

# MAPA ZATÍŽENÍ SNĚHEM V ČESKÉ REPUBLICE

Luboš Němec, Martin Stříž, Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4-Komořany; nemec@chmi.cz, striz@chmi.cz

**Map of snow load in the Czech Republic.** The paper describes a method for calculation of snow water content characteristics and their areal processing by means of the MWLR method for internet application which enables to find free of charge individual parameters of snow load in the Czech Republic with the use of the Google maps.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** hodnota vodní sněhové pokrývky – zatížení sněhem – metoda MWLR

**KEY WORDS:** water equivalent of snow cover – snow load – MWLR method

## 1. ÚVOD

Pro projektování stavebních konstrukcí je velmi důležité mít k dispozici dlouhodobé charakteristiky zatížení sněhem. Poprvé se vodní hodnota sněhu v ročenkách udává v [1] za zimní období 1925 až 1926. Postupně vznikaly jako přílohy jednotlivých norem mapy zatížení sněhem, které se opíraly o ne příliš kvalitní měření malého množství stanic a subjektivní plošnou interpolaci charakteristik odvozených z naměřených hodnot. Mapa, která je přílohou poslední normy [2], už byla zpracována v prostředí GIS a využila data všech stanic ČHMÚ, které měřily výšku sněhu alespoň 15 let za období od roku 1961. Malé měřítko mapy, skokem se měnící charakteristická hodnota zatížení  $S_k$  (padesátiletá hodnota) a izolinie často procházející obcemi byly důvodem, že z prostředí projektantů vyšel požadavek na nové plošné zpracování sněhových charakteristik, které by umožnilo v dostatečném prostorovém rozlišení určit nejen hodnotu  $S_k$ , ale i celou křivku trvání zatížení. Úkol bylo možné rozdělit do tří hlavních etap. Nejdříve bylo třeba znovu zpracovat data z jednotlivých stanic za rozšířené období a určit vztah mezi jednotlivými sněhovými charakteristikami. Potom bylo třeba vybrat vhodnou metodu plošné interpolace a nakonec poskytnout výsledná data v co nejpřehlednější a jednoduché podobě na internet pro bezplatné použití. Autoři spolupracovali na prvních dvou etapách, které jsou popsány v následujícím článku. Práce na nové mapě byly uskutečněny za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky, registrační číslo projektu 103/08/0589.

## 2. ZPRACOVÁNÍ DAT NA STANICÍCH

### 2.1 Rovnice na výpočet vodní hodnoty sněhu

Měření vodní hodnoty není jednoduché a asi třetina stanic nedodává dostatečně kvalitní hodnoty. Při větším množství zmrzlého sněhu i při velmi pečlivém měření není jistota, že hodnota změřená nádobou srážkoměru [3] je správná. I dříve používané váhové sněhoměry Metra nezaručovaly v takovém případě dostatečnou přesnost. Dá se předpokládat, že pozorovatelé, kteří si byli vědomi těchto problémů, často vodní hodnotu odhadovali. Vzhledem k poměrně velikým rozdílům mezi jednotlivými místy je i pro revizory velmi problematické naměřené hodnoty opravovat. Zvláště se systematickými chybami nelze na revizorské úrovni prakticky nic udělat. V současné době se kvalita, hlavně zařazováním nových váhových sněhoměrů do staniční sítě rychle zlepšuje, ale starší data trpí častými chybami a výpadky v měření. Denní úhrn srážek, výška nového sněhu a celková výška sněhové pokrývky byly na rozdíl od vodní hodnoty podrobeny v devadesátých letech poměrně důkladné kontrole a mají mnohem větší kvalitu. Proto byla vyvinuta metoda na výpočet vodní hodnoty sněhu z těchto tří prvků a dodatečně byl přidán průměrný

denní tlak par (bere se z nejhodnější základní stanice) [4]. Tlak par je jediná veličina potřebná pro výpočet, která není součástí měření srážkoměrné stanice.

Výpočet vodní hodnoty sněhu je založen na součtu přírůstku vodní hodnoty novým sněhem a vodní hodnoty starého sněhu. Ta je dána vodní hodnotou předchozího dne, absorpcí kapalných srážek, absorpcí vlhkosti ze vzduchu a z půdy a změnou výšky starého sněhu. Vodní hodnota ledu ubývá úměrně výšce, vodní hodnota prašanu ubývá při zmenšení výšky jen málo.

