

## Vliv použitých výškových dat na výsledky srážkoodtokového modelování v povodí Lubiny

Martin Adamec

Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita v Ostravě,  
Chittussiho 10, 710 00, Ostrava, Česká republika  
martin.adamec@osu.cz

**Abstrakt.** Ovlivňují výšková data použitá pro stavbu prostorově založeného srážkoodtokového modelu výsledky modelování, tj. modelovaný hydrogram? Zda má smysl provádět rozsáhlejší testování pro zodpovězení této otázky bylo zjišťováno na modelovém příkladu povodí řeky Lubiny v Moravskoslezských Beskydech.

Jako zástupce prostorově založeného srážkoodtokového modelu byl zvolen semidistribuovaný model v prostředí HEC-HMS. Jeho geometrická složka a hydrografické parametry jsou odvozovány analýzami digitálního výškového modelu (DEM), pro jehož výškovou složku byly použity dva zdroje – výškopis ZABAGED a výšková data SRTM. Jejich výrazná odlišnost jak v měřítku, tak ve způsobu získávání nadmořských výšek reprezentuje extrémní od kterých se očekávalo že budou indikovat citlivost semidistribuovaného srážkoodtokového modelu na použitá výšková data. Na základě zmíněných zdrojů byly postaveny dva srážkoodtokové modely povodí Lubiny, které používaly stejné metody řešení a parametry jednotlivých fází srážkoodtokového procesu, lišily se tedy pouze v geometrické složce a v hydrografických parametrech odvozovaných z DEM (tyto byly následně porovnány).

Následně došlo k modelování transformace srážky na povodí v obou modelech, přičemž byly použity dva scénáře – v jednom případě šlo o návrhovou srážku, na které díky jednoduchému průběhu mohlo dojít ke sledování chování modelů, ve druhém případě byla použita reálná srážková epizoda, která umožňuje srovnání modelovaného hydrogramu s měřenými průtoky a tedy s reálnou reakcí povodí.

Zjištění vlivu výškových dat je potřebné pro rozhodování o možnostech nasazení tohoto typu srážkoodtokových modelů v oblastech s omezenou dostupností podrobného výškopisu např. v rozvojových oblastech či přeshraničních povodích.

**Klíčová slova:** výšková data, digitální výškový model, srážkoodtokové modelování, HEC-HMS.

**Abstract.** Elevation Dataset Affection of Rainfall-Runoff Modeling on the Lubina River Catchment

Affect elevation datasets, used for construction of spatially-based rainfall-runoff models, results of modeling - simulated hydrographs? Are there reasons for wide research in this area? Answers were found out on Lubina river basin in Moravskoslezské Beskydy Mountains.

Semi-distributed model in HEC-HMS environment was chosen to represent spatially-based rainfall-runoff models. Its geometry and hydrographical parameters are digital elevation model's (DEM) derivations. For DEM interpolation was used two elevation data sources – hypsometry of ZABAGED (digital representation of contour lines from Czech topographic map 1:10 000) and elevation dataset SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). These two datasets are very different in scale and elevation data obtaining, but they were used purposely, because of expectation of indication rainfall-runoff model sensitivity to elevation data.

There were tested two rainfall-runoff model of Lubina river basin, based on two different elevation datasets. Models used equal parameters and methods for rainfall-runoff processes computing, they were different on geometry and hydrographical parameters based on DEM only. Derived hydrographical parameters were compared.

Modeling of rainfall-runoff transformation runs in both models. There were used two scenarios – first scenario used simply designed rainfall episode that was used for model behaviour study, second scenario used measured hyetograph. Real hyetograph enables comparing modeled hydrographs with measured outflow (comparing model behaviour with real catchment area).

Determination of elevation datasets influence is needed for decision-making - can be semi-distributed rainfall-runoff models used in areas with low availability of precise elevation data, like developing countries or cross-border catchment?

**Keywords:** elevation dataset, digital elevation model, rainfall-runoff modeling, HEC-HMS

## 1 Úvod

Z důvodu rozšiřujícího se nasazení prostorově založených srážkoodtokových modelů v předpovědní praxi, v krizovém řízení i ve výzkumné sféře vyvstává otázka citlivosti modelů na geodata použitá jak pro odvození jejich geometrické stavby, tak pro parametrizaci modelu daného povodí. Bude model založený na přesnějších a podrobnějších datech lépe reprezentovat reálný stav povodí a tedy dávat relevantnější výsledky, tj. v případě srážkoodtokových modelů lépe vystihovat parametry interakce srážek a stavu povodí a lépe modelovat hydrogram v závěrovém profilu povodí?

