

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
katedra fyzické geografie a geoekologie



Ondřej Ledvinka

TRENDY SRÁŽKOOTOKOVÉHO REŽIMU V POVODÍ ROLAVY
(TRENDS OF RAINFALL AND RUNOFF REGIME IN THE ROLAVA
RIVER BASIN)

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D.
Konzultant: Mgr. Jiří Hošek

Praha, srpen 2008

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci vytvořil samostatně a že jsem uvedl veškeré informační zdroje.

V Novém Strašecí dne 25.8. 2008

Ondřej Ledvinka

Poděkování

Na tomto místě chci poděkovat vedoucí práce RNDr. Miladě Matouškové, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a pomoc při shánění digitálních dat. Děkuji též konzultantovi Mgr. Jiřímu Hoškovi, který, ač byl velmi zaneprázdněn, věnoval mi dostatečnou trochu svého času. Za velmi cenné připomínky k práci s digitálními mapovými podklady musím poděkovat RNDr. Jakubu Langhammerovi, Ph.D., Mgr. Janu Kolomazníkovi a dále Ing. Jiřímu Šusterovi, Ing. Miroslavu Kopeckému a Ing. Tomáši Soukupovi. Za rady jsem rovněž vděčen Ing. Josefu Hladnému, CSc. a RNDr. Ivanu Sládkovi, CSc., za upozornění na výpadek v měření stanice Stará Role RNDr. Radku Čekalovi, Ph.D. V souvislosti se zpřístupněním průtokových a klimatologických dat vzdávám dík pracovníkům Českého hydrometeorologického ústavu a pracovníkům Technické univerzity Drážďany. Neměl bych opomenout ani samotné konzultace se svými vrstevníky, z nichž nejvíce nápomocni mi byli Mgr. Jan Helebrant, Mgr. Jana Lelut a Věra Váňová. Musím poděkovat i Bc. Václavu Královi, Bc. Janě Jankové a Bc. Antonínu Malému, kteří mi na požádání neprodleně zaslali své absolventské práce. Samozřejmě za pomoc s obstaráváním některé literatury vyslovuji své díky Bc. Martinu Stehlíkovi. Mgr. Aleně Černíkové, Ph.D., Doc. RNDr. Josefu Ježkovi, CSc. a RNDr. Václavu Kotvaltovi, CSc. bych chtěl poděkovat za podněty k další práci. Můj vděk v neposlední řadě náleží rodině a opravdovým přátelům za projevenou důvěru, podporu a alespoň částečné pochopení mé časové vytíženosti. Největší dík si nepochybně zasluhuje paní Helena Příbylová, sekretářka KFGG, jíž si velice vážím pro její schopnost houževnatě udržovat funkčnost katedry. Bez této osoby by jistě diplomová práce vznikla mnohem později anebo by nevznikla vůbec.

ABSTRAKT

Práce se zabývá odtokovými a klimatickými poměry v povodí řeky Rolavy, které se nachází na severozápadě České republiky. Hlavním cílem bylo porovnat časové řady průtoků z vodoměrných stanic Chaloupky (na horním toku Rolavy) a Stará Role (na dolním toku Rolavy) s adekvátními řadami výšek srážek, teplot vzduchu a výšek sněhové pokrývky a pokusit se tak zjistit, k jakým změnám v odtoku Rolavy dochází. Ověřovala se absolutní a relativní homogenita řad a také přítomnost trendu v nich. K tomuto účelu byly využity především statistické testy (Pettittův test, „Standard Normal Homogeneity Test“, dva Wilcoxonovy testy, Mannův-Kendallův test aj.), které by měly snižovat riziko subjektivity. V práci se rovněž řeší problém chybějících hodnot v klimatologických řadách prostřednictvím lineární vícenásobné regrese a též otázka prostorové interpolace za pomoci splinu s tenzí nebo obdobou metody IDW. Zajímavé výsledky přinesla analýza vztahů mezi časovými řadami Kendallovým τ_b . Ukázalo se, že v Chaloupkách v některých měsících neexistují závislosti průtoků na srážkách, což znesnadňuje interpretace statistických testů.

Klíčová slova: hydrologie; změna klimatu; srážky atmosférické; teplota vzduchu; pokrývka sněhová; chybějící hodnoty staniční; interpolace prostorová; GIS; DMR; testy statistické; homogenita; trend; korelace neparametrická; Rolava; Česká republika

ABSTRACT

This thesis deals with runoff and climatological conditions in the Rolava River basin which is situated in the northwest part of the Czech Republic. Main goal was to compare discharge series observed at hydrological stations Chaloupky (on upper course) and Stará Role (on lower course) with adequate series of precipitation amounts, air temperatures and snow cover depths measured *in situ* and try to find out if some changes are displayed in the runoff regime. Absolute and relative homogeneities of time series and also trends were checked. Several statistical tests were applied for this purpose mainly (Pettitt's test, Standard Normal Homogeneity Test, two Wilcoxon's tests and Mann-Kendall test among others) which should reduce a risk of subjectivity. A problem with missing values in climatological series is solved with the multiple linear regression. Spatial interpolation was done with spline with tension or modified IDW. Some interesting results were brought with the analysis of correlations with Kendall's τ_b . The streamflow seems not to be dependent on precipitation sometimes in the gauging site Chaloupky, which makes difficulties for test interpretations.

Key words: hydrology; climate change; precipitation; air temperature; snow cover; missing values; spatial interpolation; GIS; DEM; statistical tests; homogeneity; trend; nonparametric correlation; Rolava; Czech Republic

OBSAH

1	ÚVOD A CÍLE PRÁCE A METODY	13
2	ZDROJE DAT A POUŽITÝ SOFTWARE	14
3	VYMEZENÍ A HYDROGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA POVODÍ	15
3.1	VYMEZENÍ POVODÍ	15
3.2	HYDROGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA POVODÍ.....	18
3.2.1	<i>Digitální model reliéfu povodí</i>	<i>22</i>
4	ODTOKOVÉ POMĚRY V POVODÍ.....	28
4.1	VODOMĚNÉ STANICE	28
4.2	ZMĚNY DENNÍCH PRŮTOKŮ V PRŮBĚHU ROKU A MÍRA JEJICH ROZKOLÍSANOSTI	30
4.3	ZMĚNY MĚSÍČNÍCH PRŮTOKŮ V PRŮBĚHU ROKU.....	36
4.4	ZMĚNY ROČNÍCH PRŮTOKŮ V ČASE	39
4.5	SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZY DAT Z OBOU VODOMĚRNÝCH STANIC	43
5	KLIMATICKÉ POMĚRY V POVODÍ	45
5.1	POUŽITÉ STANICE	45
5.2	DOPLŇOVÁNÍ CHYBĚJÍCÍCH DAT	46
5.2.1	<i>Atmosférické srážky.....</i>	<i>50</i>
5.2.2	<i>Výška sněhové pokrývky.....</i>	<i>52</i>
5.2.3	<i>Teplota vzduchu.....</i>	<i>53</i>
5.3	PŘEPOČET STANIČNÍCH ŘAD NA ŘADY PLATNÉ PO VODOMĚRNÉ STANICE V POVODÍ ..	53
5.3.1	<i>Atmosférické srážky.....</i>	<i>54</i>
5.3.2	<i>Výška sněhové pokrývky.....</i>	<i>56</i>
5.3.3	<i>Teplota vzduchu.....</i>	<i>58</i>
5.4	SRÁŽKOVÉ POMĚRY V POVODÍ.....	59
5.4.1	<i>Změny měsíčních výšek srážek v průběhu roku.....</i>	<i>59</i>
5.4.2	<i>Změny ročních výšek srážek v čase</i>	<i>63</i>
5.4.3	<i>Srovnání srážkových poměrů po obě vodoměrné stanice.....</i>	<i>64</i>
5.5	SNĚHOVÉ POMĚRY V POVODÍ.....	65
5.5.1	<i>Změny měsíčních výšek sněhové pokrývky v průběhu roku.....</i>	<i>66</i>
5.5.2	<i>Změny ročních výšek sněhové pokrývky v čase</i>	<i>69</i>
5.5.3	<i>Změny počtů dní se sněhovou pokrývkou na klimatologických stanicích Karlovy Vary – letiště a Fichtelberg.....</i>	<i>70</i>
5.5.4	<i>Srovnání sněhových poměrů po obě vodoměrné stanice.....</i>	<i>73</i>
5.6	TEPLOTNÍ POMĚRY V POVODÍ	74
5.6.1	<i>Změny měsíčních teplot vzduchu v průběhu roku.....</i>	<i>74</i>
5.6.2	<i>Změny ročních teplot vzduchu v čase.....</i>	<i>77</i>
5.6.3	<i>Srovnání teplotních poměrů po obě vodoměrné stanice</i>	<i>78</i>
5.7	SYNTETICKÉ VYHODNOCENÍ KLIMATICKÝCH POMĚRŮ V POVODÍ	80
6	ZMĚNY A TRENDY V DOSTUPNÝCH ČASOVÝCH ŘADÁCH.....	84
6.1	ÚVOD	84
6.2	VYBRANÉ METODY PRO POVODÍ ROLAVY	85
6.2.1	<i>Absolutní homogenita.....</i>	<i>86</i>
6.2.2	<i>Relativní homogenita.....</i>	<i>88</i>
6.2.3	<i>Trend</i>	<i>89</i>

6.3	TESTOVÁNÍ ABSOLUTNÍ HOMOGENITY ČASOVÝCH ŘAD	91
6.3.1	<i>Analýza měsíčních řad</i>	<i>91</i>
6.3.2	<i>Analýza sezónních řad.....</i>	<i>94</i>
6.3.3	<i>Analýza ročních řad a řad minimálních denních průtoků v každém roce.....</i>	<i>96</i>
6.4	TESTOVÁNÍ RELATIVNÍ HOMOGENITY ČASOVÝCH ŘAD	98
6.4.1	<i>Analýza měsíčních řad</i>	<i>98</i>
6.4.2	<i>Analýza sezónních řad.....</i>	<i>99</i>
6.4.3	<i>Analýza ročních řad a řad minimálních denních průtoků v každém roce.....</i>	<i>100</i>
6.5	TENDENCE V ČASOVÝCH ŘADÁCH A URČOVÁNÍ KORELAČNÍCH VZTAHŮ	101
6.5.1	<i>Analýza měsíčních řad</i>	<i>102</i>
6.5.2	<i>Analýza sezónních řad.....</i>	<i>103</i>
6.5.3	<i>Analýza ročních řad a řad minimálních denních průtoků v každém roce.....</i>	<i>106</i>
6.5.4	<i>Vzájemné korelace mezi časovými řadami.....</i>	<i>107</i>
6.6	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZ	108
7	DISKUSE A ZÁVĚRY.....	111

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 3.1 - Poloha povodí Rolavy.....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 3.2 - Povodí řeky Rolavy.....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 3.3 - Geomorfologie povodí Rolavy.....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 3.4 - Kruhový graf vývoje povodí sestrojený na základě vybraných povodí IV. řádu</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 3.5 - Symetrie plochy povodí Rolavy</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 3.6 - Hustota říční sítě na základě povodí IV. řádu.....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 3.7 - Podélný profil Rolavy a významných přítoků (28krát převýšeno).....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 3.8 - Hypsografická křivka povodí Rolavy.....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 3.9 - Sklonitost reliéfu povodí Rolavy.....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 3.10 - Orientace svahů v povodí Rolavy.....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 3.11 - Procentuální zastoupení orientací svahů v povodí Rolavy.....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 4.1 - Vodoměrná stanice Stará Role v létě 2006.....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 4.2 - Vodoměrná stanice Chaloupky v zimě 2004/2005.....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 4.3 - Hydrogramy Qd období 1969-2007 a vybraných let 1972, 1995 a 1998 - profil Stará Role.....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 4.4 - Hydrogramy Qd období 1967-2007 a vybraných let 1982, 1985 a 1995 - profil Chaloupky.....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 4.5 - Křivky průměrného překročení za období 1969-2003 a 1967-2007 platicí pro Rolavu.....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 4.6 - Qma období 1969-2003 v povodí Rolavy</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 4.7 - Rozložení odtoku podle měsíců, ročních období a půlroků let 1969-2003 v povodí Rolavy.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 4.8 - Změny sezónního rozložení odtoku Rolavy v letech 1969-2007 - profil Stará Role</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 4.9 – Změny sezónního rozložení odtoku Rolavy v letech 1967-2003 - profil Chaloupky</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 4.10 - Qr období 1969-2007 - profil Stará Role.....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 4.11 - Qr období 1967-2007 - profil Chaloupky.....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 5.1 - Průměrná roční výška srážek na povodí Rolavy za období 1969-2003</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 5.2 - Hma období 1969-2003 v povodí Rolavy</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 5.3 - Rozložení výšek srážek podle měsíců, ročních období a půlroků let 1969-2003 v povodí Rolavy.....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 5.4 - Změny sezónního rozložení výšek srážek na povodí Rolavy v letech 1962-2004 – po profil Stará Role.....</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 5.5 - Změny sezónního rozložení výšek srážek na povodí Rolavy v letech 1962-2004 – po profil Chaloupky.....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 5.6 - Hr období 1962-2004 - po profil Stará Role.....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 5.7 - Hr období 1962-2004 - po profil Chaloupky.....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 5.8 - Sma období 1969-2003 v povodí Rolavy</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 5.9 - Podíly Sm na Sr období 1969-2003 v povodí Rolavy.....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 5.10 – Změny rozložení Sm na povodí Rolavy v letech 1962-2004 - po profil Stará Role</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 5.11 - Změny rozložení Sm na povodí Rolavy v letech 1962-2004 - po profil Chaloupky</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 5.12 - Sr období 1962-2004 - po profil Stará Role.....</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 5.13 - Sr období 1962-2004 - po profil Chaloupky.....</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 5.14 - Počty dnů se sněhovou pokrývkou v letech 1962-2006 na klimatologické stanici Karlovy Vary-letišťe</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 5.15 - Počty dnů se sněhovou pokrývkou v letech 1952-2006 na klimatologické stanici Fichtelberg.....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 5.16 - Max. Sd let 1962-2006 na klimatologické stanici Karlovy Vary-letišťe.....</i>	<i>72</i>

<i>Obr. 5.17 - Max. Sd let 1952-2006 na klimatologické stanici Fichtelberg.....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 5.18 - Tma období 1969-2003 v povodí Rolavy.....</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 5.19 - Amplitudy Tm mezi lety 1962-2005 - po profil Stará Role.....</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 5.20 - Amplitudy Tm mezi lety 1962-2005 - po profil Chaloupky.....</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 5.21 - Tr období 1962-2005 - po profil Stará Role.....</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 5.22 - Tr období 1962-2005 - po profil Chaloupky</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 5.23 - Vztah mezi klimatickými jevy v letech 1962-2004 - po profil Stará Role.....</i>	<i>81</i>
<i>Obr. 5.24 - Vztah mezi klimatickými jevy v letech 1962-2004 - po profil Chaloupky.....</i>	<i>81</i>
<i>Obr. 6.1 - Vybrané jednoduché součtové čáry řad Qr, min. Qd v roce a Q prosinců a chladných půlroků ve stanici Stará Role v letech 1969-2004</i>	<i>97</i>
<i>Obr. 6.2 - Vybrané jednoduché součtové čáry řad Qr a min. Qd v roce ve stanici Chaloupky v letech 1967-2007</i>	<i>97</i>
<i>Obr. 6.3 - Podvojně součtové čáry řad květnových a červnových Q ze stanic Stará Role a Chaloupky za období 1969-2004.....</i>	<i>99</i>
<i>Obr. 6.4 - Podvojně součtové čáry řad březnových a zimních Q ze stanic Chaloupky a Stará Role za období 1969-2004.....</i>	<i>100</i>
<i>Obr. 6.5 - Podvojně součtové čáry řad Q zim a chladných půlroků a jim odpovídajících H za období 1967-2004 - profil Chaloupky.....</i>	<i>101</i>
<i>Obr. 6.6 – Vybrané tendence vývoje časových řad stanice Stará Role v letech 1961-2007 ..</i>	<i>104</i>
<i>Obr. 6.7 - Vybrané tendence vývoje časových řad stanice Chaloupky v letech 1961-2007...</i>	<i>105</i>
<i>Obr. 6.8 - Vybrané tendence vývoje časových řad stanice Chaloupky v letech 1961-2007 (pokračování)</i>	<i>106</i>
<i>Obr. 6.9 - Roční koeficienty odtoku pro stanice Stará Role a Chaloupky v letech 1967-2004</i>	<i>110</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 3.1 - Délky vybraných toků a plochy jejich povodí dle DIBAVOD a Hydrologických poměrů ČSSR.....</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 4.1 - Přehled některých údajů o vodoměrných stanicích Chaloupky a Stará Role.....</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 4.2 - Základní absolutní a relativní jednotky odtoku za období 1969-2003 v povodí Rolavy.....</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 4.3 - M-denní průtoky období 1969-2003 a 1967-2007 v povodí Rolavy.....</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 4.4 - Pravděpodobnost překročení Q_r období 1969-2003 a doba jejich opakování - profil Stará Role.....</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 4.5 - Pravděpodobnost překročení Q_r období 1969-2003 a doba jejich opakování - profil Chaloupky.....</i>	<i>42</i>
<i>Tab. 5.1 - České klimatologické a srážkoměrné stanice, jejichž měsíční řady vstupovaly do procesů interpolací.....</i>	<i>47</i>
<i>Tab. 5.2 - Německé klimatologické a srážkoměrné stanice, jejichž měsíční řady vstupovaly do procesů interpolací.....</i>	<i>48</i>
<i>Tab. 5.3 - Váhy klimatologických stanic v okolí povodí Rolavy při výpočtu řad T_m pro území po vodoměrné stanice.....</i>	<i>58</i>
<i>Tab. 5.4 - Vývoj odtoku a klimatu v povodí Rolavy po vodoměrné stanice Stará Role a Chaloupky v letech 1969-2003.....</i>	<i>83</i>
<i>Tab. 6.1 - Výsledky Pettittova testu a navazujících analýz řad Q_m, Q_r, sezónních Q a min. Q_d v roce a řad H_m, H_r a sezónních H - profil Stará Role.....</i>	<i>92</i>
<i>Tab. 6.2 - Výsledky Pettittova testu a navazujících analýz řad Q_m, Q_r, sezónních Q a min. Q_d v roce a řad H_m, H_r a sezónních H - profil Chaloupky.....</i>	<i>93</i>
<i>Tab. 6.3 - Výsledky SNHT a navazujících analýz řad S_m, S_r a zimních S a řad T_r, T_m a sezónních T - profil Stará Role.....</i>	<i>95</i>
<i>Tab. 6.4 - Výsledky SNHT a navazujících analýz řad S_m, S_r a zimních S a řad T_r, T_m a sezónních T - profil Chaloupky.....</i>	<i>96</i>
<i>Tab. 6.5 - Výsledky Mannova-Kendallova testu při detekování trendu v řadách Q_m, Q_r a sezónních Q a H_m, H_r a sezónních H pro stanice Stará Role a Chaloupky.....</i>	<i>102</i>
<i>Tab. 6.6 - Výsledky Mannova-Kendallova testu při detekování trendu v řadách S_m, S_r a zimních S a T_r, T_m a sezónních T po stanice Stará Role a Chaloupky.....</i>	<i>103</i>

SEZNAM ZKRATEK POUŽÍVANÝCH V TEXTU

2D = *dvourozměrný*

3D = *trojrozměrný*

3DA = *3D Analyst (nadstavba ArcGIS)*

α = *hladina významnosti*

ČHMÚ = *Český hydrometeorologický ústav*

ČR = *Česká republika*

ČSSR = *Československá socialistická republika*

ČÚZK = *Český úřad zeměměřičský a katastrální*

DIBAVOD = *Digitální báze vodohospodářských dat (digitální mapové dílo v měřítku 1:10 000)*

DMR = *digitální model reliéfu*

DMÚ25 = *Digitální model území (digitální mapové dílo Armády České republiky v měřítku 1:25 000)*

DPZ = *dálkový průzkum Země*

DWD = *Deutscher Wetterdienst (německá meteorologická služba, obdoba ČHMÚ)*

GIS = *geografický informační systém (někdy označován krátce také jako geoinformační systém)*

GSA = *Geostatistical Analyst (nadstavba ArcGIS)*

$H_{(a, r, ma, m, d)}$ = *úhrn srážek ve smyslu staniční hodnoty nebo (od kap. 5.4) výška srážek ve smyslu plošné hodnoty (dlouhodobá roční, roční, dlouhodobá měsíční, měsíční, denní; u obrázků a tabulek jsou dolní indexy záměrně ponechány jako minuskule)*

H_0 = *nulová hypotéza*

H_A = *alternativní hypotéza*

Ch = *vodoměrná stanice Chaloupky*

IDW = *vážení převrácenou vzdáleností (z anglického Inverse Distance Weighting; jedna z interpolačních metod)*

J = *jih*

JV = *jihovýchod*

JZ = *jihozápad*

λ = *pokud není uvedeno jinak, pak jde o korelační koeficient určující podobnost trendů časových řad*

m n. m. = *metr nad mořem*

MK = *Mannův-Kendallův test*

n = *bez bližšího upřesnění vždy počet členů řady*

p. = *potok*

PMW = *Pettitt-Mann-Whitney test*

$Q_{(a, r, ma, m, d, 182,5)}$ = *průtok (dlouhodobý průměrný, průměrný roční, dlouhodobý měsíční, průměrný měsíční, průměrný denní, obyčejný průtok; u obrázků a tabulek jsou dolní indexy záměrně ponechány jako minuskule)*

ryb. = *rybník*

ř. km = *říční kilometr*

φ = *bez bližšího upřesnění součinitel (koeficient) odtoku*

$S_{(a, r, ma, m, d)}$ = *výška sněhové pokrývky (dlouhodobá průměrná, průměrná roční sestavená z listopadové až dubnové, dlouhodobá měsíční, průměrná měsíční, okamžitá denní v 7 hodin středoevropského času; u obrázků a tabulek jsou dolní indexy záměrně ponechány jako minuskule)*

s. š. = *severní šířka*

S = *sever*

SA = *Spatial Analyst (nadstavba ArcGIS)*
 SEČ = *středoevropský čas*
 S-JTSK = *Systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální*
 SNHT = *Standard Normal Homogeneity Test pro jednoduchý posun v průměru*
 SR = *vodoměrná stanice Stará Role*
 SV = *severovýchod*
 SZ = *severozápad*
 $T_{(a, r, ma, m, d)}$ = *teplota vzduchu (dlouhodobá průměrná, průměrná roční, dlouhodobá měsíční, průměrná měsíční, průměrná denní; u obrázků a tabulek jsou dolní indexy záměrně ponechány jako minuskule)*
 T_0 = *testovací statistika Alexanderssonova testu*
 τ_b = *Kendallovo tau-b (Kendallův koeficient pořadové korelace)*
 TIN = *nepravidelná trojúhelníková síť (z anglického Triangulated Irregular Network)*
 v. d. = *východní délka*
 V = *východ*
 V_m = *u průtoků koeficient míry proměnlivosti, jinak variační koeficient platný pro měsíční údaje*
 V_r = *variační koeficient platný pro roční údaje*
 VÚV = *Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka*
 WMO = *World Meteorological Organization (Světová meteorologická organizace)*
 X = *bez bližšího upřesnění vždy nezávisle proměnná (prediktor)*
 Y = *bez bližšího upřesnění vždy závisle proměnná*
 Z = *západ*
 ZABAGED = *Základní báze geografických dat (civilní digitální mapové dílo v měřítku 1:10 000)*
 ZM50 = *Základní mapa ČR 1:50 000*

aj. = *a jiný*
 apod. = *a podobně*
 atd. = *a tak dále*
 ET AL. = *a kolektiv (z latinského et alii)*
 kap. = *kapitola*
 kupř. = *kupříkladu*
 max. = *maximální, maximálně*
 min. = *minimální, minimálně*
 mj. = *mimo jiné*
 např. = *například*
 obr. = *obrázek*
 popř. = *popřípadě*
 příp. = *případně*
 resp. = *respektive*
 s. = *strana*
 srov. = *srovnej*
 st. = *stupeň*
 stol. = *století*
 tab. - *tabulka*
 tj. = *to jest*
 tzn. = *to znamená*
 tzv. = *tak zvaný*
 zejm. = *zejména*

1 Úvod, cíle práce a metody

Klima Země se mění. Tím dochází ke změnám rovněž v samotné vodní složce jednotlivých krajín z hlediska kvalitativního, ale také zejména kvantitativního. Tak si lze např. povšimnout určitého nárůstu nebo naopak poklesu odtoku z území, a to i různého v odlišných částech roku. Většinou by tyto změny měly odpovídat tomu, co se děje v atmosféře, ale do hydrologického cyklu významně vstupují aktivity člověka, a tak může být situace jiná.

Člověk ovlivňuje odtok přímo (stavbou jezů a přehrad na tocích, melioracemi, napřimováním či zkracováním sítě toků v jednotlivých povodích, odebráním či vypouštěním vody do toků, zemědělským a lesnickým hospodařením v povodích apod.). K vyčíslení těchto zásahů slouží řada záměrně zakládaných povodí, ve kterých se zkoumá, co s odtokem provede např. odlesnění nebo jiné využívání půdy. Detailní soupis těchto povodí vyskytujících se v České republice (ČR), ale i v zahraničí, podává MALÝ (2006).

Kromě toho člověk působí na odtok nepřímo např. zásahy do klimatu průmyslovou výrobou. Pokud se vezme v potaz, že se v hydrologické bilanci krajiny může objevit i další (neočekávaný) faktor, je jasné, že se problematika oddělení vlivu člověka od vlivu klimatu na odtok nesmírně komplikuje. Lze se alespoň přidržit skutečnosti, že změny antropogenního charakteru jsou rychlejší či výraznější.

Následující text by měl především zpřesňovat a prohlubovat výsledky, které přinesla ročníková práce autora (viz LEDVINKA 2006). Zájmovou oblastí je tedy i zde povodí řeky Rolavy. Důraz je kladen na analýzy dostupných průtokových a klimatologických řad, přičemž k řadám srážkovým přibýly řady teploty vzduchu a výšky sněhové pokrývky. U klimatických řad se také řeší doplňování naměřených hodnot a dále realizuje transformace staničních (bodových) údajů na plošné tak, aby svým rozsahem nadále odpovídaly především řadám průtoků z vodoměrných stanic (kap. 5.2 a 5.3). Kapitola 6 je potom stěžejní částí práce, kde se porovnávají řady klimatologické s řadami průtokovými.

Vybrány jsou metody, jež by měly poukazovat na trendy v časových řadách nebo na zlomy v nich, popř. určit, kdy k danému zlomu došlo (blíže viz kap. 6.2). Popsali je např. REINHARTOVÁ (1989), FARSKÝ (1992), KAŇOK (1997a, 1997b), KŘÍŽ (2003), KLIMENT, MATOUŠKOVÁ (2004, 2005a, 2005b, 2006), KAVAN (2004) nebo ŠTĚPÁNEK (2005). Na tomto místě se rovněž sluší jmenovat některé studie ze zahraničí jako BURN ET AL. (2004), KUNDZEWICZ, ROBSON (2004), LINDSTRÖM, BERGSTRÖM (2004), RADZIJEWSKI, KUNDZEWICZ (2004), XIONG, GUO (2004) a YUE, PILON (2004). Ke statistikům zabývajícím se časovými

řadami náleží ANDĚL (1976), CIPRA (1986) a JARUŠKOVÁ (1990), která metody aplikuje přímo v hydrologii.

Jen okrajově se práce dotýká hydrografie povodí, přičemž asi nejzásadnější je vytvoření a rozbor rastrového digitálního modelu reliéfu (DMR). Ostatní fyzickogeografické poměry v povodí Rolavy popisuje MOSTECKÁ (2005).

2 Zdroje dat a použitý software

K analýze odtokových poměrů jsou využity řady průměrných denních průtoků ze stanic Stará Role a Chaloupky. Poskytl je Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Ten propůjčil taktéž digitalizované denní hodnoty ze srážkoměrných a klimatologických stanic ležících v ČR. Jelikož se povodí Rolavy rozkládá zčásti i na saské straně, byly obstarány také adekvátní údaje z několika stanic německých. Některé pochází z internetových stránek instituce Deutscher Wetterdienst (<http://www.dwd.de>), jiné zpřístupnili meteorologové z Technické univerzity Drážďany, kteří spravují databázi zvanou „Sächsische Klimadatenbank“.

Mezi mapová díla, na jejichž základě proběhla tvorba několika obrázků, patří Základní báze geografických dat v měřítku 1:10 000 (ZABAGED) a na ní navazující (tj. stejného měřítku) Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD). ZABAGED byla získána od Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního (ČÚZK). DIBAVOD je možné stáhnout z webu Oddělení geografických informačních systémů Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka (<http://www.vuv.cz/oddeleni-gis/>; dále jen VÚV). Kvůli zásahu povodí za hranice ČR a rovněž proto, že ČÚZK neuchovává obraz území okolních států na základních mapách většího měřítku, musely být digitalizovány a následně vektorizovány dva listy Základní mapy ČR 1:50 000 (ZM50) s názvy „01 – 34 Rolava“ a „01 – 43 Horní Blatná“. Zejména se jednalo o vrstevnice a vodní toky, které v ZABAGED už nejsou. Výjimečně se přistoupilo k práci s některými vrstvami díla ArcČR 500 společnosti ARCDATA PRAHA v měřítku 1:500 000. Nutno dodat, že všem výstupům byl ponechán souřadnicový systém S-JTSK a výškový systém baltský po vyrovnání.

Dodatečně byly převzaty i informace z Hydrologických poměrů ČSSR, které sice vznikly v 60. letech 20. stol. v tehdejší Hydrometeorologickém ústavu, ale stále jsou pro různá porovnávání užitečné.

Statistiky byly spočteny v programech MS Excel 2003 či SPSS 13.0, v nichž vznikaly také tabulky a grafy. Mapové podklady byly upravovány v aplikacích ArcGIS 9.2 a MapInfo Professional 8.0. Ještě je třeba uvést freeware AnClim Petra Štěpánka zaměřený na práci s klimatologickými řadami. Ten je dostupný na <http://www.climahom.eu/>.

3 Vymezení a hydrografická charakteristika povodí

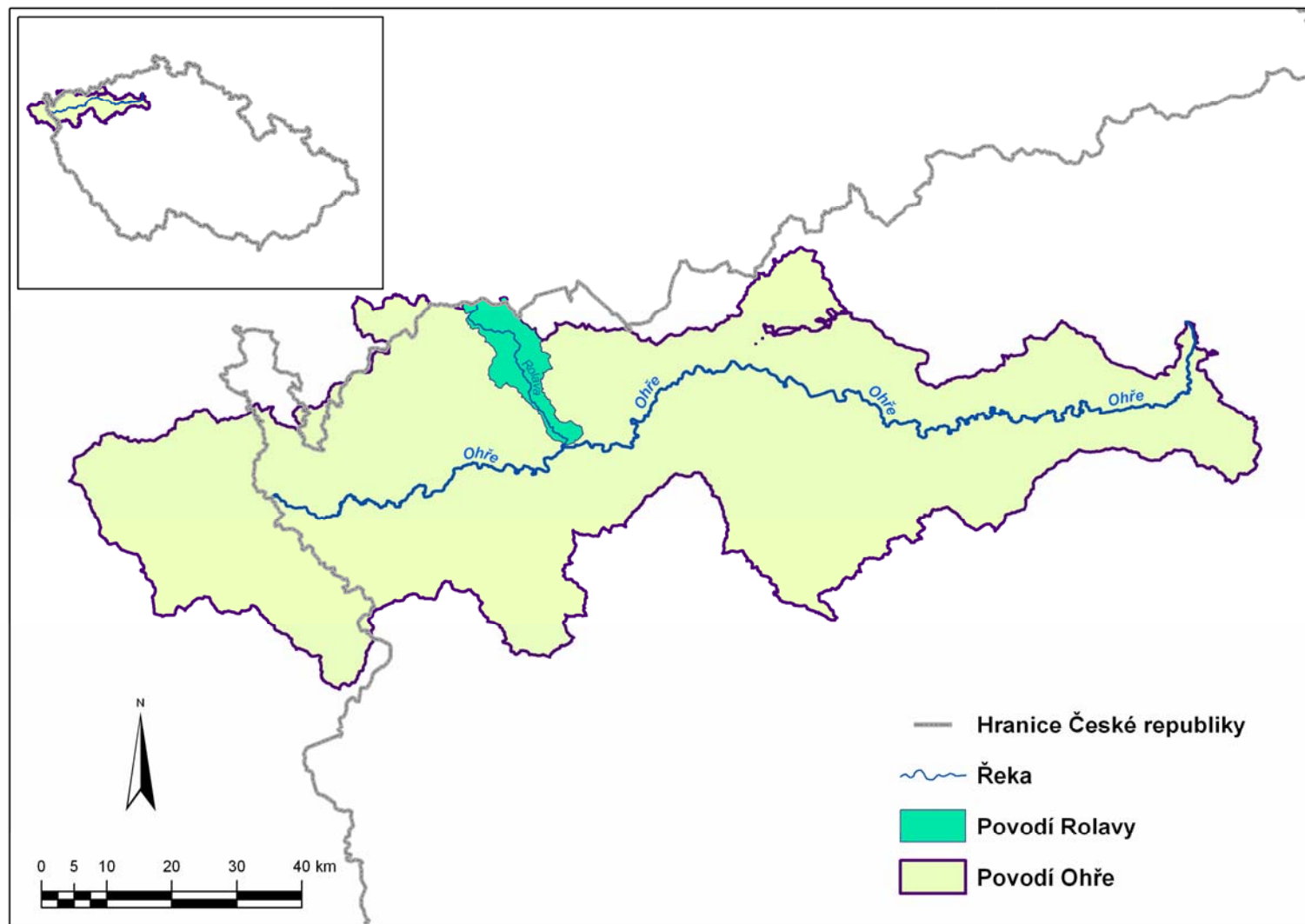
3.1 Vymezení povodí

Povodí řeky Rolavy se rozkládá na severozápadě ČR a z menší části zasahuje dokonce i do Německa. Rolava, levostranný přítok Ohře, je tokem III. řádu. Povodí je ze severozápadu, severu a severovýchodu rozvodnicí odděleno od povodí toků směřujících do ryze německých recipientů. Jejich příklady (nehledě na řád) mohou být Große Pyra, Wilzsch, Glashüttenbach, Große Bockau a Steinbach. Mezi toky, které ústí rovněž do Ohře a zároveň jejich povodí sousedí s povodím Rolavy, náleží na západě Svatava, na jihozápadě Chodovský potok, na jihovýchodě Vitický potok a na východě Bystřice. S polohou zájmového území vzhledem k povodí Ohře a státním hranicím seznamuje obr. 3.1. Bližší pohled na povodí Rolavy umožňuje obr. 3.2.

Z geomorfologického hlediska leží celé povodí v Krušnohorské subprovincii. Jsou zde zastoupeny celky Krušné hory a Sokolovská pánev. Převážnou část (asi 115 km² a tedy 83,4 %) zaujímá celek **Krušné hory**. Podle DEMKA ET AL. (1987) se jedná o plochou hornatinu s výškovou členitostí 200 – 500 m, se střední nadmořskou výškou 707,6 m a středním sklonem 7° 45'. Do povodí zasahuje jedním svým podcelkem – Klínoveckou hornatinou (BALATKA, KALVODA 2006).

Klínoveckou hornatinu označuje DEMEK ET AL. (1987) za hornatinu složenou z rul, svorů a fylitů krušnohorského krystalinika s vložkami odolnějších hornin a z variských rul. Morfologicky výrazné jsou zbytky terciérních lávových příkrovů. Klínovecká hornatina je kerná hornatina s rozlehlými zbytky zarovnaných povrchů protažená směrem jihozápad – severovýchod. Vrcholová část je plochá, mírně ukloněná k severozápadu. V jihozápadní části se v oblasti nižšího vyzdvižení zachovaly nižší vrchovinné a pahorkatinné jednotky. Klínovecká hornatina zasahuje do povodí dvěma svými okrsky, jimiž jsou Přebuzská hornatina a Jindřichovická vrchovina (BALATKA, KALVODA 2006).

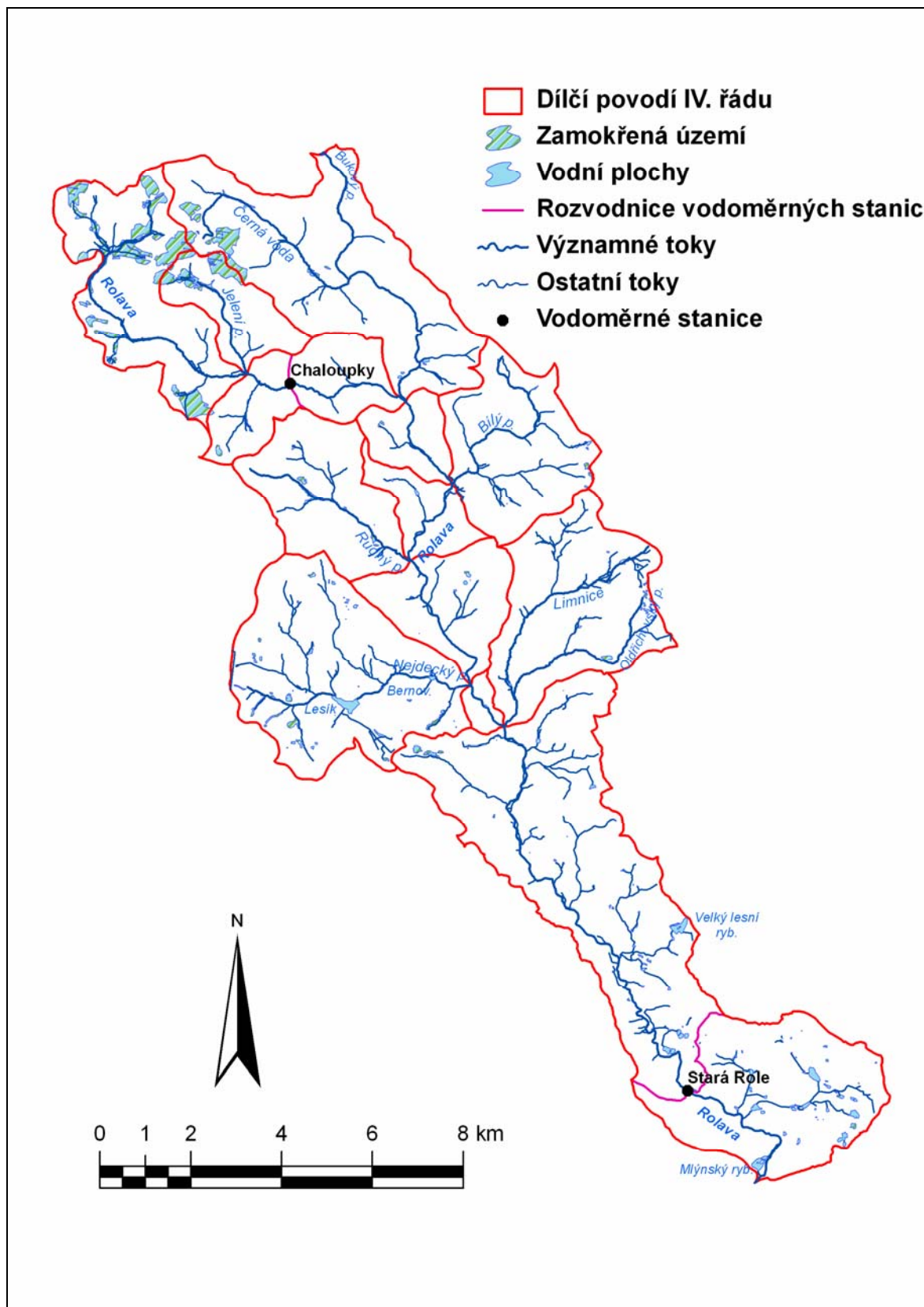
Obr. 3.1 - Poloha povodí Rolavy



Zdroj: DIBAVOD; ArcČR 500

Pozn.: Znáznorněna je pouze část Ohře tekoucí na území ČR, neboť vektorová vrstva toků DIBAVOD neobsahuje obraz území za hranicemi. „Díry“ na severozápadě povodí Ohře způsobuje přítomnost Podkrušnohorského přivaděče, který spojuje Ohři s Bílinou (tj. odvádí vodu do povodí Labe).