Vypočtená vodní hodnota sněhu  $SVHV$  (mm) se počítá dle rovnice (1), pro výpočet se používají hodnoty daného i předchozího dne (ty jsou označeny indexem  $_{-1}$ ). (Připomínáme, že nový sníh a srážky, které se měří v daný den, se zapisují ke dni předcházejícímu.)

$$SVHV = P1_{-1} + (SCE - SNO_{-1}) \cdot RP \quad (1)$$

když  $SCE > 0$ , jinak  $SVHV = 0$ .

V rovnici (1)

$P1_{-1}$  je přírůstek vodní hodnoty novým sněhem za minulý den [mm]  
 $(SCE - SNO_{-1}) \cdot RP$  je vodní hodnota starého sněhu, kde  $SCE$  je celková výška sněhové pokrývky (cm),  $SNO_{-1}$  je výška nového sněhu minulý den (cm),  $RP$  je vypočtená hustota starého sněhu ( $0,1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ).

Přírůstek vodní hodnoty novým sněhem se počítá dle rovnice

$$P1_{-1} = SRA_{-1} \quad (2)$$

když  $\frac{SNO_{-1}}{SRA_{-1}} > 0,5$ , jinak  $P1_{-1} = 2 \cdot SNO_{-1}$ .

V rovnici (2)  $SRA_{-1}$  je úhrn srážek za minulý den (mm). Jsou-li srážky v porovnání s novým sněhem malé

$$\left( \frac{SNO_{-1}}{SRA_{-1}} > 0,5 \right),$$

pak se předpokládá, že se jedná pouze o srážky sněhové a přírůstek vodní hodnoty novým sněhem je roven srážkám (získaným např. roztátím nového sněhu). V opačném případě se předpokládají smíšené srážky a do členu  $P1_{-1}$  vstupují pouze sněhové (pevné) srážky s předpokládanou hustotou nového sněhu  $0,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Zbytek srážek se považuje za kapalné a do členu  $P1_{-1}$  se nezahrnuje.

Hustota (starého) sněhu  $RP$  se počítá dle následujících vztahů:

$$RP = \left( R_{-1} + \frac{P2_{-1} + P3_{-1}}{SCE_{-1}} \right) \cdot \left( 1 + (SCE_{-1} - SCE + SNO_{-1}) \cdot \frac{FR_{-1}}{SCE_{-1}} \right) \quad (3)$$

pokud  $SCE_{-1} > 0$ , jinak  $RP = 0$ .

Na základě praktických měření byla dále stanovena maximální možná hodnota  $RP$ , a to  $RP = 1,3 \cdot R_{-1}$ . Odpovídá to postupné změně kvality sněhu.

Veličiny  $R_{-1}$ ,  $P2_{-1}$ ,  $P3_{-1}$  a  $FR_{-1}$  značí:

$R_{-1}$  je hustota sněhu minulý den ( $0,1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ).

$P2_{-1}$  je přírůstek kapalnými srážkami [mm], absorbovanými sněhovou pokrývkou.

$P3_{-1}$  je přírůstek absorpcí vlhkosti ze vzduchu a z půdy (mm).

$FR_{-1}$  je bezrozměrná veličina závislá na hustotě sněhu (obr. 1) určující schopnost sněhu přijímat vodu a určující změnu hustoty při snížení výšky sněhu.

Počítají se dle vzorců:

$$R_{-1} = \frac{SVHV_{-1}}{SCE_{-1}}, \text{ když } SCE_{-1} > 0, \text{ jinak } R_{-1} = 0 \quad (4)$$

$$P2_{-1} = SRA_{-1} - P1_{-1}, \text{ když } SRA_{-1} - P1_{-1} < SCE_{-1} \cdot FR_{-1}, \text{ jinak } P2_{-1} = SCE_{-1} \cdot FR_{-1} \quad (5)$$

$$P3_{-1} = E_{-1}^2 \cdot FR_{-1} \cdot SCE_{-1} / 100 \quad (6)$$

$$FR_{-1} = \left( e^{\frac{-R_{-1}}{9 - R_{-1}}} \right)^2, \text{ když } R_{-1} > 0, \text{ jinak } FR_{-1} = 0 \quad (7)$$

V rovnici (6)  $E_{-1}$  je průměrný denní tlak par [hPa] z minulého dne.