V tomto příspěvku je řešen vliv podrobnosti digitálního výškového modelu, jež je základní vrstvou používanou pro odvození odtokové sítě a dílčích subpovodí, na jejich základě jsou založeny geometrie a hydrografické parametry semidistribuovaných modelů. Toto řešení je dílčí částí případové studie zkoumající vliv podrobnosti i dalších geodat používaných pro parametrizaci modelu.

## 2 Modelové povodí

Zpracování úloh probíhá na modelovém příkladu povodí Lubiny. Povodí má výraznou výškovou členitost (225 – 1256 m n.m.) s proměnlivými sklonů svahů (testování není vztaženo na jednotvárný reliéf), v návaznosti na předchozí bod je povodí pokryto rozmanitou mozaikou půdních podmínek i vegetačního pokryvu, velikost průtoků v povodí není ovlivňována přímou manipulací na vodních nádržích a malé vodní nádrže plní pouze retenční funkce [5].

Řeka Lubina je pravostranným přítokem Odry a ústí do ní u Košatky nad Odrou (okres Nový Jičín) s číslem hydrologického pořadí 2-01-01-125. Pramení v Moravskoslezských Beskydách na severozápadním svahu hory Radhošť ve výšce asi 740 m n. m a modelované povodí je zakončeno vodoměrným profilem Petřvald v 235 m n.m. Úseky horních toků Lubiny a jejich zdrojnic se nacházejí na severních svazích Beskyd, následně Lubina protéká ve Frenštátskou brázdou a Příborskou pahorkatinou. Dolní tok je součástí nivy Odry. Největší vodní nádrž v povodí je v. n. Větřkovice, která se nachází severovýchodně od Koprivnice na Svěceném potoce (plocha: 0,215 km<sup>2</sup>; stálý objem: 0,06 mil. m<sup>3</sup>; zásobní objem: 1,12 mil. m<sup>3</sup>; funkce: průmyslová, rekreační) [9].

Průměrná roční výška srážek na povodí je 906 mm, průměrný roční odtok činí 384 mm. [6]

**Tabulka 1.** Hydrologické charakteristiky vztažené k závěrovému profilu Petřvald, dle [7], [8]:

Průměrný průtok $Q_a$	1letý průtok $Q_1$	10letý průtok $Q_{10}$	50letý průtok $Q_{50}$	100letý průtok $Q_{100}$
2,36 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	37 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	140 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	226 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	260 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>

## 3 Srážkoodtokový model

Pro testování reakce povodí byl použit semidistribuovaný typ srážkoodtokového modelu. Parametry jednotlivých subpovodí reprezentují podmínky příslušné části krajinné sféry (na rozdíl od modelů typu black-box), a je méně náročný na výpočetní dobu, kapacitu a na podrobnost vstupních geodat než modely plně distribuované. Velikosti jednotlivých subpovodí je možné přizpůsobit tak, aby nedošlo ke krizi dat a zároveň ke zbytečné podrobnosti v relativně homogenních oblastech. Tento typ modelu je také nejčastěji používán v praxi.

Jako modelovací software byl použit HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center Hydrologic Modeling System), jež je součástí balíku software produkovaného The Hydrologic Engineering Center of the US Army Corps of Engineers, který má statut průmyslového standardu v US a je používán na pracovištích v ČR. Další jeho výhodou je distribuce v licenci freeware.

## 4 Použitá výšková data

Pro schematizaci porovnávaných semidistribovaných srážkoodtokových modelů a pro odvození hydrografických parametrů jednotlivých subpovodí byla použita výšková data ze dvou zdrojů – ZABAGED a SRTM (viz níže). Jejich výrazná odlišnost jak v měřítku, tak ve způsobu získávání nadmořských výšek reprezentuje “extrémní” možnosti získávání výškových dat. Na jedné straně lokální výšková data v relativně velké přesnosti a podrobnosti a na straně druhé datová sada výškopisu pro volně dostupná pro celý svět v relativně malé podrobnosti. Ze zmíněných odlišností se očekávaly výsledky umožňující rozhodování o dalším postupu testování citlivosti modelu na tento typ dat. V případě malé odlišnosti v modelování výsledného hydrogramu by bylo možno konstatovat malou citlivost tohoto typu modelu na přesnost výškopisných dat.

