumře-li terminální pupen, je stimulován růst bočních pupenů a tak je nápadně změněn normální růst výhonů, což se projevuje obzvláště výrazně při po několik následujících let se opakující infekci. Při pokusu o vyrašení slaběji infikovaných výhonů nezřídka dochází k růstovým deformacím (jakoby „vykloubení“ rašících výhonů). Odumřele napadené pupeny se zjara pokrývají černou tuhounou krustou (bazálním stromatem houby), z níž vyrůstají četné drobné šedočerné hnědé až černé zbarvené kulovité plodnice (o průměru většinou do 1 mm), dobře viditelné pouhým okem či slabou lupou. Ty mohou pokrývat celý napadený pupen. K na první pohled poněkud podobnému odumírání pupenů může dojít i působením abiotických faktorů. I v tomto případě pupeny na jaře nevyraší, časem hnědnou a zasychají, avšak nikdy nečernají. Nejčastější příčinou poškození ještě nevyzrálých pupenů bývá v tomto případě časný mraz. S tímto poškozením se daleko častěji setkáváme v lesních školkách či plantážích vánočních stromků.

Plán na získání finančních prostředků by měli mít především vlastníci lesa. Kraj si však uvědomuje, že Krušné hory jsou nejvíce poškozeným horským masivem v Evropě. Přes výrazné snížení emisí (až o 90%) kyselá depozice stále překračuje kritickou zátěž, na některých lokalitách až dvojnásobně. Lesní porosty a půdy v Krušných horách jsou oslabeny dlouhodobým působením imisí z minulých let, hůře se vyrovnávají s nepříznivými klimatickými výkyvy (sucho, škody mrazem apod.). Rozpad současných porostů bez urychlené obnovy by vedl k ekologické katastrofě v této oblasti (kontaminace pitné vody, zvýšení rizika zaplavení průmyslových objektů a obydlí v době přívalových srážek). Proto je snahou kraje zajistit tok finančních prostředků na zajištění obnovy lesa jak z Evropských fondů tak z prostředků státního rozpočtu.

V současné době lze čerpat prostředky na obnovu lesních porostů z Operačního programu Životní prostředí, Oblast podpory 6.3 - Obnova krajinných struktur, v rámci opatření k zachování a celkovému zlepšení přírodních poměrů v lesích ve zvláště chráněných územích - územích soustavy NATURA 2000, vymezených regionálních a nadregionálních biocentrech územních systémů ekologické stability a v prioritních oblastech pásem ohrožení emisemi. Částky alokované pro tuto prioritní osu však nemohou pokrýt náklady na obnovu krušnohorských lesů, tím spíše, že stávající programové období končí již v roce 2013. Je proto nezbytné zajistit dostatečný objem finančních prostředků jak pro aktuální období tak dlouhodobě na celou dobu obnovy porostů Krušných hor. Věc byla projednána s předchozím ministrem zemědělství a hejtmanka kraje projedná možnost financování obnovy lesa i se současným vedením Mze, přezkoumat chceme i možnost financování obnovy lesů z velkého evropského projektu.

Ústecký kraj podporuje hospodaření v lesích a obnovu porostů v Krušných horách prostřednictvím svého dotačního programu, možnosti kraje jsou však velmi omezené a nelze předpokládat, že by z nich mohla být zabezpečena obnova porostů na Krušných horách, a to ani tehdy, jestliže jsou aktuálně všechny dotační prostředky využity pro lesní hospodaření v imisních oblastech.

Porost napadený kloubnatkou je nutné vykácet a na jeho místě vysadit nový lesní porost. Jako optimální je z vodohospodářského hlediska a z hlediska odolnosti lesního porostu smíšený les. Ten se také nachází na jižním svahu Krušných hor, kde odolává veškerým negativním vlivům.

## 5.4 Jílovský potok

Jílovský potok (ČHP 1-14-02-026) pramení v oblasti Nakléřovského průsmyku v nadmořské výšce 713 m. Po celé své délce toku teče převážně východním směrem. Protéká obcí Libouchec, dále městy Jílovým, Bynovem a Děčínem, kde se jako levostranný přítok vlévá do Labe v nadmořské výšce 122 m. Spravuje jej státní podnik Povodí Ohře. Na okraji Bynova se vlévá do bezejmenné přehrady. Ta slouží jako retenční při zvýšených průtocích vody nebo při povodni.

Největší povodně v nedávné době byly zaznamenány v roce 2002 a 2006, kdy voda zaplavila téměř polovinu děčínské čtvrti Podmokly. Dne 7.8.2010 se po přívalem dešti (100 mm za 2 hodiny) velice silně rozvodnil a podemlel silnici č.13 v obci Modrá a polovina z ní spadla. Pak 12.8.2010 se tok znovu rozvodnil (80 mm za 2 hodiny) bez větších materiálních ztrát. Další bleskové povodně byly pozorovány v červenci 1979 a červenci 1987, kdy v jejich následcích vznikly velké materiální škody.

Hlásný profil ČHMÚ se nachází v řkm. 14,00 v obci Libouchec na úpatí Krušných hor. Plocha povodí v tomto profilu činí 13 km<sup>2</sup>. Pro tento profil jsou stanoveny tyto n-leté průtoky :

**Tab 1** N-leté průtoky – Jílovský potok (ČHMÚ)

N-letý průtok	Q <sub>1</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>
m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	2,6	9,8	15,4	34,5	47

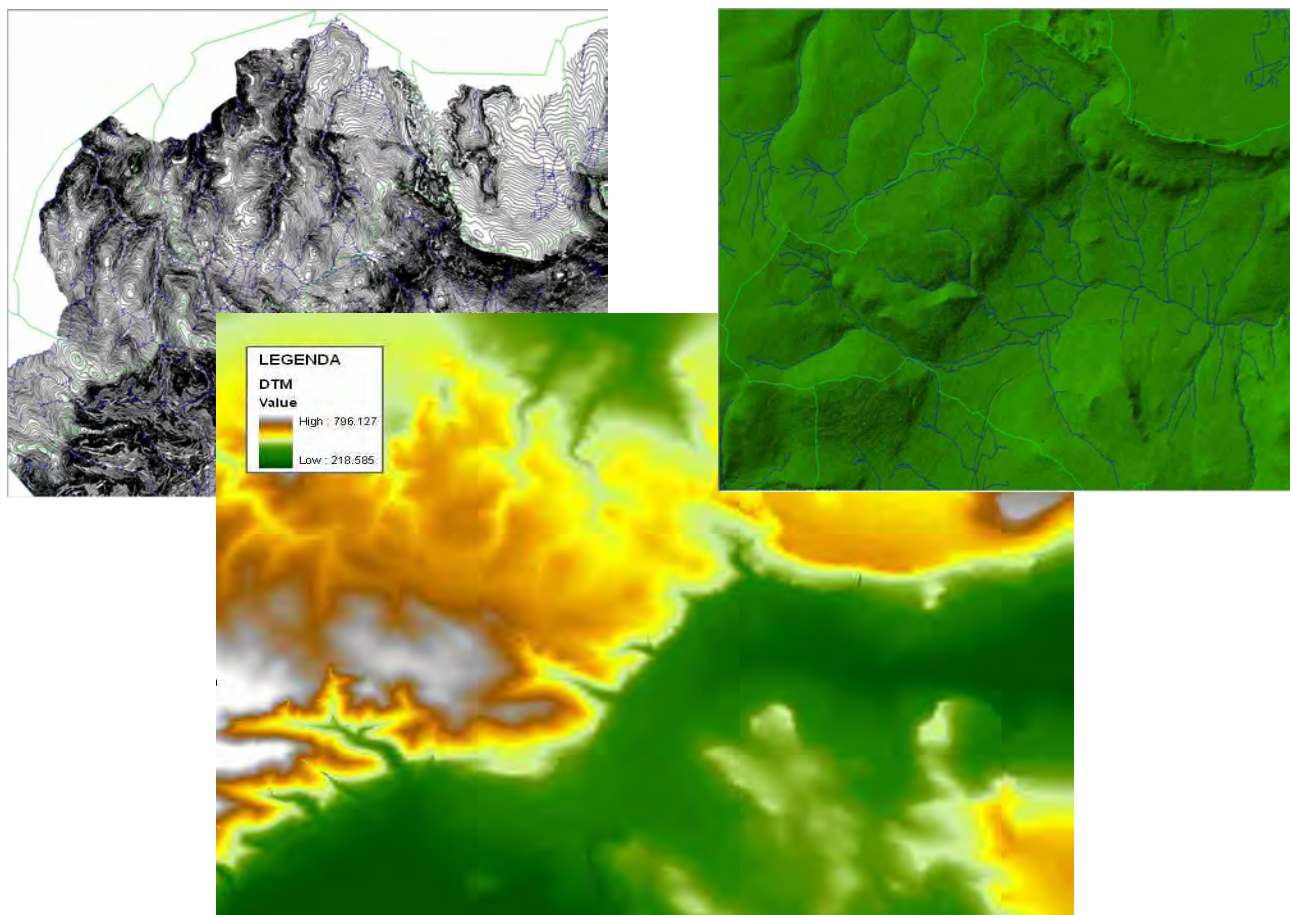
## 5.5 Geodetické podklady

Geodetické podklady byly zpracovány z bodového pole, vrstevnic a zaměření. Pro zpřesnění výpočtu odtokových poměrů byla použita vektorová mapa toků.

1. Výškopisné bodové pole – Ústecký kraj
2. Vrstevnice – ZABAGED
3. Doměření v terénu

Výsledek byl převeden do digitálního modelu terénu (DTM) a byla vytvořena nepravidelná trojúhelníková síť. Tyto modely terénu byly využity k dalším analýzám terénu.