Maximální přírůstek vodní hodnoty sněhu absorpcí vodních srážek je dán množstvím srážek zmenšeným o příspěvek nového sněhu. Současně je omezen schopností sněhu pojmout vodu. Tato schopnost je tím větší, čím větší je výška sněhu a menší jeho hustota. Je reprezentována součinem  $SCE_{-1} \cdot FR_{-1}$ .

Přírůstek absorpcí vlhkosti je úměrný druhé mocnině tlaku par, výšce sněhu a klesá s hustotou sněhu. Exponenty u rovnic (6) a (7) a konstanta u rovnice (6) byly určeny empiricky tak, aby na profesionálních stanicích a vybraných stanicích automatizovaných byla shoda vypočtených a naměřených hodnot co nejtěsnější. Snaha rozdělit přírůstek absorpcí vlhkosti na příspěvek ze vzduchu a z půdy nebyla úspěšná pro příliš krátké období měření půdní teploty automatickým čidlem Vaisala (předchozí ruční měření jsou pravděpodobně méně kvalitní).

Rovnice neřeší zvlášť výpar ze sněhové pokrývky. Předpokládá se, že při výparu dochází ke snižování výšky sněhu a tím i ke snižování vodní hodnoty. Pokud nepadá nový sníh, hustota sněhu se nemůže zmenšit.

Na obr. 2 až 4 je možné porovnat výšku sněhu, vodní hodnotu měřenou a vypočtenou na několika typických příkladech. V Ondřejově je stanice vybavena váhovým srážkoměrem i sněhoměrem typu Hanzvencl a zkušený pozorovatel je spolu s dobrým přístrojovým vybavením zárukou dobré shody naměřených a vypočtených hodnot. Obr. 2 to potvrzuje, větší shodu snad ani nelze očekávat. Na horské stanici na Labské

boudě je shoda výrazně menší. Na obr. 3 je vidět, že kromě období od počátku roku do poloviny února 2009 jsou naměřené hodnoty nižší než vypočtené. Autoři jsou přesvědčeni, že vypočtené hodnoty jsou blíže skutečným. Dubnové měřené hodnoty, které udávají hustotu sněhu kolem  $0,3 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  jsou nereálně nízké, což potvrzují terénní měření profesionálních pracovníků pobočky Praha i OEX Jablonec. Vypočtené hodnoty jsou závislé na naměřených srážkách. Při větrném počasí jsou srážky i měřené váhovými srážkoměry v exponovaných polohách nižší než skutečné. Na obr. 3 lze pozorovat naměřené hodnoty vyšší než vypočtené. V těchto případech by bylo vhodné použít opravu na rychlost větru (to však nebylo předmětem této práce). Nízký příspěvek srážek při výpočtu vodní hodnoty sněhu se se postupně vyrovná větší hodnotou  $P3$  (přírůstek z okolní vlhkosti). Koncem ledna jsou už hodnoty srovnatelné a sezonní maxima by tak neměla být (v místech s dostatečným trváním sněhové pokrývky) ovlivněna.

Původně měla být použita data od roku 1951, ale algoritmus výpočtu neumožňoval zpracování dat s hrubými chybami a automatické opravy nezaručovaly potřebnou kvalitu. Proto začíná zpracované období až sezonou 1961/1962 a končí sezonou 2008/2009. Zpracováno bylo 825 stanic, z toho 140 s úplnou řadou.