### 4.1 Výškopis ZABAGED

Výškopisná složka ZABAGED reprezentuje v podobě liniové vektorové vrstvy vrstevnice státního mapového díla v měřítku 1:10 000. Data jsou dostupná v rozsahu území České republiky a jsou ve výškovém systému Baltském – po vyrovnání, souřadnicový systém S- JTSK. Poskytovatelem dat je Český úřad zeměměřický a katastrální a jde o data dostupná buď zdarma nebo za úplaty (dle účelu a typu příjemce).

Data jsou snadno zpracovatelná do podoby rastrového digitálního výškového modelu (DEM), nutno je pouze zvolit vhodnou interpolační metodu. V tomto případě byla zvolena metoda Topo to Raster, která je implementací metod ANUDEM [2] v softwarovém produktu ArcGIS 9.3. Jejich výhodou je zpracování hydrologicky správného DEM zachovávajícího směr odtoku vody po povrchu. Tato metoda je doporučována pro použití pro účely srážkoodtokového modelování.

### 4.2 Výšková data SRTM

SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) je sada výškopisných dat pořízených topografickou misí raketoplánu Shuttle metodou radarového skenování povrchu. Data jsou dostupná pro území téměř celého zemského povrchu (0 – 60° severní a jižní šířky) v rozlišení 1x1“ (cca 30 m na rovníku) pro území USA a 3x3“ pro území ostatního světa v souřadnicovém systému WGS 84 a výškovém systému EGM96 [1]. Pro nekomerční účely jsou dostupná zdarma [4]. Ve studovaném území je velikost buňky gridu cca 60x90 m.

Pro zpracování v softwaru ArcGIS je možné data stáhnout v podobě rastrového DEM v textovém formátu ASCII vhodném pro import do ESRI gridu [1]. Pro porovnání s výškopisem ZABAGED a pro stavbu srážkoodtokového modelu v SI jednotkách bylo nutné provést transformaci do souřadnicového systému S-JTSK, což bylo provedeno pomocí transformace bodového pole vzniklého z gridu DEM a následně interpolace do podoby rastrového DEM metodou Topo to Raster [2] již v S-JTSK.