**Obr 1** Tvorba digitálního modelu terénu

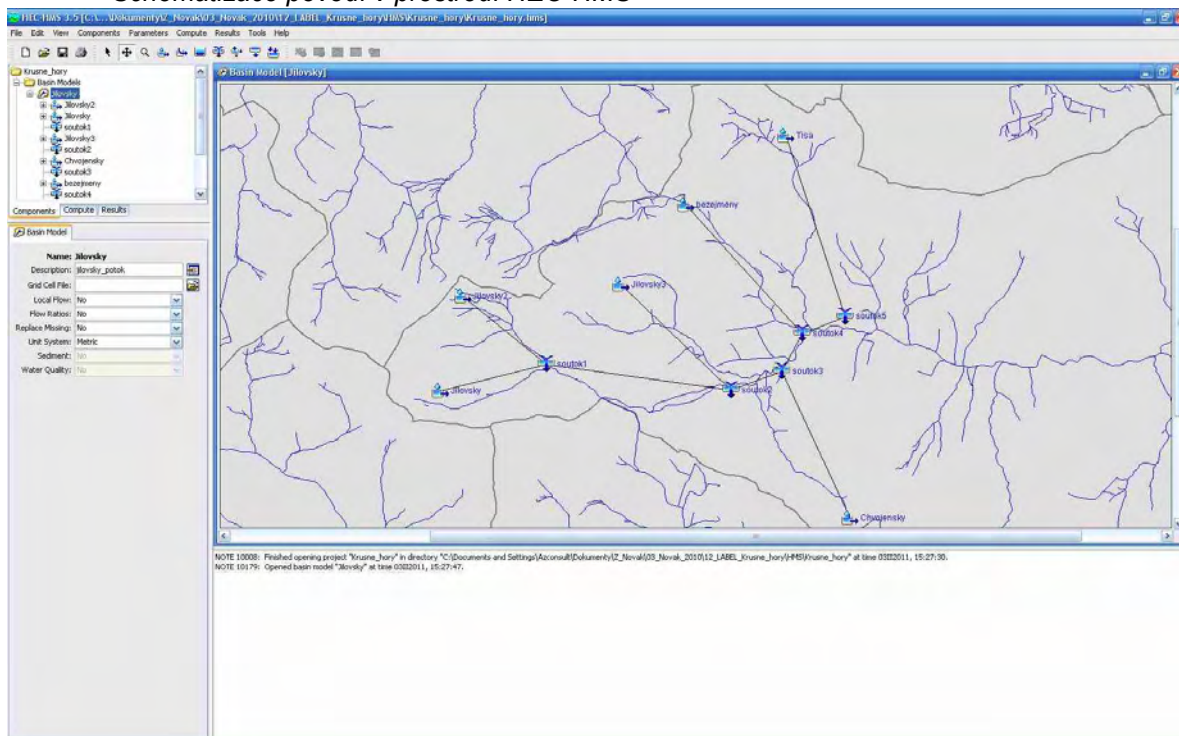




## 5.6 Srážko-odtokový model

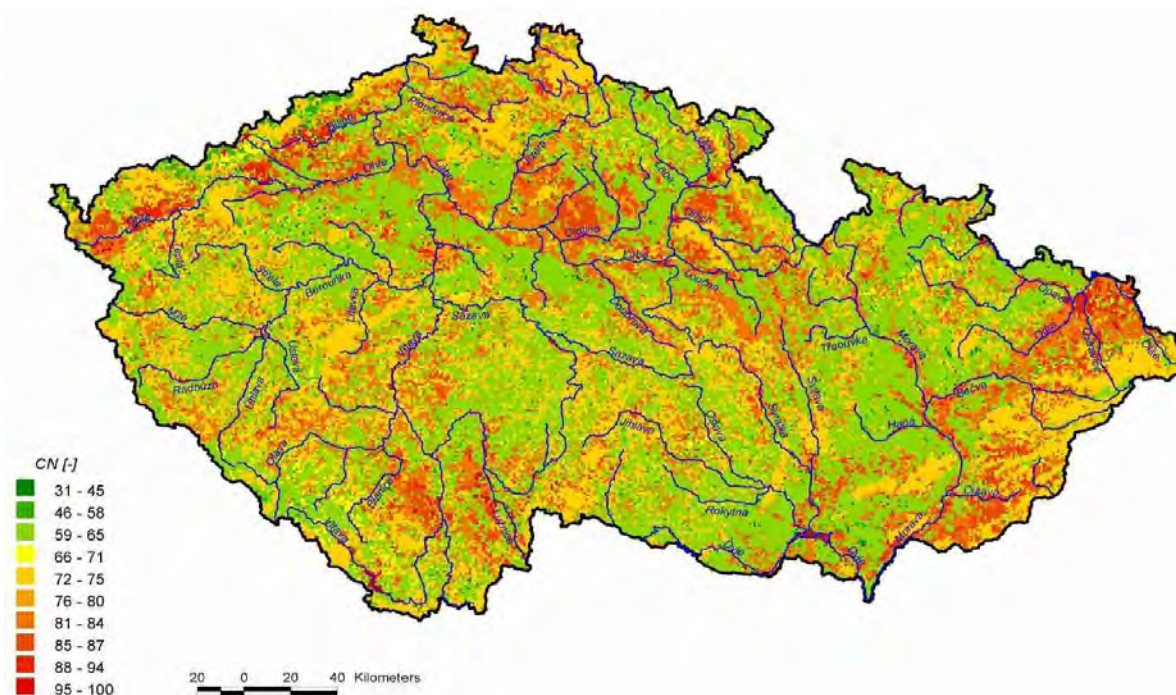
Digitální model terény byl využit k analýze povodí a odtokových proudů v zájmovém území. Na základě modelu byly vyhodnoceny odtokové směry ze zájmového území. Pomocí nich byla provedena analýza koncentrací odtoku a vytvoření dílčích povodí. Dále byly vyhodnoceny parametry jednotlivých povodí, kterými jsou plocha povodí, svažítost, délka toku a další parametry, které vstupují do schematizace a výpočtu srážko-odtokových vlastností jednotlivých povodí.

Obr 2 Schematizace povodí v prostředí HEC-HMS



Základní charakteristikou odtokových poměrů z dílčích povodí je analýza CN křivek. Jednotlivým povodím byly přiřazeny čísla CN podle vegetačního pokryvu území. Dále byly využity stávající studie CN křivek pro Českou republiku. Ty jsou prezentovány v následující mapě a tabulce.

Obr 3 Mapa rozdělení území podle hodnot CN



Tab 2

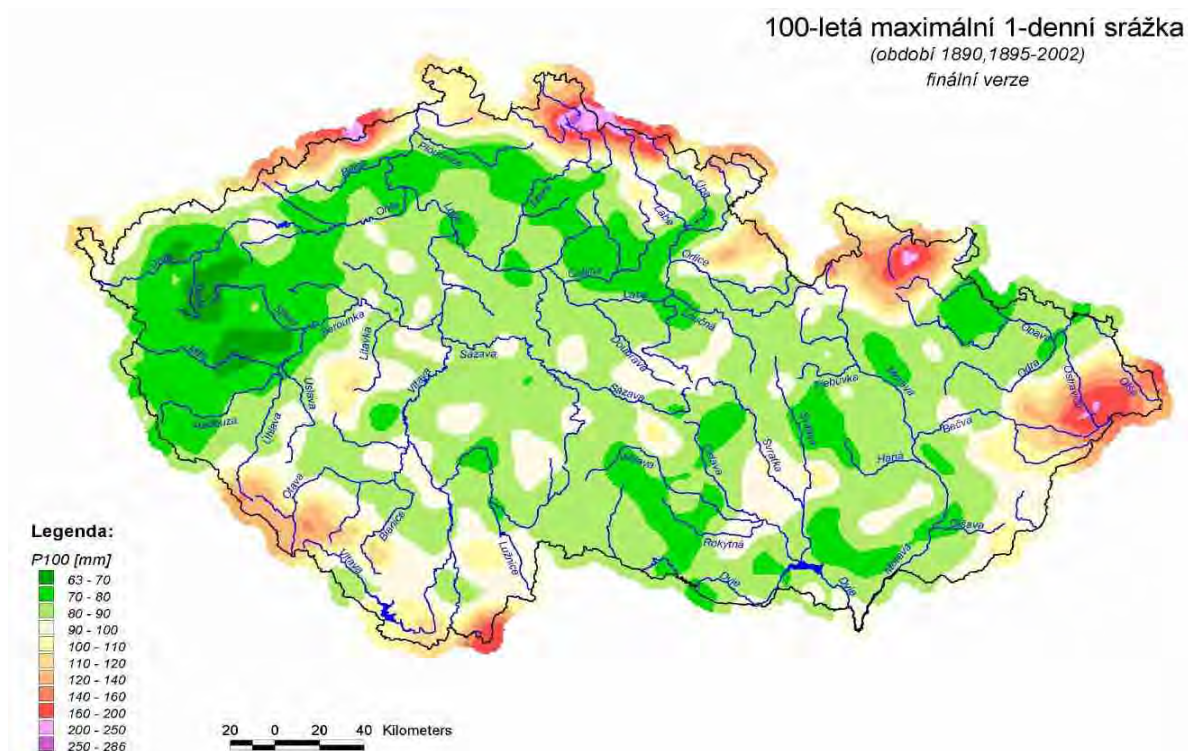
Tabelární vyjádření hodnot CN křivek pro vybrané povrchy

ID	Kategorie využívání území	A	B	C	D
124	Letiště	85	90	93	94
131	Těžba nerostných surovin	85	90	93	94
132	Skládky	85	90	93	94
133	Výstavba	85	90	93	94
141	Městská zeleň	44	65	77	82
142	Areály sportu	44	65	77	82
211	Orná půda	64	73	83	87
221	Vinice	54	70	79	84
222	Ovocné stromy	45	66	77	83
231	Louky a pastviny	49	69	79	84
241	Jednorocní plodiny	65	75	83	86
242	Pole, louky, kultury	54	72	82	87
243	Zemědělské areály	71	82	87	90
311	Listnaté lesy	35	61	74	80
312	Jehličnaté lesy	35	61	74	80
313	Smíšené lesy	35	61	74	80
321	Přirozené louky	35	60	73	79
322	Vřesoviště a slatiny	99	99	99	99
324	Leso-křoviny	31	58	72	78
331	Pláže, duny a písky	77	86	91	94
332	Skály	77	86	91	94
333	Ridká vegetace	63	77	84	89
334	Spáleniště	77	86	91	94
335	Ledovce a věčný sníh	99	99	99	99
411	Močály a rašelinisté	99	99	99	99
412	Rašelinisté	99	99	99	99
511	Vodní toky	100	100	100	100
512	Vodní plochy	100	100	100	100

Jako hydrologické podklady byly použity hodnoty pro návrhové hyetogramy ČHMÚ. Rozdělení oblastí návrhových 100-letých srážek je uvedeno v následujících obrázcích. Obrázky vycházejí z hodnot stanovených pozorováním ČHMÚ.

Obr 4

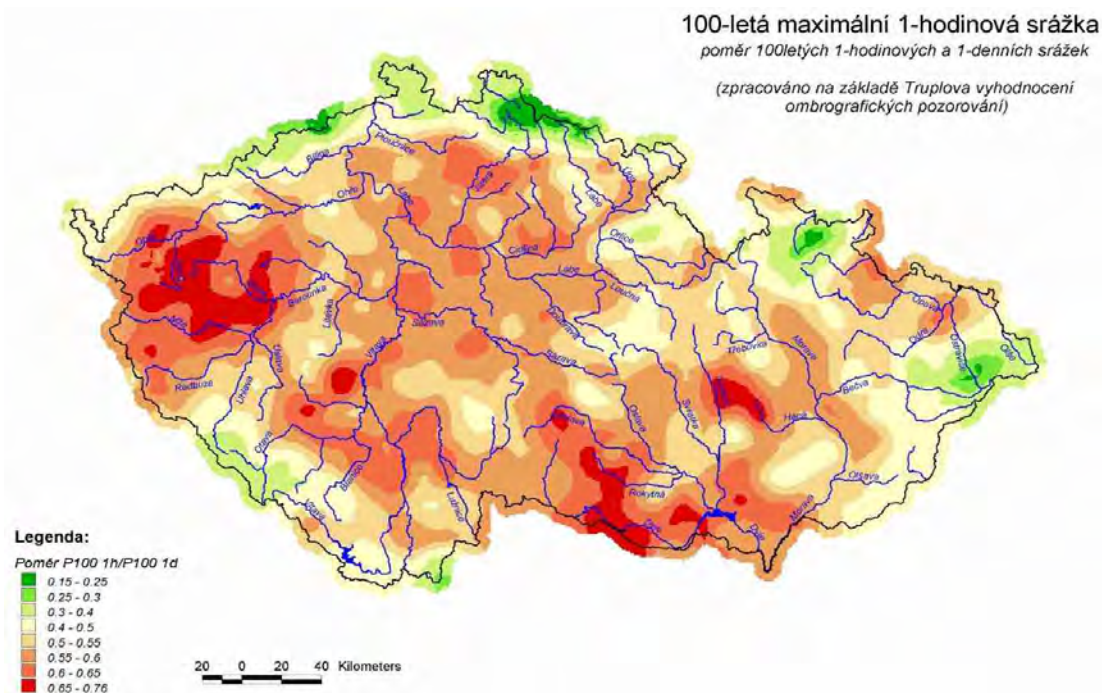
Mapa rozdělení území podle 100-leté maximální 1-denní srážky