## 2.2 Určení jednotlivých charakteristik

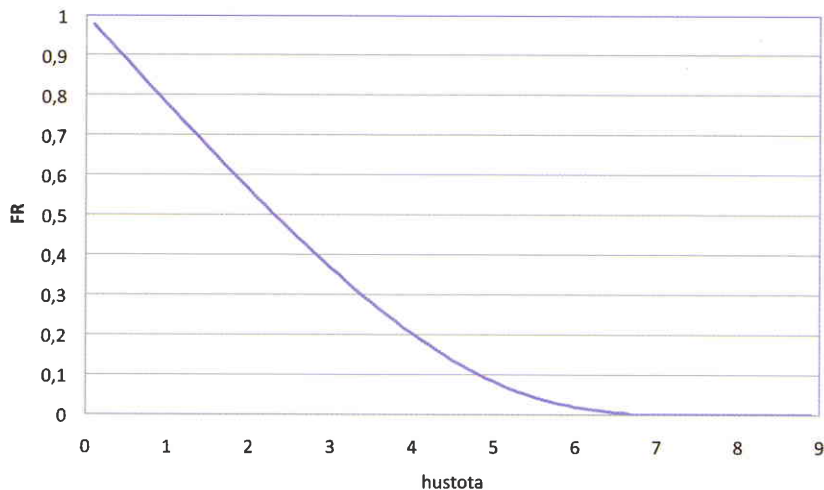
Z denních hodnot byly určeny jejich relativní četnosti a sezonní maxima. U stanic s neúplnou řadou byla sezonní maxima doplněna lineární regresí z nejbližších vhodných stanic. Relativní četnosti vodní hodnoty a tím i vodní hodnoty vyskytující se s danou pravděpodobností byly odvozeny pouze za období, ve kterém byla pro danou stanici k dispozici potřebná data. Pro soubor 48 sezonních maxim byl pro každou stanici vypočten průměr, směrodatná odchylka a šikmost. Průměr sezonních maxim lze vypočítat s menší chybou než směrodatnou odchylku nebo šikmost nebo některé krajní hodnoty. Plošně interpolovat na příklad šikmost přímo spočtenou ze souboru sezonních maxim je velice odvážné a na mapě pak vznikají útvary, které nelze rozumně fyzikálně zdůvodnit. Proto byl průměr sezonních maxim vzat jako základ a ostatní charakteristiky určeny polynomickou regresí. Na obr. 5 je graficky znázorněna závislost maximální hodnoty (hodnoty nepřekročené s pravděpodobností 0,99994) a hodnoty  $S_k$  (padesátileté hodnoty určené ze souboru sezonních maxim Gumbelovým rozdělením) na průměru sezonních maxim. Je vidět, že u velkých hodnot je  $S_k$  větší než  $MAX$ , protože Gumbel předpokládá konstantní šikmost 1,1, zatímco u malých hodnot ročních maxim je šikmost větší a odhady Gumbelovým rozložením jsou tudíž menší než reálné hodnoty. Na obr. 6 je závislost hodnoty nepřekročené s pravděpodobností 0,95 a směrodatné odchylky souboru na průměru sezonních maxim. V následující tabulce je přehled vybraných charakteristik a koeficientů polynomu určujícího jejich hodnoty v závislosti na průměru sezonních maxim.

Seznam těchto charakteristik byl vybrán po domluvě se zástupci projektantů. Při potřebě určit hodnotu pro jinou pravděpodobnost je možné použít lineární interpolaci mezi hodnotami odpovídajícími sousedním pravděpodobnostem.

## 3. PLOŠNÉ ZPRACOVÁNÍ

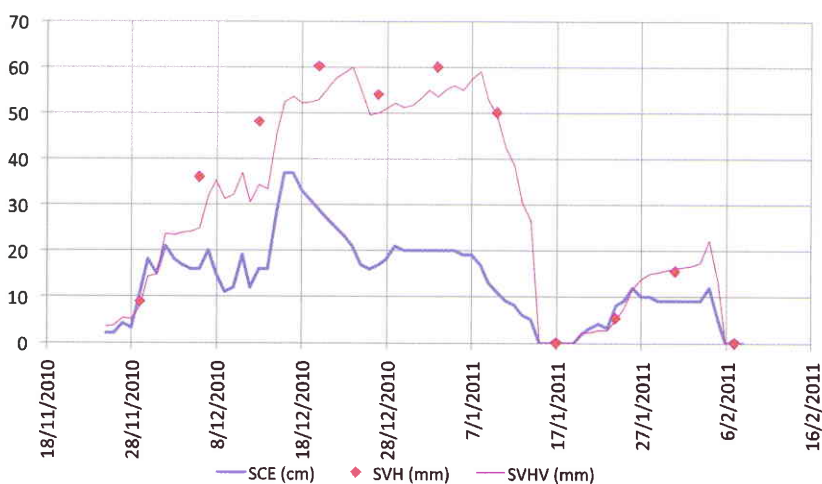
### 3.1 Metody dosud užívané v Českém hydrometeorologickém ústavu