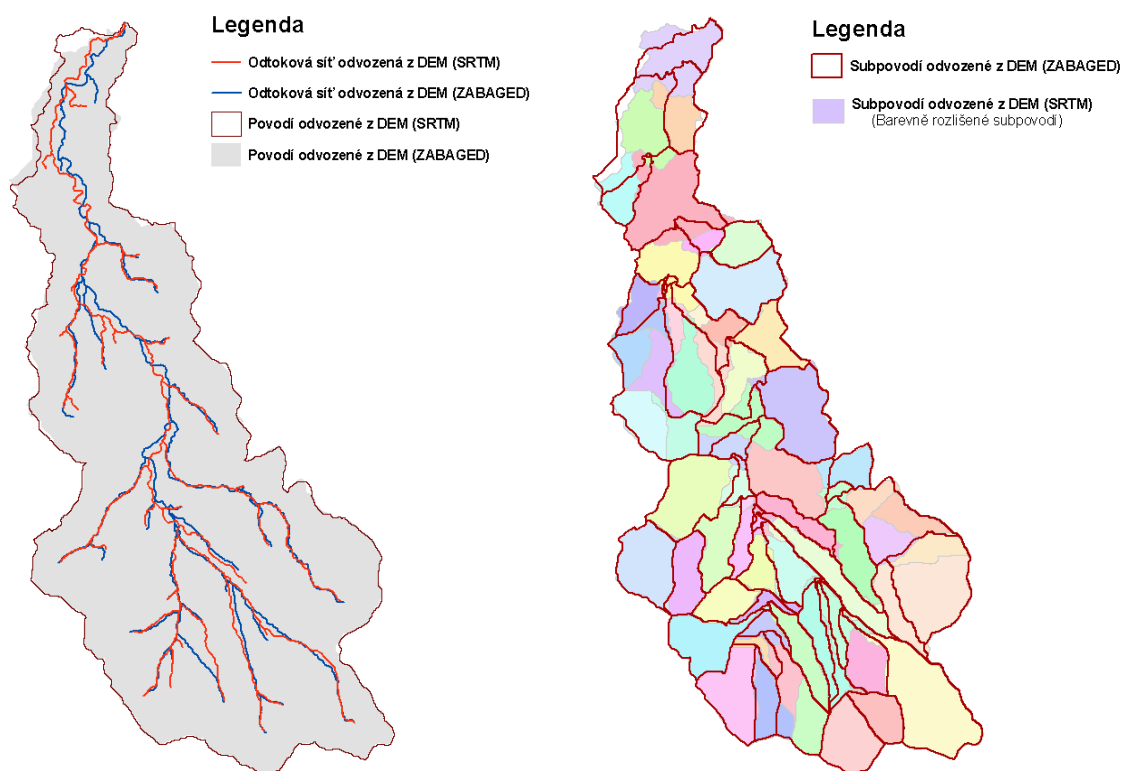
## 5 Schematizace modelů

Z výše zmíněných digitálních výškových modelů byla za pomoci hydrologických analýz vytvořena geometrie modelu (jednotlivá subpovodí a odtokové linie), která byla doplněna o hydrografické parametry a parametry dalších složek krajinné sféry podílejících se na transformaci odtoku. Srovnání základních parametrů odvozených subpovodí a odtokových linií je uvedeno v tabulce 2. Z těchto údajů byly vytvořeny dva semidistribované srážkoodtokové modely pomocí softwarového produktu HEC-HMS [3] – jeden založený na parametrech odvozených z výškopisných dat ZABAGED a druhý z dat SRTM. Pro oba modely byly použity stejné metody odvození údajů a stejné prahové hodnoty pro definici odtokových linií a limitní velikosti subpovodí. Také byly použity stejné vstupní vrstvy pro odvození parametrů krajinné sféry, takže výsledné modely se liší pouze geometrií a hydrografickými parametry odvozenými z DEM.

Tabulka 2. Srovnání subpovodí a odtokových linií odvozených z dat ZABAGED a SRTM.

Použitá výšková data	SRTM	ZABAGED
<b>Odvozená povodí</b>		
Velikost povodí	165.01 km	164.71 km
Počet subpovodí	63	57
Průměrná velikost subpovodí	2.62 km	2.13 km
Největší velikost subpovodí	8.35 km	8.85 km
Nejmenší velikost subpovodí	0.054 km	0.036 km
Průměrný sklon povodí	12.05°	13.24°
Největší průměrný sklon subpovodí	40.63°	47.38°
Nejmenší průměrný sklon povodí	2.32°	0.832°
<b>Odvozené odtokové linie</b>		
Průměrná délka úseku	1.65 km	1.86 km
Největší délka úseku	5.41 km	6.25 km
Nejmenší délka úseku	83.6 m	107.8 m

Základní geometrické atributy i průběh odtokových linií a rozvodnic vykazují relativně malé rozdíly při použití výškopisných dat SRTM a ZABAGED, přestože tato data představují krajní případy přesnosti a rozlišení, která je možné na vybraném území běžně získat.



Obr. 1. Srovnání odvozených odtokových linií a subpovodí z DEM ZABAGED a SRTM.