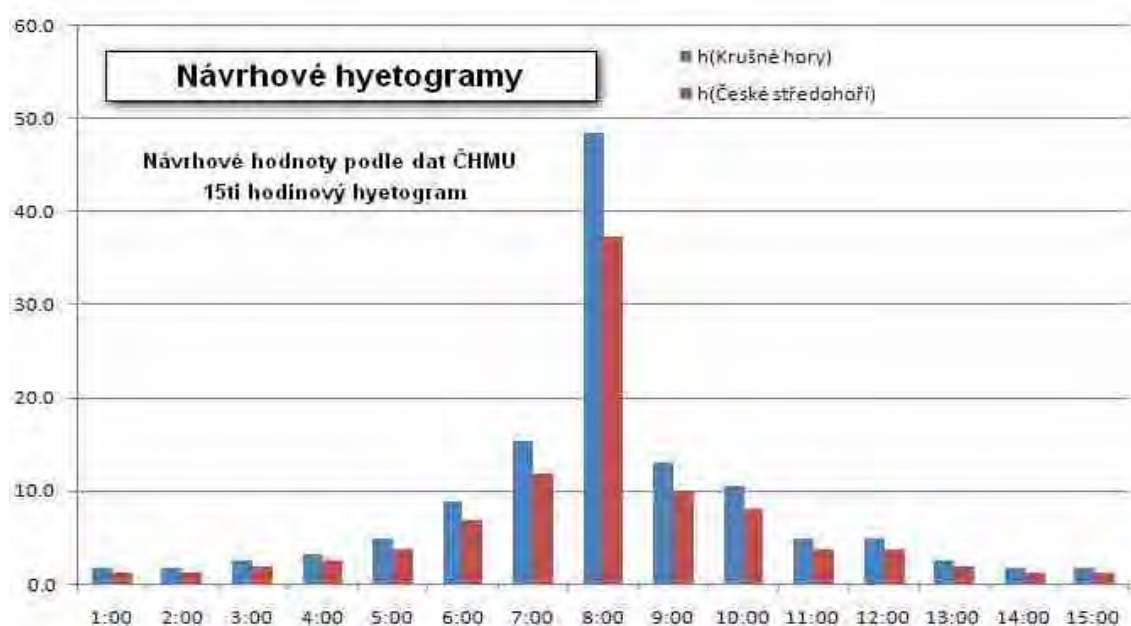
Obr 5

Mapa rozdělení území podle poměru 1-denní a 1-hodinové 100-leté srážky



Obr 6

Návrhové hyetogramy pro zájmovou oblast (dle hodnot ČHMU)

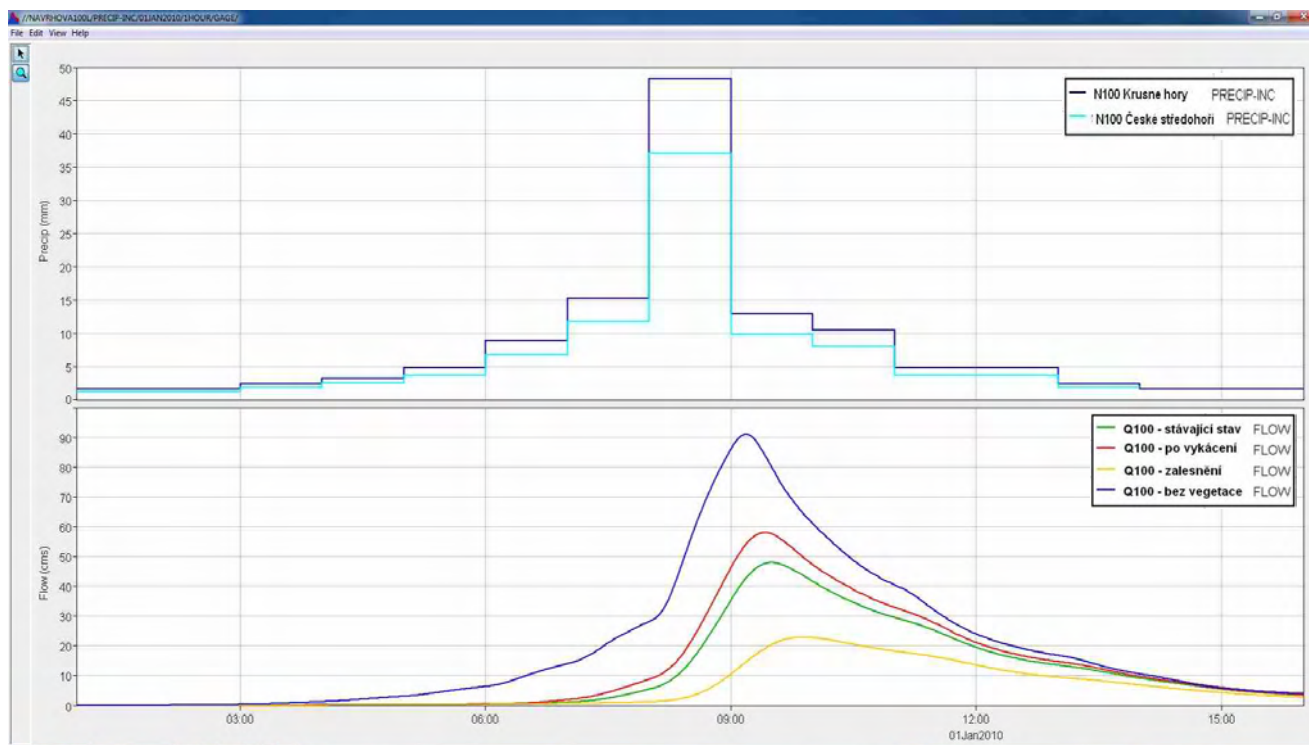


Výsledky srážko-odtokového modelu jsou prezentovány průběhem 100-leté povodně v zájmovém úseku.

Grafy posuzují stávající stav. Pro zhodnocení významu vegetace byly vytvořené další modelové situace. První situace představuje vykácení lesních porostů v dotčené části Krušných hor v důsledku napadení porostu kloubatkou smrkovou. Další ukazují extrémní situace pro plné zalesnění území povodí Jílovského potoka a poslední situace představuje extrémní scénář pro povodí bez vegetačního krytu. Tyto grafy jsou vztaženy na profil limnigrafické stanice v obci Libouchec. Pro transformaci přímého odtoku je použit Clarkův jednotkový diagram s parametry odvozenými na základě fyzickogeografických charakteristik povodí.



Obr 7 Porovnání povodňových vln pro různé scénáře vegetačního pokryvu



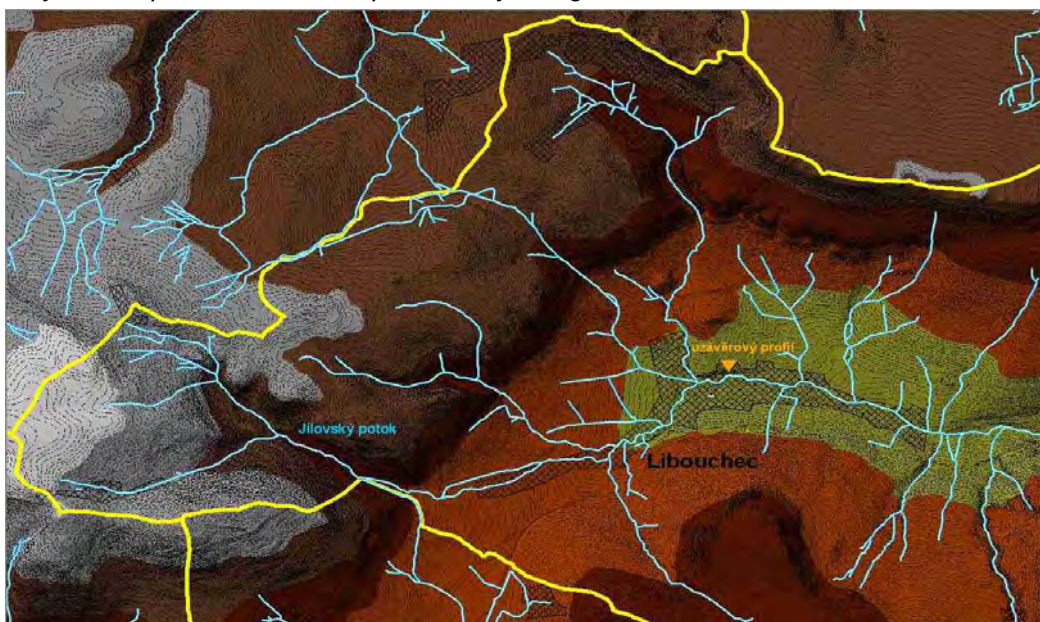
Z grafů je zřetelný pozitivní vliv vegetace na snížení kulminačního průtoku ze zasaženého území. Stávající situace (zelená křivka) se vlivem vykácení části lesního porostu zhoršuje (červená). Naopak plné zalesnění (žlutá) má významný vliv na odtokové parametry a zvyšuje tak protipovodňovou funkci plochy povodí. Odstranění vegetačního krytu (modrá) má velmi negativní vliv na povodňovou situaci na toku. Návrhové hyetogramy v horní části grafu představují návrhové srážky pro oblast východních Krušných hor a navazující část Českého středohoří.

Hodnoty výsledků srážko-odtokového modelu slouží jako vstupní hydrologická data hydraulického modelu.

## 5.7 Hydraulický model

Hydraulický model popisuje výsledky srážko-odtokového modelu převedeny do hydraulického modelu zaměřeného na povodňové riziko. V mapách je prezentován rozliv stávající situace a rozliv při dalších variantách v povodí. Výpočty byly provedeny pomocí software HEC-GeoRAS a převedeny do rastrových vrstev v prostředí GIS.

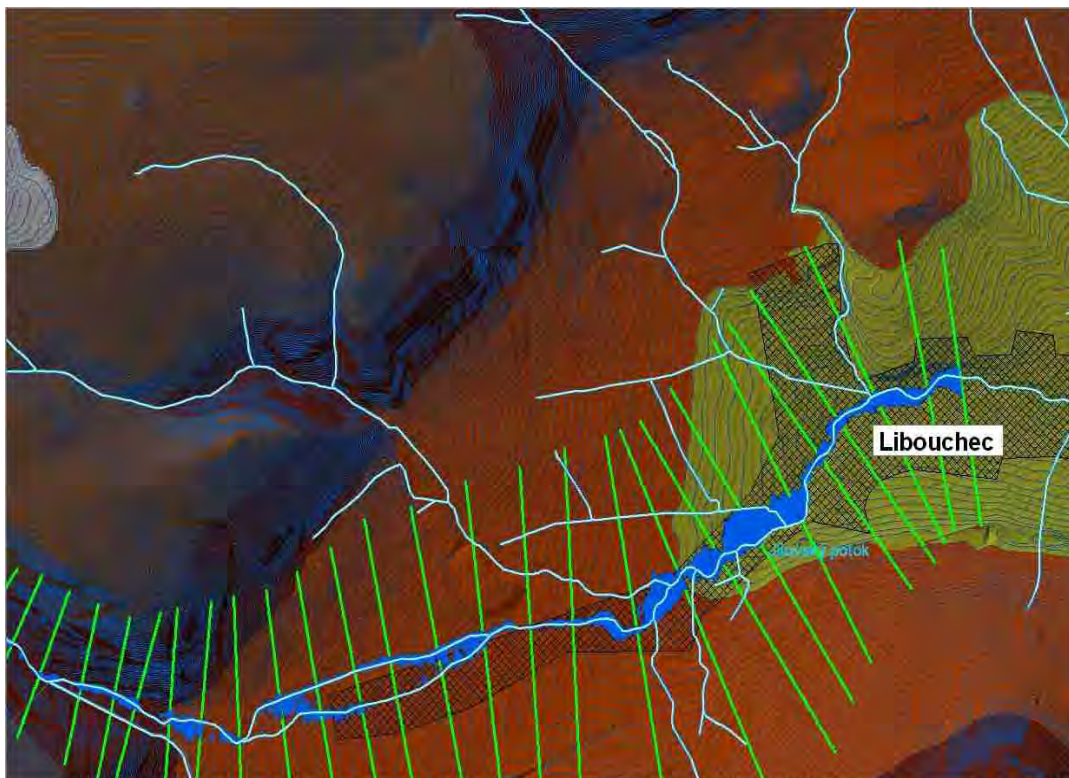
Obr 8 Vymezení povodí Jílovského potoka a hydrologické sítě