Obr. 3.2 - Povodí řeky Rolavy



Zdroj: DIBAVOD; ZM50

Přebuzská hornatina zabírá v povodí Rolavy 91,8 km², zatímco *Jindřichovická vrchovina* se s povodím kryje svými 23,3 km².

Menší část povodí Rolavy (kolem 22,9 km², tj. 16,6 %) zaujímá celek **Sokolovská pánev**, což je průměrně 8 km široká sníženina, protažená směrem jihozápad – severovýchod. Její střední výška je 451,8 m n. m. a střední sklon 3° 45' (DEMEK ET AL. 1987). Pánev je v povodí zastoupena dvěma svými okrsky – Chodovskou pánví a Ostrovskou pánví (BALATKA, KALVODA 2006).

Chodovská pánev v povodí Rolavy představuje asi 16,9 km². *Ostrovská pánev* na území povodí zabírá ze všech okrsků nejméně plochy, a to konkrétně něco přes 5,9 km².

Okrsky zasahující do povodí a dokonce podokrsky, na něž je rozdělena *Přebuzská hornatina* s *Jindřichovickou vrchovinou*, přehledně ukazuje obr. 3.3. Z něho si lze také vytvořit představu o rozlohách geomorfologických jednotek uvedených výše. Za připomínku stojí, že více podrobností nejen o přírodní sféře v povodí Rolavy obsahují práce MOSTECKÉ (2005), resp. LELUT (2007).

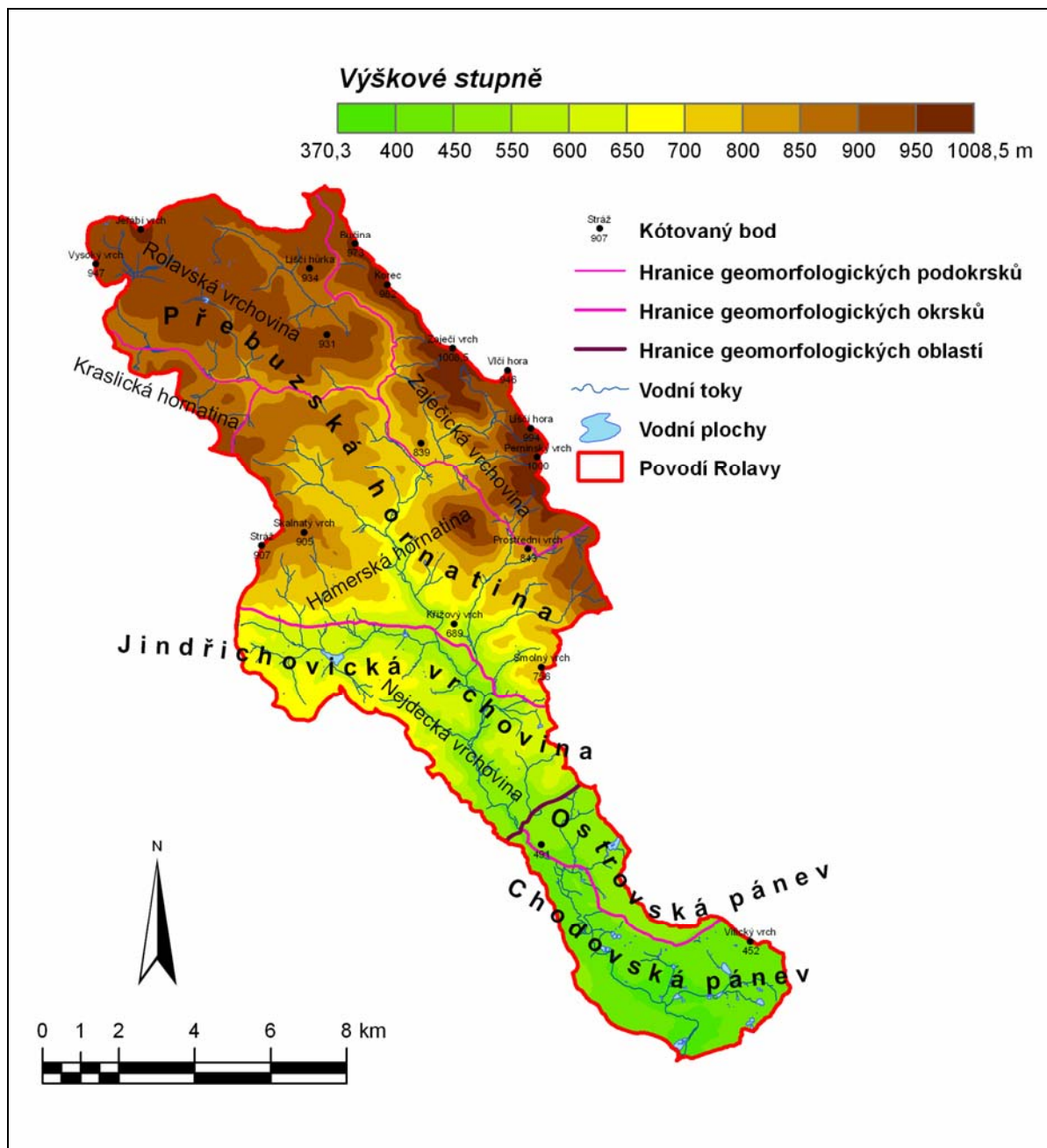
3.2 Hydrografická charakteristika povodí

Následující údaje byly zjišťovány hlavně pomocí DIBAVOD. To může mít za následek, že se některá čísla budou lišit od těch, které uvedli jiní autoři. Ostatní zdroje jsou udávány v závorkách. Zvláště vyčleněná je tu podkapitola o tvorbě a analýze DMR povodí Rolavy vycházející převážně z výškopisu ZABAGED.

Samotná řeka Rolava pramení v rašeliništích pod Jeřábím vrchem při státní hranici s Německem (ta probíhá o něco severněji) v nadmořské výšce 920,8 m a ústí zleva do Ohře na jejím 171,6 ř. km v Karlových Varech – Rybářích ve výšce 370,3 m n. m. (VÚV 2006). Plocha povodí se rovná 138,005 km² a délka toku 36,648 km.

Za nejvýznamnější **levostranné přítoky** lze pokládat Jelení potok, Černou vodu (nazývanou též Černým potokem nebo Slatinným potokem), Bílý potok a Limnici (Limnický potok). Jelení potok pramení severně od Rudenského vrchu a ústí do Rolavy nad bývalou osadou Chaloupky na 29,1 ř. km. Pramen Černé vody se nachází jihojihozápadně od Ploché hory při státních hranicích ve výšce 915 – 920 m n. m. S Rolavou se stéká severozápadně od Vysokého vrchu na ř. km 24,9. V průměru sem přináší každou sekundu 0,21 m³ vody (VLČEK ET AL. 1984). Bílý potok má pramen na severozápadě od Perninku a do Rolavy ústí

Obr. 3.3 - Geomorfologie povodí Rolavy



Zdroj: DIBAVOD; ZABAGED; ZM50; BALATKA, KALVODA (2006)

v Nových Hamrech na ř. km 22,6. Limnice pramení jižně od Perninku v nadmořské výšce 910 – 912 m. Ústí u Nejdku na ř. km 15,4, kde její průměrný průtok činí $0,14 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (VLČEK ET AL. 1984).

K významným **pravostranným přítokům** lze řadit Rudný potok (Rudenský potok) a Nejdecký potok. Vodu z Rudného potoka, který pramení severovýchodně od Rudenského Špičáku, Rolava přijímá na svém 20,3 ř. km na jihovýchodě od Vysoké Pece. Nakonec Nejdecký potok pramenící jihozápadně od Nejdku se do Rolavy vlévá v Nejdku na ř. km 16,7.

Z ostatních toků v povodí Rolavy stojí za povšimnutí ještě Bukový potok (přítok Černé vody na jejím 4,4 ř. km) a Oldřichovský potok (přítok Limnice na jejím 0,7 ř. km). Informace o délkách vybraných toků a plochách jejich povodí podává tab. 3.1. Ta také ukazuje, jak se liší výsledky analýzy DIBAVOD od čísel z Hydrologických poměrů ČSSR. Rozdíl v délkách Nejdeckého potoka je už tak významný, že dokazuje spíše zkrácení tohoto toku v minulosti.

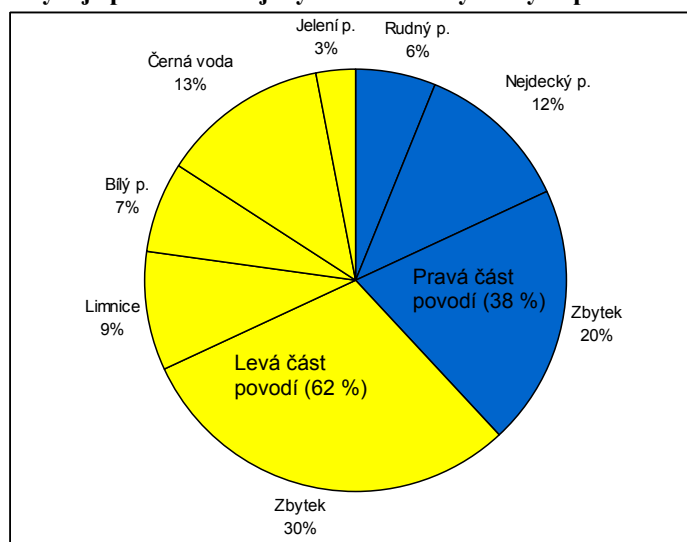
Vodních ploch se v povodí nachází 154 a jejich celková plocha činí 54,84 ha. Největší z nich je akumulací nádrž Lesík (9,3 ha) na Nejdeckém potoce (VÚV 2006). Pro textilní průmysl v Nejdku je též důležitá nádrž Bernov o rozloze 1 ha (LELUT 2007).

Tab. 3.1 - Délky vybraných toků a plochy jejich povodí dle DIBAVOD a Hydrologických poměrů ČSSR

Název toku	DIBAVOD		Hydrologické poměry	
	Plocha (km ²)	Délka (km)	Plocha (km ²)	Délka (km)
Jelení potok	4,183	3	4,237	3,2
Černá voda	17,713	9,6	17,407	8,9
Bílý potok	9,691	5,1	9,117	4,9
Rudný potok	8,472	4,5	8,46	4,4
Nejdecký potok	16,539	5,7	16,457	7,2
Limnice	12,353	6,2	12,636	6
Bukový potok	-	3,5	-	-
Oldřichovský potok	-	4,6	-	-
Rolava	138,005	36,648	136,808	33,2

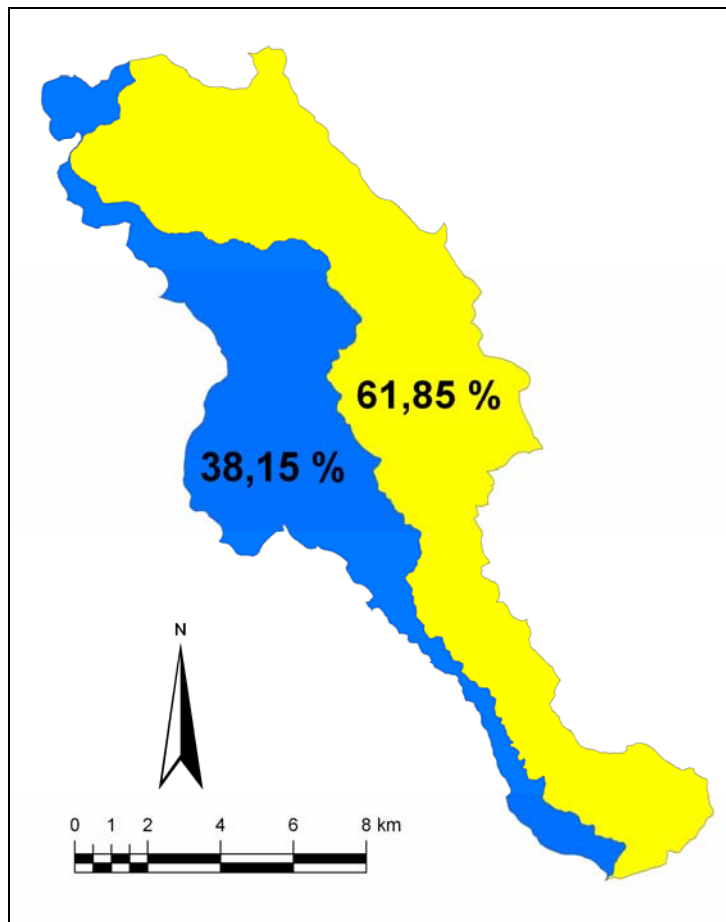
O vývoji povodí vypovídá obr. 3.4. Levá část povodí značně převažuje nad jeho pravou částí. Povodí významných přítoků se nepodílí ani polovinou na celkové ploše.

Obr. 3.4 - Kruhový graf vývoje povodí sestrojený na základě vybraných povodí IV. řádu



Zdroj: DIBAVOD; ZM50

Obr. 3.5 - Symetrie plochy povodí Rolavy



Zdroj: DIBAVOD; ZABAGED

Pozn.: Pravá a levá část povodí jsou odlišeny obdobně jako v obr. 3.4.

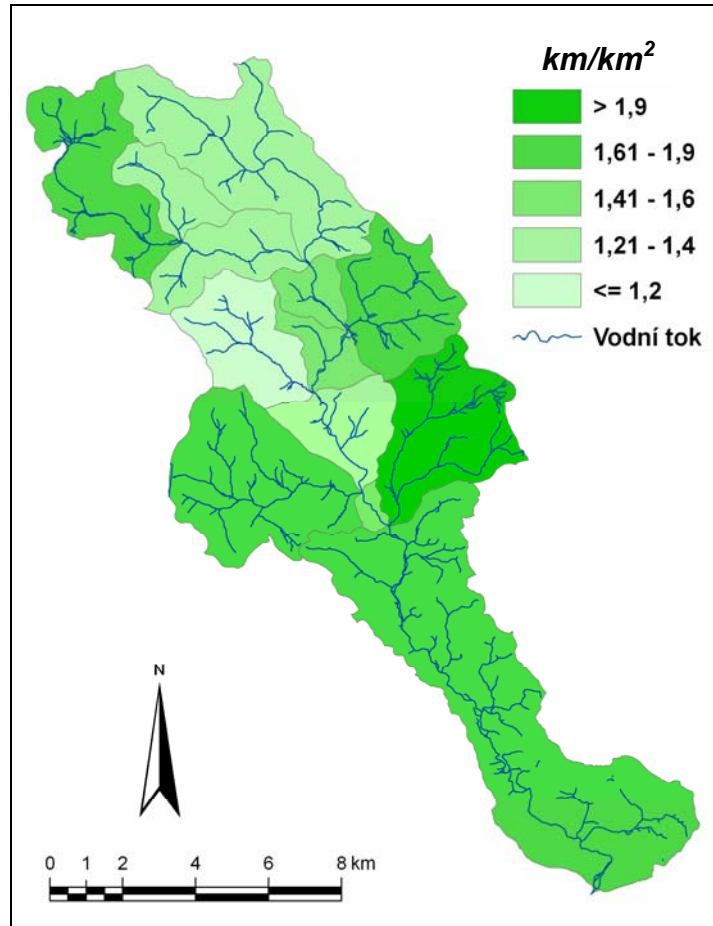
Ke každému dílčímu povodí lze určit několik veličin a vytvořit obrázky, které říkají něco o tvaru povodí, jeho výškových poměrech, říční síti v něm a také něco o samotném toku.

V případě povodí Rolavy vychází:

- **délka rozvodnice $L_R = 82,123$ km**
- **Gravelliův koeficient $K_G = 1,972$**
- **charakteristika povodí $\alpha = 0,103 \rightarrow$ protáhlý tvar**
- **koeficient souměrnosti plochy povodí $K_S = 0,237 \rightarrow$ relativní symetrie (blíže viz obr. 3.4 a 3.5)**
- **šířka povodí $\bar{s} = 3,766$ km**
- **délka všech vodních toků v povodí $\Sigma L = 221,394$ km**
- **hustota říční sítě $r = 1,604$ km/km² (obr. 3.6)**
- **přímková spojnice pramene a ústí $l_p = 25,47$ km**
- **koeficient křivolakosti $K_k = 1,439$.**

Vzorce pro výpočet uvedených hodnot popisuje a interpretuje např. NETOPIIL (1970). LEDVINKA (2006) navíc uvádí, že úsek Rolavy před ústím do Ohře má podle Strahlera pořadí 5. MOSTECKÁ (2005) o říční síti v povodí tvrdí, že má stromovitý tvar. Toto obr. 3.2 jen potvrzuje. Výškové poměry povodí jsou rozebírány v následující subkapitole 3.2.1.

Obr. 3.6 - Hustota říční sítě na základě povodí IV. řádu



Zdroj: DIBAVOD; ZM50

3.2.1 Digitální model reliéfu povodí

ZABAGED obsahuje vcelku kvalitní výškopis vyjádřený 3D modelem reliéfu. Vznikal v letech 1994 – 2000 vektorizací vrstevnic ze Základní mapy ČR 1:10 000. V civilním sektoru jde o jediný DMR, souvisle pokrývající celé území státu, který poskytuje údaje o výškách na zemském povrchu s přesností několika málo metrů. Jiné modely vyšší přesnosti a podrobnosti jsou k dispozici jen v menších lokalitách mapovaných ve velkých měřítkách (1:5000 a větších) nebo jako součást účelového mapování lokalit pro potřeby výstavby, příp. lokální DMR jako dílčí produkt při vyhotovení ortofotomap (ŠÍMA, EGRMAJEROVÁ 2004).

Přestože se produkt dnes velmi hojně používá např. při tvorbě hydrologických modelů pro simulaci srážkoodtokových (s-o) procesů v povodí (např. JENÍČEK 2005), není správné jej přeceňovat. EGRMAJEROVÁ (2004) a ŠÍMA, EGRMAJEROVÁ (2004), kteří prověřovali jeho vlastnosti, upozorňují hydrology na nedostatečné vyjádření přirozených zářezů a na chyby v terénu poznamenaném lidskou činností, kde vrstevnice DMR ZABAGED spolehlivě nebo vůbec nevystihují umělé terénní hrany (náspy, výkopy, hráze, nábreží).

Nicméně pro potřeby této práce s přihlédnutím k uvedeným nedostatkům a k měřítku povodí výškopis ZABAGED naprosto postačuje. Naplánovala se tak **tvorba rastrového (gridového) DMR** z dostupných 20 digitálních mapových listů. Veškeré úkony probíhaly v ArcGIS. BÍL (2003) a KRÁSA, DAVID ET AL. (2006) doporučují z vrstevnic (příp. bodů) nejprve zkonstruovat nepravidelnou trojúhelníkovou síť (TIN), což je vůbec nejvěrnější způsob kopírování skutečného tvaru reliéfu, a pak ji interpolovat do rastru v požadovaném rozlišení, jenž je náležitě vhodný pro statistické zpracování. Zde se však postupovalo jinak.

Po doporučení LANGHAMMERA (2005) byly vrstevnice nejdříve převedeny na body. Výsledná síť se tedy skládala ze všech počátečních, koncových a mezilehlých bodů (tzv. vertexů). Body byly také doplněny kótami, jež se nalézají v polohopisu ZABAGED, a především obohaceny o odpovídající obraz německé části povodí. Toho se docílilo digitalizací analogové ZM50 (listy „01 – 34 Rolava“ a „01 – 43 Horní Blatná“) a její následnou georeferencí a vektorizací. Samotný rastr poté vznikl prostřednictvím nástroje **Topo to Raster**, který je součástí extenze *3D Analyst* (3DA).

BŘEZOVIČ (2006) tuto funkci popisuje jako interpolační metodu vyvinutou speciálně pro modelování hydrologicky korektního DMR. Vstupními daty nejsou jen vrstevnice, ale i výškové body, toky, vodní plochy, malé bezodtoké oblasti (tzv. sinky) a hranice povodí. Spojuje tři interpolační metody (IDW, spline a kriging), přičemž klade důraz na hlavního erozního činitele – vodní tok. Znalosti chování povrchů využívá k omezení interpolačních procesů. Výsledkem je správná interpretace hřebenů a toků. Jde o hladký povrch vytvořený spinovou funkcí, do kterého jsou dále implementovány náhlé změny terénu – hřebeny, vodní toky. Tzv. globální odvodňovací podmínka omezuje vznik sinků. Spojením rozdílných interpolačních metod získává tato metoda přesnost lokální interpolace (IDW) a přitom neztrácí souvislosti dané globálními metodami (kriging, spline). Podmínka odvodnění umožňuje generovat DMR o vysoké přesnosti bez nutnosti velkého množství vstupních dat. Při zadání vstupních údajů jsou pro výpočet vyžadovány další kontrolní parametry (např. výsledné rozlišení, prostorový rozsah interpolace, počet pixelů vstupujících do interpolace za

hranicí povodí, minimální a maximální výška výsledného DMR, maximální počet iterací apod).

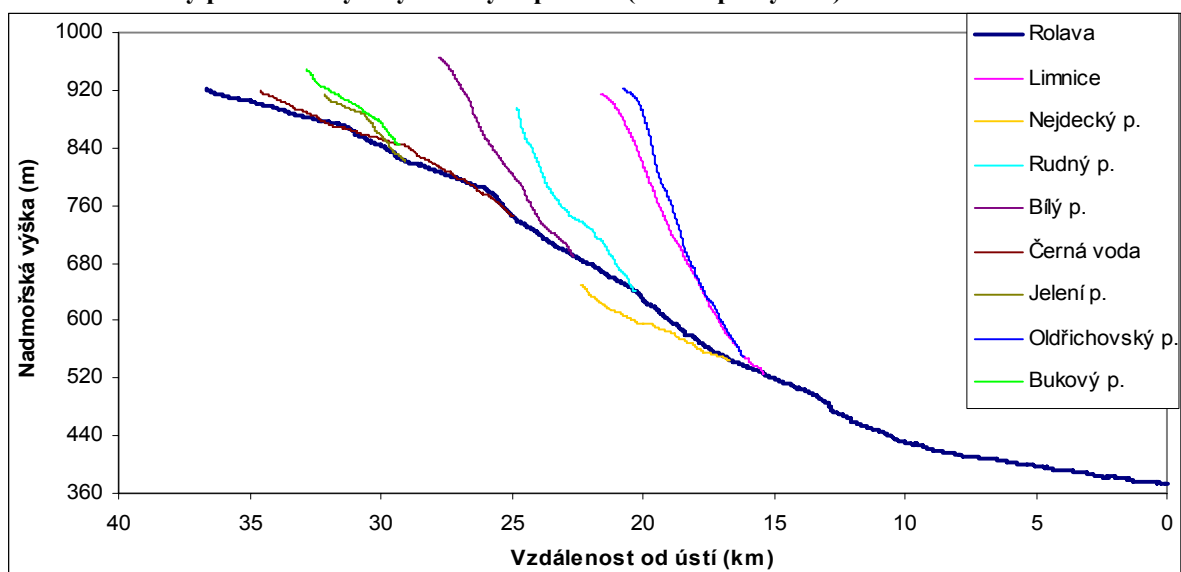
U povodí Rolavy posloužily jako zdroj tyto vrstvy: vytvořená síť výškových bodů ze ZABAGED nebo ZM50 a vrstvy s vodními toky a vodními plochami z DIBAVOD. Jako hranice rastru byla zvolena polygonová vrstva s povodím Rolavy rovněž z DIBAVOD. Bíl (2003) pracoval s podobnými podklady měřítka 1:25 000 (DMÚ25) a použil relativně hrubý rastrový model (pixel 20 x 20 m), což odůvodnil tím, že při tomto rozlišení zanikají drobné tvary reliéfu, jejichž původ je téměř vždy exogenní (strže, sesuvy, skalní tvary). Zde se však nastavila buňka o straně 15 m. Ostatním parametrům byla ponechána nastavení původní. Výsledek nakonec prošel procesem nízkofrekvenčního filtrování pomocí nástroje **Filter** z nadstavby *Spatial Analyst* (SA), čímž se potlačily lokální detaily a odstranily izolované hodnoty. Pak se konečně přistoupilo k **analýze DMR**.

Výškové poměry povodí do určité míry vystihuje již zmíněný obr. 3.3. Nejvyšší bod v povodí Rolavy představuje Zaječí vrch (1008,5 m n. m.), zatímco nejnižší místo, kde řeka ústí do toku vyššího řádu (370,3 m n. m.). Po dosazení příslušných hodnot pak platí, že

- **převýšení povodí $\Delta h = 638,2$ m**
- **spád povodí $I = 54,33$ ‰.**

Z DMR lze také stanovit **střední nadmořskou výšku povodí**. Pokud se za ni vezme průměrná hodnota všech buněk modelu, pak vyjde přibližně 732,5 m. O středních výškách povodí nad závěrovými profily viz kap. 5.2.3.

Obr. 3.7 - Podélný profil Rolavy a významných přítoků (28krát převýšeno)

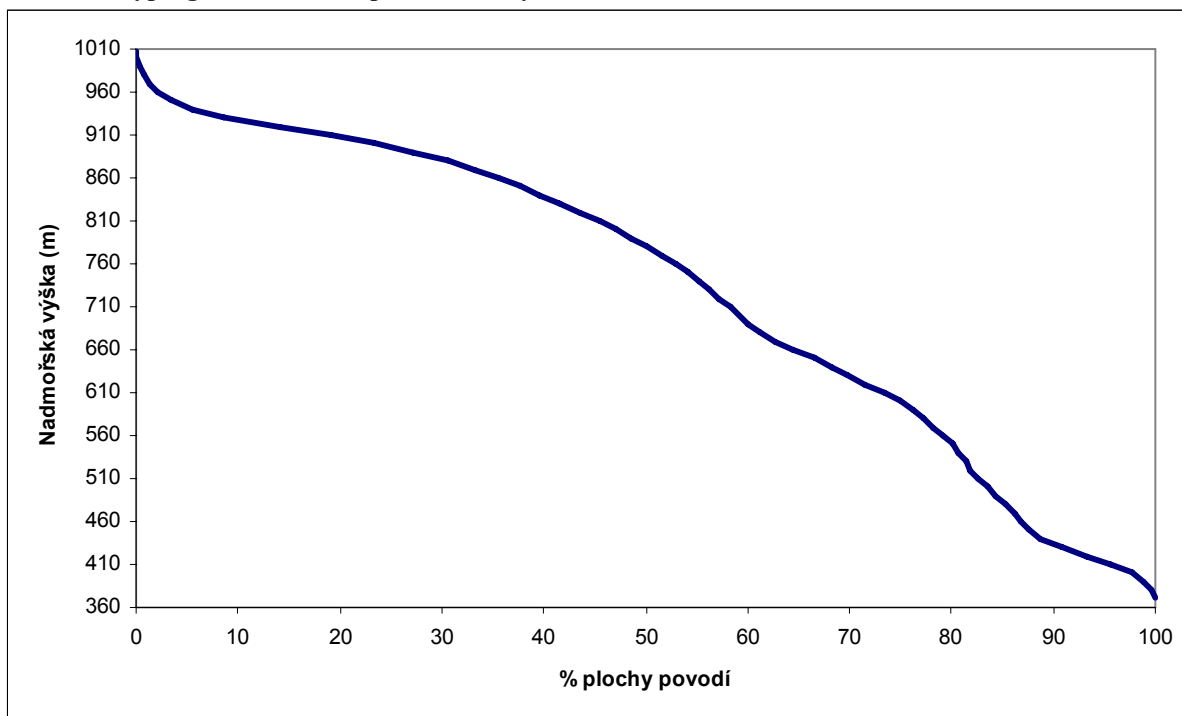


Zdroj: ZABAGED; DIBAVOD; ZM50

Ve 3DA byly funkcí **Create Profile Graph** tvořeny profily vybraných toků. Každý tok však musel být předtím sjednocen do jedné 3D linie (na trojrozměrné objekty umí obyčejné vrstvy konvertovat rovněž 3DA). Výsledky se exportovaly do programu Excel, aby v něm pak mohl vzniknout **rozvinutý podélný profil** (obr. 3.7). I když je značně zjednodušující, ukazuje, že se výškové poměry toků v povodí mění rychle. Za povšimnutí stojí hlavně převýšení mezi prameny a ústími. Přitom pramen Rolavy neleží nejvýše, překonává ho např. pramen Bílého potoka.

Nástroj **Surface Volume** (3DA) umožňuje počítat plochu (2D a 3D) a objem reliéfu omezeného určitou nadmořskou výškou. Po jeho dávkové aplikaci, v níž se vybral interval 10 m, vznikl textový soubor, který byl následně převeden do Excelu. V něm se pak zkonstruovala **hypsografická křivka povodí** (obr. 3.8). Ta vypadá dosti atypicky a svědčí o tom, že ve vyšších partiích je povodí téměř ploché. To demonstruje i obr. 3.9 (vytvořen za pomoci funkce **Slope** v 3DA), který informuje o **sklonech svahů v povodí**. Dokonce nad vodoměrnou stanicí Chaloupky je maximální sklon $24,1^\circ$ oproti $33,1^\circ$ nad Starou Rolí¹. Nicméně ČEKAL (2005) uvádí, že povodí levostranných přítoků Ohře (včetně Rolavy) vykazují v rámci jejího horního povodí jedny z největších sklonitostí reliéfu.

Obr. 3.8 - Hypsografická křivka povodí Rolavy

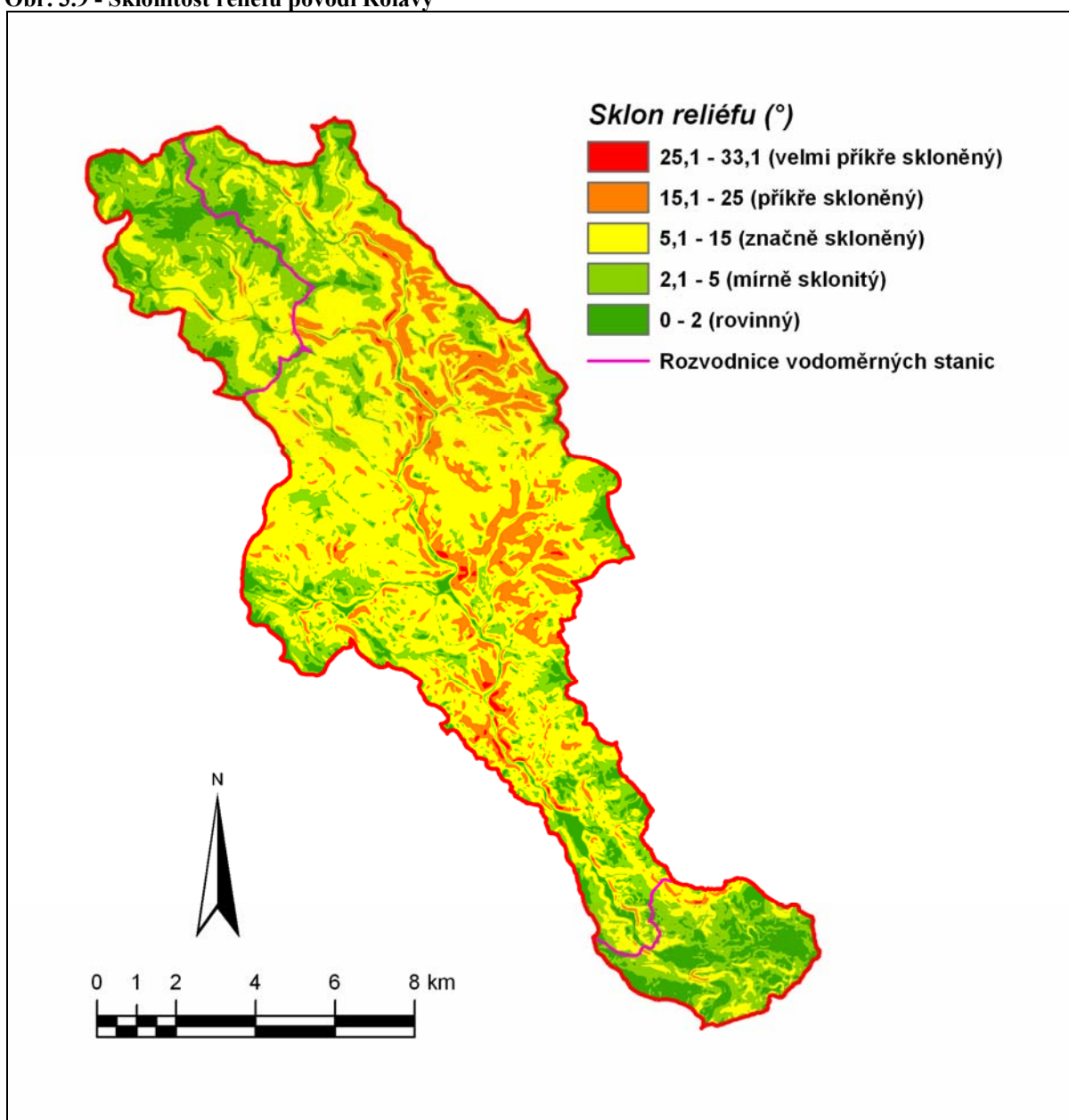


Zdroj: ZABAGED; DIBAVOD; ČAPEK ET AL. (1992)

¹ Stejný maximální sklon (tj. $33,1^\circ$) platí i pro celé povodí Rolavy.

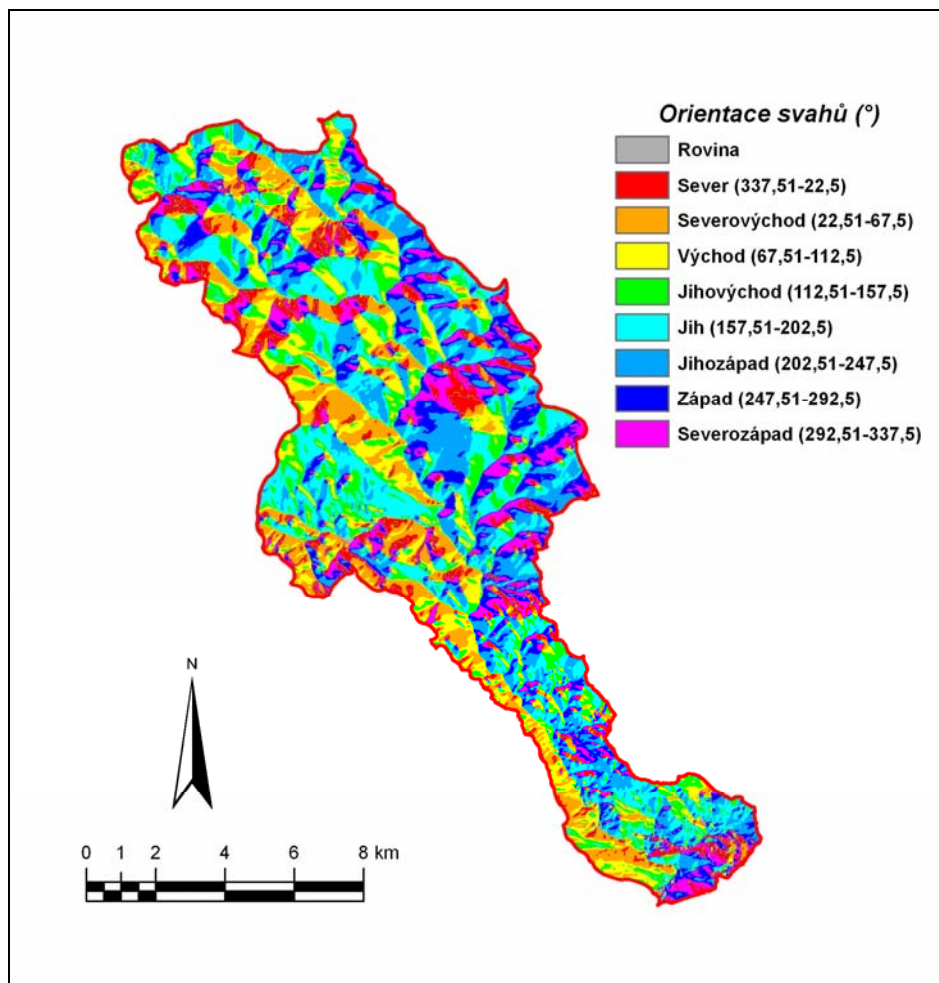
Na obr. 3.10 (využita funkce 3DA *Aspect*) a 3.11 je prezentována **orientace svahů v povodí Rolavy**, resp. v jeho dílčích částech. Především obr. 3.11 jasně sděluje, že tu dominují svahy s jižní a jihozápadní orientací, což může mít zásadní vliv např. při jarním tání sněhu či pro příchod srážkových polí od západu. Tyto dva směry se v růžici podílí dohromady asi 35,5 %. Nejméně svahů je obráceno na severozápad (pod 8,5 %). Mnoho se ani nezmění, když se povodí ořízne rozvodnicí stanice Stará Role. Zato nad Chaloupkami dochází ke změnám zejména u jihozápadních svahů (podíl klesá ze 17 % na 14 %) a svahů severních (podíl vzroste z 9 % na téměř 12 %).

Obr. 3.9 - Sklonitost reliéfu povodí Rolavy



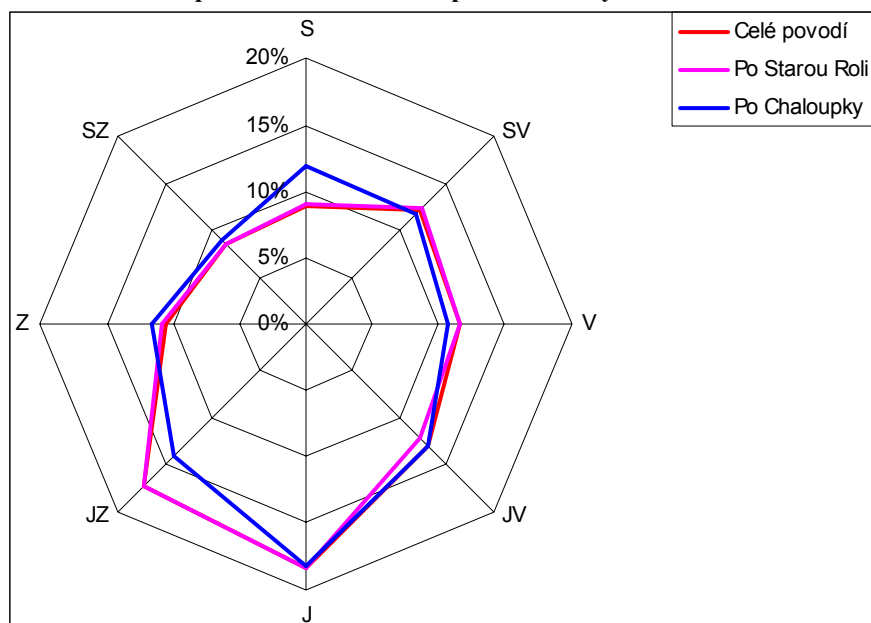
Zdroj: ZABAGED; DIBAVOD

Obr. 3.10 - Orientace svahů v povodí Rolavy



Zdroj: ZABAGED; DIBAVOD

Obr. 3.11 - Procentuální zastoupení orientací svahů v povodí Rolavy



Zdroj: ZABAGED; DIBAVOD

4 Odtokové poměry v povodí

4.1 Vodoměné stanice

Pro analýzu odtokových poměrů v povodí Rolavy byla k dispozici data o **průměrných denních průtocích Q_d** ze stanic **Stará Role** (obr. 4.1) a **Chaloupky** (obr. 4.2), jež provozuje ČHMÚ Plzeň. Obě leží na řece Rolavě, přičemž Stará Role reprezentuje část povodí o ploše 125,34 km² (což činí asi 91 % povodí celkového) a stanice Chaloupky vymezuje část o ploše 18,74 km² (13,6 %). Dá se tedy konstatovat, že rozбором dat ze stanice Stará Role se získají užitečné informace o odtokových poměrech v téměř celém povodí a že analýza dat ze stanice Chaloupky může posloužit k vytvoření představy o odtokových poměrech v horní části povodí.