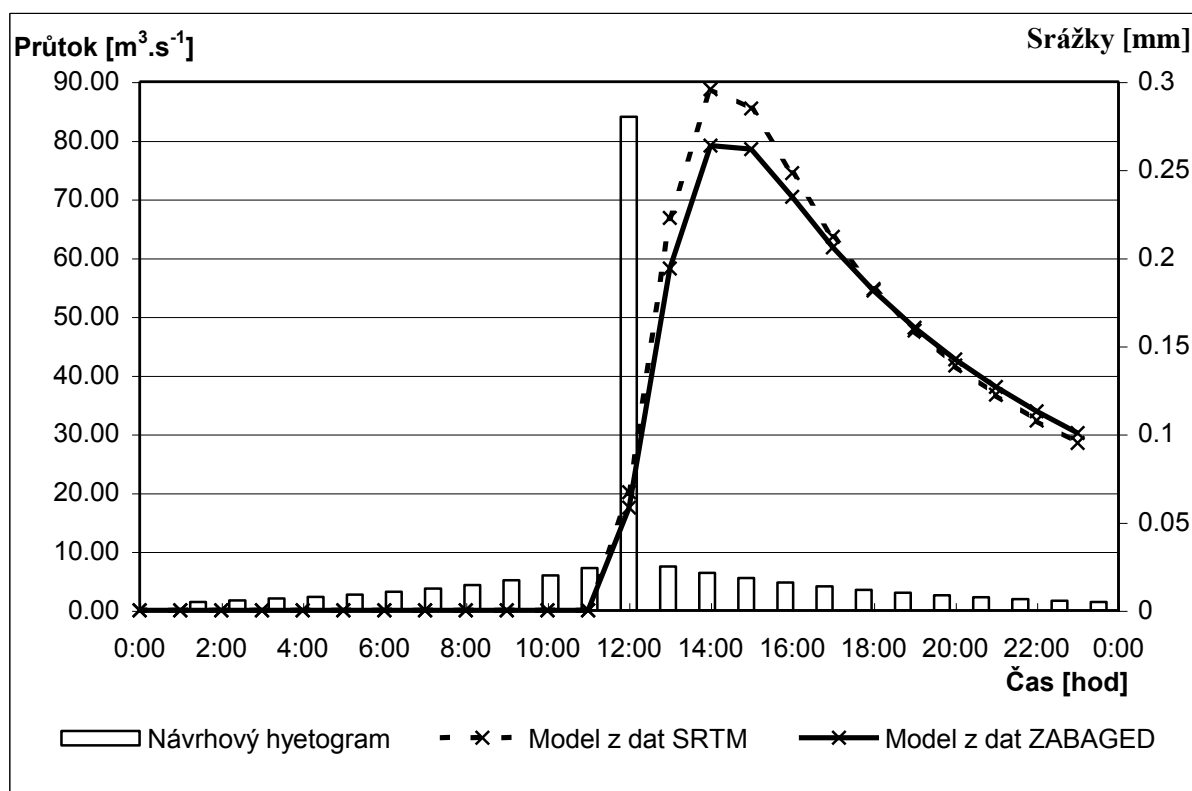
## 6 Výsledky modelování

Srážkoodtokové modelování proběhlo na obou modelech ve dvou případech – byla použita jednoduchá návrhová srážka v době trvání 24 hodin a reálná srážková epizoda z června 2009 v době trvání 14 dní. Tato srážka vyvolala v reálném povodí kulminační průtok  $139 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , což odpovídá 10 letému průtoku. Výsledky modelování jsou uvedeny v v obrázku 2 (návrhová srážka) a v obrázku 3 (reálná srážka).

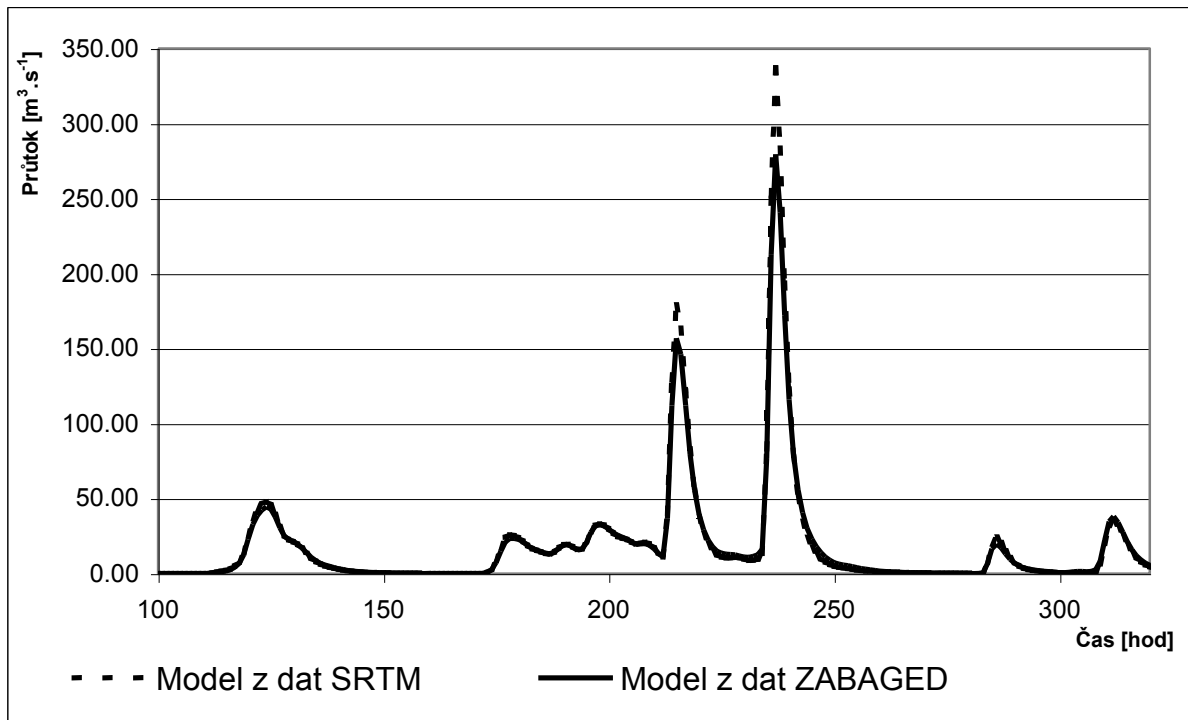
Modelované výsledky nejsou kalibrovány na reálný průtok v závěrovém profilu, aby mohlo být porovnáno chování modelů vytvořených z různých výškopisných dat. V obou použitých srážkových epizodách model založený na datech SRTM více nadhodnocoval kulminační průtoky, čas kulminace zůstává stejný.