Obr 9

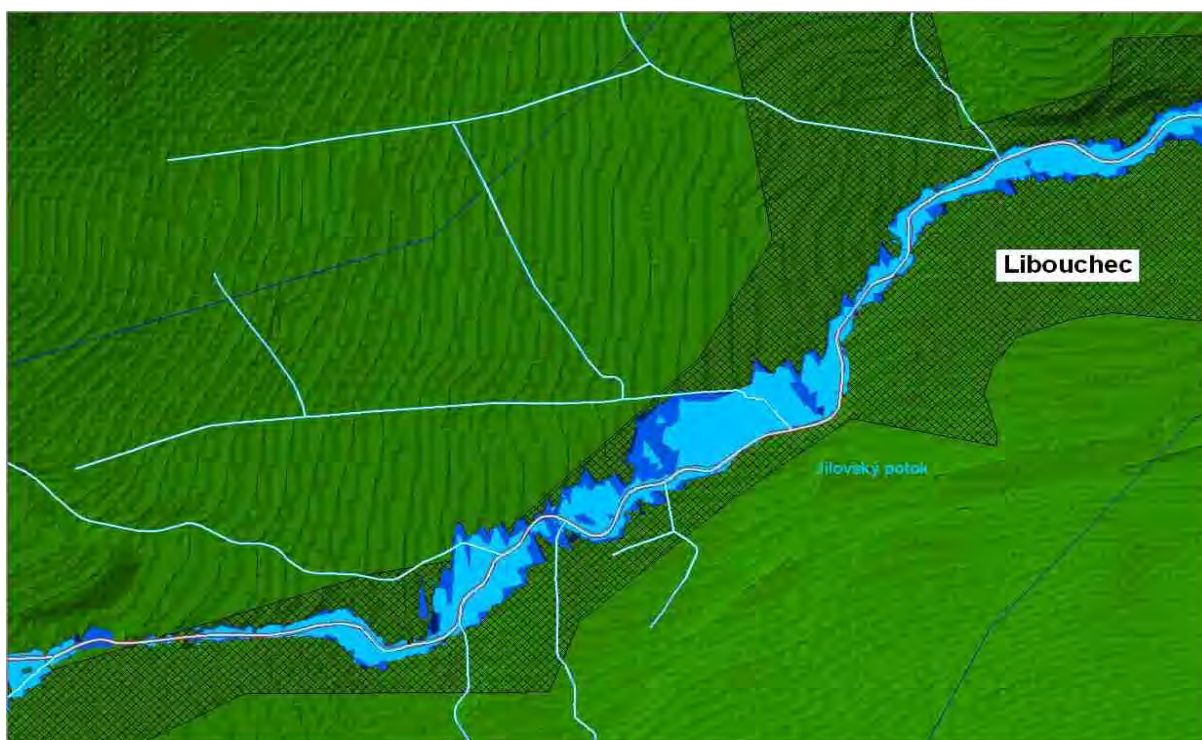
Vymezení zájmového úseku případové studie a příčných řezů pro výpočet hydraulického modelu



Výpočet hydraulického modelu je vztažen na hlavní odtokový proud v intravilánu obce. Jako případová studie je zvolen Jílovský potok v části obce Libouchec. Výpočet je schematizován příčnými profily které slouží k výpočtu hladinového režimu. Výsledkem je pak plocha rozlivu během kulminace návrhových povodňových vln.

Obr 10

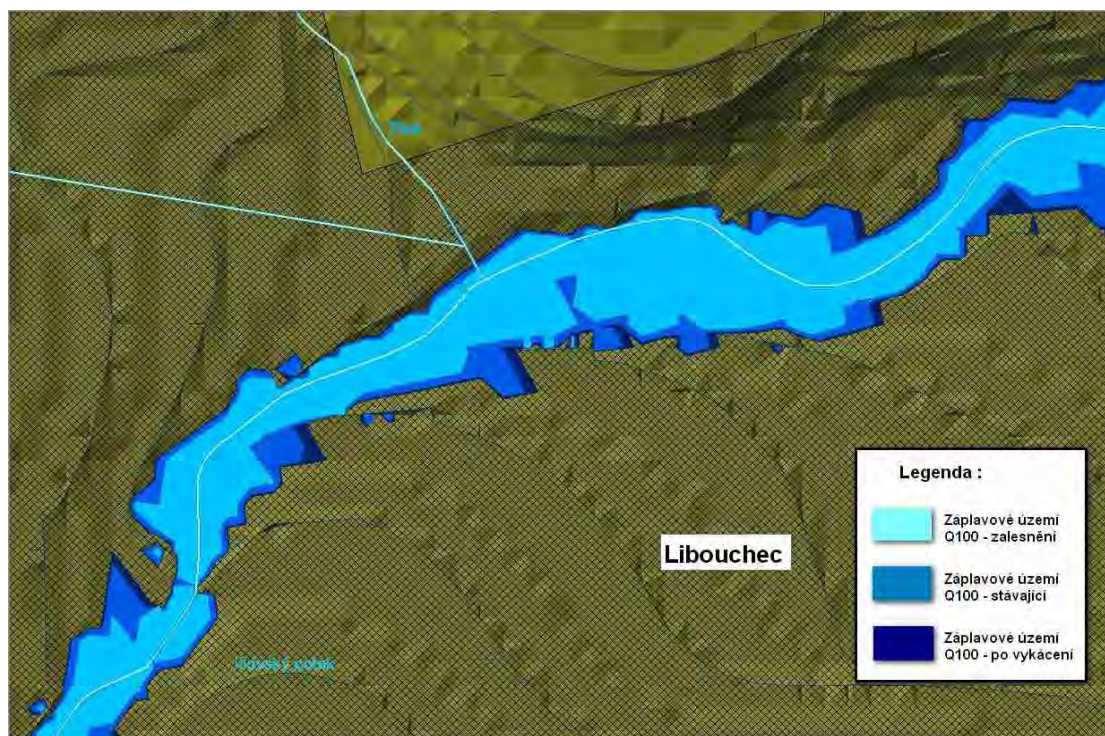
Výpočet záplavového území v prostředí HEC-GeoRAS v prostředí ArcGIS 9.2 pro různé scénáře odtokových poměrů ( Jílovský potok – Libouchec )





Obr 11

Detail vyhodnocení záplavového území pro 3 různé scénáře ( Jílovský potok – Libouchec )



Zhodnocení výsledků hydraulického modelu je uvedeno v závěru této zprávy.

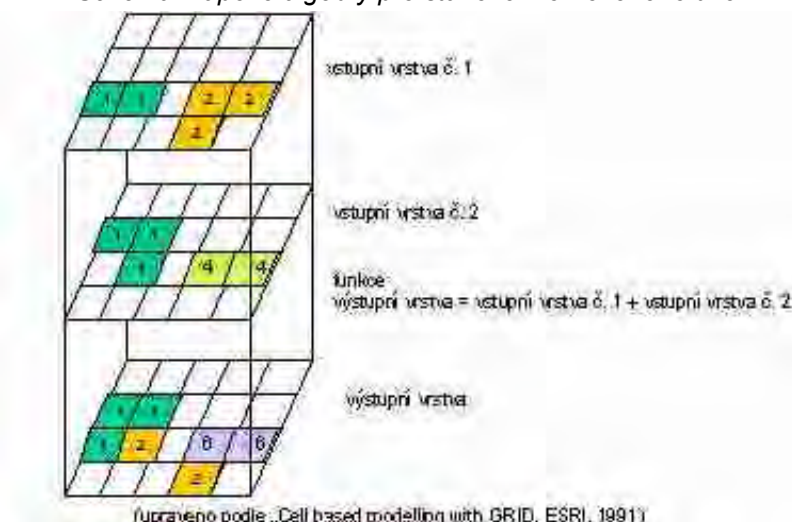
## 5.8 Erozní riziko

Z hlediska vyhodnocení erozního rizika podle Univerzální rovnice USLE lze hodnoty erozního rizika přívalového deště pro celou oblast počítat jako konstantní hodnotu. Dále je možné vynechat faktor protierozních opatření.

Erozní riziko je výsledkem mapové algebry vrstev vyjadřující jednotlivé faktory Univerzální rovnice USLE.

Obr 12

Schéma mapové algebry pro stanovení ohroženého území



Výsledkem je vrstva potenciálního ohrožení území vodní erozí. Vrstva je rozdělena do 6ti kategorií podle míry ohroženosti. Stupnice je od 1 – bez ohrožení vodní erozí po 6 – extrémní stupeň ohrožení, který vyžaduje protierozní opatření. Území s touto hodnotou se v zájmovém úseku nevyskytuje.

## **5.9 Protipovodňová opatření**

Protipovodňová opatření lze rozdělit na opatření v povodí a technická opatření v místě vzniku povodňových škod. Opatření v povodí spočívají ve vegetačních opatření, která jsou posouzena pomocí variant odtokových charakteristik v této studii. Dále mohou být vytvořena technická protipovodňová opatření jako je výstavba suchých poldrů, které je vhodné pro více rovinné území, nebo výstavba retenčních nádrží, které však vyžadují velké zábory pro jejich výstavbu.

Další povodňová opatření lze provést přímo v místě vzniku povodňových škod v podobě liniových staveb ochraňujících zájmové území. Tyto stavby lze rozdělit na stabilní, kterými jsou zemní hráze, nebo protipovodňové stěny a na mobilní, které tvoří různé typy hradících konstrukcí. Pro případovou studii jsou z hlediska záboru pozemků, dopravní a majetkoprávní situace doporučeny právě mobilní prvky protipovodňové ochrany. Linie pro navržení protipovodňové ochrany jsou uvedeny v mapové příloze. Je zde možnost několika typů mobilní protipovodňové ochrany.

### **Použití ocelového (hliníkového) mobilního hrazení**

Tento způsob ochrany pomocí mobilních prvků je nejpoužívanějším a provozně nejvíce ověřeným systémem mobilní ochrany. Zakládá se na zasunutých a uzamčených hradidlových prvků, které jsou uchyceny jednotlivými slupicemi. Výhodou tohoto typu mobilní ochrany je její dobrá stabilita, možnost individuálního řešení, možnost zavázání do stávajících zdí, hrazená výška do 4 m a vyměnitelnost jednotlivých dílů. Naopak mezi nedostatky systému patří požadavek na poměrně velké skladovací prostory, požadavky na založení, složitější manipulace při výstavbě bariér.

### **Použití vakových bariér**

Systém představuje odolné pryžové vaky plněné vodou. Původně byl tento systém vyvinut pouze jako alternativa pytlů plněných pískem. Dnes se však používá i jako mobilní liniová ochrana. Jednotlivé vaky jsou k sobě přitaženy popruhy a lze je libovolně sestavovat. Mezi hlavní výhody tohoto systému patří jejich rychlá a jednoduchá aplikace, dále jejich flexibilita použití, odolnost proti nárazu plovoucího tělesa a malé skladovací nároky. Naopak nevýhodou je jejich rozsah použití. Vaky je doporučeno používat zejména okolo hrazených výšek 0,45 – 1,5 m. u větších hrazených výšek je nutný velký zábor pozemku z důvodu pyramidového tvaru složených konstrukcí. Dalšími nevýhodami jsou malé zajištění podloží, kdy je tento systém vhodné používat spíše na méně propustném povrchu, a velké riziko v případě vandalství, nebo jiným způsobu poškození.