Poloha stanic v povodí a jejich rozvodnice jsou zřetelně vidět na již předešlém obr. 3.2. Některé údaje o uvedených stanicích podává souhrnně tab. 4.1. Otázka počátků měření je tímto zodpovězena (v Chaloupkách hydrologický rok 1967 a ve Staré Roli rok 1969). Obě stanice měří dodnes, avšak ne nepřetržitě, neboť ve Staré Roli došlo od srpna 2004 do října 2005 (včetně těchto měsíců) k výpadku (ČEKAL 2007). Úplná aktualizace rozborů dat, které prováděl LEDVINKA (2006), tak nyní nebyla možná. Dostupné časové řady Q_d pro tuto studii definitivně končí celým hydrologickým rokem 2007. V dalších podkapitolách bude u každé stanice zohledněno celistvé hydrologické období s vynecháním patřičných časových úseků. Tam, kde to bude nezbytně nutné (např. pro porovnání), budou výsledky reprezentovat pouze období určené řadou ze Staré Role (1969 – 2003). Základní jednotky odtoku za toto období obsahuje již tab. 4.2.

Pokud bude v následujícím textu operováno s „plochou povodí“, půjde o plochu omezenou vodoměrnou stanicí a ne o plochu zjištěnou např. pomocí součtu ploch příslušných povodí IV. řádu.

Tab. 4.1 - Přehled některých údajů o vodoměrných stanicích Chaloupky a Stará Role

Stanice	Tok	Číslo hydrologického pořadí	Data-ban-kové číslo	Plocha povodí (km ²)	% plochy povodí toku	Stani-čení (km)	Zeměpisné souřadnice	Počátek uložení dat v databázi	Kate-gorie objek-tu	Provozova-tel
Chaloupky	Rolava	1-13-01-155	2091	18,74	14	27,9	12°40' v.d., 50°23' s.š.	1.11.1966	2	ČHMÚ Plzeň
Stará Role	Rolava	1-13-01-165	2101	125,34	91	3,84	12°49' v.d., 50°15' s.š.	1.11.1968	1	ČHMÚ Plzeň

Zdroj: ČHMÚ; DIBAVOD

Obr. 4.1 - Vodoměrná stanice Stará Role v létě 2006



Foto: autor

Obr. 4.2 - Vodoměrná stanice Chaloupky v zimě 2004/2005



Foto: J. Lelut

Tab. 4.2 - Základní absolutní a relativní jednotky odtoku za období 1969-2003 v povodí Rolavy

Stanice	Stará Role	Chaloupky
Normál (dlouhodobý průměrný průtok) Q_a	2,39 m ³ .s ⁻¹	0,72 m ³ .s ⁻¹
Obyčejný průtok (medián) $Q_{182,5}$	1,6 m ³ .s ⁻¹	0,498 m ³ .s ⁻¹
Nejčastěji se vyskytující průtok (modus)	1,65 m ³ .s ⁻¹	0,27 m ³ .s ⁻¹
Objem odtoku (průměrného roku) O	0,075 km ³	0,023 km ³
Dlouhodobý průměrný specifický odtok q_a	19,08 l.s ⁻¹ .km ⁻²	38,41 (5,74) l.s ⁻¹ .km ⁻²
Průměrná výška odtoku H_{oa}	600,98 mm	1209,92 (180,9) mm

Zdroj: ČHMÚ; DIBAVOD

Pozn.: Údaje v závorkách platí pro plochu povodí nad profilem Stará Role. Výpočty vysvětluje např. NETOPIL (1970) nebo NETOPIL ET AL. (1984).

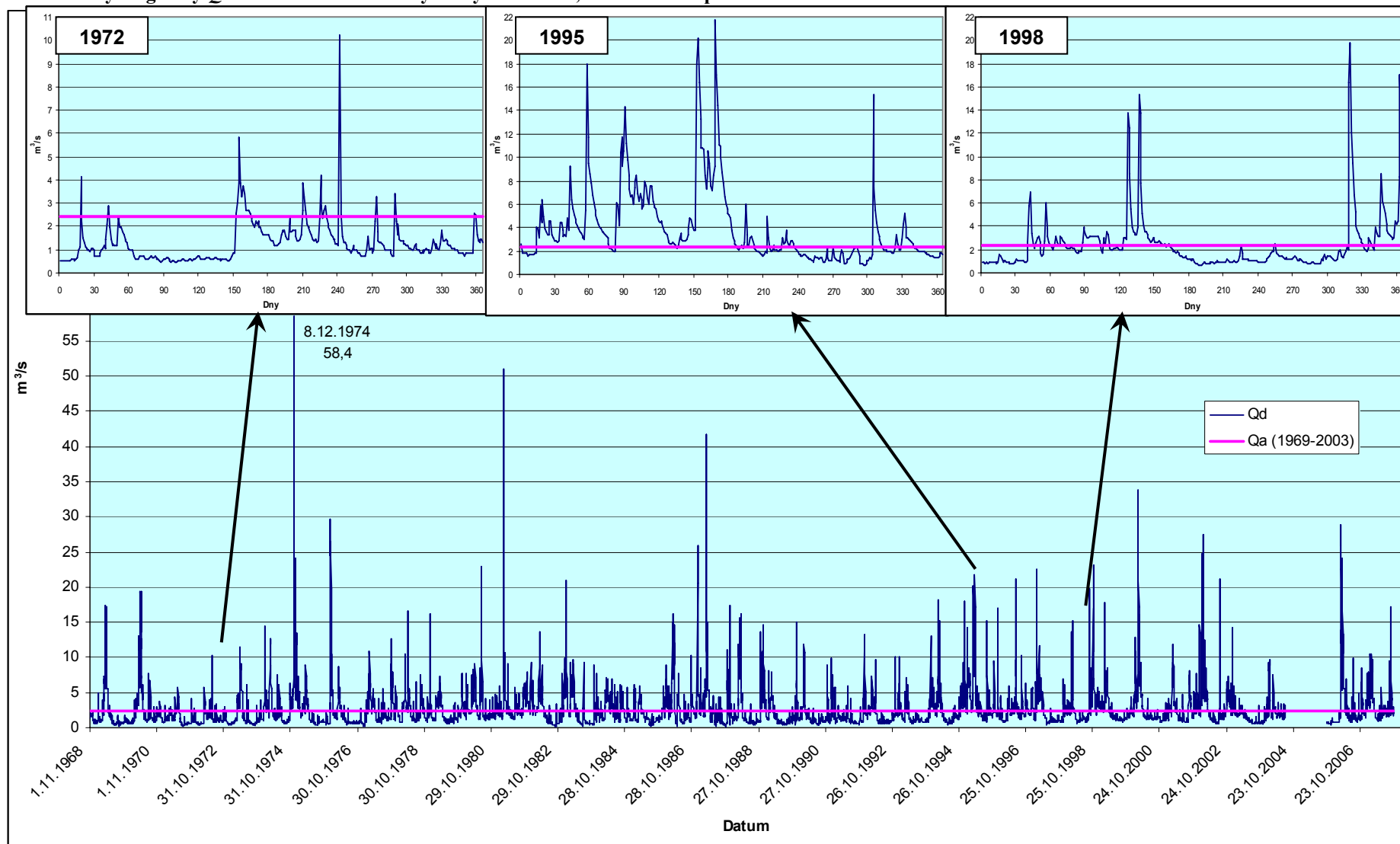
4.2 Změny denních průtoků v průběhu roku a míra jejich rozkolísanosti

Nejlepší představu o proměnlivosti Q_d poskytují čáry průtoků (tzv. hydrogramy). Na obr. 4.3 a 4.4 jsou takové **hydrogramy** sestaveny za co nejdelší období pro stanici Stará Role, resp. Chaloupky. Pomocí vztahu Q_r/Q_a (blíže viz kap. 4.4) byly určeny roky, kdy měla Rolava podprůměrnou, průměrnou a nadprůměrnou vodnost v období 1969 – 2003. Proto oba obr. obsahují hydrogramy i těchto let.

U **Staré Role** jde konkrétně o roky 1972, 1998 a 1995. Z čar průtoků je patrná většinou vysoká rozkolísanost především v jarní části roku, kdy je Rolava živena hlavně vodou z tajícího sněhu. Dochází k určitému zpoždění kvůli horské poloze povodí, a tak nejvíce vody na jaře protéká v dubnu. Někdy se ale stává, že je zima mírnější a nejvodnější je pak březen (např. rok 1998). Jindy je zima tak mírná, že se téměř neudrží sněhová pokrývka a roztátý sníh spolu s deštěm zapříčiňují výskyt vysokých zimních průtoků (např. nejvodnější rok 1995). Vysokou variabilitu je možné pozorovat i v letních obdobích (rok 1972). To je způsobeno intenzivními dešťovými srážkami, které v této části roku podstatně ovlivňují odtokový režim. O nějaké pravidelnosti ve výskytu maxim během roku lze hovořit jen těžko. Může k nim dojít na jaře, v létě i v průběhu raného podzimu a dokonce v zimě. Příčinou je kombinace hned několika faktorů jako třeba tající sněh, zmrzlá půda a vypadávání kapalných srážek. Také se jistě projevují měnící se podmínky s nadmořskou výškou. Minima (i z hlediska proměnlivosti) mohou naproti tomu nastat jak v zimě (1972), tak i v létě (1995, 1998). Hydrogramy rovněž ukazují, že v povodí dochází k poměrně rychlým změnám průtoků, což je typické pro malá, zvláště horská povodí.

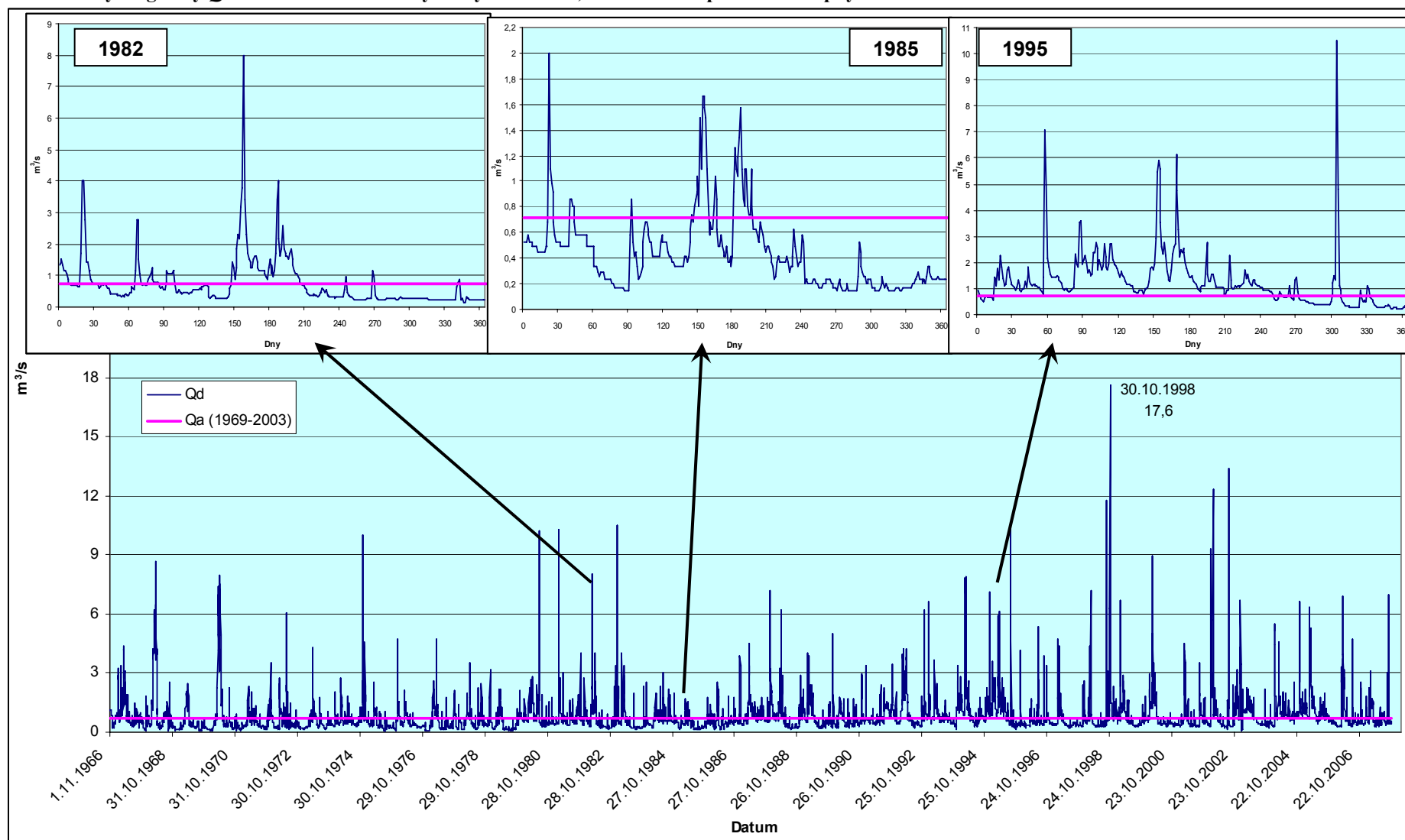
Absolutně *nejnižšího* Q_d za období 1969 – 2003 bylo ve Staré Roli dosaženo ve dnech 27. – 30.9. 1982, kdy činil 0,18 m³.s⁻¹. Absolutního *maxima* bylo dosaženo 8.12. 1974 (takže v hydrologickém roce 1975), kdy Q_d činil 58,4 m³.s⁻¹ (viz obr. 4.3).

Obr. 4.3 - Hydrogramy Q_d období 1969-2007 a vybraných let 1972, 1995 a 1998 - profil Stará Role



Zdroj: ČHMÚ

Obr. 4.4 - Hydrogramy Q_d období 1967-2007 a vybraných let 1982, 1985 a 1995 - profil Chaloupky



Zdroj: ČHMÚ

V **Chaloupkách** byl v období 1969 – 2003 nejmeně vodný rok 1985, průměrně vodný rok 1982 a nejvodnější rok opět rok 1995. Na hydrogramech je zřetelná vysoká rozkolísanost zejména v první polovině hydrologického roku, konkrétněji od listopadu do května. To je způsobeno existencí určitých period, kdy odtává část nebo celá sněhová pokrývka. K tomu se mohou přidávat srážky ve formě deště. Někdy se horní tok Rolavy rozvodní rychle i v létě, a to spíše na jeho konci (viz rok 1995). Za tímto jevem dozajista stojí intenzivní dešťové srážky. Obrázky též prozrazují, jak se jarní tání sněhu ve vrcholových partiích Krušných hor odsouvá až do dubna a leckdy i května (např. roky 1985 a 1982). Maxima Q_d nastávají buď při rychlém odtávání sněhu v dubnu, anebo po letních či raně podzimních deštích. Minima jsou četnější v suchých letních měsících.

Absolutně *nejnižší* Q_d se na stanici Chaloupky za období 1969 – 2003 vyskytly od 11. do 17.8. 1975. Hodnoty tehdy klesly až na $0,04 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Naopak *maximální hodnoty* Q_d dosáhly 30.10. 1998, kdy Chaloupkami protékalo v průměru $17,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Období 1967 – 2007 přitom větší extrémy nemá.

Rozkolísanost Q_d vyjadřují však i tvary čar (křivek) překročení (histogramů kumulovaných četností). Obr. 4.5 obsahuje **křivky průměrného překročení** za období 1969 – 2003 (v případě Chaloupek také 1967 – 2007). Na něj navazuje tab. 4.3 s odpovídajícími M -denními průtoky.

Kromě velké rozkolísanosti Q_d lze z křivek vyčíst, že pro daná povodí jsou po většinu roku typické nízké průtoky. To dokazují malé rozdíly např. mezi velikostí Q_{350} a Q_{200} . Pro případ porovnávání křivek různých toků doporučuje KEMEL (2000) vynášet na osu pořadnic relativní čísla, tzv. moduly Q_{di}/Q_a . Z tohoto znázornění pak plyne, že se v Chaloupkách statistický soubor chová v průměru méně vyrovnaně, ale nejen při pohledu na M -denní průtoky v této stanici se dá dospět k tomu, že při prodlužování časového měřítka nastává vyrovnaní, i když se křivky období 1969 – 2003 a 1967 – 2007 od sebe mnoho neliší.

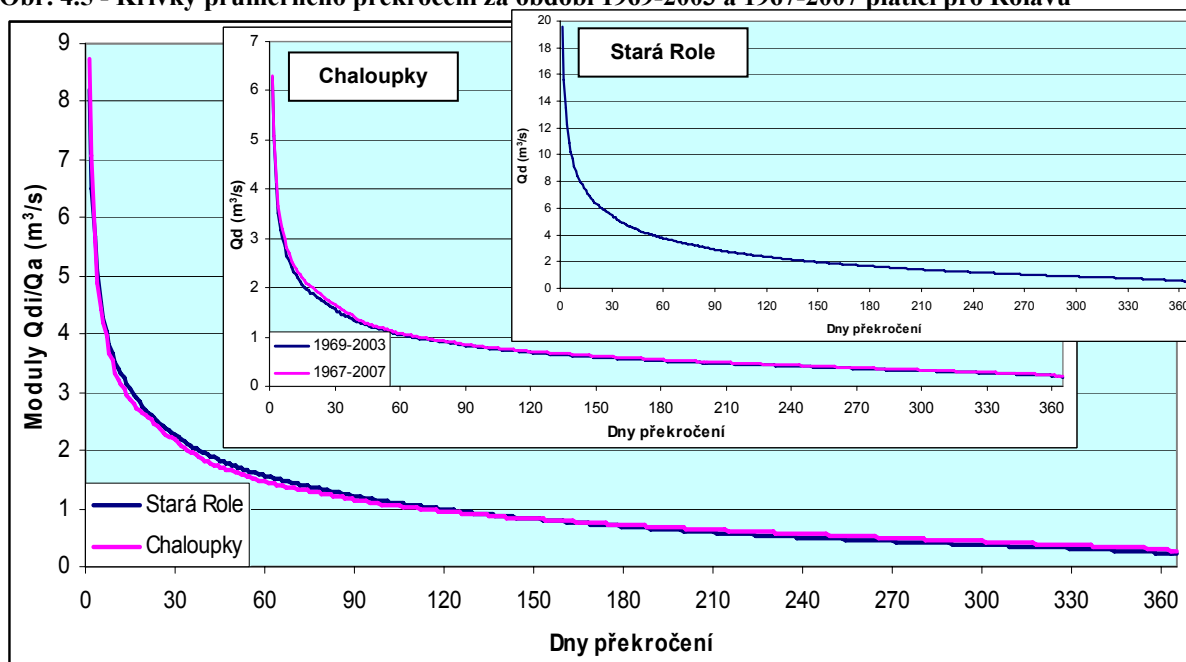
Tab. 4.3 - M -denní průtoky období 1969-2003 a 1967-2007 v povodí Rolavy

Stanice	M -denní $Q \text{ (m}^3/\text{s)}$						
	Q_{30}	Q_{90}	Q_{180}	Q_{270}	Q_{330}	Q_{355}	Q_{364}
Stará Role (1969-2003)	5,468	2,899	1,661	1,046	0,761	0,608	0,528
Chaloupky (1969-2003)	1,565	0,827	0,515	0,358	0,269	0,231	0,193
Chaloupky (1967-2007)	1,662	0,847	0,542	0,379	0,283	0,244	0,201

Zdroj: ČHMÚ

Podle ŠERCLA (2007) má celé povodí Ohře naprosto dominantní zimní povodňový režim, protože pravděpodobnost výskytu silnějších letních srážek je tu díky srážkovému stínu Krušných hor poměrně malá. To potvrzuje i práce ČEKALA (2005), jenž rozebíral povodně v povodí horní Ohře (tj. po závěrový profil Karlovy Vary). Zatímco povodně letního typu našel v disponibilních údajích poskrovnu, zimní povodně naprosto převládaly. Velký podíl na kulminaci vln v Karlových Varech měla právě sběrná povodí levostranných přítoků (hlavně Svatavy a Rolavy). Veškerá tato slova jen doplňují výše uvedená fakta (např. povodeň ve Staré Roli 8.12. 1974).

Obr. 4.5 - Křivky průměrného překročení za období 1969-2003 a 1967-2007 platící pro Rolavu



Zdroj: ČHMÚ

Rozkolísanost Q_d lze rovněž vyjádřit číselně pomocí **statistických měr variability**. V hydrologii se jich používá hned několik a na Q_d pocházející z povodí Rolavy LEDVINKA (2006) aplikoval decilovou odchylku D , relativní variaci V a variační koeficient C_V . Nakonec však usoudil, že jde vždy o heterogenní soubory, které jsou vystiženy krajně asymetrickým rozložením, a výše uvedené statistiky proto nejsou vhodné. Toto je zjevné už při pohledu na křivky překročení. Jelikož je lepší se také přesvědčit prostřednictvím jiných metod než pouze jednou, byl aplikován **Kolmogorovův-Smirnovův test normality** (viz např. HENDL 2004; JEONG ET AL. 2005; GRŮZA 2007 či MACHIVAL, JHA 2008) podle postupu:

Necht' $X_1, \dots, X_n$ a $Y_1, \dots, Y_m$ jsou dva nezávislé náhodné výběry ze dvou spojitých rozložení, jejichž distribuční funkce $F(x)$ a $G(x)$ se mohou lišit (posunutím i tvarem). $F_n(x)$ je

empirickou distribuční funkcí prvního výběru a $G_m(x)$ empirickou distribuční funkcí výběru druhého. Testuje se hypotéza, že distribuční funkce těchto rozložení jsou shodné (tzn., že všech $n + m$ veličin pochází z téhož rozložení) proti alternativě, že distribuční funkce jsou rozdílné. Jako testová statistika se používá

$$D_{n,m} = \sup_{-\infty < x < \infty} |F_n(x) - G_m(x)|.$$

Pro zdejší účely je důležité testování nulové hypotézy H_0 , jež tvrdí, že náhodný výběr $X_1, \dots, X_n$ pochází z normálního rozložení s distribuční funkcí $\Phi(x)$. Necht' $F_n(x)$ je výběrová distribuční funkce. Testovou statistikou je tedy

$$D_n = \sup_{-\infty < x < \infty} |F_n(x) - \Phi(x)|.$$

Na hladině významnosti α se zamítá nulová hypotéza, jestliže $D_n \geq D_n(\alpha)$, přičemž $D_n(\alpha)$ je tabelovaná kritická hodnota. Pro výběry, kde $n \geq 30$, což soubory Q_d bez problémů splňují, lze aproximovat, že

$$D_n(\alpha) \approx \sqrt{\frac{1}{2n} \ln \frac{2}{\alpha}}.$$

Testována byla data z období 1969 – 2003. Každý ze souborů měl tak 12 783 členů. H_0 musela být zamítnuta, protože vypočtená signifikance byla menší než zvolená α (5 %).

Z právě popsaného vyplývá, že opravdu původně použité charakteristiky variability nepřípadají pro Q_d v úvahu. Namísto nich se vybral **poměr průměrné odchylky od mediánu k mediánu**, kterou navrhuji PAVLÍK, KÜHNL (1981). Pro Q_d ze **Staré Role** za období 1969 – 2003 tedy vyšlo:

$$\frac{\sum_{i=1}^n |Q_{di} - Q_{182,5}|}{\frac{n}{Q_{182,5}}} \doteq \frac{1,417}{1,6} \doteq 0,886.$$

U **Chaloupek** pro změnu platí, že

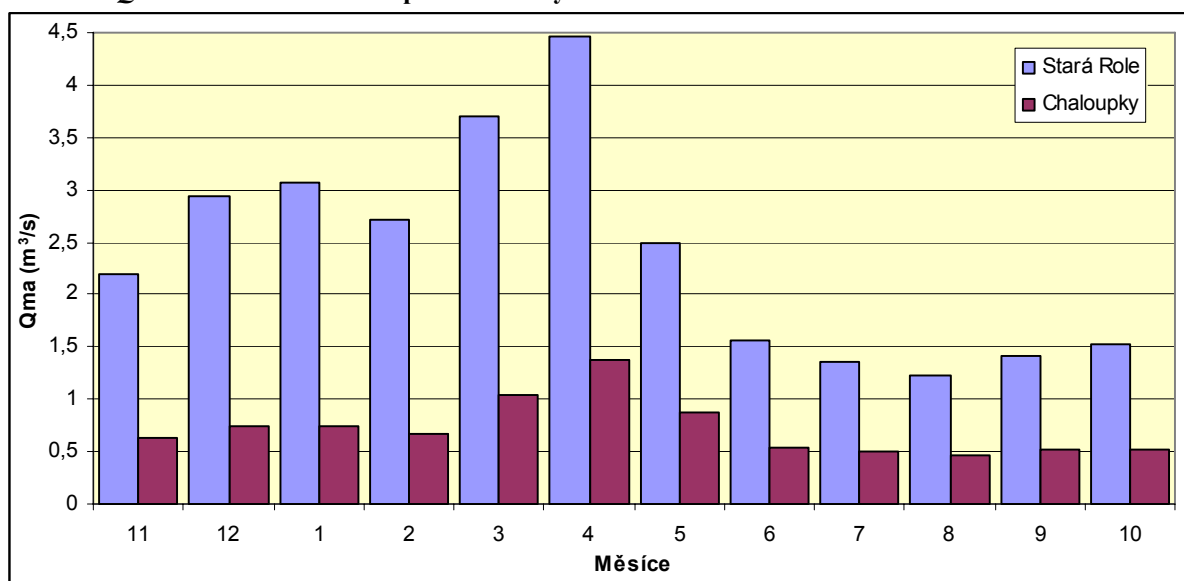
$$\frac{\sum_{i=1}^n |Q_{di} - Q_{182,5}|}{\frac{n}{Q_{182,5}}} \doteq \frac{0,399}{0,498} \doteq 0,802.$$

To dokumentuje, že bez průměrování časových řad, se Rolava v Chaloupkách jeví vyrovnaněji nežli ve Staré Roli.

4.3 Změny měsíčních průtoků v průběhu roku

Rozložení odtoku v průběhu každého roku se posuzuje podle časového sledu **měsíčních průtoků Q_m** . Průměrné rozložení pak vyjadřuje sled **dlouhodobých měsíčních průtoků Q_{ma}** . Ty znázorňuje obr. 4.6. Pro srovnání rozložení odtoku během roku je vhodné využívat procentuální podíly Q_{ma} na celoročním odtoku. Proto byly sestrojeny grafy na obr. 4.7.

Obr. 4.6 - Q_{ma} období 1969-2003 v povodí Rolavy

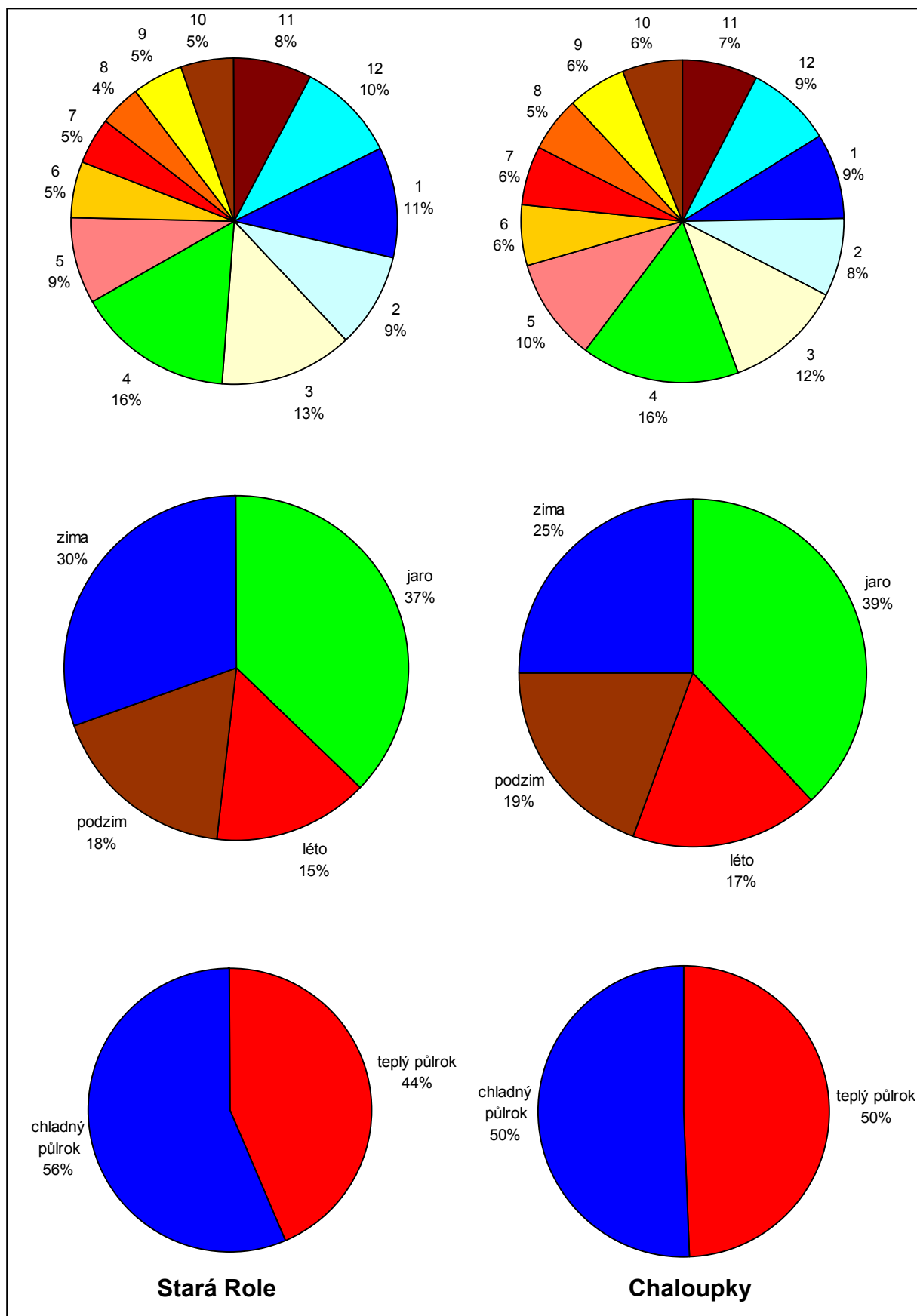


Zdroj: ČHMÚ

Ve **Staré Roli** se největší měrou na odtoku podílí měsíc duben, dále pak březen a leden. Z pohledu ročních období připadá největší odtok na jaro (37,15 %). Léto se podílí 14,52 %, 17,89 % a zima 30,44 %. V teplém půlroce tedy odečte přibližně 43,66 % z celkového ročního odtoku. Z uvedených hodnot je nejpřekvapivější velké procentuální zastoupení zimy. To si lze vysvětlit jednak velkým množstvím sněhu, který na povodí v tomto období padá a hodně odtává, jednak výskytem srážek dešťových (viz např. ČEKAL 2005). Podle klasifikace, kterou uvádí např. NETOPIL ET AL. (1984, s. 184), jsou odtokové poměry povodí Rolavy v průběhu roku mírně nevyrovnané.

Ve stanici **Chaloupky** se nejvíce na odtoku podílí znovu měsíc duben, což souvisí s již zmíněným zpožděným táním sněhu na horách. Mezi další vodné měsíce náleží březen a květen. Vesměs jde tedy o jarní období, které se celkově na ročním odtoku podílí 38,08 %. Na léto připadá 17,44 %, na podzim 19,46 % a na zimu 25,02 %. Popisky na obr. 4.7 udávají, že

Obr. 4.7 - Rozložení odtoku podle měsíců, ročních období a půlroků let 1969-2003 v povodí Rolavy



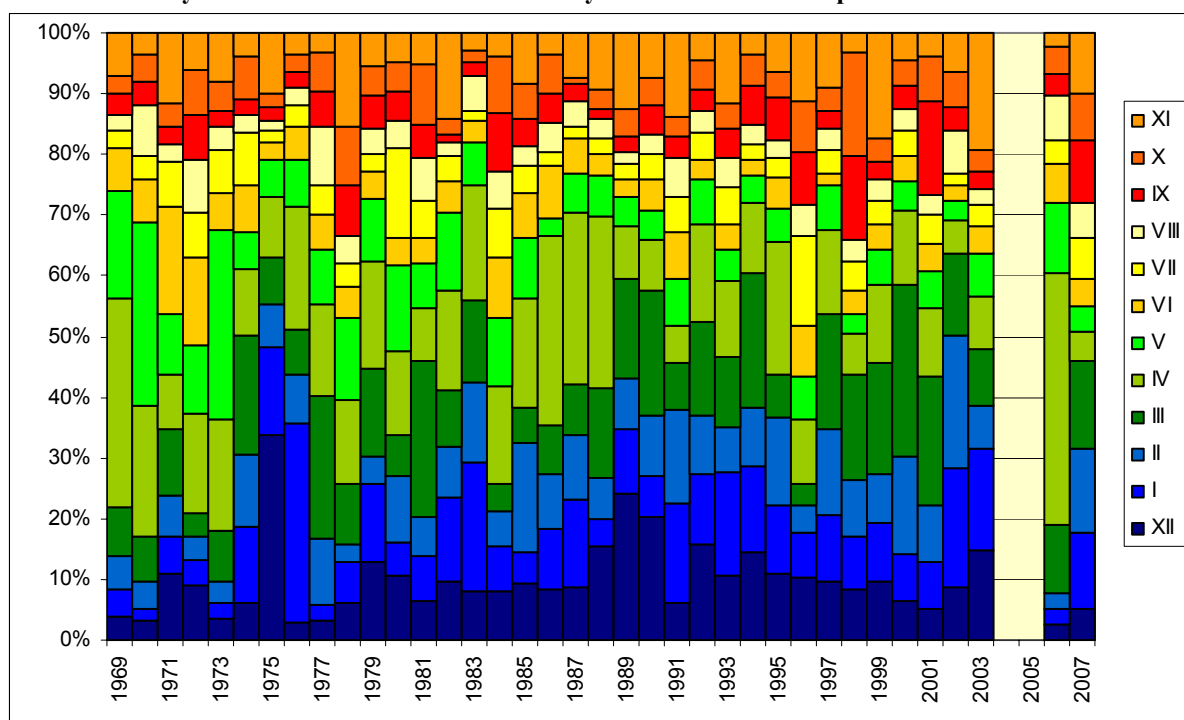
Zdroj: ČHMÚ

za každý půlrok odtéká 50 %, ale ve skutečnosti jen velice málo převládá půlrok chladný se svými 50,48 %. To, že se zima objevuje opět na druhém místě, může být způsobeno stejnými faktory jako u Staré Role. V těchto výškových polohách však lze považovat za významný i vítr, který napadaný sníh přenáší do koryta řeky. Odtokové poměry Rolavy jsou už i zde během roku mírně nevyrovnané.

Míru nevyrovnanosti ročního rozložení odtoku lze rovněž vyjádřit číselně tzv. **koeficientem K_r** , který posuzuje průměrné rozložení. Podle něj je odtok Rolavy vzhledem k jiným řekám v ČR spíše nevyrovnaný. U Chaloupek je přibližně roven 3,28 a u Staré Role 4,23 (LEDVINKA 2006).

Mnohem lepším součinitelem je ovšem **koeficient míry proměnlivosti V_m** , neboť ten nezastírá situaci v jednotlivých letech. Při použití všech 420 Q_m období 1969 – 2003 vychází pro Starou Roli 0,79, kdežto pro Chaloupky 0,74. Výsledná hodnota je dosti vysoká, ale v podstatě je v souladu s koeficientem K_r .

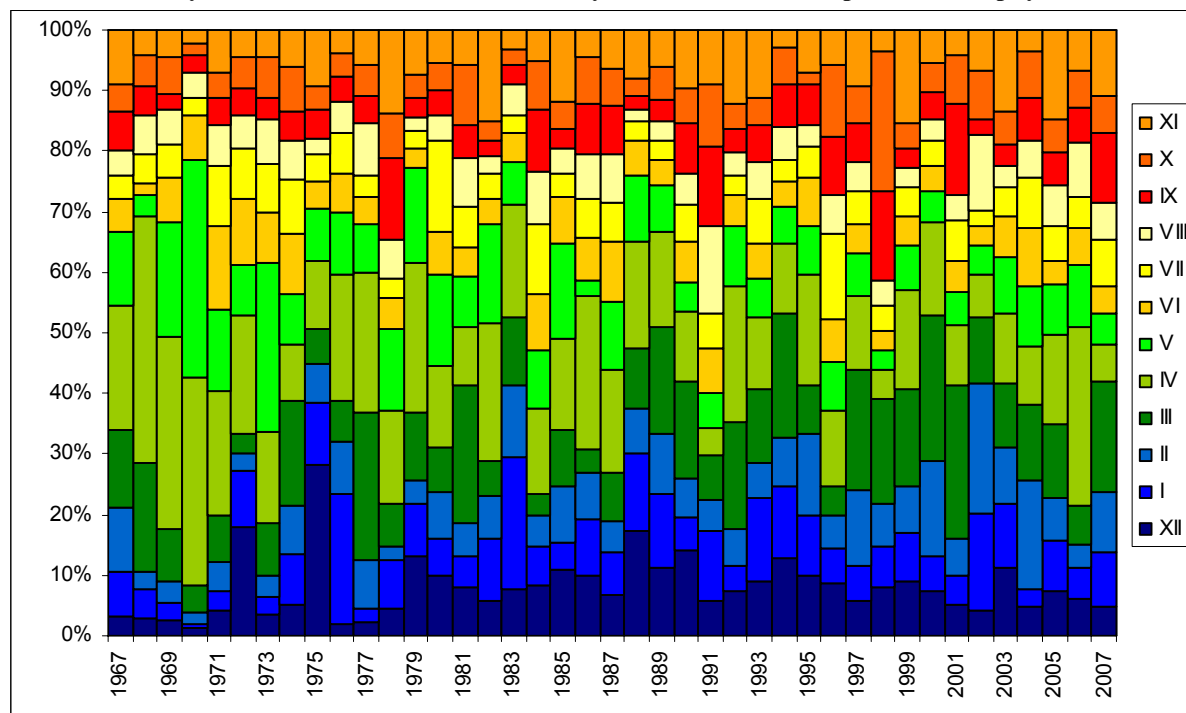
Obr. 4.8 - Změny sezónního rozložení odtoku Rolavy v letech 1969-2007 - profil Stará Role



Zdroj: ČHMÚ

Obr. 4.8 a 4.9 znázorňují, jak se v čase měnily podíly Q_m na Q_r v každém roce. Vyhledávání takovýchto změn má svůj praktický význam kvůli navazujícím analýzám. Potvrzuje se převaha zimy (zejména prosinec hydrologického roku 1975) a jara, ale také kolísání vodnosti Rolavy. Léto se vskutku vyznačuje velice nízkými průtoky. Kromě toho lze

Obr. 4.9 – Změny sezónního rozložení odtoku Rolavy v letech 1967-2003 - profil Chaloupky



Zdroj: ČHMÚ

rozeznat zvětšování podzimních průtoků celé řeky a rovněž zimních průtoků na dolním toku. U stanice Stará Role se zimní odtok vyznačuje zajímavým obdobím 1977 – 2001 s píkem v roce 1989, které je obklopeno velmi podobnými extrémy. To by mohlo znamenat určitou opakovatelnost, pro jejíž potvrzení je třeba vlastnit delší řady.

4.4 Změny ročních průtoků v čase

V přírodních podmínkách ČR se roční vodnosti řek vyjádřené jejich **ročním průtokem** Q_r mění především v závislosti na množství srážek na povodí a na jejich časovém rozložení. Významné je však i množství sněhových srážek v zimě. Jejich jarní odtok může významně ovlivnit velikost Q_r . Pro přehled byly zhotoveny grafy Q_r za období 1967 – 2007, resp. 1969 – 2007 (obr. 4.10 a 4.11).