Stručný popis a hodnocení metod plošné interpola-



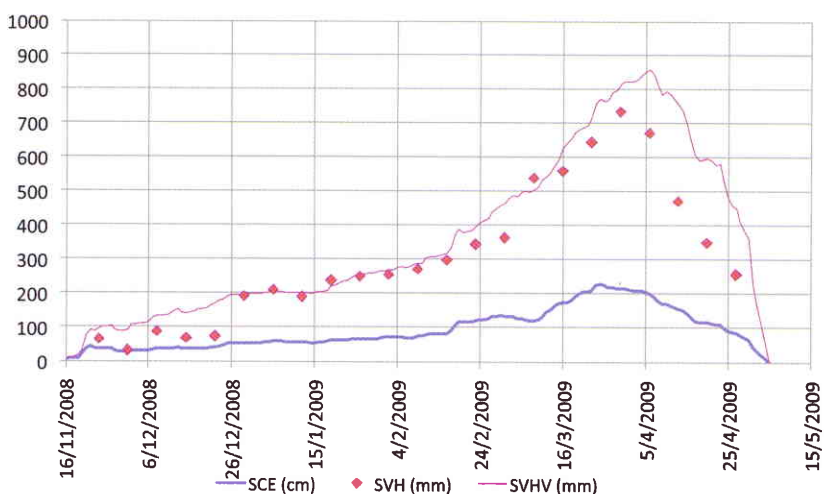
Obr. 1 Závislost veličiny FR na hustotě sněhu  $R [0,1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}]$ .

Fig. 1. Dependence of the quantity FR on the snow density  $R [0,1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}]$ .



Obr. 2 Stanice Ondřejov, výška a vodní hodnota sněhové pokrývky, sezona 2010/2011.

Fig. 2. Ondřejov station, snow depth and snow water content, season 2010/2011.



Obr. 3 Stanice Špindlerův Mlýn, Labská bouda, výška a vodní hodnota sněhové pokrývky, sezona 2008/2009.

Fig. 3. Špindlerův Mlýn and Labská bouda stations, snow depth and snow water content, season 2008/2009.

ce používaných v ČHMÚ uvádí [5]. Tyto metody převážně využívají místní závislost prvku na nadmořské výšce. Sněhová pokrývka je výrazně ovlivněna dalšími faktory, především konvexností terénu, sklonem a orientací terénu vzhledem k záření, převládajícímu proudění a drsností povrchu. Takto vzniklé odchylky lze částečně odstranit užitím několika různých oprav. Na příklad na vrcholu osamělého kopce je nutno vypočtenou hodnotu snížit a podobně. Koeficienty takových oprav se určují velmi obtížně a proto byla pro zhotovení „Mapy zatížení sněhem“ použita metoda MWLR (vícenásobná vážená lineární regrese), která je vlastně zobecněním výše uvedených metod. K určení místní závislosti prvku na dané veličině se neuvádějí nejbližší stanice, ale stanice nevhodnější. Plošně byl zpracován jediný prvek – průměr sezonních maxim vodní hodnoty sněhu a všechny ostatní charakteristiky lze určit pomocí koeficientů polynomů z tabulky 1.

### 3.2 Metoda MWLR

Pro každý bod digitálního terénu (byl použit grid  $100 \times 100 \text{ m}$ ) se nejdříve provede výběr nejvhodnějších stanic (podobný tvar terénu, nejmenší vzdálenost), který je určen vahou okolních stanic. Každé stanici se přiřadí váha  $W$  podle následujícího vzorce:

$$W = w_h \cdot W_h + w_v \cdot W_v + w_{a1} \cdot W_{a1} + w_{a2} \cdot W_{a2} + w_{c1} \cdot W_{c1} + w_{c2} \cdot W_{c2},$$

kde

$W_h$  je váha horizontální vzdálenosti mezi gridovým bodem a danou stanicí.

$W_v$  je váha vertikální vzdálenosti mezi gridovým bodem a danou stanicí.

$W_{a1}$ ,  $W_{a2}$  jsou váhy orientace a sklonu svahu mezi gridovým bodem a danou stanicí.

$W_{c1}$ ,  $W_{c2}$  jsou váhy konvexnosti terénu mezi gridovým bodem a danou stanicí.

$w_h$ ,  $w_v$ ,  $w_{a1}$ ,  $w_{a2}$ ,  $w_{c1}$ ,  $w_{c2}$  jsou volitelné koeficienty, jejichž součet je roven jedné.

Váhy orientace a sklonu a konvexnosti se určují ve dvou volitelných rozměrech (pro mapu zatížení byly použity hodnoty 500 m a 3 000 m).

$$W_h = \frac{C1}{(C1 + h^{C2})}$$

$h$  je horizontální vzdálenost stanice (km)

$C1$  je nastavitelná konstanta

$C2$  je nastavitelná konstanta

Tab. 1 Seznam vybraných charakteristik a koeficienty polynomu  $A4 \cdot X4 + A3 \cdot X3 + A2 \cdot X2 + A1 \cdot X + A0$  pro jejich výpočet z průměru sezonních maxim.