### **Použití systému AQUA BARIERY**

Systém AQUA BARIERY je založen na podepřené šikmé desce bez podzemní stavby. Místo podzemní stavby je využita natažená folie před ocelovou konstrukcí mobilního hrazení. Systém má výhodu v rychlé a mobilní aplikaci. Výška hrazení je v rozmezí od 0,65 – 2,4 m. Další výhodou je, že stavba nevyžaduje podzemní stavbu a její založení. To naopak může být problematické v některých stísněných prostorech, kde není dostatečný prostor pro natažení těsnící clony.

V lokalitě Libouchec lze využít všechny tyto typy protipovodňových opatření.

## 6 Závěr

Pomocí metody CN křivek a Clarkova jednotkového hydrogramu byla provedena studie vlivu vegetace na odtokové poměry z území Krušných hor. Jak ukazují výsledky srážko-odtokového modelu, vegetace má zásadní vliv na povrchový odtok ze zájmového území. Je to také zásadní parametr, který lze z hlediska odtokových poměrů antropologicky měnit. Z hlediska odtokových poměrů jsou nejlepším vegetačním pokryvem lesní porost a přirozené luční stanoviště. Naopak zastavěné plochy mají silně negativní vliv na povodňovou situaci.

Nebezpečím pro lesní pozemky v Krušných horách je v současné době napadení lesního porostu houbou kloubnatkou smrkovou. Z těchto důvodů je nutné provádět plošné kácení zasažených částí porostu, které má negativní vliv na odtokové poměry. Tato skutečnost byla v rámci této studie zohledněna a je vyjádřena změnou odtokových poměrů v povodí, které jsou prezentovány změnou odtokové křivky pro  $Q_{100}$ . Dochází tak k rychlejšímu odtoku z území a tím k dosažení většího průtoku  $Q_{100}$  v dolní části povodí. V zájmovém profilu v obci Libouchec dochází ke zvýšení hladiny při kulminaci  $Q_{100}$  o cca 8 cm.

Vliv změny průtokových parametrů na povodňové riziko je následně porovnán pomocí hydraulického modelu. Ten ukazuje na mírné zvýšení hladiny vody a rozšíření záplavového území po provedení odkácení zasaženého území. Je tak nezbytně nutné pro snížení tohoto rizika provést protipovodňová opatření.

První variantou jsou protipovodňová opatření v povodí, kterými jsou opětovné zalesnění zasažené plochy povodí, případně další zalesnění pozemků v povodí. To způsobuje větší koncentraci vody v povodí a tím snížení kulminačního průtoku. Ty jsou ve výsledcích prezentovány pomocí porovnání odtokových křivek  $Q_{100}$  a porovnání záplavového území  $Q_{100}$  v zájmovém úseku. Je zřejmé, že zalesnění pozemků v povodí má znatelný pozitivní vliv na povodňovou situaci. Ve sledovaném profilu dochází podle modelu ke snížení hladiny kulminace přibližně o 30 – 40 cm. Tento model nelze brát jako podklad pro vyhlášení záplavového území. Pro to je potřeba provést přesné geodetické zaměření koryta.

Další protipovodňová opatření jsou technického charakteru. Pomocí hydraulického modelu lze sledovat a lokalizovat záplavového území. Pomocí toho lze navrhnout místa výstavby liniových protipovodňových opatření. Následně lze pomocí analýzy škod a rizik posoudit ekonomickou vhodnost navržených protipovodňových opatření. Navržené linie protipovodňových opatření v případové studii jsou prezentovány v grafických přílohách.

Uvedená metodika se z hlediska porovnání s metodikou pro identifikaci vzniku povodňových oblastí používanou Saským zemským úřadem pro životní prostředí a geologii liší v použití softwarového prostředí. Zatímco saská metodika je založena na expertním systému WBS FLAB, tato metodika využívá software vyvinutý US Army Corp of Engineers. Obě metodiky jsou založeny na prostředí geoinformačních systémů (GIS) s použitím stejných vstupních dat. Z hlediska použitelnosti lze zhodnotit navrženou metodiku založenou na volně šiřitelných produktech US Army Corps Engineers - Hydrologic Engineering Center pro zájmové území Krušných hor jako použitelnou.

Z hlediska erozního rizika je oblast pouze mírně ohrožena vodní erozí. Není tak nutné provádět jakákoliv technická protierozní opatření. Postačující jsou vegetační opatření spočívající v zalesnění ohrožených pozemků. Doporučeno je zalesnění území smíšenými lesy s převahou dubů a buků.

## 7 Mapové přílohy

Přílohy jsou v mapové podobě. Jedná se o tyto přílohy :

1. Digitální model terénu
2. Hydrologická síť
3. Směry odtoku povrchové vody
4. Svažitost území
5. Rozdělení území podle svažitosti
6. Záplavové území
7. Typy využití půdy
8. Bonita půdy podle klimatických regionů
9. Bonita půdy podle hlavní půdní jednotky
10. Vyhodnocení míry rizika vodní eroze
11. Protipovodňová opatření





## Model terénu

Model terénu je zpracován na základě bodového pole a vrstevnic Zabaged a na základě doměření v terénu. Digitální model byl vytvořen jako DTM a TIN. Digitální model terénu slouží jako hlavní podklad pro vyjádření odtokových parametrů území.

Z modelu je patrný reliéf terénu v zájmovém území.



## Hydrologická síť

Na základě modelu terénu byla vytvořena hydrologická síť určující koncentrovaný odtok ze zájmového území. Pomocí analýzy modelu terénu je možné vymezení povodí, které je v této příloze zobrazen rozvodnicí. Hydrologická síť má stromovitý tvar s převahou levostranných přítoků. Povodí toku je protáhlé. Jedná se o trvalý tok II. řádu ústící do Labe (řeka I. řádu).



## Směry odtoku

V povodí převládá jižní směr odtoku. Z tohoto důvodu spadá větší část povodí do oblasti Krušných hor. Z oblasti Českého středohoří pak převládají severní odtokové parametry. Je tak zcela zřejmé, že na hydrologické podmínky toku mají zásadní vliv podmínky v Krušných horách, srážkové události v Českém středohoří pak mají na tok pouze částečný dopad.







## Svažitost území

Z hlediska svažitosti se jedná o oblast s velkým gradientem svažitosti terénu. V pramenných oblastech se jedná o velmi mírnou svažitost, místy až rovinaté území. Na hraně Krušných hor pak dochází k velkému nárůstu svažitosti terénu, které je na dolní patě opět navázáno na velmi mírně svažité území.

Z hlediska vodních toků je největší svažitost údolí toků právě ve zlomu Krušných hor. V těchto místech se nacházejí hluboce zaříznuté vodní toky s malým rozlivem. Naopak v dolní části dochází k rozšíření inundačního území.

Extrémní sklony v povodí dosahují až k hranici 50 %.



## Záplavové území

Rozliv ukazuje situaci ve třech variantách. Jedná se o záplavové území povodně s kulminací  $Q_{100}$ , která vychází z hydraulického modelu. Z rozlivu jsou patrné plochy, které jsou při povodni zasažené.

V situaci je ukázán rozliv při zalesnění povodí, stávající stav a stav po vykácení napadeného porostu lesa v Krušných horách. Ze situace je patrný pozitivní vliv zalesnění a naopak zvětšení záplavového území v případě odlesnění.





## Využití půdy

Ze situace je patrný velký význam lesních pozemků v povodí Jílovského potoka. Jedná se o lesní pozemky se stromy, které pokrývají převážnou část povodí toku. Dále je v povodí velká část pozemků typu luk a pastvin. Jedná se zejména o oblast Českého středohoří. Orná půda je v povodí spíše výjimečně.



## Klimatické regiony

Jedná se o oblast s velkým klimatickým gradientem. V horních částech Krušných hor se jedná o velmi chladné a deštivé oblasti, které k jihu přechází až k teplým oblastem s nižším ročním úhrnem srážek v důsledku srážkového stínu Krušných hor.



## Hlavní půdní jednotky

Oblasti jsou rozděleny do kategorií podle hlavní půdní jednotky. Kategorie vyjadřují ekologické vlastnosti půdy. Jedná se o charakteristiky morfogenetického typu půd, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí, hloubkou půdního profilu a skelovitosti. Tyto kategorie vyjadřují náchylnost půdy k vodní erozi.



## Vyhodnocení míry rizika vodní eroze

Oblast není z hlediska vodní eroze ohrožená. Míra ohrožení byla vyjádřena pomocí stupnice ohrožení od neohrožené (1) po extrémní ohrožení (6). Ta nevyjadřuje množství odnosu půdy, ale pouze míru nebezpečí spočívající z vlivu jednotlivých složek univerzální rovnice USLE.





## Protipovodňová opatření

V situaci jsou vyznačeny linie technických protipovodňových opatření, které jsou navrženy k ochraně majetku ohroženého povodní. Ekonomickou smysluplnost navržených protipovodňových opatření je vždy nutné posoudit na základě analýzy nákladu a užitku.

## 8 Grafické a tabelární výstupy

### Výstupy srážko-odtokového a hydraulického modelu

#### ***Varianta 1 – Stávající situace***

- Průtokové řady
- Vybrané příčné profily
- Tabelární výstupy

#### ***Varianta 2 – Vykácení napadené části lesního porostu***

- Průtokové řady
- Vybrané příčné profily
- Tabelární výstupy

#### ***Varianta 3 – Zalesnění ploch v povodí***

- Průtokové řady
- Vybrané příčné profily
- Tabelární výstupy

#### ***Varianta 4 – Modelová situace bez vegetace***

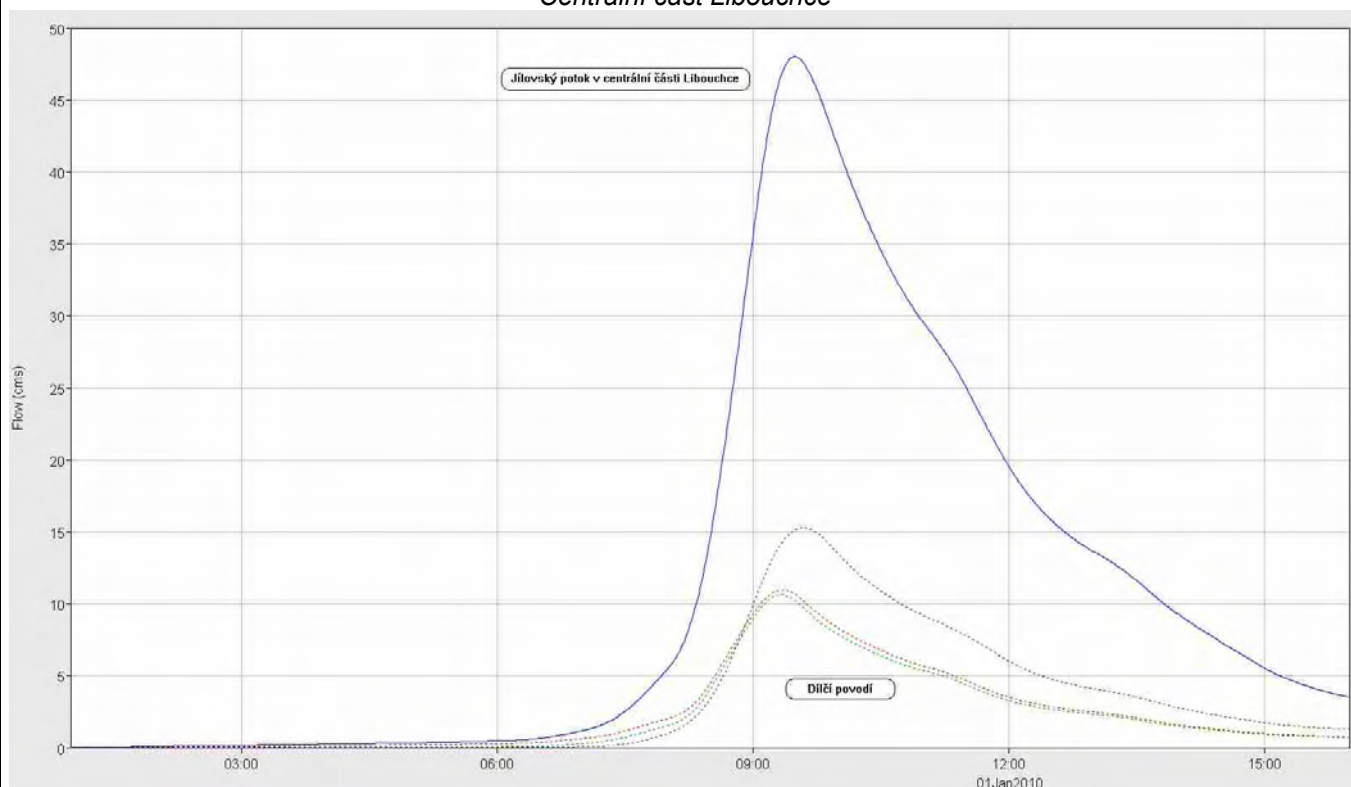
- Průtokové řady
- Vybrané příčné profily
- Tabelární výstupy