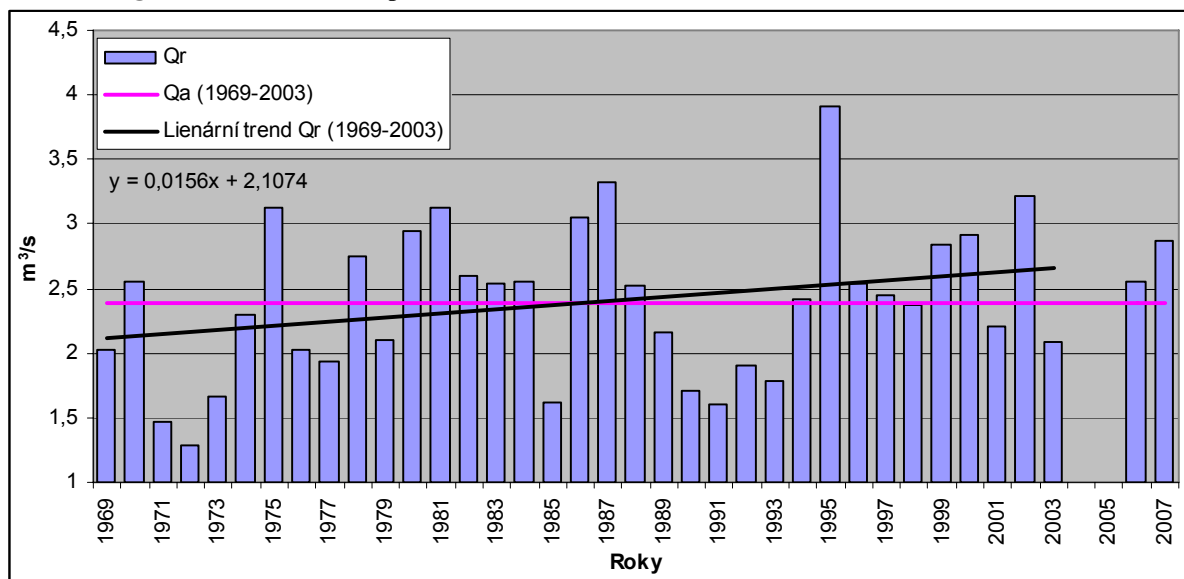
K posouzení míry vodnosti řek v jednotlivých rocích poslouží např. poměr Q_r/Q_a nebo $Q_r/Q_a \cdot 100$, který umožňuje rozlišovat roky nadprůměrně a podprůměrně vodné. Podle tohoto vztahu se pracovalo v kap. 4.2. Toto však není objektivní způsob při posuzování řek odlišných celkovou vodností. Jelikož řady Q_r tvoří soubor na sobě nezávislých veličin, je možné roční vodnosti řek hodnotit pravděpodobností překročení Q_r vyjadřovanou

v procentech ($p\%$) nebo její reciprokou hodnotou $N = 100/p\%$, tzn. obdobím, za které se daná roční vodnost v průměru opakuje.

Procento pravděpodobnosti překročení Q_r se zakládá na výpočtu pravděpodobnosti překročení podle vzorce Weibullova, Hazenova nebo Čegodajevova, tedy:

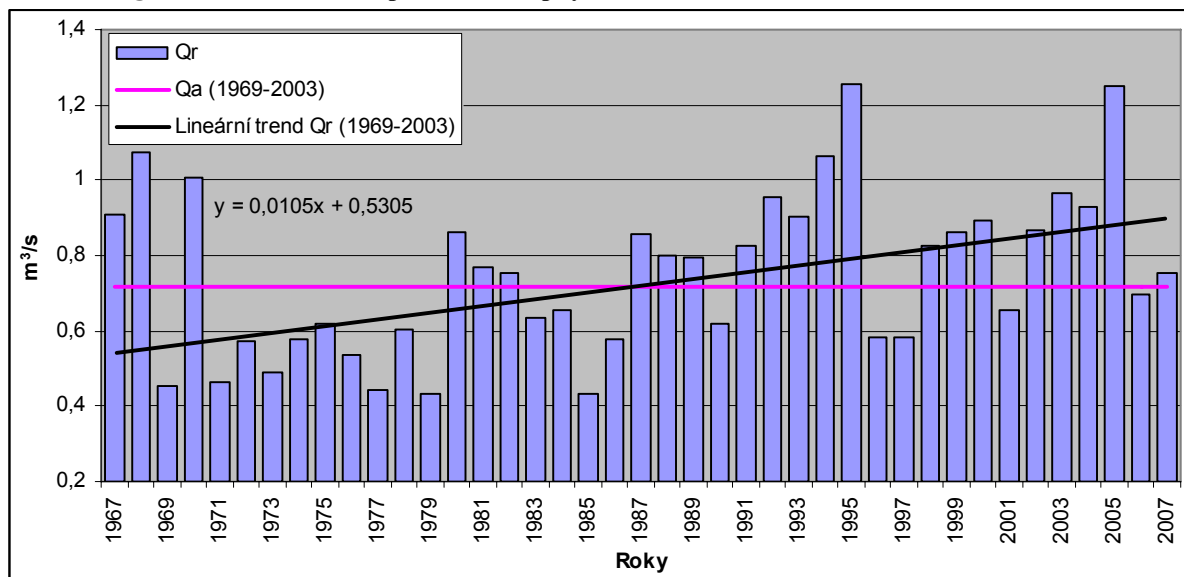
$$p\% = \frac{m}{n+1} \cdot 100, \quad p\% = \frac{m-0,5}{n} \cdot 100 \quad \text{nebo} \quad p\% = \frac{m-0,3}{n+0,4} \cdot 100,$$

Obr. 4.10 - Q_r období 1969-2007 - profil Stará Role



Zdroj: ČHMÚ

Obr. 4.11 - Q_r období 1967-2007 - profil Chaloupky



Zdroj: ČHMÚ

kde m je pořadové číslo Q_r uspořádaných sestupně podle velikosti a n počet členů jejich řady. Všechny tyto vzorce mají základ ve vzorci pro klasickou pravděpodobnost (např. KEMEL 2000). Procenta pravděpodobnosti překročení Q_r slouží nejen k posouzení výjimečnosti jejich stavu, ale i ke slovnímu označení míry vodnosti řek v daných rocích (viz např. ŘEHÁNEK, KŘÍŽ 2002).

Následující tab. 4.4 a 4.5 ukazují roky období 1969 – 2003 seřazené sestupně podle vodnosti, procento pravděpodobnosti překročení Q_r (dle Čegodajevova vztahu) a dobu, za kterou se daná roční vodnost v průměru opakuje.

Tab. 4.4 - Pravděpodobnost překročení Q_r období 1969-2003 a doba jejich opakování - profil Stará Role

Pořadí	Rok	Q_r (m ³ /s)	$p\%$	Typ roku	N (roky)
1	1995	3,91	1,98	mimořádně vodný	50,57
2	1987	3,32	4,80	mimořádně vodný	20,82
3	2002	3,22	7,63	mimořádně vodný	13,11
4	1981	3,13	10,45	vodný	9,57
5	1975	3,12	13,28	vodný	7,53
6	1986	3,05	16,10	vodný	6,21
7	1980	2,94	18,93	vodný	5,28
8	2000	2,91	21,75	vodný	4,60
9	1999	2,84	24,58	vodný	4,07
10	1978	2,75	27,40	vodný	3,65
11	1982	2,60	30,23	vodný	3,31
12	1970	2,56	33,05	vodný	3,03
13	1984	2,55	35,88	vodný	2,79
14	1996	2,54	38,70	vodný	2,58
15	1983	2,54	41,53	průměrně vodný	2,41
16	1988	2,52	44,35	průměrně vodný	2,25
17	1997	2,45	47,18	průměrně vodný	2,12
18	1994	2,42	50,00	průměrně vodný	2,00
19	1998	2,37	52,82	průměrně vodný	1,89
20	1974	2,29	55,65	průměrně vodný	1,80
21	2001	2,20	58,47	průměrně vodný	1,71
22	1989	2,16	61,30	málo vodný	1,63
23	1979	2,09	64,12	málo vodný	1,56
24	2003	2,09	66,95	málo vodný	1,49
25	1976	2,02	69,77	málo vodný	1,43
26	1969	2,02	72,60	málo vodný	1,38
27	1977	1,93	75,42	málo vodný	1,33
28	1992	1,91	78,25	málo vodný	1,28
29	1993	1,78	81,07	málo vodný	1,23
30	1990	1,70	83,90	málo vodný	1,19
31	1973	1,67	86,72	málo vodný	1,15
32	1985	1,62	89,55	málo vodný	1,12
33	1991	1,61	92,37	mimořádně málo vodný	1,08
34	1971	1,46	95,20	mimořádně málo vodný	1,05
35	1972	1,28	98,02	mimořádně málo vodný	1,02

Zdroj: ČHMÚ

Ve stanici **Stará Role** může být nejnižší hodnota Q_r (1972) překročena téměř každoročně, kdežto hodnota nadprůměrně vodného roku (1995) jednou za 50 – 51 let. Graf Q_r (obr. 4.10) vypovídá o jejich nepříliš velké rozkolísanosti. Q_r nejvodnějšího roku je totiž jen asi 3,1krát větší než Q_r roku nejméně vodného. Regresní přímka v grafu značí, že během období 1969 – 2003 docházelo k mírnému navyšování vodnosti Rolavy.

Tab. 4.5 - Pravděpodobnost překročení Q_r období 1969-2003 a doba jejich opakování - profil Chaloupky

Pořadí	Rok	Q_r (m ³ /s)	$p\%$	Typ roku	N (roky)
1	1995	1,26	1,98	mimořádně vodný	50,57
2	1994	1,06	4,80	mimořádně vodný	20,82
3	1970	1,01	7,63	mimořádně vodný	13,11
4	2003	0,97	10,45	vodný	9,57
5	1992	0,95	13,28	vodný	7,53
6	1993	0,90	16,10	vodný	6,21
7	2000	0,89	18,93	vodný	5,28
8	2002	0,87	21,75	vodný	4,60
9	1999	0,86	24,58	vodný	4,07
10	1980	0,86	27,40	vodný	3,65
11	1987	0,86	30,23	vodný	3,31
12	1998	0,83	33,05	vodný	3,03
13	1991	0,83	35,88	vodný	2,79
14	1988	0,80	38,70	vodný	2,58
15	1989	0,80	41,53	průměrně vodný	2,41
16	1981	0,77	44,35	průměrně vodný	2,25
17	1982	0,75	47,18	průměrně vodný	2,12
18	1984	0,66	50,00	průměrně vodný	2,00
19	2001	0,66	52,82	průměrně vodný	1,89
20	1983	0,63	55,65	průměrně vodný	1,80
21	1975	0,62	58,47	průměrně vodný	1,71
22	1990	0,62	61,30	málo vodný	1,63
23	1978	0,60	64,12	málo vodný	1,56
24	1996	0,58	66,95	málo vodný	1,49
25	1997	0,58	69,77	málo vodný	1,43
26	1974	0,58	72,60	málo vodný	1,38
27	1986	0,58	75,42	málo vodný	1,33
28	1972	0,57	78,25	málo vodný	1,28
29	1976	0,54	81,07	málo vodný	1,23
30	1973	0,49	83,90	málo vodný	1,19
31	1971	0,46	86,72	málo vodný	1,15
32	1969	0,45	89,55	málo vodný	1,12
33	1977	0,44	92,37	mimořádně málo vodný	1,08
34	1979	0,43	95,20	mimořádně málo vodný	1,05
35	1985	0,43	98,02	mimořádně málo vodný	1,02

Zdroj: ČHMÚ

U **Chaloupek** je nejvodnějším opět rok 1995, ale nejsušším je už rok jiný, a to 1985. Graf Q_r (obr. 4.11) nerozděluje pouze roky na nadprůměrně a podprůměrně vodné, nýbrž též

znázorňuje malou rozkolísanost Q_r . Největší průtok nedosahuje ani trojnásobku průtoku nejmenšího. Lineární trend říká, že vodnost řeky ve stanici Chaloupky také obecně vzrostla. Při využití většího časového rozpětí tu kromě průtoku roku 1995 vyniká rovněž průtok roku 2005.

Variabilitu Q_r lze vyjádřit i číselně pomocí **variačního koeficientu** V_r . Za období 1969 – 2003 pro stanici Stará Role platí, že $V_r = 0,25$. Pro stanici Chaloupky pro změnu, že $V_r = 0,28$, což je dosti zvláštní výsledek, který odporuje očekávání. Podezření padlo na použití špatné statistiky, a tak se ještě vyzkoušel (obdobně jako u Q_d) **poměr průměrné odchylky od mediánu k mediánu**. Vyšlo, že u Staré Role

$$\frac{\sum_{i=1}^n |Q_{ri} - \tilde{Q}_r|}{\frac{n}{\tilde{Q}_r}} \doteq \frac{0,478}{2,421} \doteq 0,197,$$

u Chaloupek, že

$$\frac{\sum_{i=1}^n |Q_{ri} - \tilde{Q}_r|}{\frac{n}{\tilde{Q}_r}} \doteq \frac{0,171}{0,658} \doteq 0,26,$$

což potvrdilo hodnotu danou V_r . Soubory Q_r se však bez ohledu na použitou charakteristiku jeví vcelku homogenně.

4.5 Srovnání výsledků analýzy dat z obou vodoměrných stanic

Odpovídající si jednotky odtoku uvedené v tab. 4.2 lze porovnat např. prostřednictvím poměru či podílu. Z výsledků (ostatně proto, že ve všech vystupuje Q_d) vyplývá, že stanicí Chaloupky dlouhodobě protéká asi 30 % toho, co protéká stanicí Stará Role. To dokumentuje, že Chaloupky skutečně reprezentují horní tok Rolavy.

Z pohledu Q_d je Rolava ve stanici Chaloupky vyrovnanější nežli ve Staré Roli. Dokazují to hodnoty poměrů průměrné odchylky od mediánu k mediánu (PAVLÍK, KÜHNL 1981), které nahradily nevhodný variační koeficient (LEDVINKA 2006). Podle křivek průměrného překročení jsou Q_d v Chaloupkách rozkolísanější, avšak se zvětšujícím se časovým měřítkem zde dochází k vyrovnání. Z hydrogramů plyne, že ve stanici Chaloupky je řeka Rolava pravidelně rozkolísaná v průběhu první poloviny hydrologického roku. K takové pravidelnosti u stanice Stará Role nedochází. To platí i o výskytech maxim či minim. Ale pro

minima u stanice Chaloupky obecně platí, že nastávají spíše v průběhu suchých letních měsíců.

Q_{ma} dosahují u obou stanic svého maxima v dubnu. K němu se ještě přidružuje březen. Tento jev nepochybně souvisí s obvyklým jarním táním sněhové pokrývky v povodí. Existuje tu i nečekané podružné maximum v zimě (např. prosinec 1975). Rovněž Q_m dokazují, že k minimům dochází v letních měsících, a to zejména v srpnu. Toto potvrzuje např. hydrologické sucho, které bylo v Chaloupkách pozorováno v srpnu roku 1975. Variabilita Q_m je podle koeficientu proměnlivosti ve stanici Chaloupky nižší nežli ve Staré Roli. Jako důkaz může posloužit rozložení odtoku podle půlroků.

Z hlediska Q_r byl na stanicích nejvodnější rok 1995. Z hydrogramů lze odvodit, že v tomto roce se na vysokém Q_r projevila zima, jarní tání sněhu a navíc silné deště na konci léta. Avšak nejsušší rok a průměrně vodný rok se liší. Na stanici Stará Role jimi byly roky 1972 a 1998, kdežto na stanici Chaloupky roky 1985 a 1982. Variabilita statistického souboru Q_r spočtená podle V_r (ale i podobným poměrem jako u Q_d) se ukázala být větší u Chaloupek. Obecně se dá konstatovat, že v obou případech jsou řady Q_r téměř homogenní. Regresní přímky proložené grafy Q_r naznačují, že na celém toku Rolavy v období 1969 – 2003 došlo k navýšení odtoku. U stanice Chaloupky nárůst podpořily především první roky 90. let a nového tisíciletí. Za zmínku jistě stojí rok 2005, v němž byla v Chaloupkách naměřena druhá nejvyšší hodnota Q_r vůbec (po zaokrouhlení $1,25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

5 Klimatické poměry v povodí

5.1 Použité stanice

Podobně jako v ročníkové práci (LEDVINKA 2006), byly i zde použity stanice měřící srážky vyskytující se v povodí Rolavy nebo jeho bezprostředním okolí. **Srážkové řady** z nich pocházející byly aktualizovány a obohaceny rovněž o údaje o **výšce sněhové pokrývky**. Ty evidují jednak klimatologické stanice a jednak samotné stanice srážkoměrné, takže pokud jde o srážky a sníh, staniční síť byla poměrně hustá. Horší situace nastala u **řad teploty vzduchu**, jež se měří pouze na klimatologických stanicích. Bylo je zapotřebí zanalyzovat zejm. kvůli jejich předpokládané vysoké informační váze. I s nimi se nakonec dalo pracovat.

Data pocházela z několika českých srážkoměrných a klimatologických stanic, které provozuje ČHMÚ. Neboť území povodí Rolavy zasahuje i zčásti do Německa, obstarala se data též z několika tamních adekvátních stanic. Některé byly poskytnuty Technickou univerzitou Drážďany (databáze „Sächsische Klimadatenbank“), jiné staženy z webu instituce Deutscher Wetterdienst (<http://www.dwd.de>; dále jen DWD). Stanice byly vybírány tak, aby jejich rozložení na ploše povodí Rolavy (či v jeho okolí) vyhovovalo metodě přepočtu bodových údajů na údaje plošné (tzv. prostorové interpolaci) a aby časová rozpětí řad z co nejvíce stanic pokrývala hydrologická období, ve kterých měřily obě vodoměrné stanice (především 1969 – 2003).

V každém případě byla k dispozici povětšinou denní data, tj. denní úhrny srážek v mm (H_d), průměrné denní teploty vzduchu ve °C (T_d) a okamžitá výška sněhové pokrývky měřená vždy v 7 SEČ v cm (S_d). V získaných řadách se ale vyskytovalo neúnosně mnoho chybějících hodnot (tzv. gaps), poněvadž na stanicích došlo během sledovaných hydrologických období k výpadkům měření. Navíc některé začaly s monitoringem později a jiné zase svá měření ukončily příliš brzy. Proto, ale také kvůli vhodnosti pro navazující analýzy, byly časové řady převedeny na údaje měsíční sumarizací či průměrováním. Nové řady se tedy skládaly z měsíčních úhrnů srážek H_m , průměrných měsíčních teplot vzduchu T_m a průměrných měsíčních výšek sněhové pokrývky S_m . Jestliže v některém měsíci scházelo byť jen několik málo denních hodnot, pak takové úhrny nebo průměry byly vynechány.

Před prostorovými interpolacemi v prostředí GIS (kap. 5.3) prošly řady ještě (alespoň ty, u nichž to bylo možné) procesem doplňování (tj. imputací; kap. 5.2). Tab. 5.1 a 5.2 obsahují metainformace o použitých stanicích a jejich časových řadách, které vstupovaly do

dalších rozborů. Jako prvotní zdroj tu posloužil excelovský soubor „geografie_stanic“, jenž byl obdržán od ČHMÚ spolu s daty. Je nutné poznamenat, že se v tab. neobjevují všechny stanice tak, jak je zasláný soubor uvádí, ale v některých případech jde vlastně o neexistující stanice, jejichž poloha byla určena jako geografický průměr souřadnic dvou původních míst. Nadmořská výška takovýchto stanic pak samozřejmě nemohla být udána (a to i z důvodů popsaných v kap. 5.3). Rozmístění vhodných stanic vzhledem k povodí Rolavy pak prezentuje obr. 5.1. Z něho je patrné, že se ve studovaném území nachází jen stanice Nejdek a ostatní naneštěstí mimo něj. Některé se vyskytují dokonce tak daleko, že je obr. ani nemohl zachytit („Luby“, Hof).

Navazující kap. se již věnují klasickým analýzám srážkových, sněhových a teplotních poměrů v povodí Rolavy. Kvůli srovnáváním je znovu upřednostňováno hydrologické období 1969 – 2003.

5.2 Doplnování chybějících dat

Klimatologické výzkumy často vyžadují úplné časové řady. Autoři nepříjemnosti spojené se scházejícími údaji řeší různě. Pokud si to mohou dovolit, nekompletní řady zcela odsoudí a už s nimi nadále nepracují. Takto postupovali např. RØHR, KILLINGTVEIT (2003). Jindy je zapotřebí data doplnit kvůli jejich malému množství. Existuje řada způsobů, jak docílit kýžených výsledků. PERRY, HOLLIS (2005a) rozlišují metody doplňování měsíčních ukazatelů na prostorové (kriging, IDW, interpolování regresních reziduí), jež ze všech dat dostupných pro daný měsíc vytvoří model klimatu, pomocí něhož lze pro každé místo odečíst odhad. Potom tu jsou metody založené na časových řadách (diference, kvocienty, vícenásobná regrese, metoda hlavních komponent). Ty využívají data z menšího počtu stanic měřících déle.

„Časové“ metody se obecně preferují a upřednostnily se i v této studii, protože klimatologických či srážkoměrných stanic a množství dat z nich zde bylo vcelku poskrovnu (zejména kvůli navazujícím prostorovým interpolacím). Podstatou je exaktní odhadování chybějících dat při použití skutečně naměřených hodnot prostřednictvím různých statistik jako jsou společné průměry, regresní vztahy a další vzájemné vlastnosti časových řad získaných z různých stanic. Využívá se přitom co nejmenší vzdálenosti dvou či více stanic, a to geografická, korelační (absolutní hodnota koeficientu korelace se se snižující se vzdáleností zvětšuje) nebo i jiná. Žádná metoda však nemůže být považována za univerzální, neboť na

Tab. 5.1 – České klimatologické a srážkoměrné stanice, jejichž měsíční řady vstupovaly do procesů interpolací

Název stanice	Typ stanice	Východní délka	Severní šířka	Nadmořská výška (m)	Disponibilní Hm	Doplněné Hm	Disponibilní Sm	Doplněné Sm	Disponibilní Tm	Doplněné Tm
Abertamy	srážkoměrná	12°49'	50°22'	892	II 1980-XII 1981, VI 1983-XI 1988, I 1989-X 2006	I 1961-I 1980, I 1982-V 1983, XII 1988	II 1980-XII 1981, VI 1983-XI 1988, I 1989-X 2006	I 1961-I 1980, I 1982-V 1983, XII 1988	-	-
Bublava	srážkoměrná	12°30'	50°22'	711	I 1980-XII 2002	I 1961-XII 1979, I 2003-XII 2004	I 1980-XII 2002	I 1961-XII 1979, I 2003-XII 2004	-	-
Habartov	srážkoměrná	12°33'	50°11'	482	-	-	I 1980-X 2006	I 1961-XII 1979 (mimo všechny chybějící V a X)	-	-
Karlovy Vary-lázně	klimatologická	12°53'	50°14'	377	I-XI 1961, I 1962-III 1979, V 1979-IX 2006	XII 1961, IV 1979	I-XI 1961, I 1962-III 1979, V 1979-IX 2006	XII 1961, IV 1979	I-XI 1961, I 1962-III 1979, V 1979-IX 2006	XII 1961, IV 1979
Karlovy Vary-letišť	klimatologická	12°55'	50°12'	603	XII 1961, IV 1979	-	V 1961-X 2006	I-IV 1961	XII 1961, IV 1979	-
"Luby"	srážkoměrná	12°24'	50°15'	-	-	-	I 1961-I 1996, III 1996-IX 2006	II 1996	-	-
"Nejdek"	srážkoměrná	12°45'	50°19'	-	I 1961-III 1963, VI 1963-VIII 1996, X 1996-X 2006	IV a V 1963, IX 1996	I 1961-III 1963, VI 1963-VIII 1996, X 1996-IX 2006	IV a V 1963, IX 1996	-	-
Oloví	srážkoměrná	12°34'	50°15'	510	I 1980-XII 1985, II 1988-IX 2006	I 1961-XII 1979, I 1986-I 1988	I 1980-XII 1985, II 1988-IX 2006	I 1961-XII 1979, I 1986-I 1988 (mimo všechny chybějící III, V a X)	-	-
Potůčky	klimatologická	12°45'	50°25'	775	I 1961-IX 1973, XII 1973-XII 1980	X a XI 1973, I 1981-XII 2004	I 1961-IX 1973, XII 1973-XII 1980	X a XI 1973, I 1981-XII 2004	I 1961-IX 1973, XII 1973-XII 1980	X a XI 1973, I 1981-IX 2006
Přebuz	srážkoměrná	12°37'	50°22'	889	I 1988-X 2006	I 1961-XII 1987	I 1988-IX 2006	I 1961-XII 1987 (mimo všechny chybějící IV a V)	-	-
Šindelová-Obora	klimatologická	12°36'	50°19'	587	III 1980-VII 1987, VII 1988-X 2006	I 1961-II 1980, VIII 1987-VI 1988	XII 1963-XII 1979, III 1980-VII 1987, VII 1988-X 2006	I 1961-XI 1963, I a II 1980, VIII 1987-VI 1988 (mimo všechny chybějící IV)	VIII 2002-X 2006	-
Vřesová	klimatologická	12°43'	50°15'	461	XII 1972-XII 1979, II a IV 1980	-	XII 1972-XII 1979, II a IV 1980	-	I-IV 1972, XII 1972-XII 1979	-

Zdroj: ČHMÚ; LEDVINKA (2006)

Pozn.: Všechna značení jsou vysvětlena pod tab. 5.2.

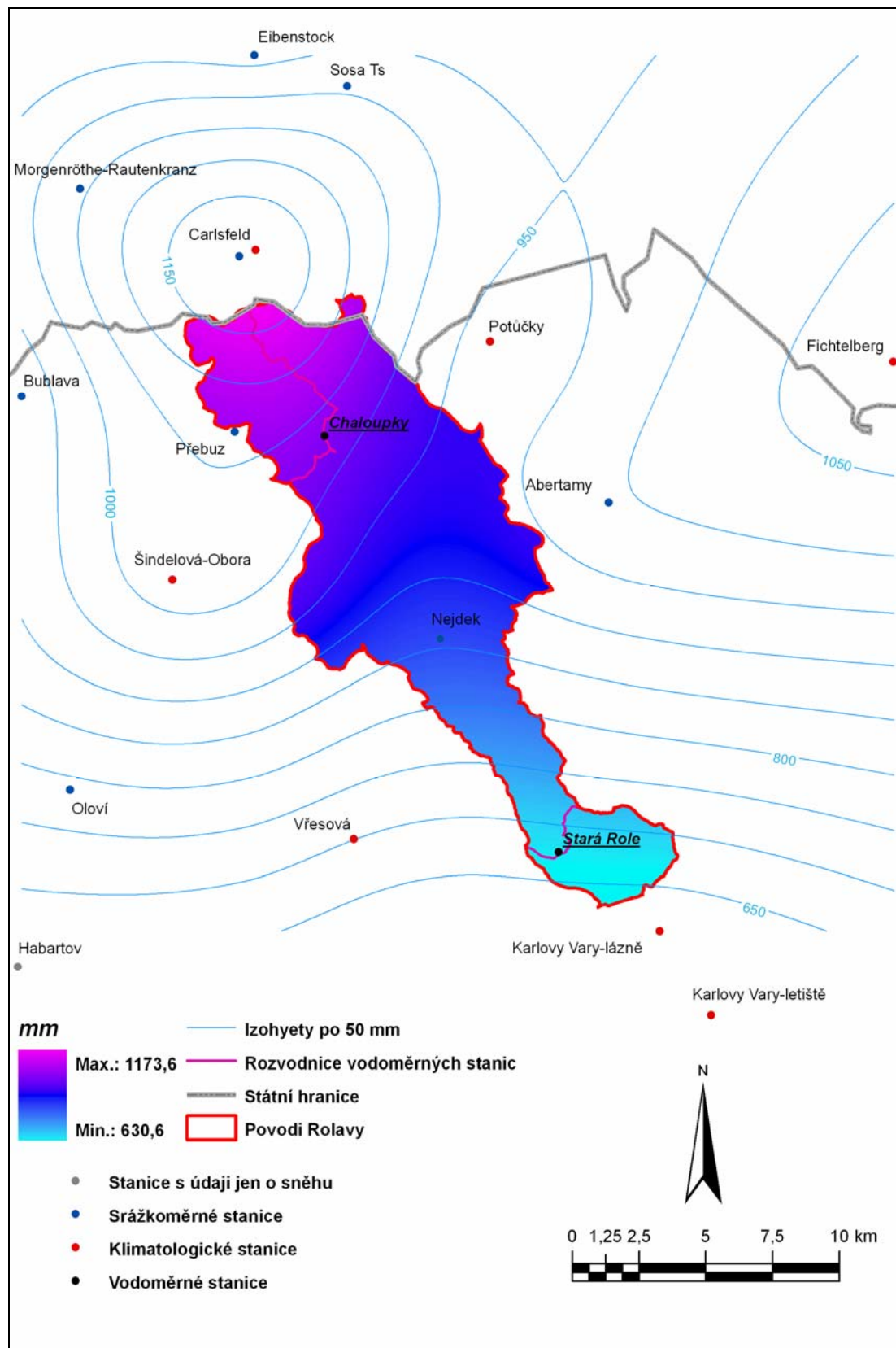
Tab. 5.2 - Německé klimatologické a srážkoměrné stanice, jejichž měsíční řady vstupovaly do procesů interpolací

Název stanice	Typ stanice	Východní délka	Severní šířka	Nadmořská výška (m)	Disponibilní <i>Hm</i>	Doplněné <i>Hm</i>	Disponibilní <i>Sm</i>	Doplněné <i>Sm</i>	Disponibilní <i>Tm</i>	Doplněné <i>Tm</i>
Carlsfeld	klimatologická	12°37'	50°26'	897	-	-	III 1995-III 2001	-	III 1995-VIII 2001, X 2001-VII 2002, IX 2002-III 2003, VI 2003-II 2004, IV a VI-XII 2004, II-IV 2005, VI 2005-X 2006	-
„Carlsfeld“	srážkoměrná	12°36'	50°26'	-	I 1961-III 2001, V, VIII a X 2001, XII 2001-VIII 2002, XI 2002, I-III 2003, V 2003-II 2004, IV, VI-VII, IX-XI 2004, III, VI-VIII 2005, XII 2005-X 2006	IV, VI-VII, IX a XI 2001, IX-X a XII 2002, IV 2003, III, V, VIII a XII 2004	-	-	-	-
„Eibenstock“	srážkoměrná	12°36'	50°30'	630	I 1961-XI 2006	-	-	-	-	-
Fichtelberg	klimatologická	12°57'	50°26'	1213	I 1951-X 2006	-	XI 1951-X 2006	-	I 1949-X 2006	-
Hof	klimatologická	11°52'	50°18'	567	-	-	I 1947-I 2008	-	-	-
Morgenröthe-Rautenkranz	srážkoměrná	12°31'	50°27'	672	I 1961- II 2004	III 2004-XII 2004	-	-	-	-
Sosa Talsperre	srážkoměrná	12°39'	50°30'	650	I 1961-XII 2005	-	-	-	-	-

Zdroj: DWD; „Sächsische Klimadatenbank“

Pozn.: Levá část tab. 5.1 a 5.2 je odlišena záhlavím se žlutou výplní. V této části červená barva zvýrazňuje klimatologické stanice, modrá srážkoměrné stanice a šedá stanice, u nichž byly k dispozici pouze údaje o výšce sněhové pokrývky (tedy bez ohledu na typ stanice). V pravé části jsou buňky týkající se měsíčních úhrnů srážek *Hm* vyznačeny modře, buňky o průměrné výšce sněhové pokrývky *Sm* šedě a buňky o průměrných měsíčních teplotách vzduchu *Tm* červeně. Uvozovky označují tzv. „fiktivní stanice“, jež jsou ve své podstatě geografickým průměrem vždy dvou původních stanic, jejichž klimatologické řady byly vlastně z praktických důvodů sloučeny. „Fiktivní stanice“ tak ani „nemohou mít nadmořskou výšku“. Zvláštní postavení má jen stanice „Eibenstock“, u níž byla použita metoda kvocientů (viz text). Bližší informace o původních stanicích podává LEDVINKA (2006). Proškrtnuté pole znamená, že údaj buď nebyl k dispozici, nebo nedošlo k jeho doplnění.

Obr. 5.1 - Průměrná roční výška srážek na povodí Rolavy za období 1969-2003



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ArcČR 500; LEDVINKA (2006)

Pozn.: Dvě stanice Carlsfeld jsou znázorněny proto, že při výpočtu výšky srážek na povodí v interpolacích figurovala „fiktivní stanice“, jejíž souřadnice vznikly jako geografický průměr souřadnic dříve fungující srážkoměrné stanice Carlsfeld Talsperre a současné klimatologické stanice Carlsfeld. Ta potom do interpolací zbylých klimatologických řad vstupovala normálně. Ts znamená Talsperre („přehradní nádrž“).

každém povodí jsou stanice rozmístěny různě a také řady z nich pocházející pokrývají různá období.

Imputace u každého jevu probíhala poněkud odlišně, a proto jí jsou věnovány celkem tři následující podkapitoly.

5.2.1 Atmosférické srážky

Doplňování a úpravy srážkových řad popisuje např. NOSEK (1972), MAKHUVHA ET AL. (1997a, 1997b), PEGRAM (1997) anebo KALTEH, BERNDTSSON (2007). Podobně jako v práci LEDVINKY (2006) se prvotně předpokládalo nasazení **lineární vícenásobné regrese** (viz např. HEŘMANOVÁ 1991). Tu mj. pro klimatologické účely doporučil XIA ET AL. (1999b), když se osvědčila na území Bavorska. Zdejší postup byl pak poněkud složitější, ale dá se shrnout do několika bodů:

1. Řady každé stanice se seskupily tak, aby vznikly řady platné pro každý měsíc zvlášť. První řadu tedy vždy tvořily listopadové hodnoty, druhou prosincové hodnoty atd.
2. Data se zkontrolovala a nesmyslná čísla se vyřadila. Kupř. v prosinci 1988 v Abertamech spadlo údajně 0 mm srážek, zatímco na ostatních stanicích o mnoho více.
3. Při pohledu na tab. 5.1 a 5.2 lze zjistit, že rozsah jednotlivých řad pokrýval většinou období od 60. let 20. stol. do září (října) 2006. Usilovalo se tedy o doplnění hydrologických let 1961 – 2005 včetně období 1961 – 1990 definovaného WMO. Jelikož kvůli aktuálním údajům (hlavně pro ty z Německa) nevzniklo tolik referenčních řad jako v případě LEDVINKY (2006), vytvořily se i tzv. „fiktivní řady“ složené z řad jménem si blízkých stanic. Sloučeny tedy byly řady stanic Carlsfeld a Carlsfeld Talsperre do jedné stanice „Carlsfeld“ a řady obou Nejdků do „Nejdu“, přičemž jejich souřadnice byly získány jako geografický průměr souřadnic původních².
4. Chybějící měsíční údaje za prosinec 1961 a duben 1979 byly u stanice Karlovy Vary – lázně převzaty z nedaleké stanice Karlovy Vary – letiště.

² Informace o původních stanicích, tj. jejich souřadnicích, nadmořských výškách a časových řadách z nich pocházejících lze nalézt v LEDVINKOVI (2006). Zdejší text se z důvodu stručnosti omezuje pouze na „stanice uměle vytvořené“.

5. Řady stanic Eibenstock a Eibenstock Talsperre se sloučily pomocí **kvocientů** (NOSEK 1972) do „Eibenstocku“ tak, že se ze společně naměřených hodnot spočetly dlouhodobé průměry, které se pak podělily. Na základě takových dlouhodobých poměrů potom transformované hodnoty stanice Eibenstock Talsperre vyplnily prázdná místa u stanice Eibenstock.
6. Řady „fiktivních stanic“ i „Eibenstocku“ prošly testováním homogenity **metodou von Neumanna** (viz např. REINHARTOVÁ 1989; WIJNGAARD ET AL. 2003). Žádná z německých řad inhomogenitu na $\alpha = 5 \%$ nevykázala. Potíže nastaly jen u „Nejdku“ (měsíce listopad, březen a červen).
7. U veškerých inhomogenních řad „Nejdku“ se dále **Wilcoxonovým dvouvýběrovým testem** (ANDĚL 1985, 1998; KAŇOK 1997a) zjišťovalo, zda inhomogenitu nezpůsobilo právě spojování. Jeden výběr vždy reprezentovalo období, kdy měřila „starší“ stanice, druhý údaje ze stanice současné. H_0 se musela na $\alpha = 5 \%$ zamítnout pouze u řady všech březnů (díky nízké signifikanci), takže se v tomto případě data současné stanice zcela vynechala a nahradily je odhady z bodu 7. V tomto okamžiku byla disponibilní data tak, jak je ukazují tab. 5.1 a 5.2.
8. Nakonec se v programu SPSS přistoupilo k samotné **lineární vícenásobné regresi**, pro kterou byly předešlé body jakousi přípravou. Její proces probíhal velmi složitě a z důvodů místa není vhodné se dlouze rozepisovat. Závisle proměnnými Y byly pokaždé řady, jež potřebovaly doplnit. Jako nezávisle proměnné X (prediktory) mohly vstupovat prakticky všechny řady měsíců pod poměrně mírnou podmínkou, že se s řadou doplňovanou kryly min. 15 hodnotami. Druhé kritérium zakazovalo použít jako X řady, u nichž byla von Neumannovou metodou identifikována inhomogenita. Poslední pravidlo znemožňovalo, aby teoretické hodnoty byly záporné. Závěrem je třeba upozornit, že v SPSS byl při hledání optimální množiny prediktorů zvolen algoritmus *Stepwise*³, přičemž všechna doprovodná nastavení (vylučovací statistika F) se zanedbala.
9. Z celkem 12 výstupů (pro každý měsíc jeden) se vybraly teoretické hodnoty, které měly vyplnit prázdné buňky.

³ Tzv. postupná regrese pracuje dle HENDLA (2004) následujícím způsobem:

1. Nejprve se jako nejlepší prediktor vybere proměnná s největším korelačním koeficientem s Y a zařadí se do tvořené množiny prediktorů.
2. Přibere se proměnná, jež nejlépe zlepšuje predikční mohutnost těch proměnných, které již byly do predikce zařazeny (má největší parciální korelační koeficient s Y).
3. Z predikce je odstraněna ta proměnná, jejíž příspěvek pro predikci Y klesl pod určitou úroveň (její parciální korelační koeficient s Y klesl pod mez významnosti). Přejde se na krok 2.
4. Proces přebírání prediktorů skončí, když již žádný další prediktor významně nezlepší predikci.

Téměř u všech stanic se takto povedlo vyplnit celistvé kalendářní období od ledna 1961 do prosince 2004. Přitom rokem 2004 se muselo skončit především kvůli německým referenčním stanicím. U Vřesové doplňování nepřipadalo v úvahu, protože pozorování prováděla velmi krátce. Ale to nebylo překážkou pro navazující šetření, kterých se mohla zúčastnit i tak.

5.2.2 Výška sněhové pokrývky

U výšky sněhové pokrývky se postupovalo do určité míry podobně jako u srážek:

1. Dlouhé řady se přeskupily do kratších řad platných pro jednotlivé měsíce.
2. Došlo k vyřazení velmi podezřelých hodnot, kdy např. ve výše položené části povodí neležela žádná sněhová pokrývka, ale v nižších místech ano⁴.
3. Vznikla „umělá stanice Luby“⁵ ze dvou původních a navíc se přibrala relativně dosti vzdálená německá klimatologická stanice Hof (údaje lze bez problémů sehnat na webu DWD), aby se zvětšil počet referenčních časových řad. Z tab. 5.2 je totiž jasné, že údaje o sněhu z německé strany byly mnohem slabší nežli data o atmosférických srážkách. Navíc klimatologická stanice Carlsfeld měří s hojnými výpadky až od března 1995).
4. V programu AnClim proběhlo ověřování homogenity řad stanice „Luby“ pomocí **SNHT** (blíže viz kap. 6.2), který na polské „sněhové řady“ aplikovala např. FALARZ (2004, 2007). Test na $\alpha = 5 \%$ odhalil inhomogenní řady měsíců února, března a dubna.
5. Všechny inhomogenní řady „Luby“ byly podrobeny **Wilcoxonovu dvouvýběrovému testu**. Při výběru $\alpha = 5 \%$ se zjistilo, že za inhomogenity v řadách nemůže sloučení.
6. V SPSS se přistoupilo k **lineární vícenásobné regresi** (algoritmus *Stepwise*). Prediktory mohly být opět téměř všechny řady, ale jen ty, které nevykázaly inhomogenitu v kroku 4, a ty, na jejichž základě se dalo doplňovat. Znovu se muselo časově krýt min. 15 hodnot. Asi nejvíce limitující podmínkou byl důraz na

⁴ Přihlédlo se i k teplotám vzduchu, které by mohly poukazovat na dlouhodobé inverze.

⁵ Dle obdrženého souboru „geografie_stanic“ se stanice Luby na přelomu prosince 1994 a ledna 1995 přestěhovala ze své původní lokality (12° 24' 45'' v. d., 50° 15' 07'' s. š., 538 m n. m.) na místo nové (12° 24' 14'' v. d., 50° 15' 26'' s. š., 550 m n. m.).

negenerování záporných očekávaných proměnných, což by poukazovalo na špatnou aplikaci regrese (SLÁDEK 2005).