**Tabulka 3.** Srovnání parametrů modelovaných hydrogramů z modelů založených na datech SRTM a ZABAGED

Typ DEM - srážka	Kulminační průtok	Čas kulminačního průtoku
SRTM - návrhová sr.	$88,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	14:00
ZABAGED - návrhová sr.	$79,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	14:00
SRTM - reálná srážka	$337,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	24. 6. 2009 21:00
ZABAGED - reálná srážka	$279,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	24. 6. 2009 21:00



**Obr. 2.** Modelované hydrogramy při použití 24 hodinové návrhové srážky.



Obr. 3. Modelované hydrogramy při použití reálné srážky.

## 7 Závěr

Výsledky testovaných semidistribovaných srážkoodtokových modelů vykazují větší odlišnosti v modelovaných hydrogramech než v přímém srovnání hydrografických parametrů odtokových linií a subpovodí. Vzhledem k použití stejných podkladů pro odvození parametrů krajinné sféry, je nasnadě že jiné prostorové rozložení subpovodí a jiné délky a hydrografické parametry odvozených odtokových linií mají relativně velký vliv na průměrné hodnoty těchto parametrů přiřazovaným jak k centroidům jednotlivých subpovodí tak k odvozeným odtokovým liniím. Vzhledem ke zjištěným výsledkům bude probíhat další zjišťování vlivu přesnosti vstupních geodat pro stavbu srážkoodtokových modelů.

## Reference

1. CGIAR Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI) <http://srtm.csi.cgiar.org/SRTMdataProcessingMethodology.asp>
2. Hutchinson, M.F. and Gallant, J.C. 2000. Digital elevation models and representation of terrain shape. In: Wilson, J.P. and Gallant, J.C. (eds.), Terrain Analysis: Principles and Applications, Wiley, New York, Chapter 2, pp 29-50.
3. Hydrologic Engineering Center (HEC). (2000). Hydrologic modeling system HEC HMS user's manual, version 2. Engineering, U.S. Army Corps of Engineers, Davis, Calif.
4. Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. Shuttle Radar Topography Mission. <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>
5. Kaňok, J., (1987). Antropogenní ovlivnění velikosti průtoků řek povodí Odry po profil Kožle. Spisy prací přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity. č. 103, 188 s. + mapa. ISBN 80-7042-749-3
6. Kříž, V. (2004). Moravskoslezský kraj – klimatické a hydrologické poměry. 1. vyd. Ostrava : Ostravská univerzita v Ostravě, PřF KFGG, 43 s. ISBN 80-7042-994-1
7. Kolektiv pracovníků Hydrologické služby HMÚ. (1965). Hydrologické poměry ČSSR, Díl 1. – Text. 1. vyd. Praha : Hydrometeorologický ústav. 414 s.

8. Kolektiv pracovníků Hydrologické služby HMÚ (1970). Hydrologické poměry ČSSR, Díl 3. 1. vyd. Praha : Hydrometeorologický ústav. 557 s.
9. Vlček, V. (ed.) a kol. (1984). Vodní toky a nádrže. (Zeměpisný lexikon ČSR). Academia, Praha, 315 s. 21-107-84

**Annotation:**

*Lubina river catchment was used to compare semidistributed rainfall-runoff model based on two different digital elevation models made of different elevation datasets: hypsography of ZABAGED, that is vector representation of contour lines in Czech topographic map in 1:10 000 scale and SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) datasets, that is topographic data created by radar scanning of Earth surface with pixel resolution 3x3 arc seconds (about 60x90 meters at Lubina river basin location). Rainfall-runoff models based on this elevation datasets were used to model two hydrographs in Petřvald outlet from different rainfall episodes. The results show, that influence of digital elevation model (DEM) precision is major then shows small differences between hydrographic parameters of subbasins and flow lines derived from mentioned DEMs. Spatial distribution of derived subbasins affects average parameters of land-use and soils assigned to basin centroids and used for rainfall-runoff transformation calculation as well as length and gradient of derived outflow lines.*