# VARIANTA I

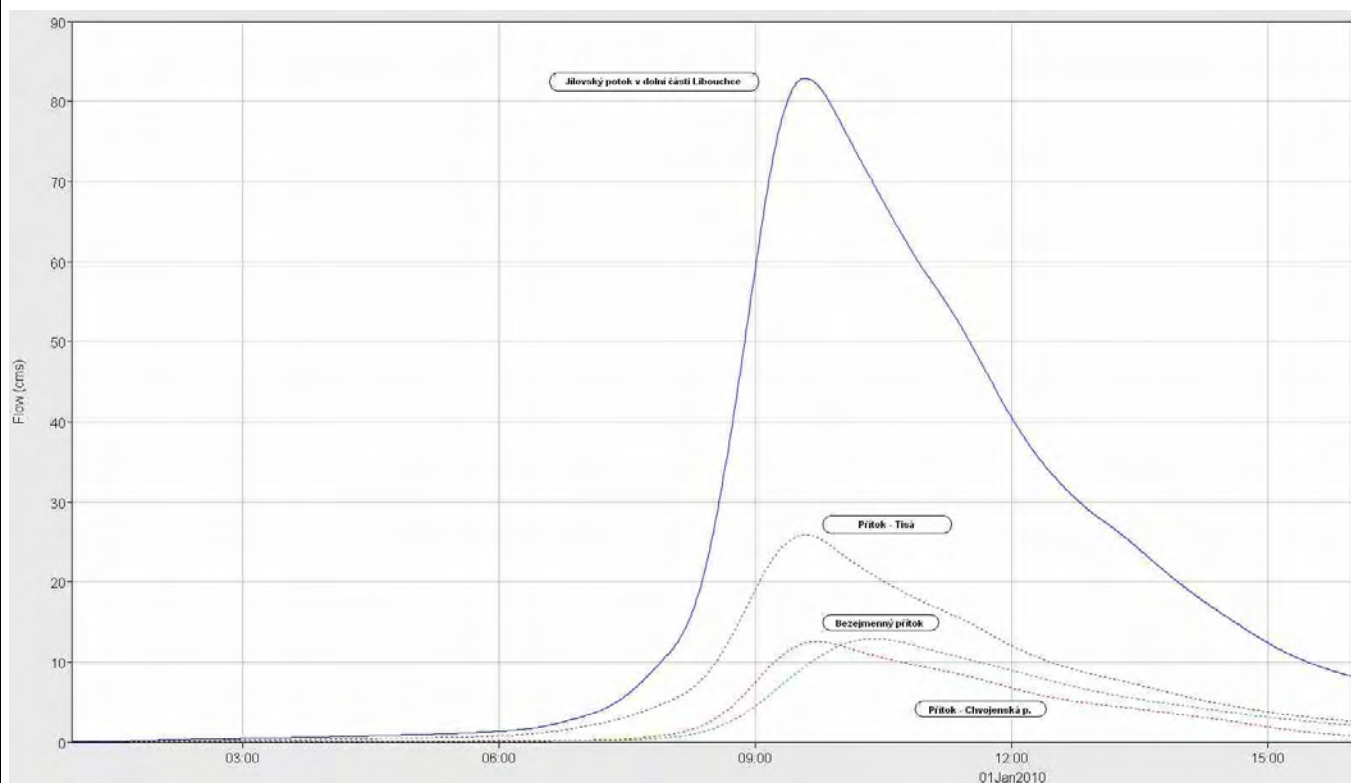
## Stávající situace

## Průtokové řady

### Centrální část Libouchce



### Dolní část Libouchce























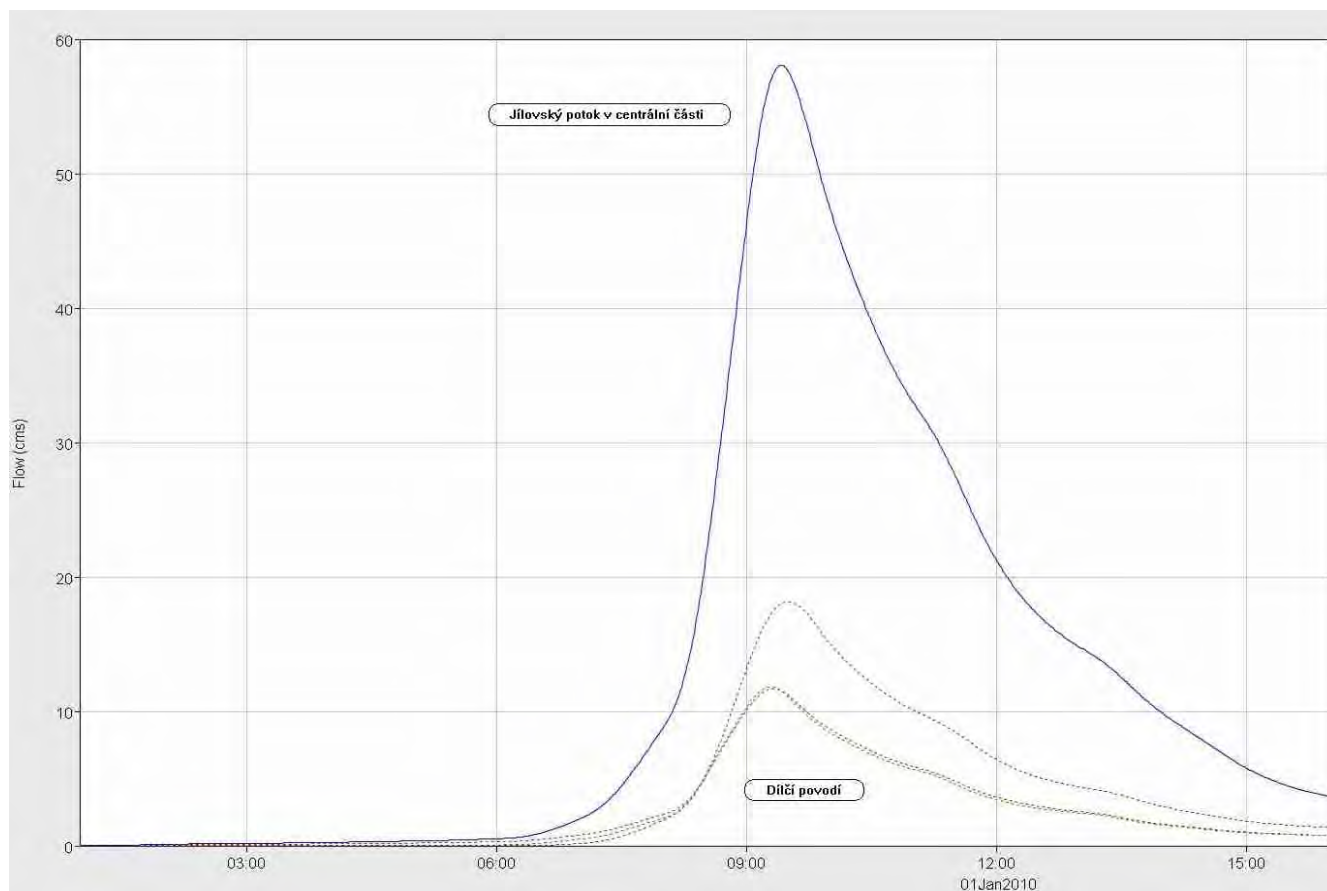


## VARIANTA II

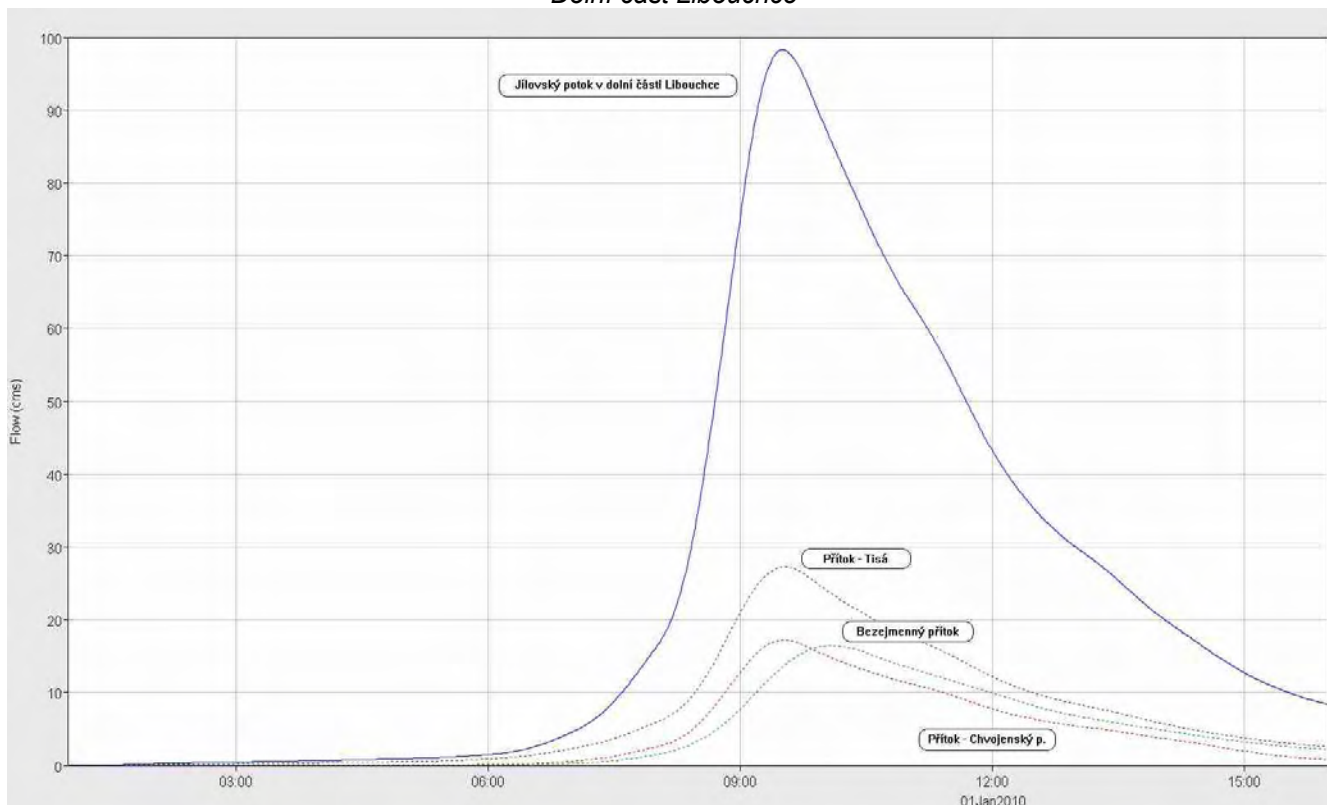
### *Vykácení napadené části lesního porostu*