A právě poslední kritérium vedlo k faktu, že se takto nepodařilo získat tolik celistvých řad jako u srážek. Regrese totiž často bez kvalitnějších dat dodávala negativní výšky sněhové pokrývky. Nicméně došlo k „zahuštění“ hodnot alespoň tak, aby se potom mohly provádět prostorové interpolace (kap. 5.3).

5.2.3 Teplota vzduchu

Teplota vzduchu není tolik variabilním klimatickým jevem, a proto se měří jen na menším počtu stanic (klimatologických). Z tohoto důvodu se rovněž okolo povodí Rolavy vyskytuje málo měřidel. Pro účely této práce byla k dispozici data z klimatologických stanic Karlovy Vary – lázně, Potůčky, Šindelová – Obora, Vřesová, Carlsfeld a Fichtelberg. Dle tab. 5.1 a 5.2 nejdéle a takřka uceleně měří Fichtelberg s Karlovými Vary. Šindelová – Obora „povýšila“ na klimatologickou stanicí až roku 2002, Vřesová fungovala pouze v 70. letech minulého stol. a Carlsfeld pracuje od března 1995, a to s častými výpadky. Z uvedeného plyne, že úplné doplnění dat tak, aby se pokrylo nějaké delší období, bylo prakticky nemožné u Šindelové – Obory, Vřesové a Carlsfeldu.

Imputací tedy prošly jen řady z Karlových Varů – lázní, kdy se chybějící údaje z prosince 1961 a dubna 1979 převzaly z karlovarského letiště, a řady Potůček pomocí **lineární vícenásobné regrese** (algoritmus *Stepwise*). V regresi se jako X objevovaly řady Karlových Varů – lázní a Fichtelbergu, přičemž se zajisté už nemuselo kontrolovat, zdali se produkovaly záporné hodnoty.

5.3 Přepoččet staničních řad na řady platné po vodoměrné stanice v povodí

Jedním z hlavních cílů práce je porovnání dostupných klimatických řad s řadami průtoků naměřených ve stanicích Chaloupky a Stará Role. Bodové (staniční) hodnoty tedy musely být v každém časovém horizontu prostorově interpolovány⁶, aby vznikly nové řady platné pro plochy povodí určené rozvodnicemi vodoměrných stanic.

⁶ Někteří autoři rozlišují ještě tzv. časovou interpolaci (např. MASKEY, GUINOT 2003), která by se v podstatě mohla rovnat doplňování dat bez extrapolace. Proto se ve zdejším textu doposud striktně dodržoval termín „prostorová interpolace“. Následně se text omezí pouze na „interpolaci“ v prostorovém smyslu.

K tomuto účelu se nejen v klimatologii vyvinula spousta metod a vývoj pokračuje dodnes, přičemž dochází i k různým úpravám. K nejstarším sofistikovanějším metodám (když se opomine užití obyčejného průměru) náleží Thiessenovy polygony známé už od roku 1911 (např. DIRKS ET AL. 1998 nebo SEGOND ET AL. 2007). Šlo již o určitý typ interpolace a přišla vhod zejména při porovnávání úhrnů srážek na odlišných místech. Metoda však nezohledňuje gradienty mezi jednotlivými stanicemi (hodnoty jsou odděleny ostrou hranicí) a pro horská povodí se nehodí (viz např. KAVAN 2004). Aby se překlenul tento problém, hydrologové začali používat metody začleňující již prostorovou variabilitu a převážně založené na vážení převrácenou vzdáleností (IDW – Inverse Distance Weighting). V poslední době jsou velice oblíbené geostatistické metody (hlavně semivariogramy a s nimi související kriging). Příklady autorů zkoumajících význam geostatistiky v klimatologii mohou být PHILLIPS, MARKS (1996), SKAUGEN (1997), GRIMES ET AL. (1999), DROGUE ET AL. (2002), SKIRVIN ET AL. (2003), SYED ET AL. (2003) a BAIGORRIA ET AL. (2006). Také se stále více zaměstnávají geografické informační systémy (GIS), a tak se může přihlídnout i k měnícím se podmínkám s nadmořskou výškou (např. NYNIEROLA ET AL. 2000; DIODATO 2005).

Přestože se o metodách napsalo už mnoho, mezi autory panují povětšinou neshody v rozhodování, které by se měla dát přednost. Vše záleží na různých faktorech jako na prostorovém a časovém měřítku dat a navíc na geografické poloze a vlastnostech reliéfu studovaného území (NAOUM, TSANIS 2004).

5.3.1 Atmosférické srážky

Řada studií (např. DIRKS ET AL. 1998) hodnotí výsledky, které přináší jednotlivé interpolační metody. LEDVINKA (2006) u srážek konkrétně pro povodí Rolavy použil Thiessenovy polygony, které sám uznal za nevhodné, i když se s nimi pracuje poměrně rychle. Proto se nyní rozhodlo zaměřit se více na potenciál prostředí GIS a vybrat patřičnou náhradu. Nejlepší výsledky v GIS ostatně vykazují různé typy krigingu (ZEMKOVÁ 2007; JUŘIKOVSKÁ, ŠEDĚNKOVÁ 2008), ale ty vyžadují nastavení mnoha parametrů. Nadto se počítalo s tvorbou **řad měsíčních výšek srážek H_m** ⁷, takže bylo zapotřebí se přiklonit k dávkovému zpracování.

⁷ Autor si je vědom toho, že tento termín meteorologové podle SOBÍŠKA ET AL. (1993) neuznávají a označují ho za nesprávný, ale v určitých situacích je vhodné odlišit „úhrn srážek“ ve smyslu hodnoty naměřené na stanici a „výšku srážek“ ve smyslu hodnoty platící pro nějakou plochu. Nicméně v dalším textu se bude operovat pouze s krátkým označením H s dolními indexy m , resp. r podle toho, zda půjde o měsíční, resp. roční údaj. A to i přesto, že se v předešlém textu vyskytují stejná označení pro „úhrny“.

Někteří autoři si díky svým zkušenostem s programováním budují vlastní modely či aplikace (např. TROMP 2005).

Ve zdejším případě (i z časových důvodů) nepřipadalo naprogramování ani zdlouhavé nastavování parametrů v úvahu. Rovněž DMR nemohl do interpolací vstupovat, neboť vznikl až mnohem později díky vektorizaci obrazu zahraniční části povodí (kap. 3.2.1). Nakonec se v ArcGIS odzkoušely metody IDW a spline⁸. A protože IDW dávala málo důvěryhodné výsledky a cílem nebylo více testovat jednotlivé metody, ponechalo se vše na splinu, který na povodí s obdobnými podmínkami použil již JENÍČEK (2005).

O splinu jako způsobu odhadování množství srážek v místech bez měření referují blíže např. HOFIERKA ET AL. (2002) a BERNSTEIN (2007). Podle JUŘIKOVSKÉ, ŠEDĚNKOVÉ (2008) jde o lokální a zároveň aproximační (vyrovnávací) metodu, kde dochází k vyhlazení hodnot i v místech se známou hodnotou. Využívají se bikubické B-spliny. Každá část povrchu je reprezentována samostatnou polynomičnou funkcí odvozenou z lokálních hodnot. Přitom musí být zajištěna spojitost sousedních polynomičkových funkcí na jejich styku (v případě kubických polynomů musí být totožné první dvě derivace). Relativně rychle se generují hladké povrchy. Nevýhodný je spline u některých typů polí, kde je vyžadováno částečné vyhlazení hodnot, nebo tehdy, kdy je přípustné vytváření falešných maxim a minim v poli. Spline tedy nejen interpoluje, ale vypočítává i nižší a vyšší hodnoty, než byly ve vstupních datech (záleží na okolních hodnotách). Metoda není vhodná v případě, kdy vstupní body jsou blízko u sebe a sousedi mají velmi rozdílné hodnoty. Do výpočtu totiž vstupuje rozdíl hodnot bodů a jejich vzdálenost.

V ArcGIS byla zvolena modifikace **splinu s tenzí (pod napětím)**, jež vytváří plošší povrch nežli varianta regularizovaná a pracuje podle schématu (ESRI 2006):

$$S(x, y) = T(x, y) + \sum_{j=1}^N \lambda_j R(r_j),$$

kde N je počet bodů, skrz které se má povrch proložit, λ_j koeficienty vypočtené na základě soustavy lineárních rovnic a r_j vzdálenost bodu o souřadnicích (x, y) od j -tého bodu;

$$T(x, y) = a,$$

$$R(r) = -\frac{1}{2\pi\varphi^2} \left[\ln\left(\frac{r\varphi}{2}\right) + c + K_o(r\varphi) \right],$$

kde φ^2 je zadávaný parametr, r distance mezi bodem a vzorkem, K_o , pozměněná Besselova funkce, c konstanta rovna 0,577215 a a koeficient nalezen řešením soustavy lineárních rovnic.

⁸ V české literatuře se někdy objevuje jako „splajn“ (viz např. REKTORYS ET AL. 2000) nebo jako „metoda minimální křivosti“ (JUŘIKOVSKÁ, ŠEDĚNKOVÁ 2008).

Interpolace měla proběhnout pro každý měsíc od ledna 1961 do prosince 2004 (v závislosti na úspěšnosti procesu doplňování). Jednalo se tedy celkem o 528 operací.

Nejprve se vytvořila vektorová vrstva se stanicemi měřícími srážky podle souřadnic v tab. 5.1 a 5.2. Některé, jak už bylo několikrát uvedeno, nereprezentovaly svá původní místa, nýbrž lokality určené geografickými průměry („Carlsfeld“, „Eibenstock“, „Nejdek“); a protože ještě nebyl hotový DMR povodí, nemohla být u takových stanic určena nadmořská výška. Na ní však v tomto postupu nezáleželo.

Každé stanici byly přiřazeny atributy tak, aby obsahovaly údaje o srážkách ve všech měsících daného období. Interpolace měl provést nástroj **Spline** (SA). H_m nebyly kompletní kvůli stanici Vřesová, a proto se atributy rozdělily na období, kdy stanice neměřila a kdy naopak měřila (tab. 5.1). Poté se u interpolátoru vlastně nadefinovaly dvě dávky zvlášť, přičemž byla zadána cesta k adresáři pro ukládání výsledných rastrů, velikost strany buňky 100 m, typ splinu s tenzí a počet vstupujících bodů. Těch bylo 13 a s Vřesovou 14. Váhy byly ponechány defaultně. Výsledkem bylo 441 rastrů, vzniknuvších bez podpory stanice Vřesová, a 87 rastrů za pomoci údajů z Vřesové.

Ještě bylo nutné spočítat, jaké množství srážek představují jednotlivé buňky rastrů na povodí Rolavy po vodoměrnou stanici Chaloupky a také po stanici Stará Role. K tomu posloužily tzv. **zonální statistiky** nacházející se v SA. Ty umožňují exportovat informační tabulky, z nichž lze údaje převést do Excelu a dále je analyzovat (viz tab. IV až VI v přílohách). Podobně by se počínalo, pokud by v centru zájmu bylo celé povodí Rolavy.

Prostřednictvím nástroje **Cell Statistics** a matematických funkcí v SA vzniknul rastr, který je možné vidět na obr. 5.1. Ukazuje průměrnou H_r na povodí Rolavy v období 1969 – 2003, kdy bez porušení fungovala vodoměrná stanice Stará Role. V těchto letech na celé povodí ročně v průměru spadlo 920,2 mm srážek. Odpovídající hodnoty byly po stanici Stará Role 946,3 mm a po Chaloupky 1085,5 mm. Pro dobu mezi (nyní kalendářními) lety 1961 a 2004 platí, že průměrné H_r na celém povodí, po Starou Roli a po Chaloupky byly přibližně 919,2 mm, 944,8 mm a 1096,2 mm. Lze uzavřít, že (až na část povodí po Chaloupky) bylo období 1969 – 2003 mírně srážkově bohatší.

5.3.2 Výška sněhové pokrývky

Jak už bylo sděleno výše, u staničních řad výšky sněhové pokrývky se doplňování spíše nedařilo (kap. 5.2.2). O to složitější byla jejich interpolace. Stejně jako u srážek se v ArcGIS vybral **spline s tenzí**. Ten na „výšku sněhu“ aplikovali kupř. LÓPEZ-MORENO, NOGUÉS-

BRAVO (2006) a zjistili, že v centrálních Pyrenejích ve Španělsku lokální a geostatistické interpolátory oproti globálním negenerují dobré odhady, když nezohledňují vlastnosti horského reliéfu. Nicméně DMR povodí Rolavy stále nebyl k dispozici a někdy je vhodnější nemíchat různé metody, pokud jde o porovnávání klimatických a hydrologických jevů.

Zpočátku se tak opět vytvořila vektorová vrstva stanic, za které byla k dispozici data o sněhu. Zprůměrovaly se pouze souřadnice stanic Luby a Nejdek, neboť ze srážkoměrných stanic v Německu se data sehnat nepovedlo (tab. 5.1 a 5.2). Carlsfeld má také proto v obr. 5.1 polohu současné klimatologické stanice.

Každý bod ve vrstvě obdržel atributy obohacené o teoretické hodnoty tak, aby bylo co nejvíce pokryto období leden 1961 – prosinec 2004 (stačily samozřejmě jen měsíce, kdy na některé ze stanic byl napozorován alespoň 1 cm). Tentokrát se však v attributech vyskytovalo o dost více mezer než u srážek, takže se v ArcGIS musela najít určitá alternativa funkce Spline v SA. Ta si totiž neumí poradit s ignorováním scházejících údajů a chce řady úplnější.

Mezery naopak nevadí extenzi *Geostatistical Analyst* (GSA). V jejím průvodci se spline s tenzí nalézá mezi tzv. Radial Basis Functions. Při výběru atributů z tabulky lze zadat hodnotu, která by neměla být do výpočtu zahrnuta. Dále se jako v SA dá určit počet stanic vstupujících do propočtů. Zde byl vždy maximální možný (to podle dat). Parametry byly optimalizovány.

Celkem vzniklo 310 tzv. geostatistických vrstev, které se ještě musely uložit jako rastr. Při této operaci byla vždy volena buňka o rozsahu 100 x 100 m, což je vzhledem k charakteru dat zřejmě rozlišení nadbytečné, ale kvůli porovnáváním užitečné. Toto vše je z důvodu úspory času rozumnější řešit v první řadě geostatistickým modelem a následně nastavit dávkové zpracování.

Obrovským problémem bylo, že spline odhadoval u některých pixelů rovněž negativní výšku sněhové pokrývky. Toho se bylo nutné zbavit rastrovými matematickými funkcemi (např. SA) a konvertovat je na hodnoty nulové. Tak si u svých regresních modelů počínali např. právě LÓPEZ-MORENO, NOGUÉS-BRAVO (2006).

Konečným produktem ArcGIS by znovu měly být tabulky (nástroj SA ***Zonal Statistics as Table***), jež by měly obsahovat data platná pro jednotlivé části povodí Rolavy⁹. Ty je pak možné jednoduše převést do Excelu (viz tab. X mezi přílohami).

⁹ I tyto řady se budou v dalším textu označovat stejně jako řady staniční. S_m tedy bude představovat průměrné měsíční výšky a S_r průměrné roční výšky sněhové pokrývky na ploše povodí (viz kap. 5.5).

5.3.3 Teplota vzduchu

Vzhledem k tomu, že klimatologických stanic je (či bylo) okolo povodí Rolavy málo a v kap. 5.2.3 se v podstatě úspěšně doplnily řady T_m jen u Potůček, nemohla být odzkoušena tatáž interpolační metoda jako u H_m a S_m . Nebylo ani žádoucí vymýšlet zbytečně pracnou metodu.

Jelikož v tomto okamžiku již DMR povodí k dispozici byl, vypočítaly se zprvu pomocí něj a zonálních statistik (SA v ArcGIS), průměrné nadmořské výšky jednotlivých subpovodí. Nad Starou Rolí tato hodnota činí přibližně 764,1 m a nad Chaloupkami 903,1 m. Dále se určily výškové vzdálenosti všech dostupných klimatologických stanic od těchto hodnot. Zde se „umělé stanice“ netvořily, takže výšky se braly přesně tak, jak se vyskytují v tab. 5.1 a 5.2.

Veškeré rozdíly ve výšce se potom dosadily do vzorce, který se velmi podobá tomu, který se uvádí při vysvětlování metody IDW (viz např. JANKOVÁ 2006). Rozdíl spočívá jen v tom, že se distance horizontální zaměnily za vertikální. Čím více tedy byla stanice vzdálenější, tím menší získaly váhu staniční hodnoty při určování každé **průměrné T_m** ¹⁰. Podle toho, jak dlouho souběžně se měřilo, mohlo nastat pět situací a váhy se měnily. Pokaždé se ale jako exponent dosadilo (asi nejoblíbenější) číslo 2 (tab. 5.3). Všechny výpočty proběhly v Excelu a podařilo se obdržet dvě nové řady T_m za kalendářní období leden 1961 – září 2006 (viz tab. VII až IX v přílohách). Datově pokryté tedy nyní byly celé hydrologické roky 1962 – 2005 (včetně).

Tab. 5.3 - Váhy klimatologických stanic v okolí povodí Rolavy při výpočtu řad T_m pro území po vodoměrné stanici

	Klimatologická stanice	Karlovy Vary-lázně	Potůčky	Šindelová-Obora	Vřesová	Carlsfeld	Fichtelberg
	Nadmořská výška (m)	377	775	587	461	897	1213
Po Starou Rolí (764,06415 m)	Vertikální vzdálenost (m)	387,06415	10,93585	177,06415	303,06415	132,93585	448,93585
	Váhy 1	7,97E-04	9,99E-01	-	-	-	5,93E-04
	Váhy 2	7,96E-04	9,97E-01	-	1,30E-03	-	5,92E-04
	Váhy 3	7,92E-04	9,92E-01	-	-	6,71E-03	5,89E-04
	Váhy 4	7,89E-04	9,88E-01	3,77E-03	-	6,69E-03	5,86E-04
	Váhy 5	7,94E-04	9,95E-01	3,79E-03	-	-	5,90E-04
Po Chaloupku (903,07281 m)	Vertikální vzdálenost (m)	526,07281	128,07281	316,07281	442,07281	6,07281	309,92719
	Váhy 1	4,82E-02	8,13E-01	-	-	-	1,39E-01
	Váhy 2	4,51E-02	7,61E-01	-	6,39E-02	-	1,30E-01
	Váhy 3	1,33E-04	2,24E-03	-	-	9,97E-01	3,83E-04
	Váhy 4	1,33E-04	2,24E-03	3,68E-04	-	9,97E-01	3,83E-04
	Váhy 5	4,25E-02	7,17E-01	1,18E-01	-	-	1,22E-01

Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50

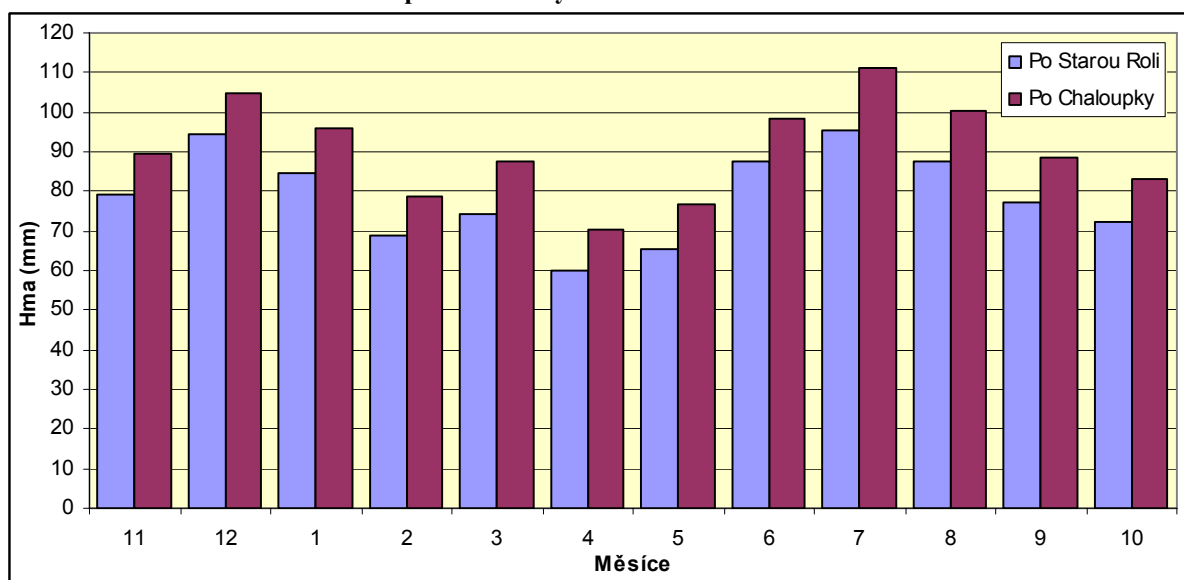
¹⁰ Platí tu totéž, co u H a S . T_m , resp. T_i bude značit průměrné měsíční teploty, resp. průměrné roční teploty území po vodoměrné stanici.

5.4 Srážkové poměry v povodí

5.4.1 Změny měsíčních výšek srážek v průběhu roku

Po zprůměrování H_m jednotlivých měsíců hydrologického období 1969 - 2003 mohl vzniknout graf s **dlouhodobými měsíčními výškami srážek H_{ma}** na ose pořadnic. Pro zhodnocení chodu srážek jsou dále využity procentuální H_m na jejich celoročním množství. Postup výpočtu podílů je obdobný jako u odtoku v kap. 4.3. Dále byly součtem podílů příslušných měsíců určeny podíly ročních dob a teplého a chladného půlroku. Výsledky ukazují obr. 5.2 a 5.3.

Obr. 5.2 - H_{ma} období 1969-2003 v povodí Rolavy

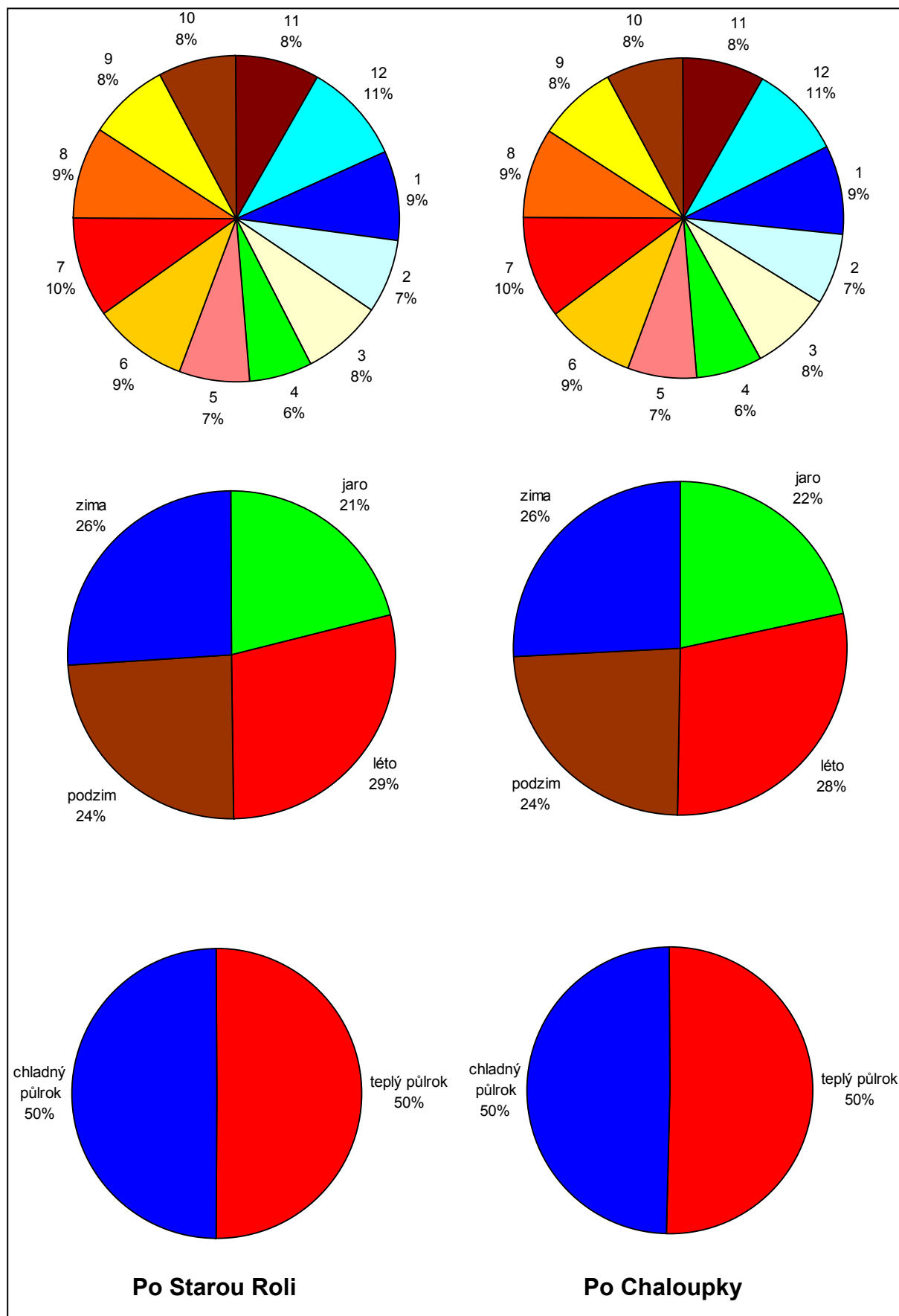


Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Vyplývá, že se na průměrném ročním množství srážek spadlých na povodí Rolavy nad stanicí **Stará Role** nejvíce podílí měsíc červenec. Ten je těsně následován prosincem, srpnem a červnem. Nejvíce srážek spadne v létě (28,54 %). Jaro (s dlouhodobě nejméně vydatným dubnem) se podílí 21,13 %, podzim 24,14 % a zima 26,2 %. Obr. 5.3 říká, že v teplém půlroce spadne stejné množství jako v období chladném. Pravdou ale je, že i přes největší podíl léta během období 1969 – 2003, v průměru velice mírně převládá chladný půlrok (50,05 %).

Z tab. IV v přílohách lze rovněž vyčíst extrémní hodnoty. *Minimum* srážek (2,7 mm) napadlo v lednu 1996. Naproti tomu jen během prosince 1974 spadlo 233 mm, s čímž

Obr. 5.3 - Rozložení výšek srážek podle měsíců, ročních období a půlroků let 1969-2003 v povodí Rolavy



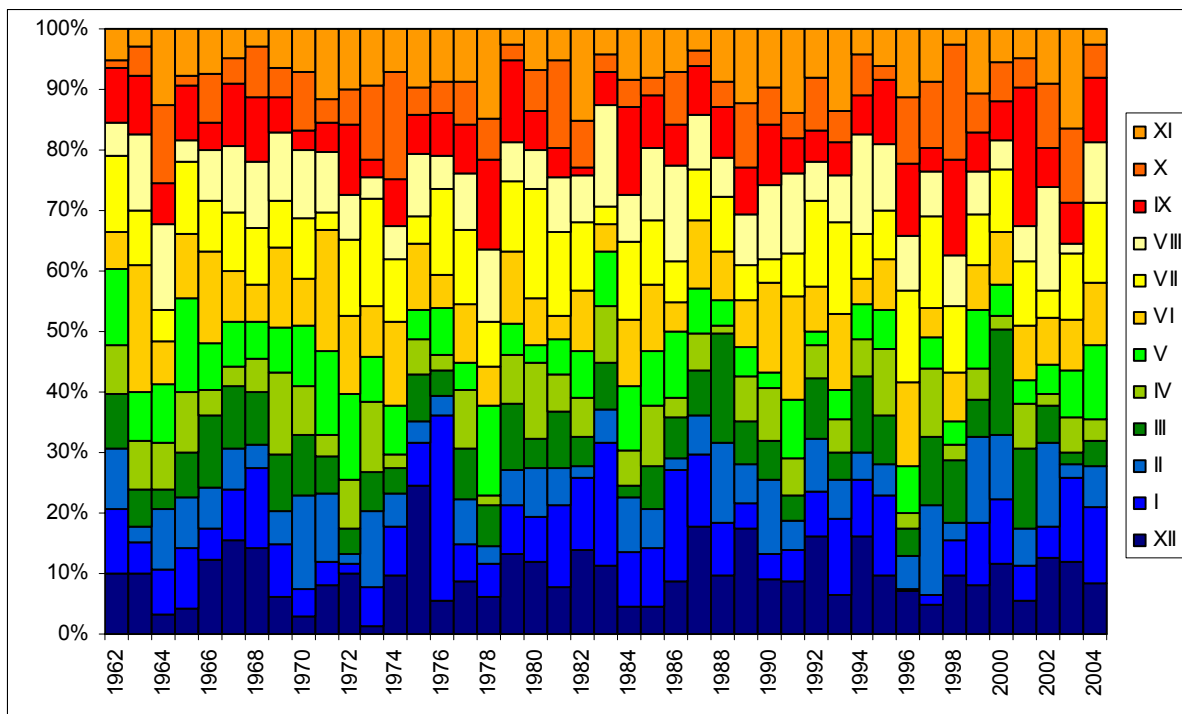
Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

bezpochyby souvisí již zmíněná povodeň. Jen pro představu toto množství činí téměř 38 % veškerého množství nejméně vydatného hydrologického roku 1964 a přes 24 % množství hydrologického roku 1975.

Podobně jako u Staré Role, jsou i na území po stanici **Chaloupky** patrný dvě maxima. Letní opět reprezentuje měsíc červenec, v němž dlouhodobě padá více srážek nežli v prosinci. K červenci se přidávají i zbylé letní měsíce, takže léto nakonec se svými 28,55 % dominuje nad zimou (25,76 %). Jaro, v jehož měsíci dubnu padá i zde z dlouhodobého hlediska nejméně srážek, se podílí 21,62 %, čímž zaostává za všemi sezónami včetně podzimu s 24,07 %. Díky dominanci léta nad stanicí Chaloupky naopak v období 1969 – 2003 mírně převládl půlrok teplý (50,25 %).

Co se týče extrémů, tak *minimum* nastalo opět v lednu 1996. Tehdy na území uzavřené rozvodnicí stanice Chaloupky spadlo pouze 1,7 mm. K *maximu* však došlo jindy než u Staré Role, a to v průběhu srpna 2002. Velikost H_m dosáhla 270,9 mm, což je asi 37 % veškerého množství spadlého v nejsušším hydrologickém roce 1964. Z množství hydrologického roku 2002 to je 19,7 %.

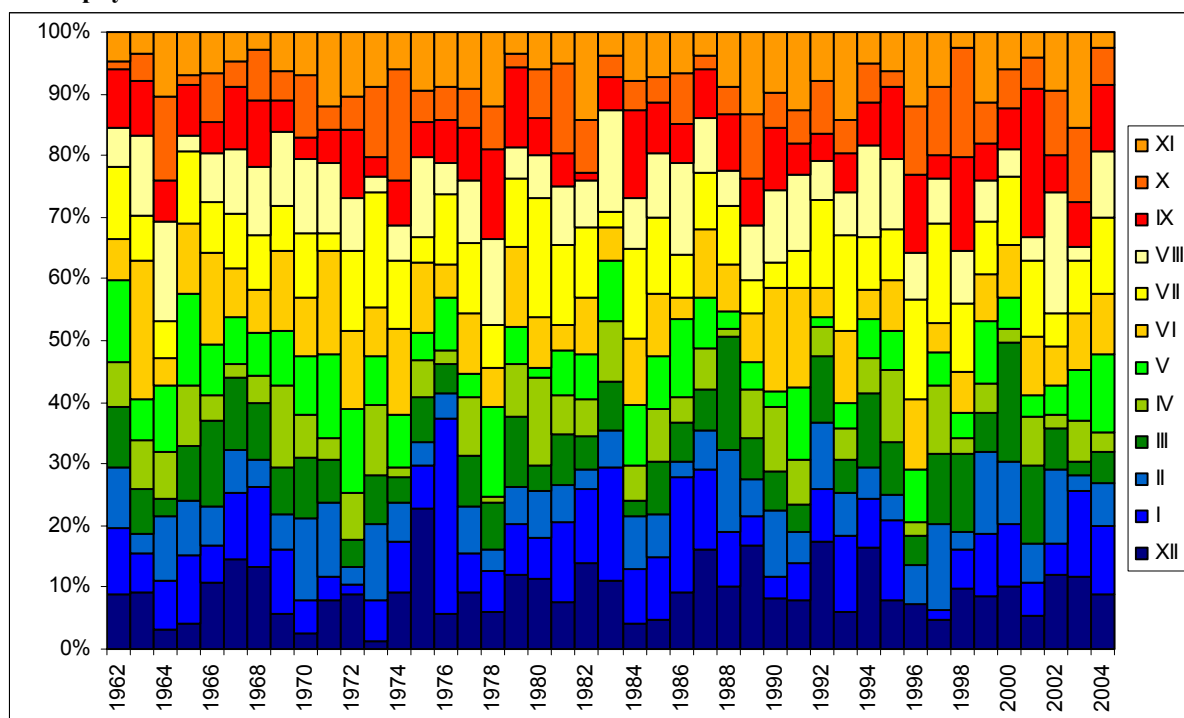
Obr. 5.4 - Změny sezónního rozložení výšek srážek na povodí Rolavy v letech 1962-2004 – po profil Stará Role



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Variabilitu souboru všech H_m lze též vyhodnotit **variačním koeficientem** V_m . Pro Starou Roli platí, že V_m sestavený ze všech H_m období 1969 – 2003 se rovná 0,53. Po aplikaci obyčejného variačního rozpětí by se mohlo zdát, že nad stanicí Chaloupky je situace proměnlivější, ale ve skutečnosti je V_m sestavený z odpovídajících si údajů o něco nižší (0,52). Interpretace se však odlišovat nebude. Na povodí řeky Rolavy srážky vypadávají nerovnoměrně.

Obr. 5.5 - Změny sezónního rozložení výšek srážek na povodí Rolavy v letech 1962-2004 – po profil Chaloupky



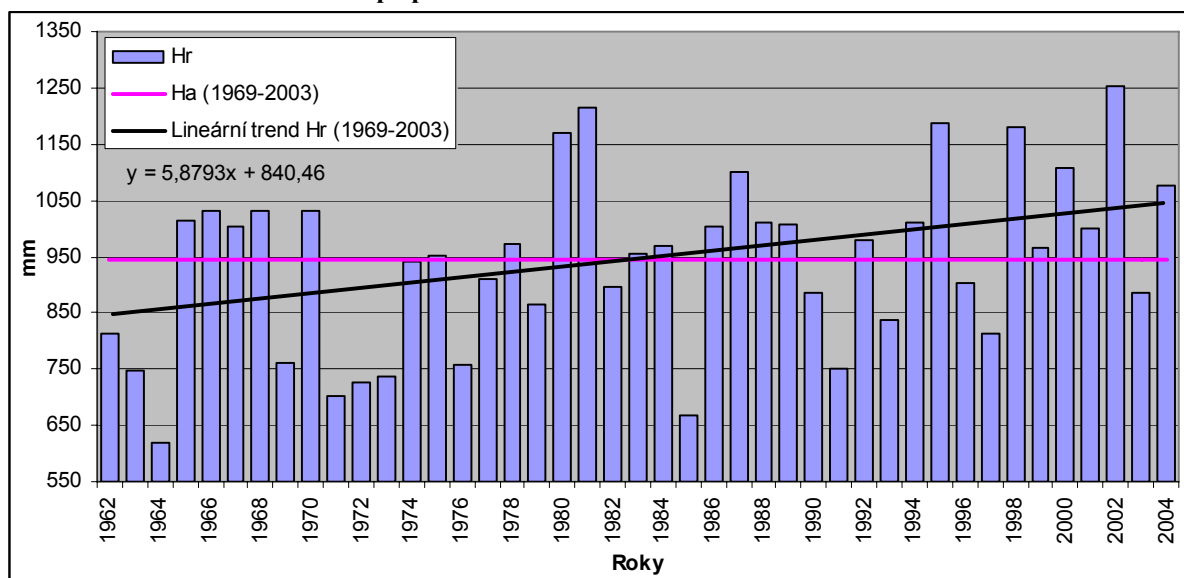
Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Jelikož se v kap. 5.3.1 podařilo zrekonstruovat data za ucelené hydrologické období 1962 – 2004, mohou se sestavit grafy na obr. 5.4 a 5.5. Ty potvrzují zásadní podíly zimních a letních částí roku nad oběma vodoměrnými stanicemi. Výrazné jsou zejména zimy let 1975 a 1976. U Chaloupek se nadto poodhaluje jakýsi mírný rostoucí trend v podzimních výškách srážek. Jarní H_m ani zdaleka neodpovídají jarním Q_m , za čímž nepochybně stojí tání sněhu v těchto měsících.

5.4.2 Změny ročních výšek srážek v čase

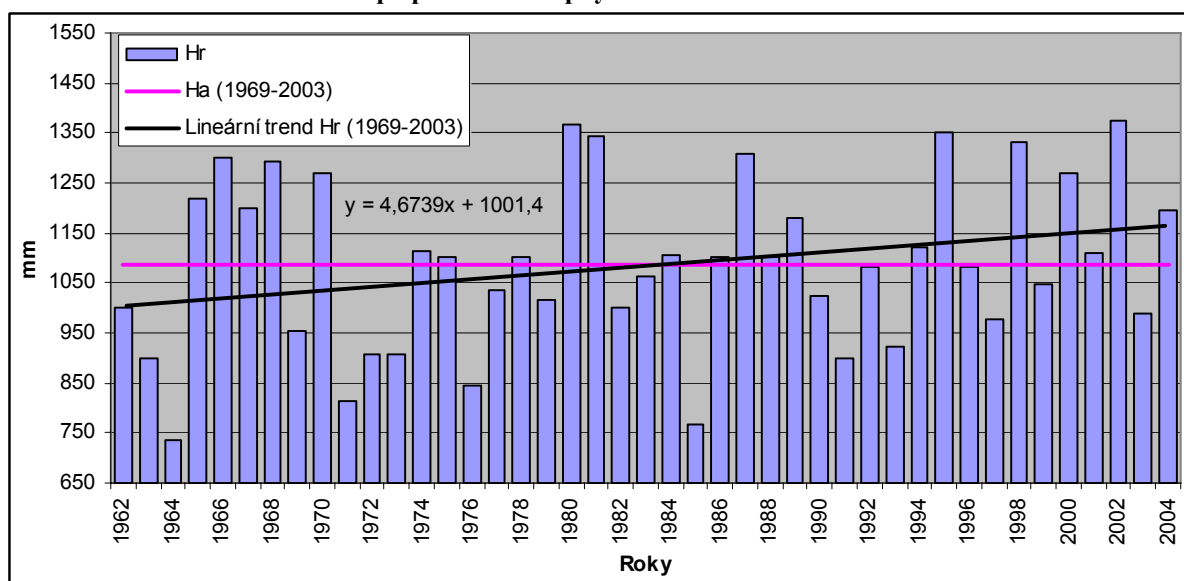
Pro zhodnocení míry srážkové vydatnosti jednotlivých hydrologických let 1969 – 2003 byl pro jednoduchost použit poměr ročních výšek srážek a průměrné roční výšky srážek (tedy H_r/H_a). Také byly sestaveny grafy H_r , reprezentující období 1962 – 2004, aby lépe vynikly roky nadprůměrné a podprůměrné (obr. 5.6 a 5.7).

Obr. 5.6 - H_r období 1962-2004 - po profil Stará Role



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Obr. 5.7 - H_r období 1962-2004 - po profil Chaloupky



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Kromě velmi nadprůměrné H_r roku 2002 lze identifikovat roky na srážky velice chudé. Po obě vodoměrné stanice jím byl kupř. rok 1985, jehož hodnota se do té za rok 2002 vejde 1,9krát (Stará Role), resp. 1,8krát (Chaloupky). To dokumentuje nízkou variabilitu souborů H_r v povodí Rolavy. Absolutně nejslabším se však jeví rok 1964. Zajímavé je střídání některých dalších maxim (1980 a 1981). Lineární trendy naznačují, že v povodí obecně došlo mezi lety 1969 – 2003 k navýšení padajících srážek.