Table 1. List of selected characteristics and coefficients of polynomial  $A4 \cdot X4 + A3 \cdot X3 + A2 \cdot X2 + A1 \cdot X + A0$  for their calculation of the average seasonal highs.

| Popis charakteristiky                     |  | A4            | A3          | A2            | A1         | A0    | platí pro |
|---|--|---------------|-------------|---------------|------------|-------|-----------|
| Vodní hodnota sněhu [mm]                  | Nepřekročená s pravděpodobností 0,6                                      |               |             |               | 0,240      | -74,9 | $x > 312$ |
|   | Nepřekročená s pravděpodobností 0,7                                      |               |             | 0,00053       | 0,070      | -25,2 | $x > 162$ |
|   | Nepřekročená s pravděpodobností 0,8                                      |               |             | 0,00080       | 0,190      | -17,6 | $x > 72$  |
|   | Nepřekročená s pravděpodobností 0,9                                      |               |             | 0,00079       | 0,520      | -13,2 | $x > 25$  |
|   | Nepřekročená s pravděpodobností 0,95                                     |               |             | 0,00037       | 0,940      | -14,7 |           |
|   | Nepřekročená s pravděpodobností 0,97                                     |               |             | 0,00005       | 1,210      | -13,5 |           |
|   | Nepřekročená s pravděpodobností 0,99                                     |               |             | -0,00078      | 1,790      | -9,8  |           |
|   | Nepřekročená s pravděpodobností 0,995                                    |               | 0,00000200  | -0,00251      | 2,290      | -10,8 |           |
|   | Nepřekročená s pravděpodobností 0,9983                                   |               | 0,00000590  | -0,00555      | 3,000      | -12,6 |           |
|   | Nepřekročená s pravděpodobností 0,99994 (naměřené maximum za cca 50 let) |               | 0,00000780  | -0,00743      | 3,540      | -6,8  |           |
|   | Padesátiletá, určená ze souboru ročních maxim podle LN rozdělení         |               | 0,00000550  | -0,00556      | 3,229      | -6,3  |           |
|   | Padesátiletá, určená ze souboru ročních maxim dle Gumbelova rozdělení    |               | 0,00000260  | -0,00316      | 2,860      | -1,7  |           |
|   | Pravděpodobnost, že nebude sněhová pokrývka                              | 0,00000000092 | -0,00000146 | 0,00084       | -0,262     | 95,5  |           |
| Směrodatná odchylka souboru ročních maxim |  |               | -0,00055    | 0,644         | 0,6        |       |           |
| <b>Šikmost souboru ročních maxim</b>      |  |               |             | <b>-0,003</b> | <b>1,6</b> |       |           |

$$W_v = \frac{C3}{(C3 + v^{C4})}$$

$v$  je vertikální vzdálenost stanice [m]

$C3$  je nastavitelná konstanta

$C4$  je nastavitelná konstanta

$$W_A = \left[ 1 - \frac{\sqrt{((\sin\alpha_1 \cdot \cos\beta_1) - (\sin\alpha_2 \cdot \cos\beta_2))^2 + ((\sin\alpha_1 \cdot \sin\beta_1) - (\sin\alpha_2 \cdot \sin\beta_2))^2}}{2} \right]^{C5}$$

$\alpha_1$  je sklon terénu gridového bodu ve stupních

$\alpha_2$  je sklon terénu stanice ve stupních

$\beta_1$  je azimut terénu gridového bodu ve stupních

$\beta_2$  je azimut terénu stanice ve stupních

$C5$  je nastavitelná konstanta

$$W_C = \left( \frac{1}{1 + |K_1 - K_2|} \right)^{C6}$$

kde

$K_1$  je křivost terénu v gridovém poli

$K_2$  je křivost terénu v místě dané stanice

$C6$  je nastavitelná konstanta

Výpočet  $K_1, K_2, \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$  je popsán v [7].