## Průtokové řady

### Centrální část Libouchce



### Dolní část Libouchce























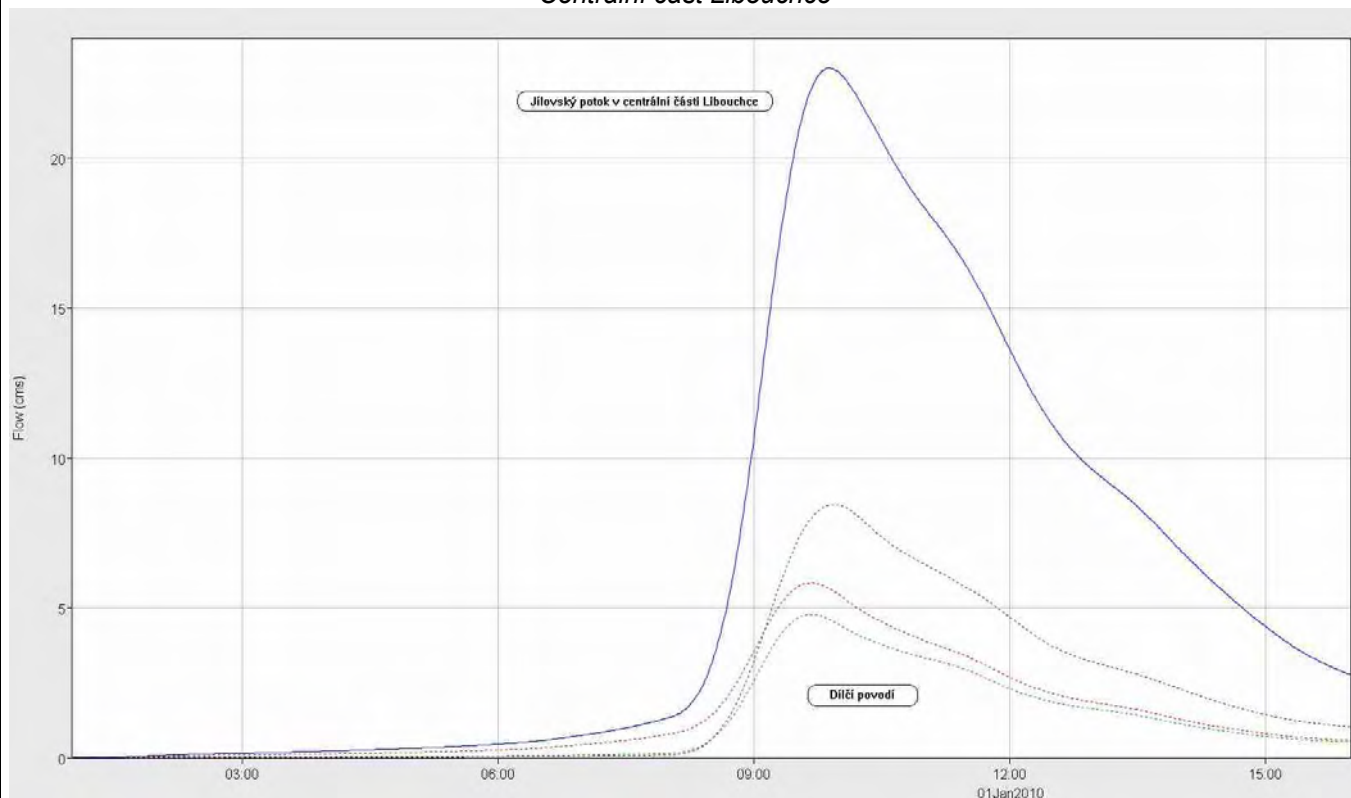


## VARIANTA III

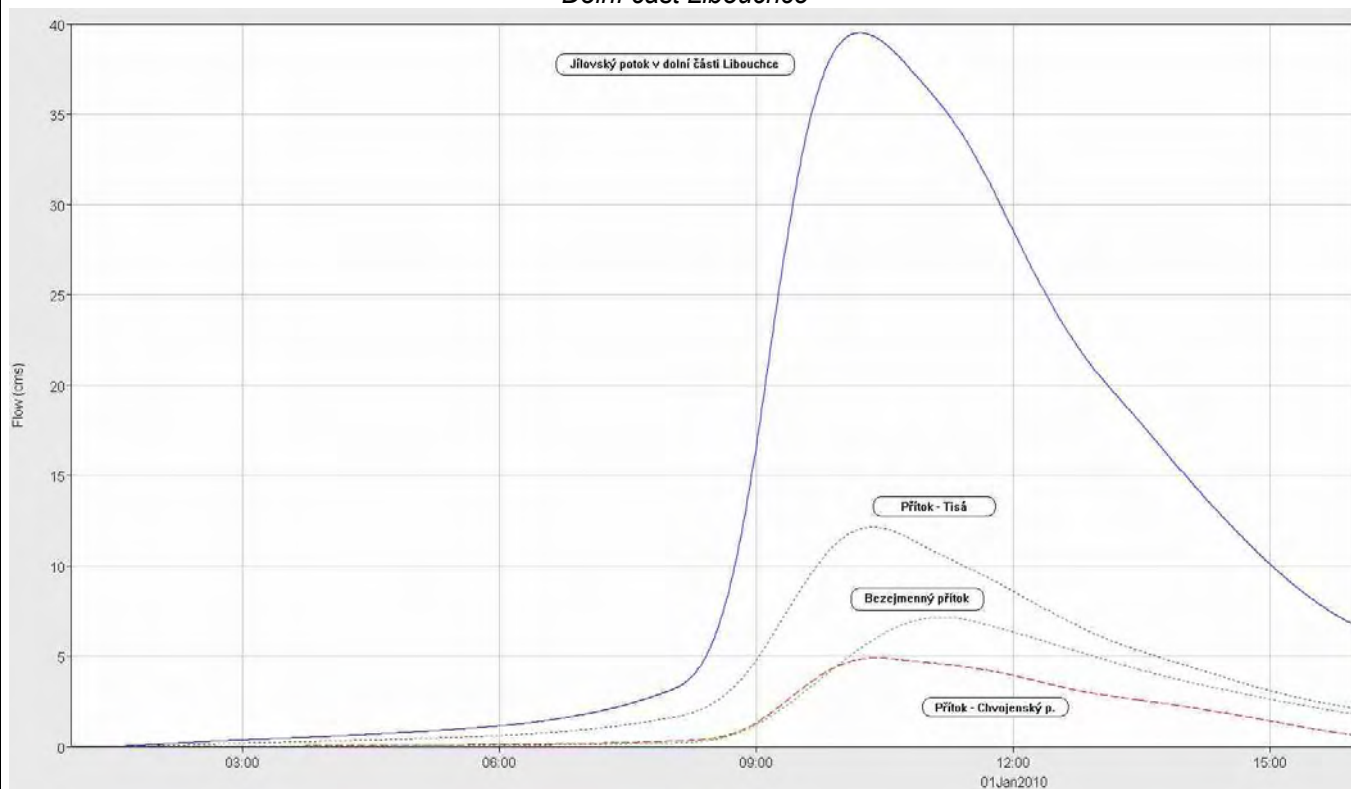
### *Zalesnění ploch v povodí*

## Průtokové řady

### Centrální část Libouchce



### Dolní část Libouchce





















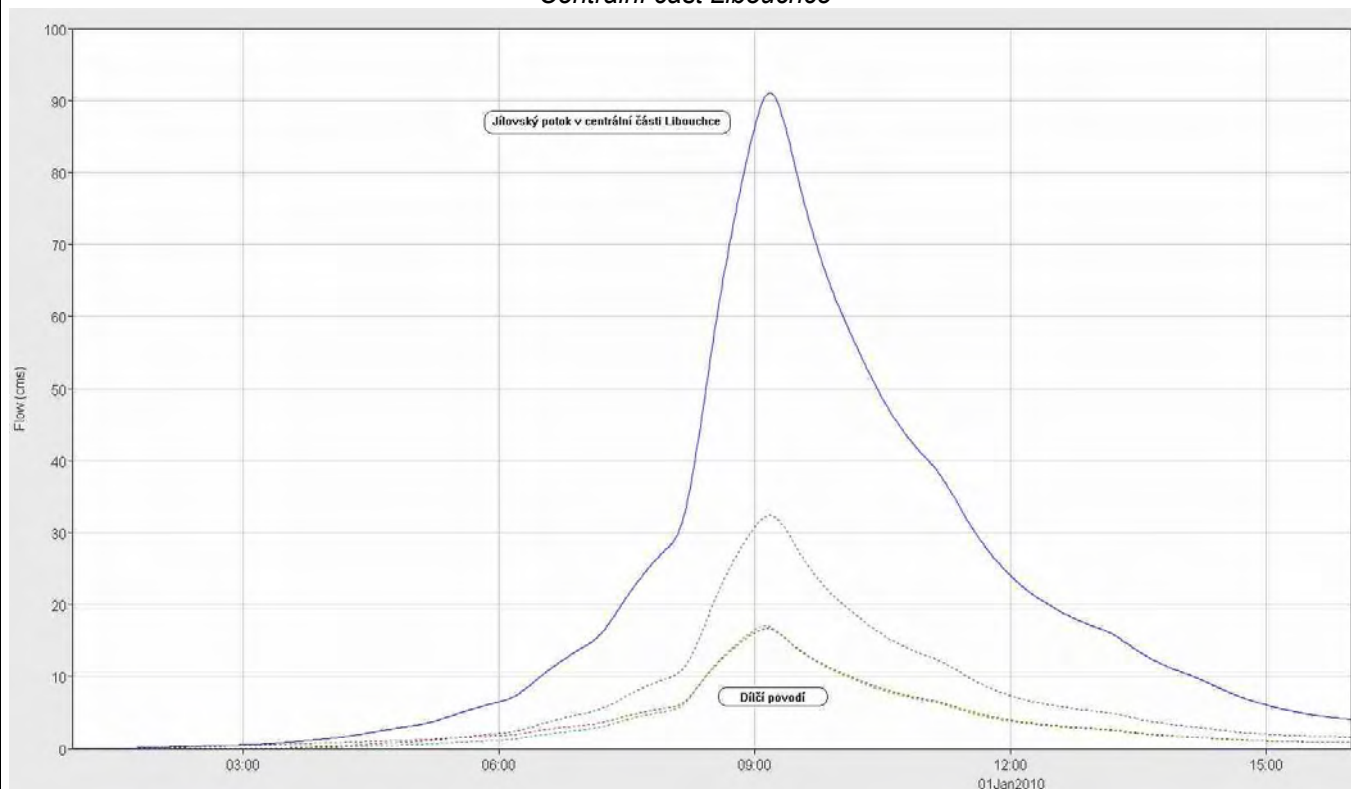


## VARIANTA IV

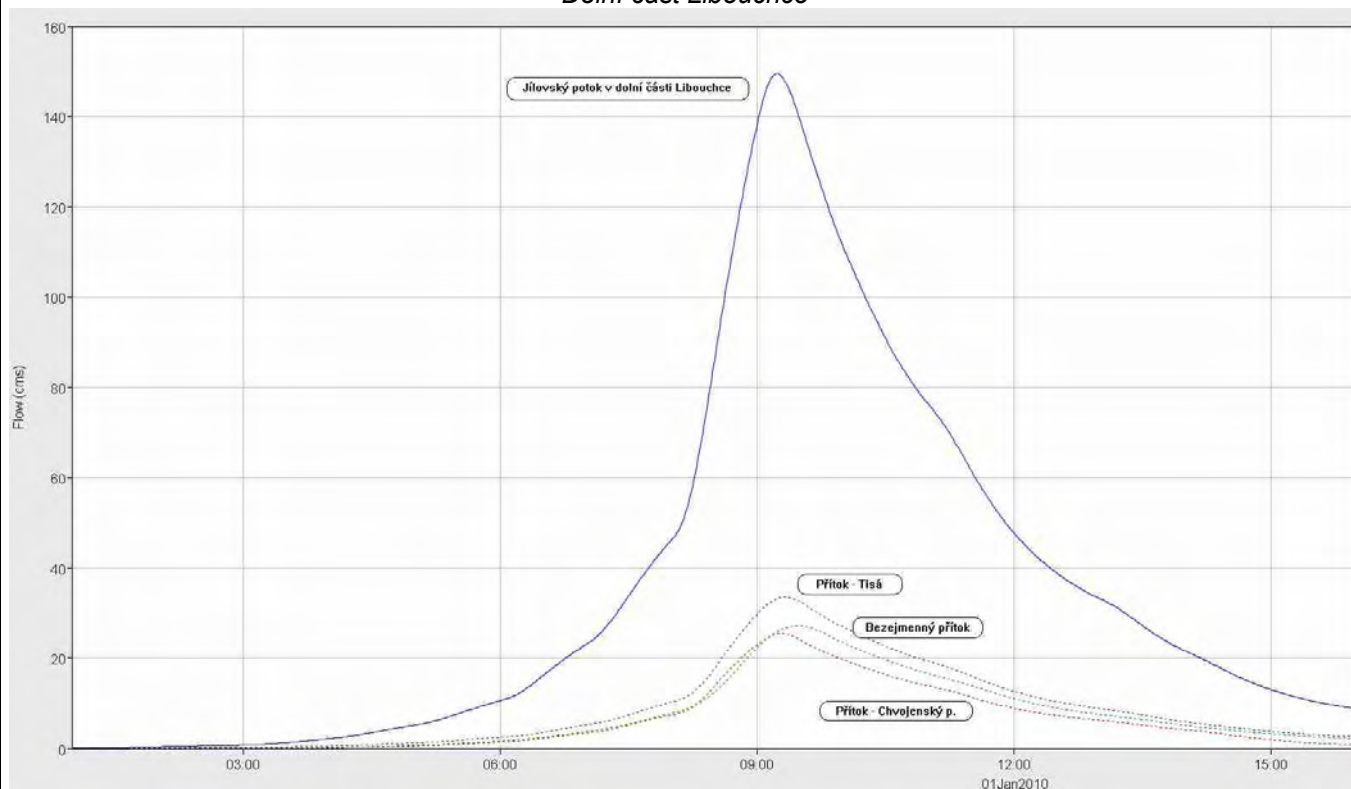
### *Modelová situace bez vegetace*

## Průtokové řady

### Centrální část Libouchce



### Dolní část Libouchce

























## 9 Fotodokumentace

Foto 1      *Horní část obce Libouchec*

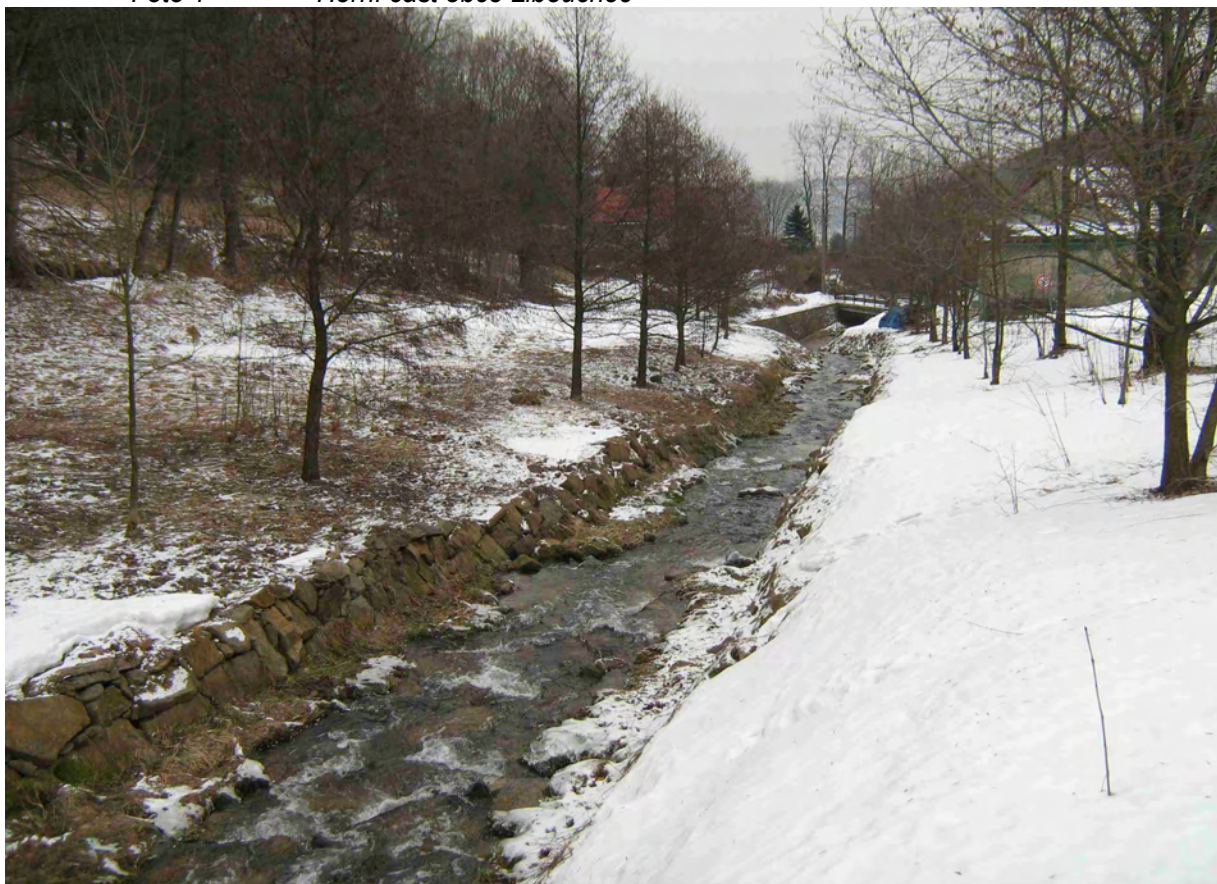


Foto 2      *Horní část obce Libouchec*

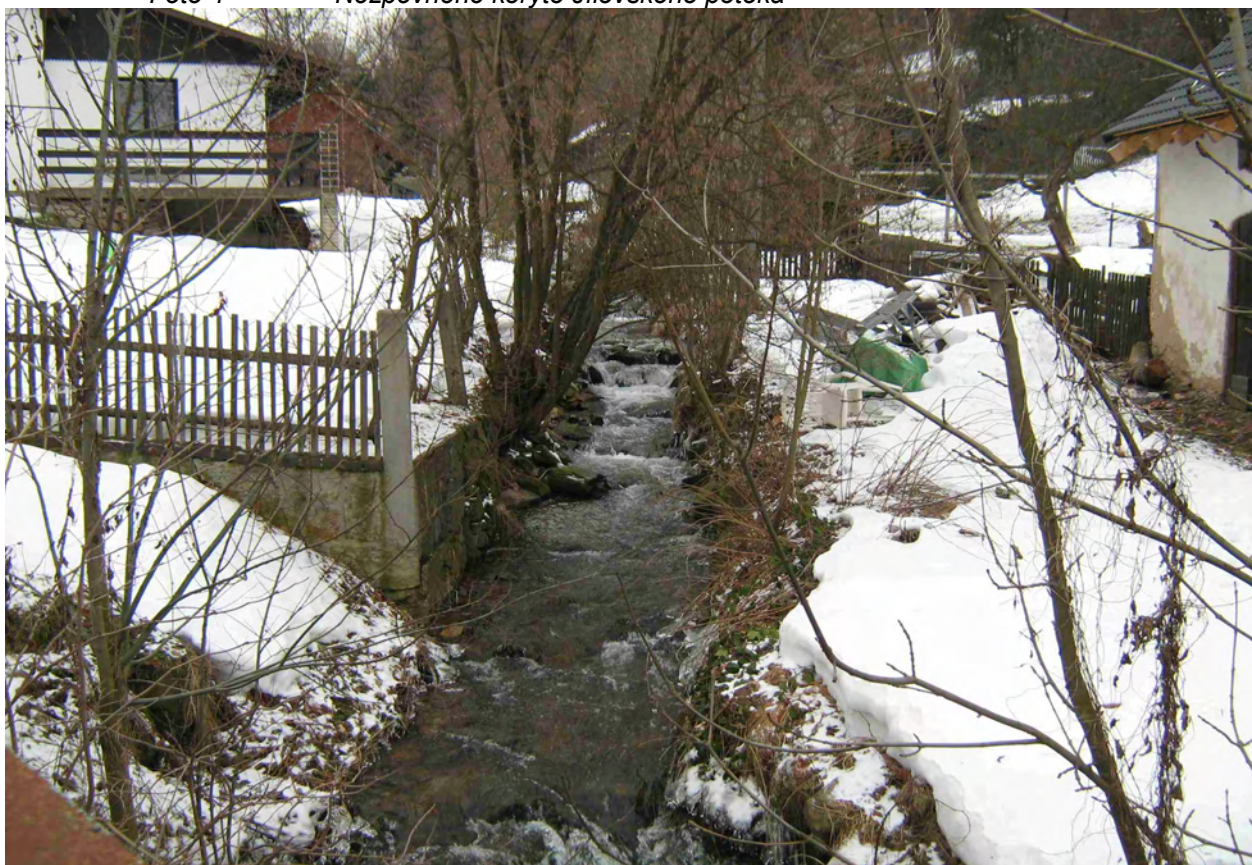




*Foto 3      Údolí Jílovského potoka*



*Foto 4      Nezpevněné koryto Jílovského potoka*





*Foto 5 Opevněné koryto v horní části obce Libouchec*



*Foto 6 Protipovodňové odlehčení Jílovského potoka*





*Foto 7 Koryto ve střední části obce Libouchec*



*Foto 8 Koryto ve střední části obce Libouchec*





*Foto 9 Soutok s obtokovým kanálem*



*Foto 10 Koryto pod obtokovým kanálem*





Foto 11 Soutok Jílovského potoka a Chvojenského potoka