Variabilita H_r vyjádřená **variačním koeficientem** V_r poukazuje rovněž na vyrovnanost. Pokud se tedy vezme v úvahu jen období 1969 – 2003, u Staré Role platí, že se V_r přibližně rovná 0,16, kdežto u Chaloupek 0,15. Na tom se nic nezmění, když se zahrnou i H_r ze zbývajících dostupných let.

5.4.3 Srovnání srážkových poměrů po obě vodoměrné stanice

Obecně by mělo platit, že větší výšky srážek se utváří na horním povodí Rolavy uzavřeném rozvodnicí stanice Chaloupky. Dokazují to např. hodnoty průměrných H_r . Zatímco na horní část povodí během období 1969 – 2003 v průměru spadlo 1085,5 mm, tak na povodí až po stanici Stará Role spadlo jen 946,3 mm. Tato skutečnost souvisí s různou velikostí plochy povodí, která vstupuje do výpočtu výšky srážek, ale také s růstem padajících srážek s nadmořskou výškou. Ne vždy však toto musí mít platnost. Dosti zřetelně se může projevit prostorová variabilita srážkového pole. Pak se občas také stane, že nad Chaloupkami spadne méně srážek než nad Starou Rolí. Příkladem mohou být minimální měsíční hodnoty, ke kterým v daném období došlo. V lednu 1996 nad stanicí Stará Role spadlo 2,7 mm a nad stanicí Chaloupky pouze 1,7 mm srážek. Díky tab. IV, V a VI mezi přílohami lze takových případů jistě nalézt více.

Z pohledu H_{ma} dochází po obě stanice k maximům v letních a zimních měsících. Největší podíl má přitom vždy červenec a jelikož se k němu dále přimykají červen se srpnem, v sezónním sledu převažuje léto. Avšak při použití většího časového měřítka nad Starou Rolí přesto mírně převládal půlrok chladný. Minima nastávají na jaře, konkrétně v měsících dubnu a květnu. Variabilita H_m je podle očekávání větší nad stanicí Stará Role. Nejde ale o markantní rozdíl.

Obě dvě vodoměrné stanice měly v období 1969 – 2003 společný srážkově nejbohatší rok 2002. Z tab. IV a V je patrné, že největší množství tehdy spadlo právě v srpnu (nad Starou Rolí 214,1 mm a nad Chaloupkami 270,9 mm). Navíc hodně srážek přišlo i v zimních měsících tohoto roku. Ani nejsušší roky se neliší. V období 1969 – 2003 jím byl rok 1985 a

v letech 1962 – 2004 rok 1964. Statistický soubor H_r je podle variačního koeficientu rozmanitější u Staré Role. U obou případů se dá hovořit o homogenitě H_r . Hodnoty V_r jsou nižší než hodnoty V_m . Tím vším je také potvrzen fakt, že variabilita fyzickogeografických jevů obecně klesá se zvyšujícím se časovým měřítkem a roste se zvětšujícím se měřítkem prostorovým (viz např. HAMPL ET AL. 2001). Lineární trendy znázorněné v obr. 5.6 a 5.7 vyjadřují růst padajícího množství srážek na povodí Rolavy za období 1969 – 2003.

5.5 Sněhové poměry v povodí

V ČR se problematice sněhu mnoho vědců nevěnuje a často se ponechává stranou většího zájmu oproti teplotě vzduchu či atmosférickým srážkám (HLADNÝ 2006). Najdou se však i světlé výjimky (např. VLASÁK 2004). Sněhové pokrývky a vodní hodnoty sněhu si poslední dobou všímají zejména hydrologové nebo hydrometeorologové, kteří potřebují údaje o něm do různých hydrologických modelů (např. HRUŠKOVÁ 2006; NĚMEČKOVÁ 2007).

Ve světě se významnou rolí sněhu zaobírají především autoři pocházející ze zemí, kde je krajina zahalena v bílém téměř po celý rok, anebo analytici horských území (např. HARDING ET AL. 2001; BENISTON ET AL. 2003a, 2003b; AOUAD-RIZK ET AL. 2005; SUZUKI ET AL. 2006 a ZAPPA 2008). Rozmohlo se rovněž využívání dálkového průzkumu Země (DPZ) při výzkumech (kupř. SHAMAN ET AL. 2005).

Průtoky v celém povodí Rolavy, nebo alespoň v jeho částech nad vodoměrnými stanicemi, jsou ovlivňovány horami a samozřejmě také samotnou sněhovou pokrývkou. Ta může na odtok působit jako brzda, ale i jako akcelerátor, a to zvláště tehdy, kdy je překročena její retenční kapacita v průběhu zimních dešťů. LEDVINKA (2006) našel v odtoku řeky Rolavy rostoucí trendy právě v zimním období. Předpokládalo se tak, že tady sněhu v čase ubývá nebo se jeho tání přesouvá z jara do zimních měsíců. Kvůli potvrzení domněnek se od příslušných institucí v ČR a Německu vyžádala data o výšce sněhové pokrývky z klimatologických a srážkoměrných stanic, která se náležitě převedla na plochy povodí po vodoměrné stanice (kap. 5.3.2). Analyzovány tedy mohly být údaje o **průměrných měsíčních výškách sněhové pokrývky S_m** jak nad stanicí Stará Role, tak S_m nad stanicí Chaloupky za hydrologické období 1962 – 2004.

Poněvadž sníh je fenoménem vyskytujícím se v těchto zeměpisných šířkách každoročně většinou jen po určitou dobu, vybraly se jako reprezentativní pouze měsíce listopad až duben jednotlivých hydrologických let. **Roční výšky sněhové pokrývky S_r** jsou

zde potom definovány jako průměry daných S_m . Ze sezón zahrnují jen zimy. Ani chladná poleť nemohou být obsažena kompletně, neboť ty začínají již říjnem (např. NETOPIL ET AL. 1984). Na všech těchto faktech pak závisí veškeré následující analýzy.

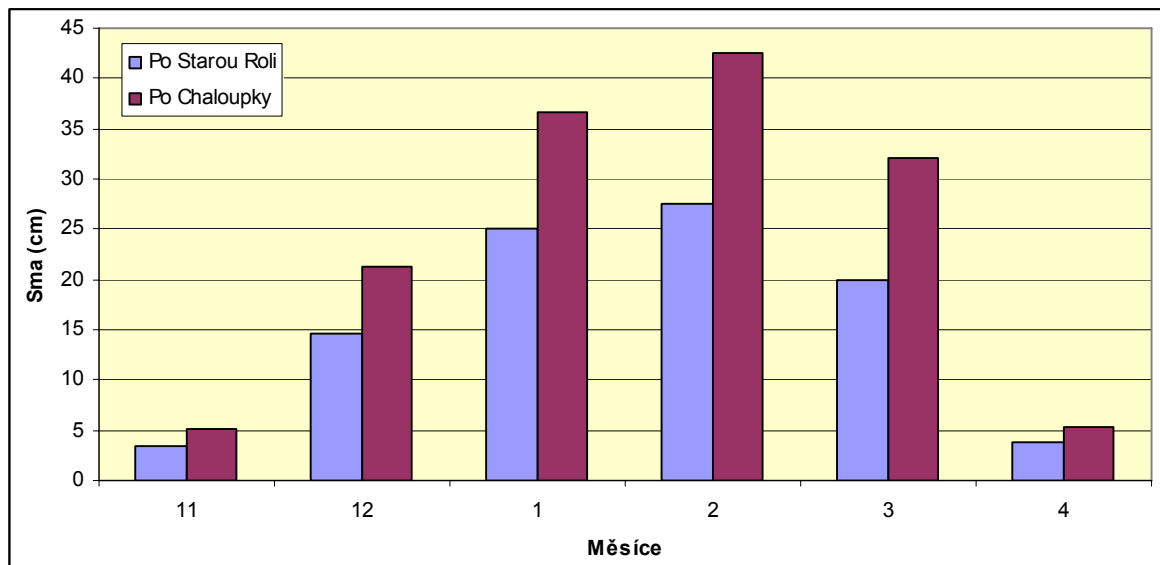
Zvláštní postavení tu má rozbor změn počtů dní se sněhovou pokrývkou v hydrologických rocích. Nezbytná plošná data však scházela, takže se postupovalo tak, že se spočetla u klimatologické stanice Fichtelberg, jež měla zastoupit horní část povodí Rolavy, a u stanice Karlovy Vary – letiště coby představitele dolní části povodí.

5.5.1 Změny měsíčních výšek sněhové pokrývky v průběhu roku

Ačkoliv na povodí Rolavy leží sníh souvisleji někdy ještě v květnu a bývá tu přítomen občas už i v říjnu, muselo se přikročit k vynechání těchto dvou měsíců ve výpočtech. Pokud se jednotlivé zbývající S_m zprůměrují a přihlédne se pouze k hydrologickému období 1969 – 2003 kvůli porovnávání s odtokem, vznikne graf na obr. 5.8, který na ose ordinát nese **dlouhodobé měsíční výšky sněhové pokrývky S_{ma}** . Obr. 5.9 potom vysvětluje, nakolik se po každou vodoměrnou stanici dlouhodobě podílí S_m na S_r .

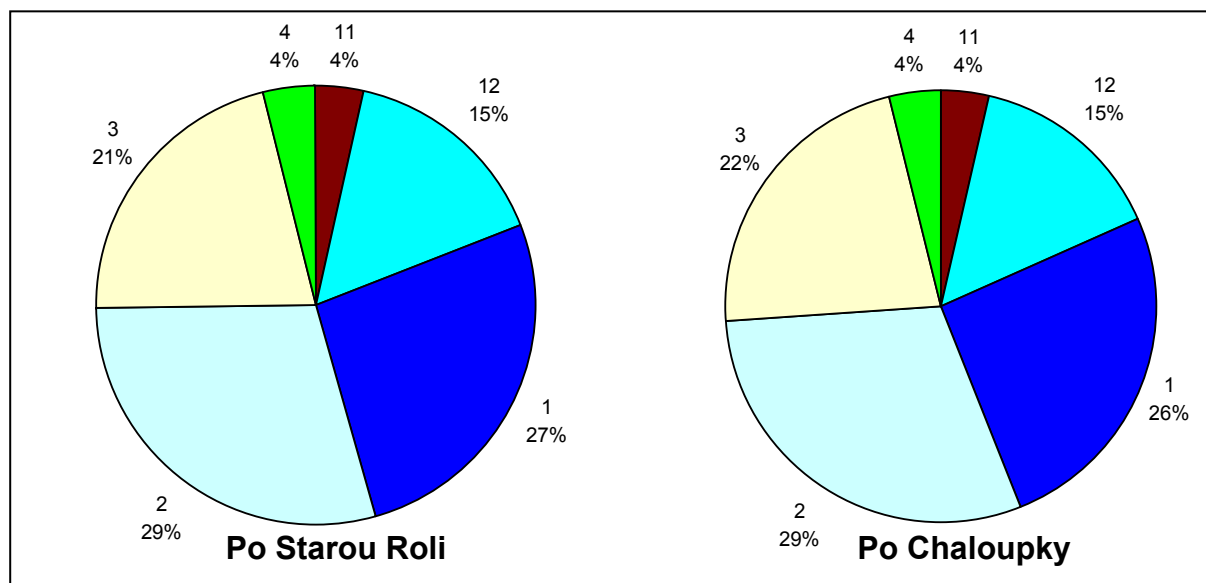
Zdá se, že se na obou subpovodích dlouhodobě vyskytuje nejvíce sněhu až v únoru (vždy asi po 29 % S_r). Podíly však nejsou zcela totožné. Zatímco nad Chaloupkami leden sekunduje necelými 26 %, tak nad Starou Rolí 27 % (viz obr. 5.9). Opak nastává pravidelně u třetího března. Na obr. 5.8 je nápadný pomalý růst a rychlejší pokles sněhové pokrývky v roce.

Obr. 5.8 - S_{ma} období 1969-2003 v povodí Rolavy



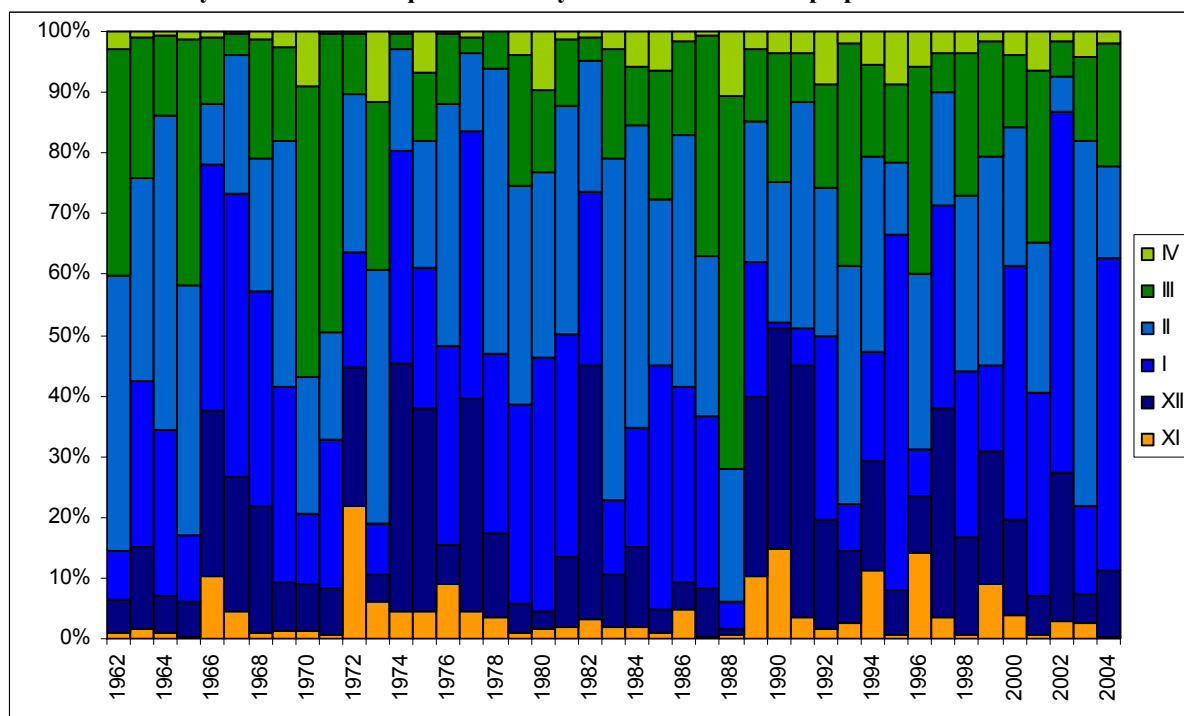
Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Obr. 5.9 - Podíly S_m na S_r období 1969-2003 v povodí Rolavy



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Obr. 5.10 – Změny rozložení S_m na povodí Rolavy v letech 1962-2004 - po profil Stará Role



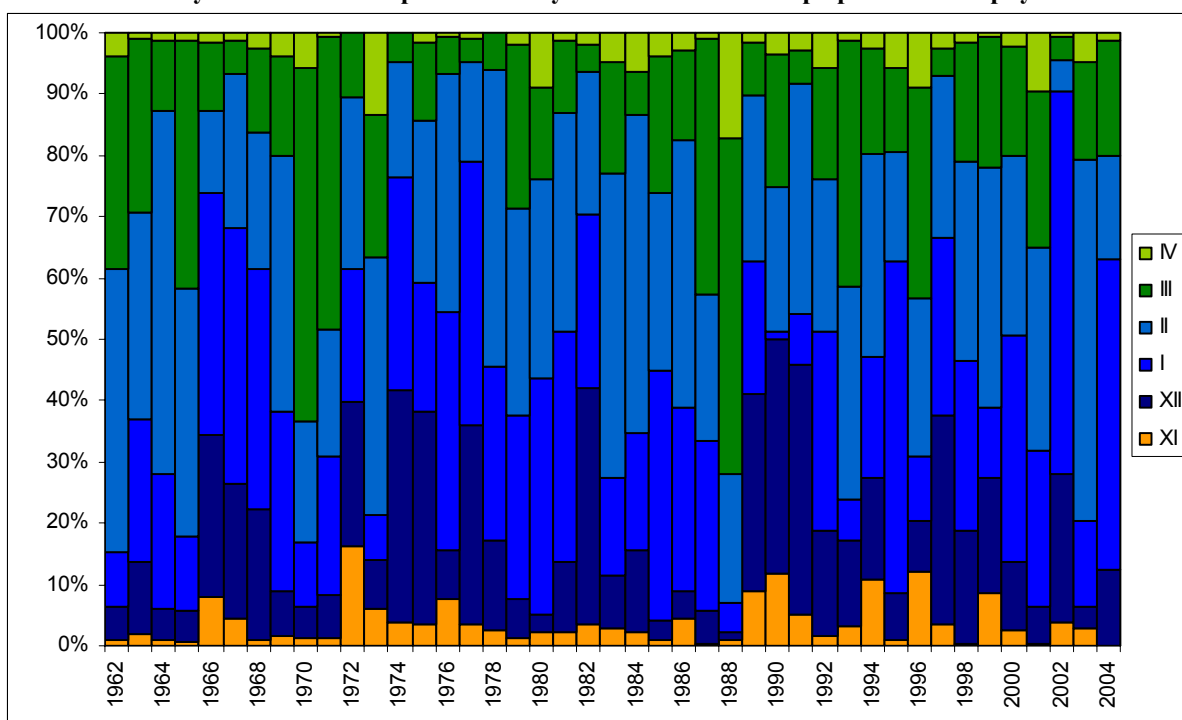
Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Obr. 5.10 a 5.11 informují o tom, jak se sněhová pokrývka chovala v jednotlivých letech období 1962 – 2004. Lze na nich pozorovat velice podobný průběh. Výrazný je zejména měsíc březen v hydrologických rocích 1970, 1971 a 1988. Většinou, kdy měly tak zásadní podíl jarní měsíce, naopak ty zimní zaostávaly. V krajních měsících listopadu a dubnu občas na povodích neležel sníh téměř vůbec. Mohlo nastat jakési střídání z časového

i prostorového hlediska anebo úplné „oříznutí“. K časovému posunu k listopadu došlo např. roku 1972 a opačně k dubnu zrovna roku 1988. Mimořádný význam má přídavek prostorového měřítka. Každý by nejspíše očekával, že nad Chaloupkami vydrží sníh déle, ale kupř. v roce 1998 tomu tak nebylo.

Maxima nastala nad oběma vodoměrnými stanicemi v březnu 1970. Tehdy měla nad Starou Rolí pokrývka výšku 146 cm a nad Chaloupkami dokonce 250 cm. Tento poznatek koresponduje s tím, že vlastně i samotný rok 1970 byl na sníh bohatý (viz dále). *Minim* bylo hned několik a znamenala vždy reliéf povodí nepokrytý žádným sněhem (tab. X v přílohách).

Obr. 5.11 - Změny rozložení S_m na povodí Rolavy v letech 1962-2004 - po profil Chaloupky



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Variabilita souborů S_m reprezentující období 1969 – 2003 se podle **variačního koeficientu** V_m zdá být menší u Staré Role (1,199) než u Chaloupek (1,213). Hodnota V_r přesahuje 1, takže byly soubory ještě podrobeny **testu Kolmogorova-Smirnova**. Signifikance byly vždy menší než α . H_0 o normalitě rozložení se tedy musela zamítnout. Odkoušely se rovněž **poměry průměrných odchylek od mediánu k mediánu**, ale jejich hodnoty vycházely při využití všech 210 S_m také větší než 1. V případě Staré Role:

$$\frac{\sum_{i=1}^n |S_{mi} - \tilde{S}_m|}{\frac{n}{\tilde{S}_m}} \doteq \frac{12,087}{8,172} \doteq 1,479,$$

v případě Chaloupek:

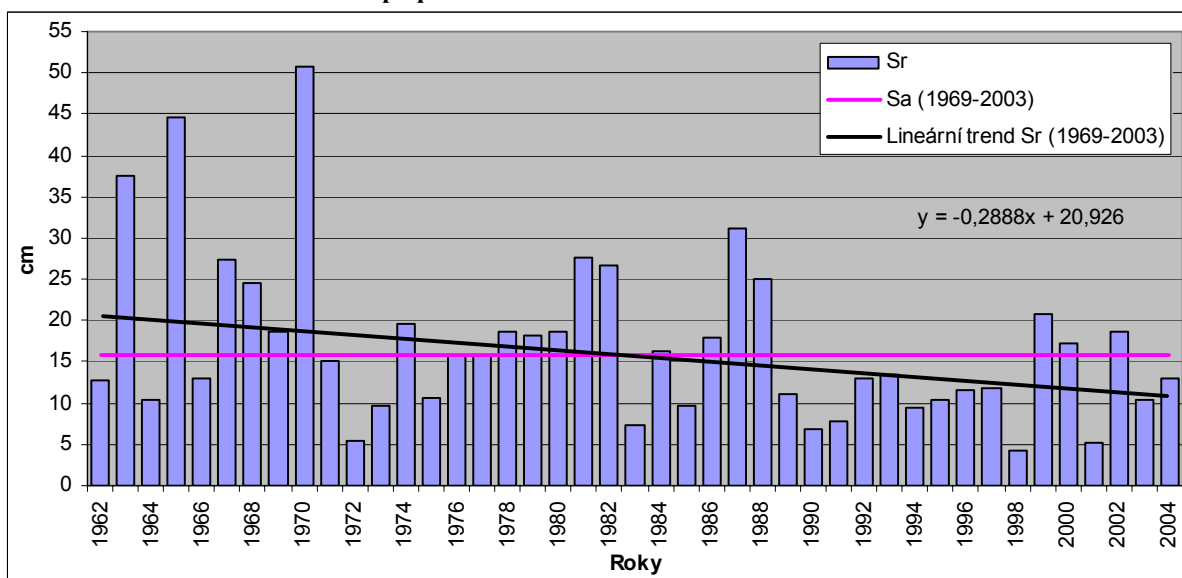
$$\frac{\sum_{i=1}^n |S_{mi} - \tilde{S}_m|}{\frac{n}{\tilde{S}_m}} \doteq \frac{18,386}{12,346} \doteq 1,489,$$

jak by pravděpodobně mělo být, i když asi ani tato statistika není příliš věrohodná.

5.5.2 Změny ročních výšek sněhové pokrývky v čase

Dlouhodobé S_r (čili vlastně S_a) za období 1969 – 2003 vyšly pro Starou Roli a pro Chaloupky 16 cm, resp. 24 cm. Se situací v celém období 1962 – 2004 seznamují obr. 5.12 a 5.13. Potvrzuje se, že na sníh nejbohatší byl pokaždé rok 1970 se svými 51 cm nad Starou Rolí a 72 cm nad Chaloupkami. Další roky s velmi vysokou S_r se taktéž shodují, přičemž se zdá, že na území po stanici Chaloupky se rok 1965 blížil více maximu než na území po Starou Roli. Nejméně sněhu leželo na povodí v roce 1998 (4 cm po Starou Roli a 6 cm po Chaloupkách).

Obr. 5.12 - S_r období 1962-2004 - po profil Stará Role

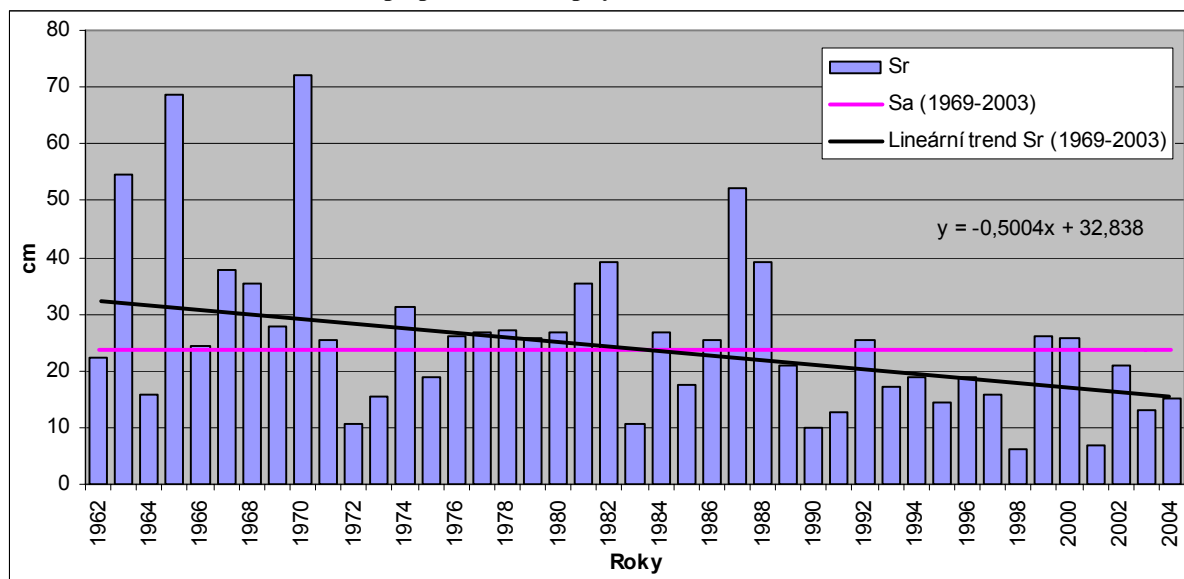


Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Z pohledu S_r dochází při řece Rolavě k úbytku sněhové pokrývky, což by se mohlo viditelně odrazit v jejích průtocích. Dokumentují to regresní přímky v grafech. Dostupná literatura (NĚMEC, ZUSKOVÁ 2005) se v podstatě s uvedenými slovy nerozhází.

Využití **variačních koeficientů** V_r tu již oprávněné je, když podle nich v období 1969 – 2003 byly S_r Chaloupek (0,532) méně proměnlivé než S_r Staré Role (0,561). Avšak hodnoty V_r jsou stejně poměrně vysoké.

Obr. 5.13 - S_r období 1962-2004 - po profil Chaloupky



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

5.5.3 Změny počtů dní se sněhovou pokrývkou na klimatologických stanicích Karlovy Vary – letiště a Fichtelberg

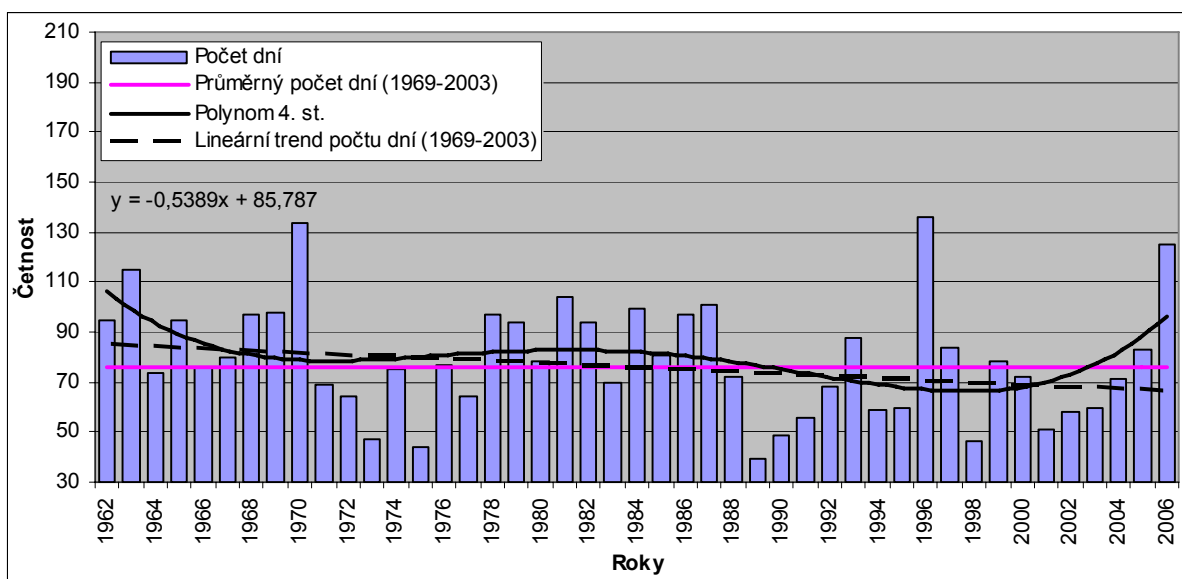
Za účelem potvrzení či vyvrácení úsudků o poklesu počtů dní se sněhovou pokrývkou v ostatních studiích (např. KLIMENT, MATOUŠKOVÁ 2005b, 2006) se přikročilo i zde k obdobným analýzám. Poněvadž nebylo možné v předchozích doprovodných analýzách dopočítat údaje o sněhové pokrývce nad vodoměrnými stanicemi ve formě denní, musely se najít určité náhrady. Nejlépe se jevily časové řady klimatologických stanic, které jsou prakticky nepřerušené. Německá stanice **Fichtelberg** leží sice výše než celé povodí (1213 m n. m.), ale i tak by mohla zastoupit poměry nad Chaloupkami. Podmínky po Starou Roli pro změnu suplovalo **karlovarské letiště** (603 m n. m.).

Po zkonstruování grafů (obr. 5.14, 5.15) je nutné konstatovat, že se tu rovněž projevuje dlouhodobý (1969 – 2003) pokles počtu dnů s reliéfem pokrytým sněhem. Polynomický trend naznačuje, že se v 60. letech situace na stanicích poněkud lišily, ale od

počátku let 80. (na Fichtelbergu již od poloviny 70.) do konce let 90. trval v obou případech pokles. V poslední době přitom přichází opětý růst.

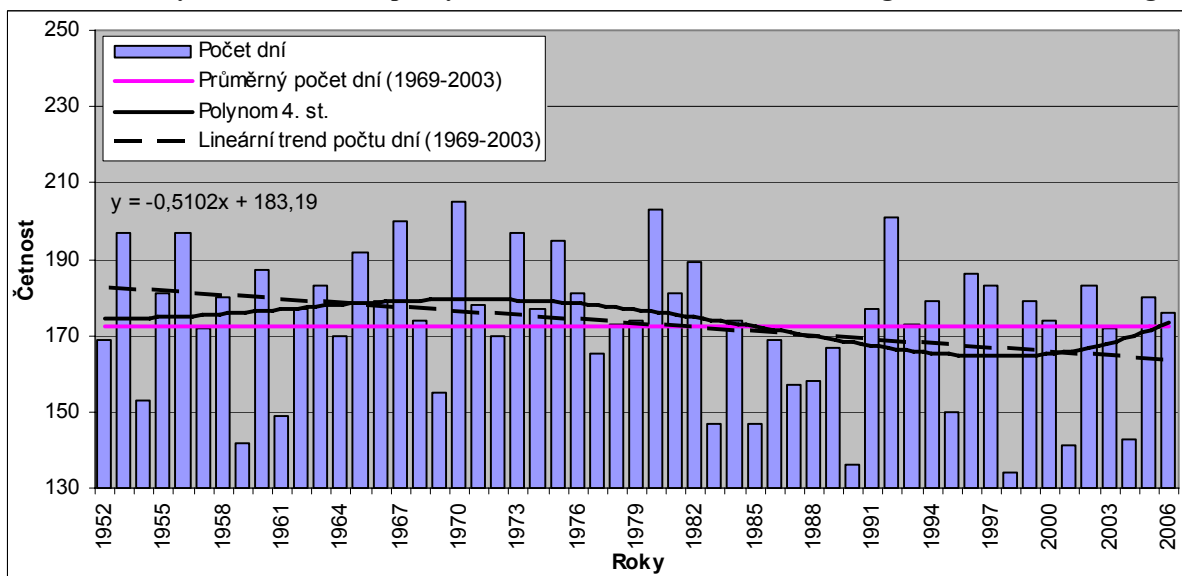
Mezi lety 1969 a 2003 bylo v Karlových Varech a okolo Fichtelbergu v průměru 76,1, resp. 172,3 dnů bílých. V Karlových Varech se několik posledních roků pohybovalo hluboko pod průměrem, ale rok 2006 znamenal významný vzestup. Takové kolísání se na Fichtelbergu nenapozorovalo ($V_r = 0,105$)¹¹.

Obr. 5.14 - Počty dnů se sněhovou pokrývkou v letech 1962-2006 na klimatologické stanici Karlovy Vary-letišť



Zdroj: ČHMÚ

Obr. 5.15 - Počty dnů se sněhovou pokrývkou v letech 1952-2006 na klimatologické stanici Fichtelberg

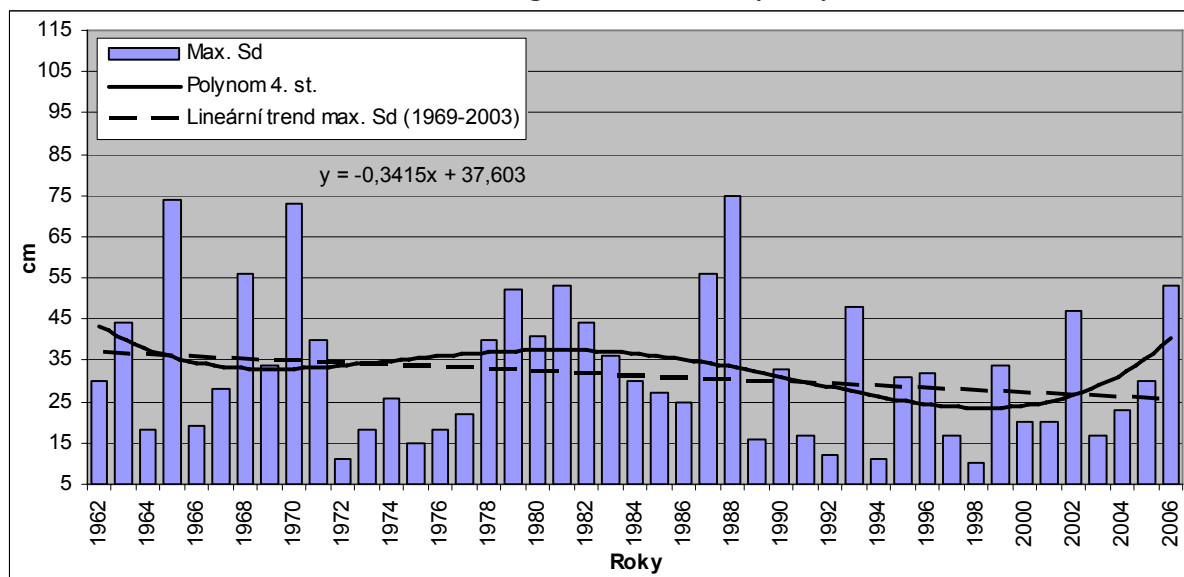


Zdroj: DWD

¹¹ Pro stanici Karlovy Vary – letiště vyšel V_r 0,303.

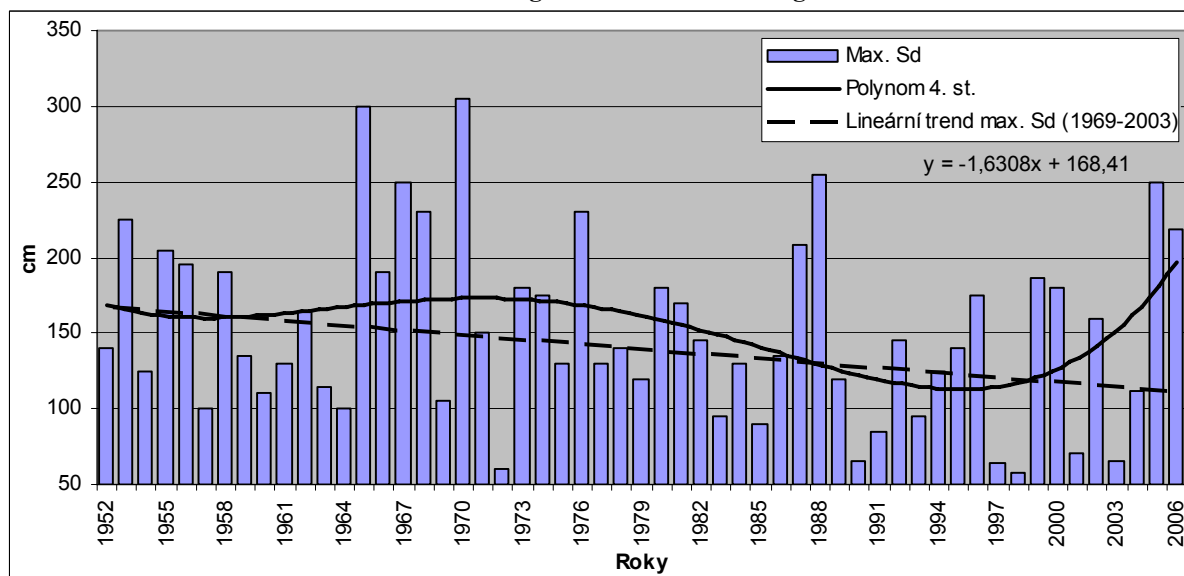
Zajímavý je pohled na extrémní hodnoty, jež se různí. Zatímco na Fichtelbergu dle očekávání dominuje hydrologický rok 1970 (205 dnů), v Karlových Varech překvapivě převládá rok 1996 pravděpodobně díky zimě protažené až za astronomické jaro (136 dnů). Nejméně dnů se sněhovou pokrývkou se na Fichtelbergu vyskytlo roku 1998 (134) a v Karlových Varech v roce 1989 (39).

Obr. 5.16 - Max. Sd let 1962-2006 na klimatologické stanici Karlovy Vary-letišť



Zdroj: ČHMÚ

Obr. 5.17 - Max. Sd let 1952-2006 na klimatologické stanici Fichtelberg



Zdroj: DWD

Klimatologové si zvláště všímají maximální pozorované výšky sněhové pokrývky v daném roce (čili $\max. S_d$). Jejich chody pak ukazují obr. 5.16 a 5.17. Ty znovu demonstrují pokles sněhových charakteristik ve sledované oblasti, přičemž podivuhodně se chovají maxima na Fichtelbergu. Ba i polynomický trend značí u Fichtelbergu pravidelný úbytek sněhu od druhé poloviny 70. let až do přelomu století.

5.5.4 Srovnání sněhových poměrů po obě vodoměrné stanice

U výšek sněhové pokrývky by mělo platit totéž, co u výšek srážek. Čím menší plochou se čítatel při jejich výpočtu dělí, tím větší výsledky se dostávají. Svůj vliv má však i prostorová variabilita tohoto jevu, a tak se ve skutečnosti území nad Chaloupkami pyšní několikanásobně většími masami sněhu. Navíc se v takových nadmořských výškách voda v podobně sněhu udržuje mnohem déle. Z pohledu času si lze povšimnout jakéhosi zpoždování nástupu $\max. S_m$, kdy se ta nad oběma stanicemi vyskytuje dlouhodobě v únoru. Menší počet dní v tomto měsíci průměry nebude ovlivňovat zásadně. Na jaře pak dochází k rychlému tání, takže křivka by na obr. 5.8 připomínala záporné statistické zešikmení. Tento úkaz je výraznější spíše u povodí po Chaloupky. Avšak někdy se také stává, že je zima mírnější a zastoupí ji až jaro (např. rok 1988).

Stejně jako se podobaly časové průběhy S_m , byly velmi paralelní i chody S_r . Shodly se tak v roce 1970 s maximem (51 cm nad Starou Rolí a 72 cm nad Chaloupkami), v roce 1998 s minimem (4 cm po Starou Roli a 6 cm po Chaloupky), ale i v jiných letech. Záporné směrnice lineárních trendů za období 1969 – 2003 každopádně jasně ukazují pokles u všech niválních charakteristik (včetně počtů dní se sněhovou pokrývkou a $\max. S_d$ v roce), jež se právem považují za indikátory globální změny klimatu (HOŠEK 1997). V případě $\max. S_d$ stojí za pozornost jejich větší zdánlivý úbytek na stanici Fichtelberg.

Charakteristiky variability odhalily u ročních souborů větší nerovnoměrnost nad Starou Rolí. Měsíční soubory jsou (a podle teorií by měly být) zde v podstatě také měnlivější, ale použité statistiky ztrácejí svojí věrohodnost. Statistickým rozložením by se měla věnovat větší pozornost, což rozsah této práce nedovoluje.