Pro výpočet gridu byly užity konstanty:  $C1 = 100, C2 = 2,$

$C3 = 100, C4 = 1, C5 = 5; C6 = 100,$  koeficienty vah pak

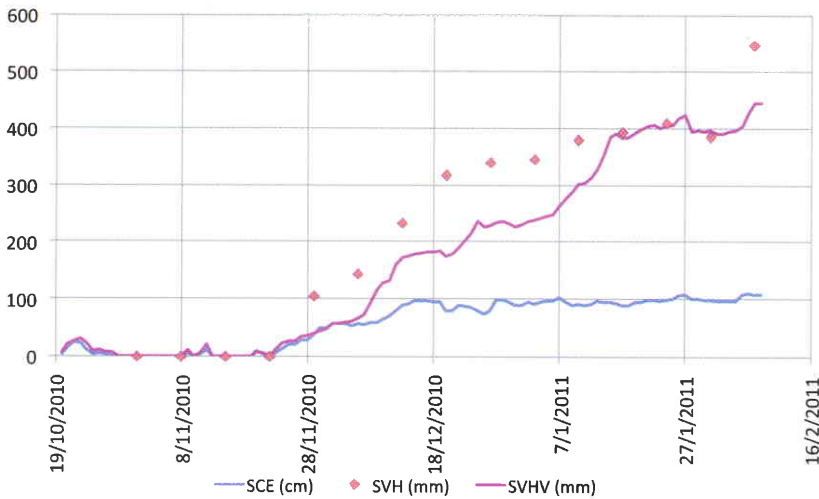
$w_h = 0,6, w_v = 0, w_{a1} = 0, w_{a2} = 0,1, w_{c1} = 0,3, w_{c2} = 0.$

Jakmile jsou pro daný gridový bod vypočteny pro všechny stanice celkové váhy, tak se do regresní analýzy vybere  $n$  (10) stanic s nejvyšší vahou. Z těchto vybraných stanic se pro daný gridový bod pomocí metody nejmenších čtverců vypočte hodnota prvku. V případě mapy zatížení sněhem to bylo v závislosti na nadmořské výšce, lze však počítat i v závislosti na jiné veličině. Je logické, že když se počítá regresní vztah na nadmořské výšce, je volitelný koeficient  $w_v$  roven 0. MWLR umožňuje plošnou interpolaci rozdílů hodnot naměřených a vypočtených na stanicích a opravu (v rozsahu 0 až 100%) přičíst k hodnotám získaným regresí. V případě mapy zatížení sněhem nebyla tato oprava použita. Vzhledem k danému výběru nejvhodnějších stanic se může vypočtená hodnota v oblastech, s výraznou konfigurací terénu v sousedních bodech nezanedbatelně lišit. Proto byly konečné hodnoty dvakrát shlazený jako průměr  $7 \times 7$  sousedních bodů.

#### 4. ZÁVĚR

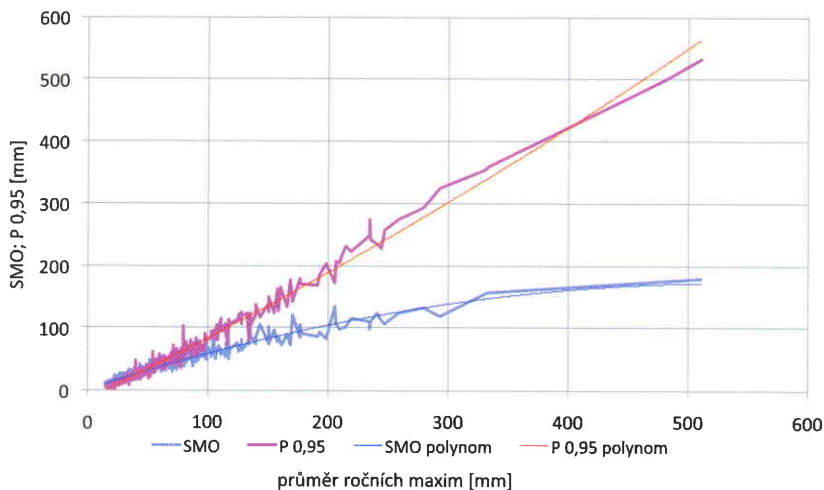
Pokusné uvedení mapy [10] s vybranými charakteristikami zatížení sněhem na internetu vyvolalo většinou kladný ohlas. Možnost bezplatného, jednoznačného určení těchto hodnot s využitím map Google umožňujících dostatečné rozlišení lze považovat za velký pokrok. Problém je v tom, že mapa, která je přílohou poslední platné normy [2], byla vytvořena odlišnou metodou a proto se v některých místech (hlavně s členitým terénem) hodnoty liší. Úkolem autorů mapy bude přesvědčit Úřad pro technickou normalizaci, že