Foto 12 Koryto Jílovského potoka pod soutokem s Chvojenským potokem





Foto 13

Jílovský potok v centrální části obce Jílové



Foto 14

Jílovský potok v centrální části obce Jílové



## 10 Použitá literatura

- [1] Křovák, F.: *HEC-RAS stručný český manuál*, KTI AquaLogic 2001
- [2] US Army Corps Engineers, Hydrologic Engineering Center: *HEC – GeoRAS River Analysis Systém Version 4.2: User`s Manual, System Reference, Application Guide.*, USA, 2009
- [3] US Army Corps Engineers, Hydrologic Engineering Center: *HEC – GeoHMS Geoapatial Hydrologic Modeling Extension Version 4.2: User`s Manual, System Reference, Application Guide.*, USA, 2009
- [4] US Army Corps Engineers, Hydrologic Engineering Center: *HEC – GeoRAS River Analysis Systém Version 4.2: User`s Manual, System Reference, Application Guide.*, USA, 2009
- [5] Janeček, M.: *Použití metody CN křivek k navrhování protierozních opatření*, VÚMOP 1998
- [6] Kulasová, B., Šercl, P., Boháč, M.: *Projekt QD1368 – Verifikace metod odvození hydrologických podkladů pro posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní*, VÚMOP 1998
- [7] Horn, S., Kauz, A., Merta, M., Seidler, C., Walter, J.: *Vývoj metodiky pro identifikaci vzniku povodňových oblastí*, Saský zemský úřad pro životní prostředí a geologii, 2006