5.6 Teplotní poměry v povodí

Teplotou vzduchu se zabývá snad nejvíce klimatologů na světě a také je o ní napsáno nespočet řádků. Poslední dobou se do centra zájmu dostala především otázka globální změny klimatu, a proto se v řadách stanic z různých míst vyhledávají trendy v chodu teploty. Na průtoky v řekách teplota nemusí působit téměř vůbec, ale spíše se s nějakým vlivem počítá, a to s přímým i nepřímým. K přímému ovlivňování může docházet např. v letních měsících, kdy se voda vypařuje (negativní korelační vztah), a k nepřímému naopak v zimních sezónách prostřednictvím tání sněhu (pozitivní korelace). Nabízí se rovněž myšlenka o existenci pozitivní korelace v letních měsících, kdy se po horkých dnech vyvíjí tzv. konvekční oblaky a s nimi konvekční bouřky (viz např. SOBÍŠEK ET AL. 1993). Závislosti mezi jednotlivými časovými řadami se do určité míry řeší v následující kap. 6.

Vzhledem k tomu, že zde byla jako nejpodrobnější k dispozici plošná data měsíční a kromě Fichtelbergu byly řady z ostatních klimatologických stanic neúplné (nebo nebylo datově pokryto celé referenční období 1969 – 2003), nebylo umožněno provádět srovnávací analýzy založené na hodnotách denních podobně jako u sněhové pokrývky. Použilo se tedy jen T_m a T_r odvozených v kap. 5.3.3.

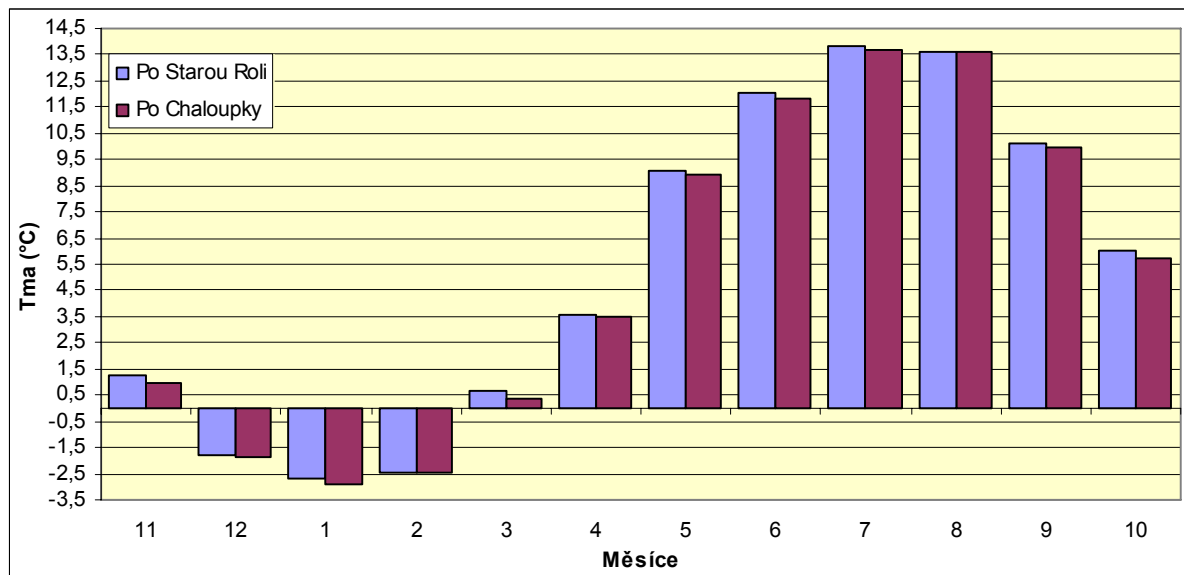
5.6.1 Změny měsíčních teplot vzduchu v průběhu roku

Jak známo, tak teplota vzduchu má svůj charakteristický roční chod. Pokud se u povodí Rolavy vyjádří za pomoci **dlouhodobých průměrných měsíčních hodnot T_{ma}** (období 1969 – 2003), lze sestavit graf na obr. 5.18. Ten ukazuje, že nad Chaloupkami je pravidelně v každém měsíci asi o 0,1 – 0,3°C chladněji nežli nad Starou Rolí. *Maxim* dosahuje teplota v červenci, i když těsně za ním se nachází srpen. Někdy jsou tedy v srpnu pozorovány vyšší teploty. Tab. VII a VIII mezi přílohami napovídají, že k těmto situacím došlo kupř. v prvních třech letech 21. stol., a to dokonce na území po obě vodoměrné stanice. *Minima* se dostávají zpravidla v lednu, ale např. rok 1969 znamenal dominanci února i prosince (opět nad oběma stanicemi).

Absolutních *maxim* bylo za období 1969 – 2003 dosaženo vždy v srpnu 2003. U povodí po Starou Roli to bylo konkrétně 17,2°C a u povodí po Chaloupky 17°C. Jestliže se ale využijí všechna disponibilní data, dojde se k závěru, že nejteplejší byl ve skutečnosti

červenec 2006 se svými 17,5°C nad Starou Rolí a 17,8°C nad Chaloupkami. Toto demonstruje, že se i na horní části povodí Rolavy dají očekávat vyšší teploty než v dolní části.

Obr. 5.18 - T_{ma} období 1969-2003 v povodí Rolavy



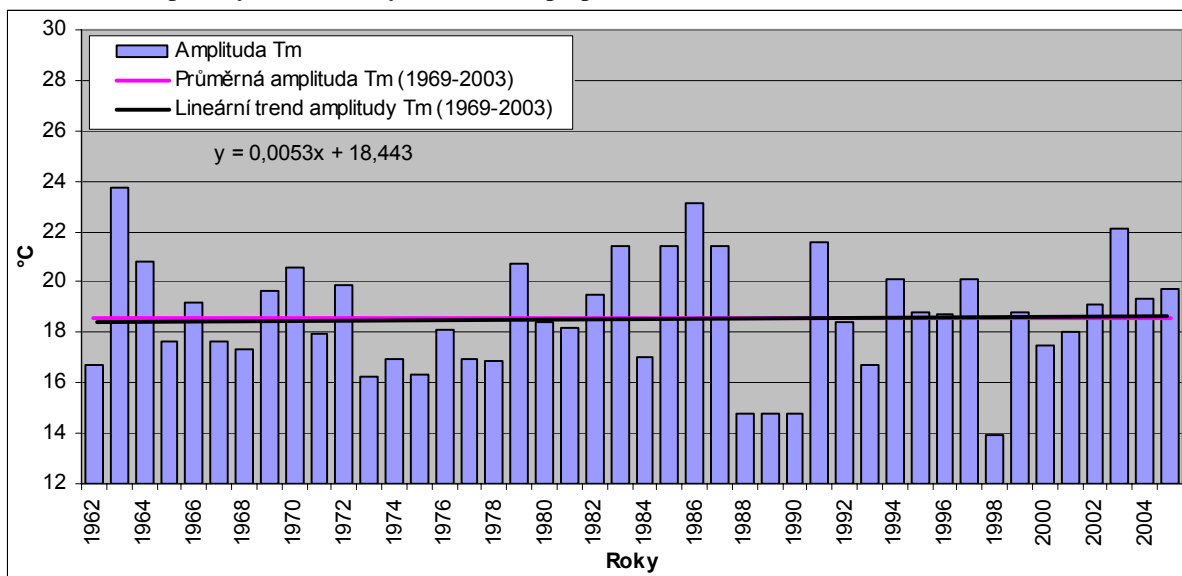
Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50

Minima za období 1969 – 2003 se rovněž shodují v době výskytu. Byla pozorována v únoru roku 1986. Pozoruhodné však je, že nad Chaloupkami tehdy mrzlo méně než nad Starou Rolí. Hodnoty -8,7°C versus -10,1°C hovoří samy za sebe. Patrně za tímto jevem stojí časté teplotní inverze. Pakliže se znovu vezmou v úvahu veškerá dostupná data, u Staré Role vychází, že minima bylo dosaženo skutečně v lednu 1963 (-10,3°C). U Chaloupek potom v tom samém měsíci (-10,4°C).

Zajímavé je také studium rozdílů mezi max. a min. T_m v daném roce, tedy tzv. **amplitud** T_m (obr. 5.19 a 5.20). Z pohledu období 1969 – 2003 se příliš neliší, když je taková průměrná amplituda nad stanicí Stará Role i nad stanicí Chaloupky po zaokrouhlení prakticky totožná (18,5°C, resp. 18,6°C). Téměř žádná změna nenastane, pokud se budou amplitudy počítat z T_{ma} na obr. 5.18 (16,5°C, resp. 16,6°C). V jednotlivých letech však rozdíly nalézt lze. Např. roku 1986 byla u Staré Role amplituda o 1,5°C větší než u Chaloupek. U obou vodoměrných stanic nevykazují amplitudy žádné trendy.

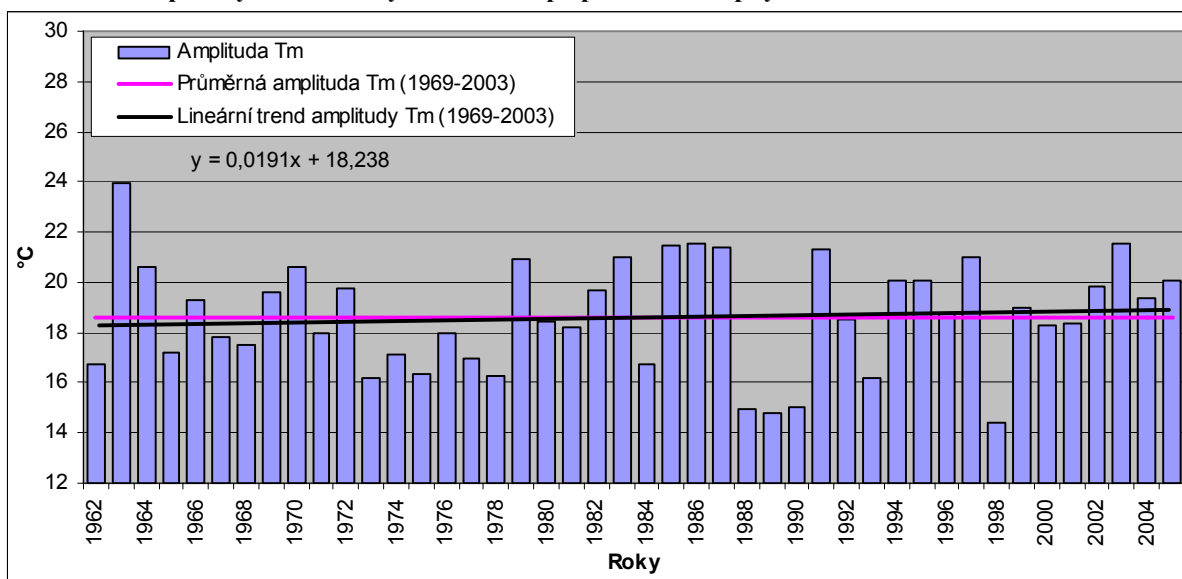
Co se týče variability souborů T_m , tak v období 1969 – 2003 vyšla při využití **variačního koeficientu** V_m u Staré Role překvapivě menší než u Chaloupek (1,196 proti 1,235). Znovu se v SPSS prošetřila normalita rozložení **Kolmogorovovým-Smirnovovým testem** a muselo se konstatovat, že je v obou případech porušena, neboť hodnota signifikance (0,001) nutí zamítnout H_0 na $\alpha = 5 \%$.

Obr. 5.19 - Amplitudy T_m mezi lety 1962-2005 - po profil Stará Role



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50

Obr. 5.20 - Amplitudy T_m mezi lety 1962-2005 - po profil Chaloupky



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50

Ani **poměr průměrné odchylky od mediánu k mediánu** o nerovnoměrnosti nesdělil nic nového, když u Staré Role:

$$\frac{\sum_{i=1}^n |T_{mi} - \tilde{T}_m|}{\tilde{T}_m} \doteq \frac{5,568}{4,555} \doteq 1,222$$

a u Chaloupek:

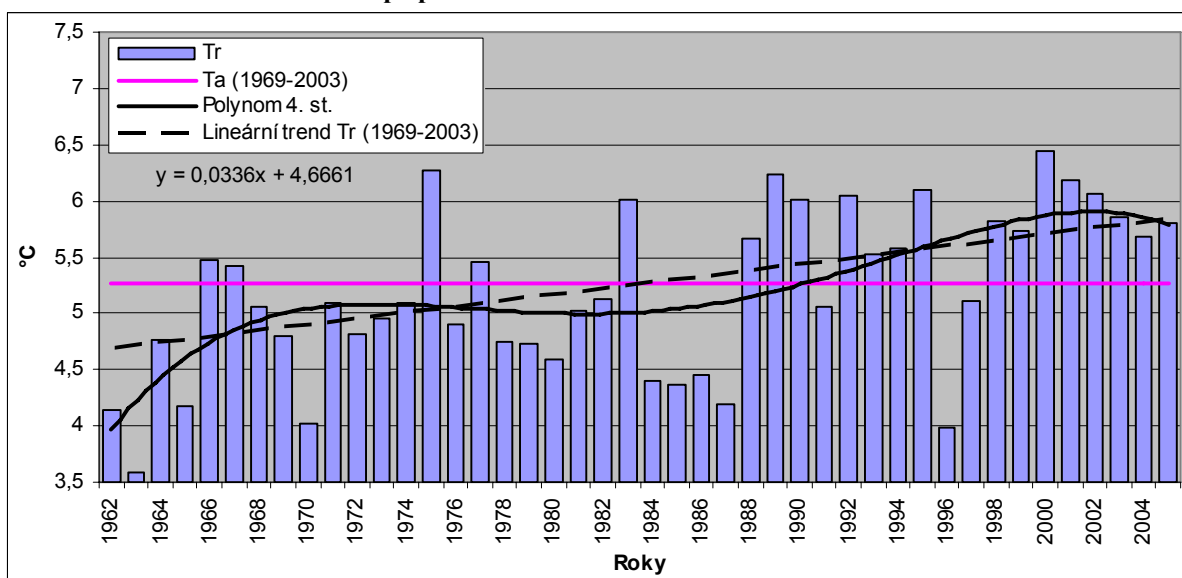
$$\frac{\sum_{i=1}^n |T_{mi} - \tilde{T}_m|}{\tilde{T}_m} \doteq \frac{5,583}{4,6} \doteq 1,214.$$

Za touto zvláštností dozajista stojí výškové poměry v povodí, které překrývají vliv rozdílné plochy.

5.6.2 Změny ročních teplot vzduchu v čase

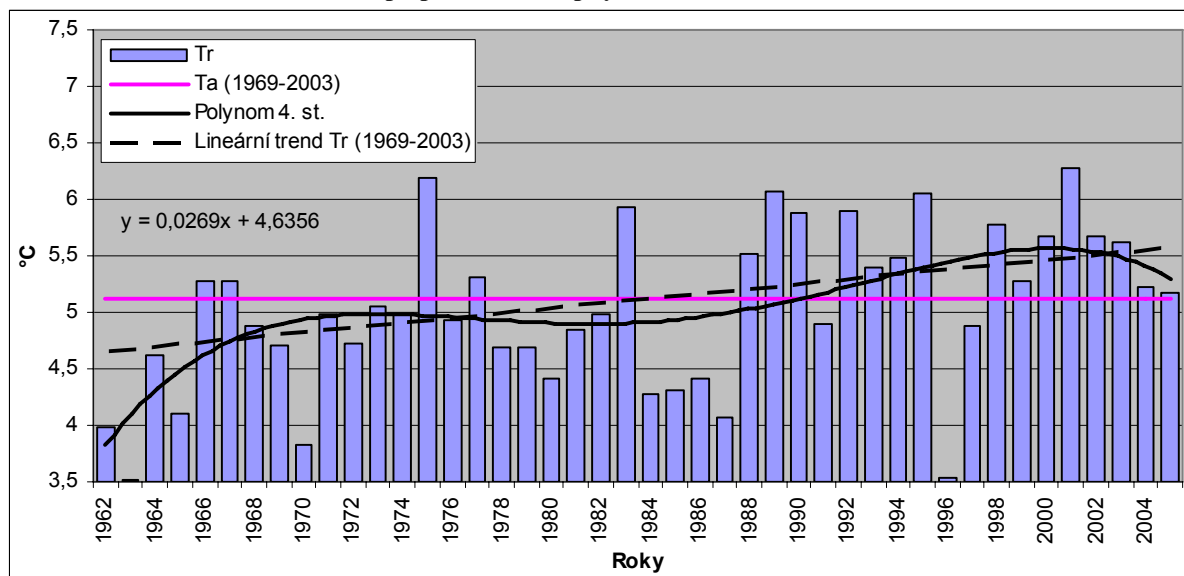
Dlouhodobá průměrná roční teplota T_a na povodí nad stanicí Chaloupky určená z období 1969 – 2003 byla 5,1°C oproti adekvátní hodnotě 5,3°C platící pro území po rozvodnici stanice Stará Role. To dokazuje, že se opravdu tyto údaje liší asi o 0,2°C, jak už bylo uvedeno u T_m . Obr. 5.21 a 5.22 však znázorňují průběh všech dostupných T_r za hydrologické období 1962 – 2005. Jestliže se spočtou průměry z nich, lze dojít k poznatku, že toto období bylo u obou vodoměrných stanic o 0,1°C chladnější, za což mohou spíše starší data nežli údaje novější. O tom přesvědčují i proložené regresní přímky naznačující obecný růst T_r v celém povodí Rolavy. To samé v podstatě představují polynommické trendy 4. stupně připomínající jakýsi oblouk luku. Ty ale ještě navíc poodhalují stagnaci teplot mezi počátkem 70. let a polovinou let 80. K tomu se přidává mírný pokles od začátku 21. stol. (hlavně nad Chaloupkami), jenž je ovšem zkreslen nedostatkem aktuálnějších dat.

Obr. 5.21 - T_r období 1962-2005 - po profil Stará Role



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50

Obr. 5.22 - T_r období 1962-2005 - po profil Chaloupky



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50

Nejchladněji v období 1969 – 2003 bylo po **Starou Roli** v průměru roku 1996, i když se mu rok 1970 se silnou a dlouhou zimou velice přibližoval. Tehdy se v obou letech naměřila hodnota T_r okolo 4°C . V hydrologickém období 1962 – 2005 je však možné najít i větší extrém, a to $3,6^{\circ}\text{C}$ (rok 1963). Naproti tomu jako nejteplejší se tu projeví roky 2000 ($6,4^{\circ}\text{C}$) a 1975 ($6,3^{\circ}\text{C}$), takže amplituda sestavená z T_r období 1969 – 2003 činí $10,4^{\circ}\text{C}$.

Nad vodoměrnou stanicí **Chaloupky** se v období 1969 – 2003 *minima* objevila ve stejných letech, avšak roku 1970 nedošlo k takovému, které by odpovídalo situaci u Staré Role. V roce 1996 tedy hodnota T_r klesla na $3,5^{\circ}\text{C}$ a v roce 1970 na $3,8^{\circ}\text{C}$. V období 1962 – 2005 lze opět nalézt absolutní pozorovaný extrém roku 1963 (méně než $3,5^{\circ}\text{C}$). *Maxima* tu nastala v rocích 1975 ($6,2^{\circ}\text{C}$) a 2001 ($6,3^{\circ}\text{C}$), u něhož se zdá, že se v těchto nadmořských výškách prodloužilo trvání léta až do měsíce října (viz tab. VIII v přílohách). Amplituda vypočítaná podobně jako u Staré Role dosahuje hodnoty $9,8^{\circ}\text{C}$.

Variační koeficienty V_r datových sad T_r jen potvrzují větší heterogenitu teplotních poměrů nad stanicí Chaloupky (0,134) než nad stanicí Stará Role (0,132) v období 1969 – 2003.

5.6.3 Srovnání teplotních poměrů po obě vodoměrné stanice

Teplotní poměry se na obou částech povodí Rolavy velmi podobají. Jestli se v datech nalézají některé rozdíly, pak závisí především na jiné nadmořské výšce. Výjimkou není ani roční chod

T_m . Nad vodoměrnou stanicí Stará Role bývá pravidelně asi o 0,1 – 0,3°C tepleji než nad stanicí Chaloupky. Maxima se objevují v červenci, ale dosti často také v srpnu, což byl případ let 2001 – 2003. Roku 2003 byly rovněž srpnové teploty jedny z nejvyšších ve sledovaném období (kolem 17°C). Někdy se mohou na území po Chaloupky vyskytovat dokonce teplejší měsíce než na území po stanici Stará Role (např. červenec 2006). Minima se nejčastěji dostávají v měsíci lednu. A znovu tu platí pravidlo, že na horní části povodí nemusí být pokaždé pozorovány větší mrazy nežli v dolní části. Tak např. roku 1986 se únorové teploty dostaly nad Chaloupkami na -8,7°C, zatímco nad Starou Rolí až na 10,1°C pod bod mrazu. Takovéto úkazy většinou zapříčiňují teplotní inverze, kdy na vrcholcích hor panuje jasné slunečné počasí a v dolinách se vytváří mlhy a jezera studeného vzduchu (SOBÍŠEK ET AL. 1993). V průměrovaných amplitudách počítaných z T_m odlišnosti v povodí Rolavy v podstatě nebývají. Ani výrazné časové změny vyjádřené regresními přímkami u nich nelze zjistit.

Taktéž dlouhodobé průměrné roční teploty T_a (po Chaloupky 5,1°C, po Starou Rolí 5,3°C) dokazují, že na jednotlivých subpovodích se teploty vzduchu liší zpravidla o 0,2°C. Nejchladnější roky se u obou stanic shodovaly jak v referenčním období 1969 – 2003 (1970, 1996), tak v období 1962 – 2005 (1963). Avšak roku 1970 nad Chaloupkami minimum nedosáhlo takové hodnoty, jaká by se dala podle Staré Role očekávat (3,8°C proti 4°C; srov. obr. 5.21 a 5.22). Pokud jde o maximální T_r , tak v jejich případě došlo nad Chaloupkami k ročnímu zpoždění. Tam se totiž nejvyšší T_r dostavila až roku 2001 (6,4°C) oproti povodí nad Starou Rolí (6,3°C). Za minimy T_r pravděpodobně stojí dlouhé a silné zimy v dotčených letech (1970), kdežto za maximy dlouhotrvající babí léta (2001) či mírné zimy (1975). V souborech T_r lze rozpoznat rostoucí trendy, ale k vyvozování takových odvážných závěrů je zapotřebí mít napozorované mnohem delší řady (srov. např. BRÁZDIL 1993).

Variabilita údajů o teplotě vzduchu se každopádně zdá být větší na horní části povodí Rolavy, za což nejspíše bude moci vyšší poloha, která nadto zastiňuje vliv rozlohy. U T_m však hodnoty V_r i poměrů průměrných odchylek od mediánu k mediánu vychází větší než 1, takže uváděné statistiky ztrácí svůj vypovídající význam. Kolmogorovův-Smirnovův test prozradil, že se vůbec nejedná o rozložení blízka normálnímu, takže by bylo vhodné se v dalším bádání zaměřit také na studium teoretických rozložení dostupných datových sad. Obdobně si (ale se srážkovými řadami) počínal např. BARTOŇ (1989).

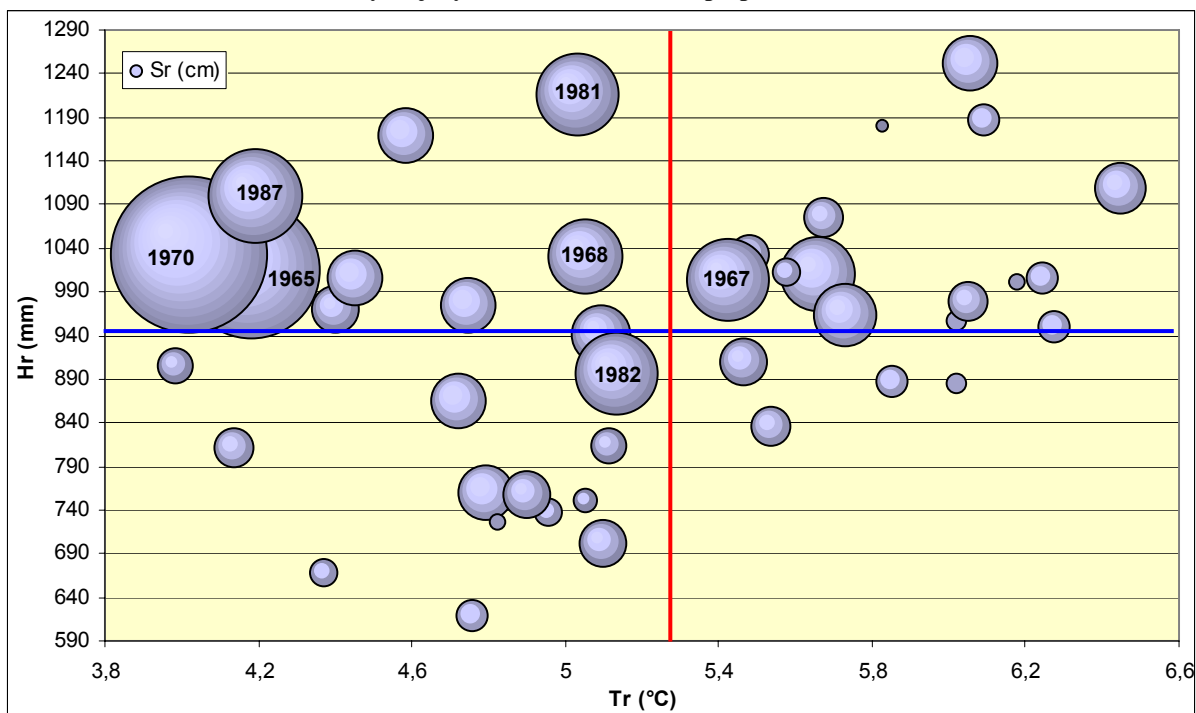
5.7 Syntetické vyhodnocení klimatických poměrů v povodí

Jestliže se u obou studovaných subpovodí vezme v úvahu pouze rozdílnost v rozloze, pak obecně platí, že se na území uzavřeném rozvodnicí stanice Stará Role, utváří menší výšky srážek a rovněž menší výšky sněhové pokrývky. Plocha hraje svou významnou roli také v případě variability všech dostupných klimatologických řad. Ztvrzují se tu tak teorie, jež prohlašují, že fyzickogeografické jevy vykazují s rostoucí rozlohou regionu větší míru heterogenity (např. HAMPL ET AL. 2001). Zdá se ale, že u teploty vzduchu zde dochází k pravému opaku. V těchto horských končinách tedy nelze zanedbávat vertikální měřítko. Kromě toho, že zapříčiňuje logický pokles teploty s nadmořskou výškou (asi o $0,1 - 0,2^{\circ}\text{C}$ na 100 m), má zásadní vliv na skutečnosti, že jsou všechny dostupné soubory o teplotě měnlivější nad Chaloupkami. Veličiny charakterizující variabilitu dosti často přesahovaly hodnotu 1. Výjimkou nebyly ani náhrady nevhodných variačních koeficientů, tedy takové, jež dávají do poměru průměrnou odchylku od mediánu a samotný medián (viz např. PAVLÍK, KÜHNEL 1981). Rozložení časových řad se i podle aplikovaného Kolmogorovova-Smirnovova testu jevila spíše jako nenormální. Do budoucna je tedy doporučováno je nejprve prošetřit podrobněji.

Vyšší poloha povodí po Chaloupky znamená též intenzivnější srážkové epizody a větší hodnoty veškerých sněhových charakteristik. Pokud jde o maxima výšek srážek během roku, tak ty pravidelně (bez ohledu na dílčí povodí) nastávají v létě (především v červenci). Podružné maximum lze pozorovat v zimě. Kupř. v prosinci sem přichází jednak obvyklé srážky v pevném skupenství, jednak srážky kapalné, které mohou společně s tajícím sněhem účinkovat až katastroficky. Celé povodí Ohře (včetně Rolavy) se tak vyznačuje dominancí povodní zimního typu (ČEKAL 2005; ŠERCL 2007). Příkladem takové události může být povodeň ve Staré Roli v prosinci 1974. V té době se i teplota vzduchu pohybovala nad bodem mrazu. Přestože pravidelně nejvíce sněhu na povodí ležívá v únoru, někdy jsou zimy na sněhovou pokrývku poměrně chudé a zastoupí je potom jarní měsíce jako např. roku 1988. Typicky rychlé jarní odtávání tak bývá zpožděno. Relativně kladně se u výšek srážek dají hodnotit jarní minima (hlavně v dubnu), která mohou mít za následek vyrovnanější průtoky v Rolavě.

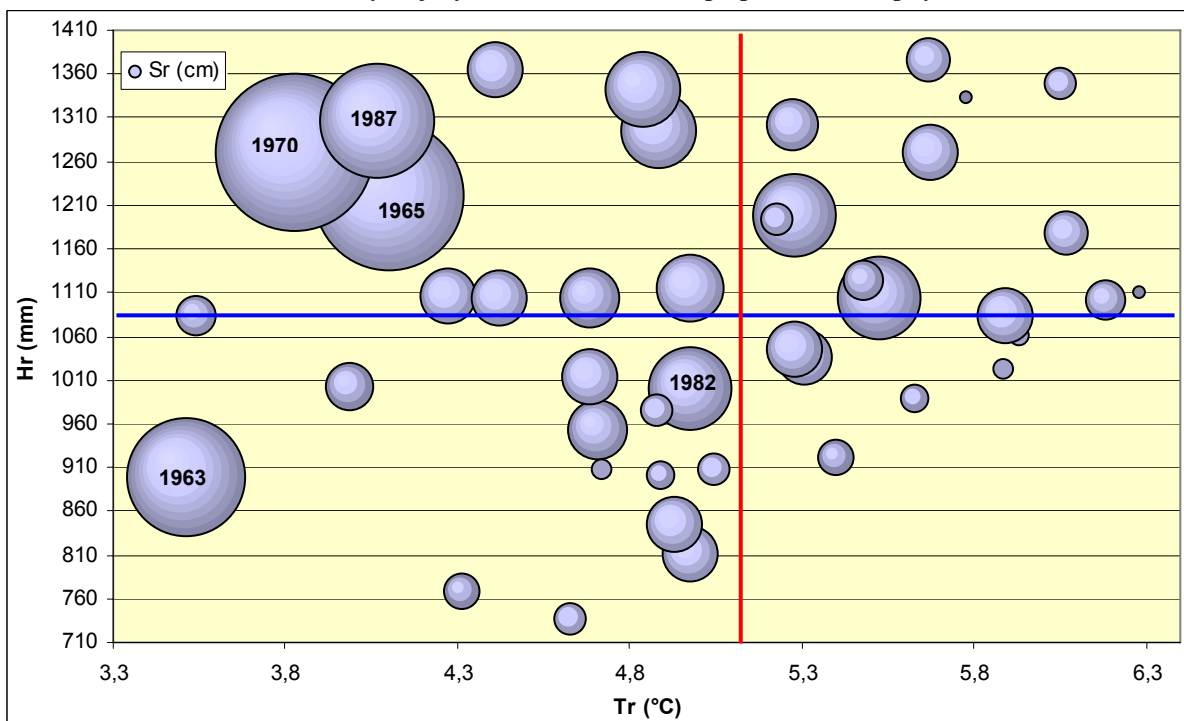
Roční průběhy teploty vzduchu mívají píky v měsíci červenci, ale někdy k nim dochází i v srpnu (léta 2001 – 2003). Potom se nabízí otázka, zda letní teploty pozitivně nekorelují s letními výškami srážek. Tu zčásti řeší kap. 6. Minima pravidelně nastávají

Obr. 5.23 - Vztah mezi klimatickými jevy v letech 1962-2004 - po profil Stará Role



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50; LEDVINKA (2006)
 Pozn.: Výšku sněhové pokrývky vyjadřuje průměr bubliny. Tzn. 1 cm na obr. představuje zhruba 25 cm vysokou pokrývku. Červená, resp. modrá čára znázorňuje průměrnou hodnotu Tr , resp. Hr za období 1969-2003.

Obr. 5.24 - Vztah mezi klimatickými jevy v letech 1962-2004 - po profil Chaloupky



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50; LEDVINKA (2006)
 Pozn.: Výšku sněhové pokrývky vyjadřuje průměr bubliny. Tzn. 1 cm na obr. představuje zhruba 35 cm vysokou pokrývku. Červená, resp. modrá čára znázorňuje průměrnou hodnotu Tr , resp. Hr za období 1969-2003.

v lednu. Nemusí však platit, že nad Chaloupkami lze pozorovat nižší teploty nežli nad Starou Rolí (viz únor 1986), za čímž stojí např. teplotní inverze.

Z hlediska let spadlo na povodí Rolavy nejvíce srážek roku 2002, přičemž na tom měl největší podíl jeho srpen a zimní měsíce. Zvláštní je, že se v průtocích řeky neobjevila patřičná odpověď. Hydrologická sucha se nejčastěji vyskytovala v rocích 1964 a 1985. Nejtepleji bylo nad Starou Rolí roku 2000. Na území nad Chaloupkami došlo k jakémusi zpoždění, když max. T_r přišla až v roce 2001. Zřejmě šlo o dlouhotrvající babí léto, které toto způsobilo. Naproti tomu nejvíce mrzlo v letech 1963, 1970 a 1996. Velká hodnota S_r u roku 1970 sestavená z jeho listopadové až dubnové S_m koresponduje právě z nízkými teplotami. Obr. 5.23 a 5.24 poukazují na platnost určitého pravidla. Čím nižší byla v daném roce teplota vzduchu a čím více srážek rovněž padalo, tím více sněhu se dalo sledovat. Dokazují to např. téměř prázdné oba kvadranty s nadprůměrnými teplotami a podprůměrnými výškami srážek. Ovšemže se v údajích nachází i výjimky. Kupř. rok 1982 a u Chaloupek velmi se vymykající rok 1963. Tehdy pravděpodobně panovala dosti tuhá zima, takže i přesto, že srážek nebylo mnoho, sníh se na reliéfu povodí udržel¹².

Ve všech odvozených ročních klimatologických řadách (kromě amplitud teploty) lze rozeznat trendy. Výšky srážek a teploty vzduchu v období 1969 – 2003 v celém povodí vzrostly. Na druhou stranu veškeré sněhové charakteristiky (průměrné a maximální výšky sněhové pokrývky, počty dní se sněhovou pokrývkou) poklesly, což potvrzuje výsledky obdobných analýz (KLIMENT, MATOUŠKOVÁ 2005b, 2006; FRANKE ET AL. 2004)¹³. Jinak mírný růst je zřetelný také u podzimních výšek srážek na části povodí po Chaloupky. První otázkou zůstává, zda nad některou z vodoměrných stanic dochází ke změnám rychleji či pomaleji. Pro zodpovězení je třeba nejdříve data transformovat tak, aby byly jednotky porovnatelné (např. dělením průměrem či standardizací). Jiný způsob zvolili němečtí klimatologové, kteří si zavedli tzv. **relativní trend** (SCHÖNWIESE, RAPP 1997). Ten lze potom též mapovat (FRANKE ET AL. 2004). Druhá otázka souvisí se statistickou významností trendů, a to zejména u tak krátkých časových řad. Bez náležitého otestování např. směrnice, není totiž možné hovořit o existenci lineárního trendu. Odpovědět se snaží navazující kap. 6.

Také komplexnější tab. 5.4 ukazuje postupný nárůst vodnosti v povodí za období 1969 – 2003 na úkor niválních poměrů. U Staré Role je také zřetelná zvýšená humidita prakticky v celých 80. letech, která však není způsobena úbytkem sněhu.

¹² Všechna zde (z důvodů stručnosti) neuvedená čísla obsahují tab. I až X mezi přílohami.

¹³ V Evropě však všude k poklesu sněhových ukazatelů (všech nebo jen některých) nedochází. Na území Polska to prokázala např. FALARZ (2004).

Tab. 5.4 - Vývoj odtoku a klimatu v povodí Rolavy po vodoměrné stanici Stará Role a Chaloupky v letech 1969-2003

		1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
Stará Role	m ³ /s	Qr Q (IV-IX) Q (X-III)	2,029 2,761 1,297	2,551 3,817 1,286	1,466 1,465 1,466	1,281 1,679 0,883	1,662 2,298 1,026	2,295 1,775 2,816	3,111 1,550 4,671	2,022 1,726 2,319	1,931 1,933 1,930	2,742 2,707 2,776	2,087 1,878 2,295	2,943 3,322 2,565	3,110 2,421 3,799	2,804 2,196 3,012	2,544 1,999 3,088	2,553 3,111 1,996	1,641 1,555 1,727	3,066 3,350 2,782	3,339 3,309 3,369	2,526 2,320 2,732	2,154 1,019 3,288	1,703 1,036 2,370	1,617 1,207 2,027	1,909 1,469 2,349	1,778 1,334 2,223	2,417 1,485 3,348	3,943 3,617 4,268	2,539 2,779 2,299	2,458 1,651 3,265	2,369 1,715 3,022	2,842 1,869 3,815	2,919 1,926 3,912	2,204 1,998 2,411	3,250 1,564 4,936	2,092 1,233 2,951
	mm	Hr H (IV-IX) H (X-III)	761,0 451,2 309,8	1033,0 521,0 512,0	702,1 388,6 313,5	726,9 485,1 241,9	736,8 382,1 354,7	940,9 449,9 491,0	950,4 406,2 544,2	758,8 322,8 436,0	910,5 488,9 421,7	974,1 553,7 420,4	865,9 491,7 374,2	1169,7 632,9 536,8	1215,2 530,7 684,5	897,2 398,4 498,8	955,9 458,0 497,9	970,2 606,9 363,4	688,5 408,6 259,9	1005,4 488,2 517,1	1099,1 554,4 544,7	1009,8 377,5 632,3	1006,3 424,0 582,3	886,0 462,4 423,6	751,4 443,0 308,4	978,7 401,4 577,3	836,8 430,1 406,7	1011,6 470,0 541,7	1187,0 655,3 531,6	904,3 546,9 357,5	813,0 388,5 424,5	1179,9 585,3 594,7	964,5 424,6 539,9	1108,0 417,1 690,9	1001,1 596,4 404,8	1252,8 535,6 717,2	887,0 365,9 521,1
	°C	Tr T (IV-IX) T (X-III)	4,8 10,4 -0,9	4,0 9,7 -1,7	5,1 10,5 -0,3	4,8 9,5 0,2	5,0 10,0 -0,1	5,1 9,7 0,5	6,3 10,9 1,6	4,9 10,1 -0,3	5,5 9,7 1,2	4,7 9,2 0,3	4,7 10,0 -0,6	4,6 9,0 0,1	5,0 10,4 -0,3	5,1 10,7 -0,4	6,0 11,1 0,9	4,4 9,2 -0,3	4,4 10,0 -1,2	4,5 10,2 -1,3	4,2 9,8 -1,4	5,7 10,2 1,1	6,2 10,6 1,9	6,0 10,2 1,9	5,1 10,0 0,1	6,1 11,6 0,5	5,5 10,9 0,2	5,6 11,0 0,2	6,1 10,4 1,8	4,0 9,7 -1,8	5,1 10,3 -0,1	5,8 10,5 1,1	5,7 11,5 0,0	6,4 11,7 1,2	6,2 10,6 1,7	6,1 11,4 0,7	5,9 12,4 -0,6
	cm	Sr S _{počet} Max. Sd	19 98 34	51 134 73	15 69 40	5 64 11	10 47 18	20 75 26	11 44 15	16 77 18	16 64 22	19 97 40	18 94 52	19 78 41	28 104 53	27 94 44	7 70 36	16 99 30	10 81 27	18 97 25	31 101 56	25 72 75	11 39 16	7 49 33	8 56 17	13 68 12	13 88 48	9 59 11	10 60 31	12 136 32	12 84 17	4 46 10	21 78 34	17 72 20	5 51 20	19 58 47	10 60 17

		1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
Chaloupky	m ³ /s	Qr Q (IV-IX) Q (X-III)	0,452 0,650 0,255	1,005 1,759 0,250	0,465 0,644 0,287	0,570 0,652 0,488	0,487 0,683 0,291	0,579 0,553 0,605	0,617 0,448 0,787	0,536 0,573 0,499	0,444 0,465 0,422	0,603 0,691 0,515	0,430 0,445 0,415	0,859 1,015 0,703	0,767 0,660 0,875	0,756 0,803 0,709	0,635 0,529 0,741	0,657 0,837 0,478	0,432 0,427 0,436	0,577 0,658 0,496	0,857 1,040 0,674	0,800 0,668 0,932	0,797 0,597 0,997	0,618 0,529 0,708	0,823 0,841 0,804	0,954 0,920 0,989	0,901 0,788 1,014	1,059 0,805 1,313	1,264 1,254 1,274	0,581 0,669 0,492	0,584 0,477 0,690	0,823 0,564 1,082	0,866 0,687 1,044	0,896 0,665 1,127	0,656 0,613 0,698	0,875 0,575 1,175	0,968 0,763 1,173
	mm	Hr H (IV-IX) H (X-III)	953,1 569,3 383,8	1269,4 659,8 609,7	812,3 433,1 379,2	909,0 602,5 306,6	907,3 467,7 439,6	1115,0 537,1 577,9	1100,9 489,4 611,5	846,0 337,0 509,0	1036,2 550,1 486,1	1103,3 630,0 473,3	1014,3 572,7 441,5	1365,4 769,9 595,5	1342,9 610,4 732,5	1000,5 429,4 571,0	1061,6 526,2 535,4	1105,2 699,3 405,9	767,9 446,4 321,5	1103,5 534,0 569,6	1307,3 676,7 630,6	1103,0 400,1 702,9	1179,1 496,7 682,4	1023,9 573,1 450,8	901,0 527,2 373,7	1084,3 391,3 693,0	920,8 456,8 464,1	1123,1 531,0 592,1	1350,2 777,3 572,9	1084,3 633,9 450,4	975,7 472,8 502,9	1333,5 642,4 691,2	1045,5 458,1 587,3	1271,2 484,8 786,4	1110,1 677,7 432,4	1376,1 610,3 765,8	988,7 415,6 573,1
	°C	Tr T (IV-IX) T (X-III)	4,7 10,3 -0,9	3,8 9,6 -1,9	5,0 10,4 -0,4	4,7 9,4 0,1	5,0 10,1 0,0	5,0 9,7 0,3	6,2 10,9 1,4	4,9 10,2 -0,4	5,3 9,7 1,0	4,7 9,1 0,2	4,7 10,0 -0,6	4,4 8,9 0,0	4,8 10,2 -0,6	5,0 10,6 -0,7	5,9 11,0 0,8	4,3 9,0 -0,5	4,3 9,8 -1,2	4,4 10,1 -1,2	4,1 9,6 -1,5	5,5 10,1 0,9	6,1 10,5 1,7	5,9 10,0 1,8	4,9 9,9 -0,1	5,9 11,5 0,3	5,4 10,7 0,1	5,5 10,9 0,1	6,1 10,5 1,6	3,5 9,3 -2,2	4,9 10,1 -0,4	5,8 10,7 0,9	5,3 11,1 -0,6	5,7 11,3 0,1	6,3 10,2 2,3	5,7 11,2 0,1	5,6 12,2 -0,9
	cm	Sr S _{počet} Max. Sd	28 155 105	72 205 305	26 178 150	11 170 60	16 197 180	31 177 175	19 195 130	26 181 230	27 165 130	27 173 140	26 174 120	27 203 180	35 181 170	39 189 145	11 147 95	27 174 130	18 147 90	25 169 135	52 157 208	39 158 255	21 167 120	10 136 65	13 177 85	26 201 145	17 173 95	19 179 125	14 150 140	19 186 175	16 183 64	6 134 58	26 179 186	26 174 180	7 141 70	21 183 160	13 172 66

Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50; LEDVINKA (2006)

Pozn.: Všechna značení se shodují se značeními v textu. Jen *S_{počet}* znamená počet dní se sněhovou pokrývkou v tom kterém hydrologickém roce. V závorkách se nachází upřesnění, o jaké období se konkrétně jedná. (IV-IX) tedy hovoří pro teplý půlrok a (X-III) pro půlrok chladný. Červená pole zdůrazňují hodnoty větší než horní kvartil, žlutá hodnoty mezi horním kvantilem a mediánem, zelená hodnoty mezi mediánem a dolním kvantilem a modrá hodnoty pod dolním kvantilem. Řady počtů dní se sněhovou pokrývkou a maximálních denních výšek sněhové pokrývky v daném roce byly obdrženy z klimatologických stanic Fichtelberg (v případě Chaloupek) a Karlovy Vary – letiště (v případě Staré Role).