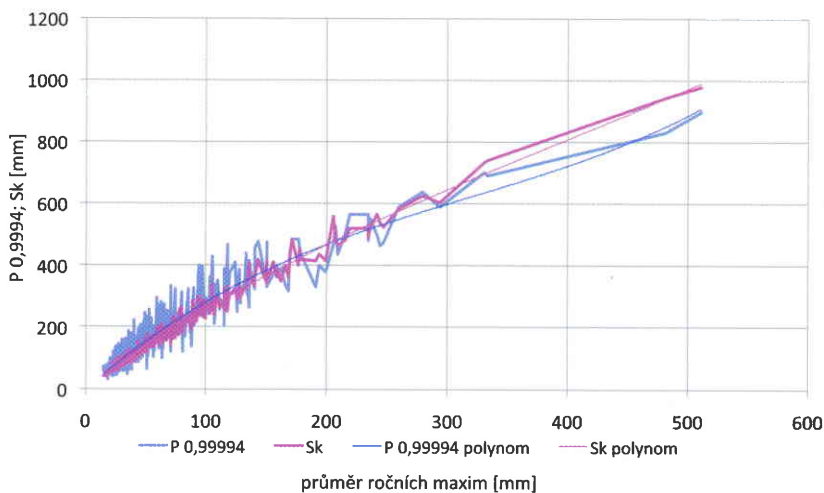
Obr. 4 Stanice Špindlerův Mlýn, Labská bouda, výška a vodní hodnota sněhové pokrývky, sezona 2010/2011.

Fig. 4. Špindlerův Mlýn and Labská bouda stations, snow depth and snow water content, season 2010/2011.



Obr. 5 Závislost vodní hodnoty sněhové pokrývky s pravděpodobností výskytu 0,95 a směrodatné odchylky souboru ročních maxim na průměru ročních maxim.

Fig. 5. Dependence of snow water content with probability of the occurrence 0.95 and standard deviations of the annual maxima file on the annual maxima average.



Obr. 6 Závislost vodní hodnoty sněhové pokrývky s pravděpodobností výskytu 0,99994 a Sk (charakteristická hodnota zatížení sněhem) na průměru ročních maxim.

Fig. 6. Dependence of snow water content with probability of the occurrence 0.99994 and Sk (characteristic value of snow load) on the annual maxima average.

by bylo vhodné výsledky nějakým způsobem uplatnit ve stávající normě.

#### Literatura:

- [1] Hydrologická zpráva 1926: O vzdušné srážky. 1933. Praha: Státní výzkumný ústav hydrologický T. G. M., 1. vyd., 180 s.
- [2] ČSN EN 1991-1-3:2005/21:2006.
- [3] Návod pro pozorovatele meteorologických stanic, 2003. Metodický předpis č. 13, s. 4–34, ČHMÚ, Ostrava.
- [4] NĚMEC, L., 2010. Příprava map charakteristik zatížení sněhem. In: *Sborník k XI. celostátní konferenci Spolehlivost konstrukcí*, Plzeň.
- [5] ŠERCL, P., 2008. Hodnocení metod odhadu plošných srážek. *Meteorologické Zprávy*, roč. 61, č. 2, s. 33–43. ISSN 0026-1173.
- [6] KVĚTOŇ, V., 2001. Normály teploty vzduchu na území České republiky v období 1961–1990 a vybrané teplotní charakteristiky období 1961–2000. *NÁRODNÍ KLIMATICKÝ PROGRAM ČESKÉ REPUBLIKY*. Sv. 30, Praha, ČHMÚ. 197 s. ISBN 80-85813-91-2. ISSN 1210-7565
- [7] STRÍŽ, M., 2009. Multiple Weighted Linear Regression, Popis metody pro účely analýzy sněhu. [Interní návod pro práci v prostředí GIS.] Ostrava: ČHMÚ.
- [8] KŘIVÝ V., 2011. Nová digitální mapa zatížení sněhem na zemi. *Konstrukce*, roč. 10, č. 1, s. 20–25. ISSN 1213-8762.
- [9] KŘIVÝ, V. – ČAJKA, R., 2011. Design and reliability assessment of roof structural elements using the new digital ground snow load map of the Czech Republic. In: *Proceedings of 17th International conference Engineering Mechanics 2011*. Svratka: Academy of Sciences of the Czech Republic. ISBN 978-80-87012-33-8.
- [10] Zatížení sněhem na zemi. Dostupné na WWW: <<http://www.marvan.cz/mapa/>>.

Lektor (Reviewer) RNDr. Vít Květoň, CSc.