6 Změny a trendy v dostupných časových řadách

6.1 Úvod

Poslední dobou se často diskutuje o změnách klimatu a jejich dopadech v jednotlivých složkách krajinné sféry. Toto téma tedy rovněž zajímá potamology, kteří se snaží zjistit, do jaké míry (a jestli vůbec) se v návaznosti na podnebí mění režimy tekoucích povrchových vod. Potom se také vytváří scénáře, jež mohou pro určité oblasti předpovídat např. frekventovanější výskyt hydrologických such nebo naopak povodní. Vždy by se ale mělo správně vycházet z historických záznamů (v kronikách, stromových letokruzích, ledovcích, fluvialních akumulacích atd.), k nimž se v současnosti přidávají s jistou přesností měřená data pocházející buď ze staničních sítí, nebo radarů a družic. Tím roste také tlak na moderní zpracovávání takových statistických souborů.

U povodí řeky Rolavy se prvotně předpokládalo, že v regionu, kde se nalézá, v minulosti docházelo k výraznému antropogennímu ovlivňování, režim průtoků nevyjímaje. Zdali je tomu skutečně tak, se dá zjistit kupř. tím, že se odtok chová poněkud odlišně než ostatní přírodní faktory. Nabízí se tedy komparace klimatických ukazatelů a jejich hydrologické odpovědi. Při těchto analýzách lze však dospět i k doprovodným závěrům, pokud se porovnají samotné klimatologické údaje mezi sebou.

Zde se vycházelo ze stejných dat jako v kap. předchozích. Zejména pak ale šlo o měsíční a roční řady odvozené z těch původních. Konkrétněji se jednalo o průtoky z vodoměrných stanic na řece Rolavě (Stará Role na dolním toku a Chaloupky na toku horním) a dále o výšky srážek, výšky sněhové pokrývky a teploty vzduchu (vždy po zmíněné stanici) získané v kap. 5. Cílem bylo vyhledávání nápadně odlišných chodů jak v každé jedné řadě, tak také ve vzájemných vztazích. S tím velice souvisí i řešení otázek korelací a detekce trendů.

Na časové řady byly aplikovány rozmanité statistické metody, které již v případě povodí Lužické Nisy prezentoval FARSKÝ (1992) a u povodí Odry KAŇOK (1997a, 1997b) a KŘÍŽ (2003). Některé metody vyzkoušeli na dílčích povodích Otavy KLIMENT, MATOUŠKOVÁ (2004, 2005a, 2005b, 2006) a KAVAN (2004). Na povodí horní Opavy si obdobně počínal KRÁLOVEC (2006). Kromě toho se v této studii použily postupy v ČR méně známé (viz např. BURN ET AL. 2004; KUNDZEWICZ, ROBSON 2004; LINDSTRÖM, BERGSTRÖM 2004; RADZIJEWSKI, KUNDZEWICZ 2004; XIONG, GUO 2004 a YUE, PILON 2004).

6.2 Vybrané metody pro povodí Rolavy

V nejrůznějších vědních oborech se vyvinulo mnoho statistických metod, u kterých se ukázalo, že je lze využít i k jiným účelům. Někdy byly výpočty spíše zdoluhavé, a proto se jim badatelé raději vyhýbali. S počítači však přišla částečná či dokonce úplná automatizace složitých matematických úkonů. Tak byly některé metody vzkříšeny (anebo modifikovány) a na svět se dostaly též techniky nové. Existuje jich už opravdu nepřehledné množství a je dosti problematické se v nich vyznat.

Ve vědách o Zemi, jako jsou hydrologie a klimatologie, se vyskytují převážně data s velmi asymetrickým rozložením. Navíc jsou často vzájemně provázána. Z toho plyne, že postupy, u kterých se předpokládá kupř. normalita či nezávislost proměnných, tu selhávají, pokud se předem nevykoná určitá transformace. Aby se při výzkumech co nejméně zdržovalo s takovými úpravami, velké oblibě se těší právě techniky odolné vůči porušování předpokladů. Potom se hovoří o tzv. robustnosti. Naproti tomu se vyvinuly také tzv. rezistentní metody, jež jsou schopny si poradit s odlehlými hodnotami (HENDL 2004). Časové řady bývají rovněž zatíženy složkami, které se tzv. dekompozicí odstraňují. Jedná se především o sezónnost a trend (CIPRA 1986).

Mezi jednoduchá zbavování se sezónních složek patří již uspořádávání řad tak, jak je tomu např. ve všech tab. v přílohách. Mj. se podle toho postupovalo i v kap. předešlých. Také všechny zde použité techniky pracují na bázi takto seskupených dat, protože metody založené na denních hodnotách jsou prozatím málo použitelné (viz např. WIJNGAARD ET AL. 2003 nebo LÓPEZ-MORENO ET AL. 2006). V tomto smyslu se tu vlastně rozebíraly pouze řady jednotlivých měsíců, ročních období, pololetí a roků¹⁴.

Má-li se v hydrologických či klimatologických řadách odhalit přítomnost trendu, doporučují SCHÖNWIESE, RAPP (1997) nejprve testování homogenity, které může prozradit, že se soubory dělí do několika výběrů. Teprve pak se úspěšně detekují tendence v každé části časové řady zvlášť. Statistička JARUŠKOVÁ (1990) seznámila českou odbornou veřejnost dle KAŇOKA (1997a) se silnou metodou určenou k vyhledávání bodů změn v hydrologických souborech. Jako její nevýhoda se však jeví to, že před její aplikací je třeba znát distribuční funkci dat. A jak už bylo uvedeno výše, mnohem rychlejší je práce za použití metod robustních. Navíc se tato studie nezaměřuje na navrhování teoretických rozložení.

¹⁴ Pro výsledky analýz denních průtoků přímo v povodí řeky Rolavy pomocí součtových čar lze na tomto místě odkázat např. na ročníkovou práci autora (LEDVINKA 2006).

V duchu zmíněného se tu započalo s testováním absolutní (příp. relativní) homogenity všech odvozených časových řad a následně se přešlo k testování statistické významnosti trendů a k určování korelačních vztahů mezi řadami.

6.2.1 Absolutní homogenita

Při ověřování absolutní homogenity (tj. pouze jedné řady) hydrologických údajů odkazují KUNDZEWICZ, ROBSON ET AL. (2000) a KUNDZEWICZ, ROBSON (2004) např. na **Pettittův test**¹⁵, který má tu výhodu, že dokáže nadto určit také rok, kde se řada láme, takže tento bod není předem nutné znát. Vychází z pořadí dat a hledá změnu v mediánu. Podle KYSELÉHO, DOMONOKOSE (2006) se testovací statistika definuje v každém místě časové řady. Hodnoty této statistiky mají sklon být větší v bodech, které řady dělí na více částí. Překročí-li maximum testovací statistiky danou mez, je detekován bod změny. Každá z nových částí řad je potom šetřena zvlášť pro přítomnost dalšího bodu změny podobným způsobem tak dlouho, dokud se nenajde poslední takový bod. Test prozkoumává sumy stejných znamének diferencí mezi dvojicemi vzorků vybraných z různých částí řady. Testovací statistikou je

$$K = \max_{1 \leq k \leq n} \left| \sum_{i=1}^k \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(d_i - d_j) \right|,$$

kde n je počet případů. Pravděpodobnost změny p^* (tj. doplněk signifikance testu do 1) je dána formulí

$$p^* = 1 - e^{\left(\frac{-6K^2}{n^3 + n^2} \right)}$$

a kritická hodnota (dána hladinou významnosti α) vztahem

$$K_{th,n} = \sqrt{\frac{-\ln \alpha (n^3 + n^2)}{6}}.$$

Samozřejmě jsou možné i obměny tohoto testu, kdy se kupř. upravuje testovací statistika (KUNDZEWICZ, ROBSON ET AL. 2000).

K hodnocení absolutní homogenity klimatologických řad (zejm. teploty vzduchu) se rovněž hodí tzv. „**Standard Normal Homogeneity Test pro jednoduchý posun v průměru**“ (SNHT), který představili např. ALEXANDERSSON, MOBERG (1997) a MOBERG, ALEXANDERSSON (1997). Funguje podobně jako Pettittův test. Prvním krokem je standardizace studované proměnné D :

¹⁵ V zahraniční literatuře je nazýván také jako „Mann-Whitney-Pettitt test“ nebo jako „Pettitt-Mann-Whitney (PMW) test“ (viz např. BASISTHA ET AL. 2008).

$$Z = \frac{D - \bar{d}}{s_d},$$

kde $Z = [z_1, z_2, \dots, z_n]$ a $D = [d_1, d_2, \dots, d_n]$.

$\bar{d}$ je průměr a s_d směrodatná odchylka proměnné D . Potom jsou průměrné hodnoty z-skórů dvou částí časové řady (značenými $y_{i,j}$, kde indexy poukazují na první $[i]$ a poslední $[j]$ elementy dílčích řad) prošetřovány prostřednictvím testové statistiky

$$S = \max_{1 \leq i \leq n-1} \{i \cdot y_{1,i}^2 + (n-i) \cdot y_{n-i+1,n}^2\}.$$

Kritické hodnoty statistiky S závisí na vybrané α a na počtu členů řady n . Detailněji se jimi zabírali KHALIQ, OUARDA (2007), kteří své výsledky rovněž tabelovali. Test má též několik modifikací: testování dvou a více zlomů, trendu, změny v rozptylu atd. (ŠTĚPÁNEK 2004, 2005).

Jestli testy identifikovaly body změny správně, se dá zjistit kupř. **Wilcoxonovým dvouvýběrovým testem** (viz ANDĚL 1985, 1998; KAŇOK 1997a)¹⁶. Poněvadž nebyly k dispozici speciální tabulky pro jeho kritické hodnoty, řešilo se vše aproximací k normálnímu rozložení, takže každý výběr musel mít min. 11 členů. Někdy toto představovalo výrazný limit, a proto se občas pro potvrzení zlomu použila také **metoda jednoduché součtové čáry** (viz KLIMENT, MATOUŠKOVÁ 2004)¹⁷.

Pokud se některá z řad lámala ve více jak v jednom bodě, použil se **Kruskalův-Wallisův test shody výběrových průměrů** (KAŇOK 1997a). Ten je neparametrickou obdobou jednoduchého třídění analýzy rozptylu a je vlastně zobecněním Wilcoxonova dvouvýběrového testu. Testuje se hypotéza, že všechny výběry (o rozsahu $n_1, \dots, n_k$) pocházejí z téhož rozložení. Všechny prvky celé časové řady se seřadí ve vzestupném pořadí. Součty pořadí prvků, které patří do i -tého výběru ($i = 1, 2, \dots, k$) se označí jako T_i . Testovací kritérium má pak tvar

$$Q = \frac{12}{n(n+1)} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{T_i^2}{n_i} - 3(n+1).$$

V případě $Q \geq \chi_{k-1}^2(\alpha)$ se zamítá nulová hypotéza na zvolené hladině významnosti. Následně se tvrdí, že všechny výběry nepocházejí z téhož rozložení. Vzniká jen problém určení, které výběry se od sebe vzájemně liší.

¹⁶ Byl již popsán v LEDVINKOVI (2006), takže není zapotřebí jej rozebírat dále.

¹⁷ Ve své podstatě jde o podvojnou součtovou čáru, kdy se na osu x vynáší rovnoměrně narůstající čas (tedy homogenní řada) a na osu y hodnoty, u nichž se má ověřit homogenita (viz ŘEHÁNEK, KŘÍŽ 2002; KŘÍŽ 2003). Kaňok (1997a) ji označuje jako „kumulativní časovou řadu“. Hodnocení tvaru vzniklé křivky je ale vždy obdobné.

6.2.2 Relativní homogenita

Vyšetřování relativních homogenit, tj. proces, kdy se hledají inhomogenity u řad za pomoci jiné adekvátní řady, u níž se homogenita předpokládá, probíhalo např. prostřednictvím **Wilcoxonova jednovýběrového testu**¹⁸ (ZVÁRA 2001). U něj se uvažuje výběr dvojic závislých veličin $(U_1, V_1), \dots, (U_n, V_n)$. Potom rozdíly $X_i = U_i - V_i$ musí mít spojitě rozložení, které je navíc symetrické kolem mediánu¹⁹. Jsou-li některá X_i nulová, vyloučí se a příslušně se zmenší n . Zjistí se pořadí absolutních hodnot $|X_i|$. Testová statistika W je rovna součtu pořadí těch veličin X_i , které jsou kladné (tedy těch, kdy bylo $U_i > V_i$). Pro větší hodnoty n stačí, s odvoláním na centrální limitní větu, použít statistiku

$$Z = \frac{\frac{W - n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}}.$$

Když se vyskytuje mezi absolutními hodnotami $|X_i|$ několik shodných pozorování, je třeba k nim přihlídnout podobně jako u dvouvýběrového Wilcoxonova testu. Při výpočtu Z se jmenovatel nahrazuje odmocninou z výrazu

$$\frac{n(n+1)(2n+1) - \frac{\sum_j (t_j^3 - t_j)}{2}}{24},$$

kde $t_1, t_2, \dots$ jsou počty shodných pozorování. H_0 tvrdí, že medián (tedy střed symetrie) je roven nule, a přibližně se zamítá na α , když je $|Z| \geq z(\alpha/2)$.

K testování relativní homogenity zejm. klimatologických řad bývá dnes široce využíván **Alexanderssonův test** (ŠTĚPÁNEK 2004, 2005). Nejprve se vytvoří řada kvocientů nebo diferencí mezi testovanou a referenční řadou. Tato řada $\{q_i\}$ je následně standardizována:

$$z_i = \frac{q_i - \bar{q}}{s_q},$$

kde $\bar{q}$ je hodnota aritmetického průměru poměrů či diferencí $\{q_i\}$, s_q je směrodatná odchylka této řady (s váhou $n - 1$, což ovlivňuje hodnotu testovacího kritéria a hladinu významnosti). Nulová hypotéza je definována následovně:

$$H_0 : z_i \in N(0,1), i \in \{1, \dots, n\}.$$

¹⁸ Nazývaný též Wilcoxonovým testem pro dva závislé výběry (HENDL 2004).

¹⁹ Křivka hustoty rozdílů X_i musí být symetrická. Jako střed symetrie nic jiného než medián nepřipadá v úvahu.

Alternativní hypotéza:

$$H_A : z_i \in (\mu_1, 1), i \in \{1, \dots, a\}$$

$$z_i \in N(\mu_2, 1), i \in \{a+1, \dots, n\},$$

kde $1 \leq a < n$ a $\mu_1 \neq \mu_2$. $z_i \in N(0,1)$ značí, že řada z_i má normální rozložení s nulovým průměrem a jednotkovou směrodatnou odchylkou. Testovací kritérium T_0 se získá ze vztahu

$$T_0 = \max_{1 \leq a \leq n-1} \{T_a\} = \max_{1 \leq a \leq n-1} \{a\bar{z}_1^2 + (n-a)\bar{z}_2^2\},$$

kde

$$\bar{z}_1 = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^a z_i, \bar{z}_1 \approx \mu_1$$

$$\bar{z}_2 = \frac{1}{n-a} \sum_{i=a+1}^n z_i, \bar{z}_2 \approx \mu_2.$$

Hodnota a určuje rok, ve kterém s největší pravděpodobností došlo ke zlomu. Jestliže hodnota T_0 je větší než určitá kritická hodnota (KHALIQ, OUARDA 2007), řada se hodnotí jako inhomogenní na dané α . Hodnoty T_a lze vynést do grafu a podle toho poté soudit o charakteru řady $\{q_i\}$. Správně by se také mělo přihlídnout k nevýhodám testu. K nim náleží fakt, že rok nejpravděpodobnější změny má tendenci se vyskytovat blízko začátku a konce řady. V testu není ani specifikováno rozdělení samotných řad. Prostě se předpokládá, že poměry (rozdíly) mají alespoň přibližně normální rozložení. Proto se doporučuje veškeré řady předem na toto rozložení transformovat. Stejně jako u SNHT existuje hned několik obměn tohoto testu (detekce dvou posunů, trendu, změny v rozptylu).

Doplňkem šetření relativní homogenity byla vizualizace dat pomocí **podvojně součtové čáry**, pokud byl odpovídající protějšek absolutně inhomogenní časové řady absolutně homogenní. O výběru referenčních sérií blíže pojednává kap. 6.4.

6.2.3 Trend

Nakonec se přešlo k vyhledávání trendů ve všech dostupných časových řadách. Ke zjišťování, zda trend vůbec existuje a zda je statisticky významný nebo jde jen o náhodnost, dobře slouží kupř. tzv. **Mannův-Kendallův test (MK)**. PARTAL, KAHYA (2006) jej označují za proceduru vycházející z pořadí dat, která je odolná vůči vlivu extrémů a hodí se na proměnné se šikmým rozložením. H_0 uvažuje o tom, že data $(x_1, \dots, x_n)$ zbavená sezonality jsou výběrem n identicky rozložených nezávislých veličin. Alternativní hypotéza oboustranného testu H_A tvrdí, že

distribuce x_k a x_j nejsou totožné pro všechna $k, j \leq n$ ($k \neq j$). Testová statistika S se počítá podle vztahu

$$S = \sum_k^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k).$$

Blíží se normálnímu rozložení, má nulový průměr a rozptyl dle:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{m=1}^n t_m m(m-1)(2m+5)}{18},$$

kde t_m představuje počet nerozhodných výsledků o rozsahu m . U výběrů o $n > 10$ se vypočítává normovaná veličina²⁰:

$$z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S < 0 \end{cases}.$$

V oboustranném testu pro trend by měla H_0 být na zvolené α akceptována, jestliže $|z| \leq z(\alpha/2)$. Kladná hodnota S indikuje rostoucí trend, zatímco její záporná hodnota trend poklesový. LIBISELLER (2004) definuje rovněž korelační koeficienty určující podobnost trendů časových řad²¹. Speciální označení nejspíš nemají, a tak se tu budou odlišovat řeckým písmenem λ .

Těsnost vztahů mezi sériemi byla kontrolována **Kendallovým koeficientem pořadové korelace** (např. HENDL 2004). Konkrétněji se jednalo o tzv. **Kendallovo τ_b (tau-b)**²². Tato statistika má jednoduchou pravděpodobnostní interpretaci. Zatímco Spearman koreloval pořadí, Kendall založil své postupy na inverzích v pořadí. Vychází se z dat, která se týkají metrického nebo ordinálního hodnocení n objektů ($i = 1, 2, \dots, n$) podle dvou kritérií X a Y . Každý objekt i získá ohodnocení (x_i, y_i) . Zprvu se seřadí dvojice (x_i, y_i) tak, že hodnoty x_i budou tvořit rostoucí posloupnost. Jestliže mezi kritérii X a Y je kladná asociace, tak také y_i budou mít vzestupnou tendenci. Při záporné asociaci budou mít y_i sestupnou tendenci. Kendall proto rozlišuje vztah $y_j > y_i$, resp. $y_j < y_i$, pokud $j > i$ ($i = 1, 2, \dots, n-1$). V prvním

²⁰ Někteří autoři připouští neostrou nerovnost, tj. $n \geq 10$ (ARORA ET AL. 2005), nebo dokonce $n \geq 8$ (YUE ET AL. 2002).

²¹ Neměl by být ztotožňován s Kendallovým τ_b , které měří sílu vztahu mezi dvěma proměnnými a vyjadřuje tedy něco jiného nežli podobu trendů v časových řadách.

²² Pokud se jedná o výběry, mělo by se správně značit latinkou (tj. t_b). I přesto však bude v dalším textu upřednostňována pouze alfabet.

případě nastává tzv. *konkordance*, jež skóruje pro kladnou asociaci, ve druhém *diskordance*, která skóruje pro negativní asociaci. τ_b se počítá podle formule

$$\tau_b = \frac{P - Q}{\sqrt{\left(D - \frac{\sum U(U-1)}{2}\right)\left(D - \frac{\sum V(V-1)}{2}\right)}},$$

kde P , Q jsou počty všech diskordancí, resp. konkordancí. D je maximální možný počet konkordancí, resp. diskordancí a má hodnotu $n(n-1)/2$. U , resp. V označuje počty shodných pořadí mezi x_i , resp. y_i postupně v jednotlivých skupinách shodných pořadí. Platí $-1 \leq \tau_b \leq 1$ a hodnot právě ± 1 nabývá τ_b ve stejných situacích jako Spearmanův koeficient. Samozřejmě se může testovat hypotéza o nulovosti τ_b .

Dodatečně se vybrala **regresní úloha korelačního počtu**. Šlo o jednoduchou lineární regresi ($y = kx + q$), díky níž se porovnávaly tendence řad buď z hlediska celku, anebo z pohledu částí, na něž je rozdělovaly testy absolutní či relativní homogenity. V tomto procesu se upřednostnily průtokové řady.

6.3 Testování absolutní homogenity časových řad

Jak už bylo nastíněno v kap. o metodách, započalo se v programu AnClim testováním absolutní homogenity. Všechny řady průtoků a výšek srážek uvedené v přílohách byly podrobeny Pettittovu testu. Se srážkovými daty již ve světě takto pracovali WIJNGARD ET AL. (2003), GILLES ET AL. (2006) a BASISTHA ET AL. (2008). Obdobně procedurou SNHT prošly řady teploty vzduchu a výšky sněhové pokrývky. SNHT (či příbuzný Alexanderssonův test) na sněhové charakteristiky aplikovala FALARZ (2004, 2007). Upřednostňovány byly pokaždé co největší délky sérií a skutečnost, že ty u stanice Stará Role obsahovaly mezery, se záměrně zanedbala. Hladina významnosti α byla volena pouze 5%. Výsledky testů komplexněji shrnují tab. 6.1 až 6.4. Ty též dokumentují, jak přesně se postupovalo.

6.3.1 Analýza měsíčních řad

Řady průtoků ze stanice **Stará Role** vykazaly inhomogenitu u měsíců prosince, února, dubna, května, června a září. Nabízené roky změny se vůbec neshodovaly. Snad jen duben (1988) a červen (1989) by mohly hovořit pro zlom na konci 80. let 20. stol. Wilcoxonův dvouvýběrový

Tab. 6.1 - Výsledky Pettittova testu a navazujících analýz řad Q_m , Q_r , sezónních Q a min. Q_d v roce a řad H_m , H_r a sezónních H - profil Stará Role

		Absolutní homogenita								Relativní homogenita			
		n	Kritická hodnota $K_{th,n}$ ($\alpha=5\%$)	Testovací statistika K	Signifikance	Homogenita	Rok změny (+podružný)	Wilcoxon 1	Kruskal-Wallis	Wilcoxon 2	Wilcoxon 3	Alexandersson 1	Alexandersson 2
Qm	11	38	167,684	87	0,446	ano	-	-	-	-	-	-	-
	12	38	167,684	180	0,032	ne	1979	-	-	nezamítá	-	nezamítá	-
	1	38	167,684	149	0,094	ano	-	-	-	-	-	-	-
	2	38	167,684	199	0,015	ne	1980	zamítá (s)	-	nezamítá	-	nezamítá	-
	3	38	167,684	155	0,077	ano	-	-	-	-	-	-	-
	4	38	167,684	182	0,029	ne	1989	zamítá (s)	-	nezamítá	nezamítá	nezamítá	nezamítá
	5	38	167,684	244	0,002	ne	1985	zamítá (s)	-	-	nezamítá	-	zamítá
	6	38	167,684	173	0,041	ne	1988	zamítá (s)	-	nezamítá	nezamítá	nezamítá	zamítá
	7	38	167,684	130	0,165	ano	-	-	-	-	-	-	-
	8	37	161,165	108	0,260	ano	-	-	-	-	-	-	-
9	37	161,165	170	0,036	ne	1994	zamítá (s)	-	nezamítá	-	nezamítá	-	
10	37	161,165	150	0,075	ano	-	-	-	-	-	-	-	
Qr		37	161,165	120	0,190	ano	-	-	-	-	-	-	-
Sezónní Q	Jaro	38	167,684	108	0,289	ano	-	-	-	-	-	-	-
	Léto	37	161,165	102	0,301	ano	-	-	-	-	-	-	-
	Podzim	37	161,165	182	0,022	ne	1995	zamítá (s)	-	-	-	-	-
	Zima	38	167,684	155	0,077	ano	-	-	-	-	-	-	-
	Teplý půlrok	37	161,165	150	0,075	ano	-	-	-	-	-	-	-
	Chladný půlrok	37	161,165	164	0,045	ne	1981 (+1974)	zamítá (s)	zamítá (s)	-	-	-	-
Min. Qd v roce		37	161,165	224	0,003	ne	1991	zamítá (s)	-	-	nezamítá*	-	nezamítá*
Hm	11	44	208,562	162	0,164	ano	-	-	-	-	-	-	-
	12	44	208,562	159	0,175	ano	-	-	-	-	-	-	-
	1	44	208,562	165	0,153	ano	-	-	-	-	-	-	-
	2	44	208,562	124	0,347	ano	-	-	-	-	-	-	-
	3	44	208,562	109	0,441	ano	-	-	-	-	-	-	-
	4	44	208,562	109	0,441	ano	-	-	-	-	-	-	-
	5	44	208,562	209	0,049	ne	1988	zamítá (s)	-	-	-	-	-
	6	44	208,562	101	0,495	ano	-	-	-	-	-	-	-
	7	44	208,562	171	0,133	ano	-	-	-	-	-	-	-
	8	44	208,562	104	0,475	ano	-	-	-	-	-	-	-
9	44	208,562	160	0,172	ano	-	-	-	-	-	-	-	
10	44	208,562	173	0,127	ano	-	-	-	-	-	-	-	
Hr		43	201,544	190	0,070	ano	-	-	-	-	-	-	-
Sezónní H	Jaro	44	208,562	132	0,301	ano	-	-	-	-	-	-	-
	Léto	44	208,562	121	0,365	ano	-	-	-	-	-	-	-
	Podzim	43	201,544	210	0,039	ne	1977	zamítá (s)	-	-	-	-	-
	Zima	43	201,544	168	0,125	ano	-	-	-	-	-	-	-
	Teplý půlrok	44	208,562	84	0,615	ano	-	-	-	-	-	-	-
	Chladný půlrok	43	201,544	222	0,026	ne	1980	zamítá (s)	-	-	-	-	-

Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006); KHALIQ, OUARDA (2007)

Pozn.: α byla pokaždé 5 %. Wilcoxon 1 znamená Wilcoxonův dvouvýběrový test, Wilcoxon 2 Wilcoxonův jednovýběrový test, kdy referenční řadou byla homogenní řada výšek srážek a Wilcoxon 3 Wilcoxonův jednovýběrový test, kdy referenční řadou byla homogenní řada průtoků druhé stanice v povodí. Alexandersson 1 je obdobou Wilcoxon 2 a Alexandersson 2 obdobou Wilcoxon 3 (blíže viz text). (s) udává, že při testování musela být H_0 zamítnuta kvůli nízké signifikanci. * říká, že se relativní homogenita řad min. Q_d v roce vyšetřovala na podkladě řad Q_r .

Tab. 6.2 - Výsledky Pettittova testu a navazujících analýz řad *Qm*, *Qr*, sezónních *Q* a min. *Qd* v roce a řad *Hm*, *Hr* a sezónních *H* - profil Chaloupky

		Absolutní homogenita						Relativní homogenita				
		<i>n</i>	Kritická hodnota <i>Kth,n</i> ($\alpha=5\%$)	Testovací statistika <i>K</i>	Signifikance	Homogenita	Rok změny	Wilcoxon 1	Wilcoxon 2	Wilcoxon 3	Alexandersson 1	Alexandersson 2
<i>Qm</i>	11	41	187,752	230	0,011	ne	1987	zamítá (s)	nezamítá	nezamítá	nezamítá	nezamítá
	12	41	187,752	240	0,007	ne	1979	zamítá (s)	nezamítá	-	nezamítá	-
	1	41	187,752	176	0,072	ano	-	-	-	-	-	-
	2	41	187,752	268	0,002	ne	1988	zamítá (s)	nezamítá	-	nezamítá	-
	3	41	187,752	262	0,003	ne	1989	zamítá (s)	nezamítá	nezamítá	nezamítá	zamítá
	4	41	187,752	128	0,248	ano	-	-	-	-	-	-
	5	41	187,752	106	0,385	ano	-	-	-	-	-	-
	6	41	187,752	108	0,371	ano	-	-	-	-	-	-
	7	41	187,752	148	0,155	ano	-	-	-	-	-	-
	8	41	187,752	158	0,120	ano	-	-	-	-	-	-
Sezónní <i>Q</i>	9	41	187,752	262	0,003	ne	1990	zamítá (s)	nezamítá	-	nezamítá	-
	10	41	187,752	252	0,005	ne	1986	zamítá (s)	nezamítá	nezamítá	nezamítá	nezamítá
	<i>Qr</i>	41	187,752	248	0,005	ne	1987	zamítá (s)	nezamítá	nezamítá	nezamítá	nezamítá
	Jaro	41	187,752	124	0,271	ano	-	-	-	-	-	-
	Léto	41	187,752	166	0,096	ano	-	-	-	-	-	-
	Podzim	41	187,752	314	0,000	ne	1991	zamítá (s)	nezamítá	-	nezamítá	-
	Zima	41	187,752	246	0,006	ne	1988	zamítá (s)	nezamítá	nezamítá	zamítá	zamítá
	Teplý půlrok	41	187,752	102	0,413	ano	-	-	-	-	-	-
	Chladný půlrok	41	187,752	324	0,000	ne	1988	zamítá (s)	nezamítá	-	zamítá	-
	Min. <i>Qd</i> v roce	41	187,752	288	0,001	ne	1980	zamítá (s)	-	-	-	-
<i>Hm</i>	11	44	208,562	166	0,150	ano	-	-	-	-	-	-
	12	44	208,562	147	0,226	ano	-	-	-	-	-	-
	1	44	208,562	107	0,455	ano	-	-	-	-	-	-
	2	44	208,562	104	0,475	ano	-	-	-	-	-	-
	3	44	208,562	122	0,359	ano	-	-	-	-	-	-
	4	44	208,562	105	0,468	ano	-	-	-	-	-	-
	5	44	208,562	217	0,039	ne	1988	zamítá (s)	-	-	-	-
	6	44	208,562	177	0,116	ano	-	-	-	-	-	-
	7	44	208,562	145	0,235	ano	-	-	-	-	-	-
	8	44	208,562	83	0,622	ano	-	-	-	-	-	-
Sezónní <i>H</i>	9	44	208,562	148	0,221	ano	-	-	-	-	-	-
	10	44	208,562	175	0,121	ano	-	-	-	-	-	-
	<i>Hr</i>	43	201,544	132	0,277	ano	-	-	-	-	-	-
	Jaro	44	208,562	164	0,157	ano	-	-	-	-	-	-
	Léto	44	208,562	76	0,672	ano	-	-	-	-	-	-
	Podzim	43	201,544	194	0,062	ano	-	-	-	-	-	-
	Zima	43	201,544	118	0,358	ano	-	-	-	-	-	-
	Teplý půlrok	44	208,562	104	0,475	ano	-	-	-	-	-	-
	Chladný půlrok	43	201,544	150	0,190	ano	-	-	-	-	-	-

Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006); KHALIQ, OUARDA (2007)

Pozn.: Všechna dodatečná vysvětlení obsahují poznámky pod tab. 6.1.

test (tentokrát v SPSS) potvrdil většinu změn, protože signifikance vycházela vždy menší než α (5 %). Nemuselo se tak ani hledět na kritické hodnoty. Neboť se prosincové řady začaly lámat dříve než uběhlo 11 let, nedal se na ně tentýž Wilcoxon aplikovat. Co se týče výšek srážek, mírná inhomogenita se ukázala uvnitř květnových řad. Rok změny ale nesouhlasí s tím u průtoků, takže by se na první pohled mohlo zdát, že za změny v květnovém odtoku z povodí Rolavy neodpovídají klimatické faktory. Dokonce řady teploty vzduchu toto ztvrdzují (tab. 6.3). Kromě květnů se u teplot jeví inhomogenně taktéž řady všech srpnů. Prosincové, dubnové a červnové změny jsou již velmi sporné, když se vezmou v potaz slabiny SNHT a nemožnost aplikace Wilcoxonova dvouvýběrového testu. Sněhové ukazatele za listopady až dubny podmínky homogenity splnily.

Tab. 6.2 jasně ukazuje, že inhomogenity průtokových řad stanice **Chaloupky** téměř vůbec nesouvisí s těmi u Staré Role. Některé se sice vyskytly ve stejných měsících (prosinec, únor a září), ale jen v prosinci se shodují také roky změny (1979). Dvouvýběrový Wilcoxonův test potvrdil všechny zlomové body opět kvůli hladině významnosti dosažené. Homogenita srážkových řad znovu selhávala u května (1988) a Pettittův test nenalezl jiný rok, v němž se řada zdánlivě dělí na dvě. Totéž se v podstatě stalo i u srpnových teplot vzduchu, kde se prokázal rok 1990. U S_m se inhomogenně zachovala řada únorů. Podružný rok změny (1989) by mohl souviset s inhomogenitou v odtoku.

Zajímavá je jednoduchá součtová čára prosincových průtoků ve Staré Roli (obr. 6.1). Lidské oko by zřejmě pokládalo za podstatné roky 1975 nebo 1991, ale Pettittův test je ponechal a místo nich identifikoval rok 1979. Za připomenutí stojí, že za vychýlení čáry roku 1975 může spíše velká voda z 8.12. 1974.

6.3.2 Analýza sezónních řad

Z pohledu ročních období a významných půlroků se průtoky náhleji měnily ve stanici **Chaloupky**. Došlo k tomu především na podzim 1991 a v zimě 1988. Se zimní transformací průtoků dozajista velice souvisí situace v celém chladném půlroku. Za těmito inhomogenitami stojí spíše podmínky v řadách výšky sněhové pokrývky, protože ve srážkách se nic zásadního neukázalo. Zvláštní ale je, že v teplotách vzduchu k odpovídajícím změnám nedošlo. Ani podezřelý rok u chladných pololetí zřejmě neplatí vzhledem k vlastnostem SNHT. Ten se jinak u teplot přiklonil k potvrzování inhomogenit v teplých půlrocích (v jarech a v létech), kdy se pravděpodobně řady lámaly na přelomu 80. a 90. let 20. stol. Většinu závěrů Pettittova

testu a SNHT (v programu AnClim) uznal rovněž Wilcoxonův dvouvýběrový test i Kruskalův-Wallisův test (v programu SPSS) hlavně díky nízké signifikanci.

Podobně se režim průtoků choval také ve **Staré Roli**. Inhomogenity byly znovu nalezeny v řadách chladného půlroku či podzimu. Jen u řad zim se žádné neprojevyly, i když zimní sněhové řady v nepořádku byly. Navrhované roky se povětšinou rozcházel, a to i pokud se jedná o potenciální referenční řady. Jenom změny v chladných pololetích (1981) mohou nějakým způsobem souviset se změnami ve srážkách (1980). Kromě toho se zde srážky chovaly podivně taktéž na podzim (1977), ačkoliv odezva v průtocích vůbec neodpovídala (1995). Pro řady teploty vzduchu v podstatě platí to samé, co u Chaloupek. Inhomogenitu vykazaly spíše v teplém půlroce. U jar a lét se navíc velmi podobaly zlomové body na přelomu 80. a 90. let 20. stol.

Tab. 6.3 - Výsledky SNHT a navazujících analýz řad Sm , Sr a zimních S a řad Tr , Tm a sezónních T - profil Stará Role

		n	Kritická hodnota ($\alpha=5\%$)	k	Testovací statistika S	Homogenita	Rok změny	Wilcoxon 1
Sm	11	44	8,273		1,965	ano	-	-
	12	44	8,273		3,996	ano	-	-
	1	44	8,273		5,482	ano	-	-
	2	44	8,273		7,987	ano	-	-
	3	44	8,273		6,415	ano	-	-
	4	44	8,273		1,584	ano	-	-
Sr		43	8,214-8,273		10,389	ne	1971	-
Sezónní S	Zima	43	8,214-8,273		9,152	ne	1983	zamítá (s)
Tm	11	45	8,273-8,331		2,196	ano	-	-
	12	45	8,273-8,331		9,601	ne	1971	-
	1	46	8,331		5,715	ano	-	-
	2	46	8,331		2,953	ano	-	-
	3	46	8,331		5,702	ano	-	-
	4	46	8,331		8,384	ne	1962*	-
	5	46	8,331		9,742	ne	1992	zamítá (s)
	6	46	8,331		13,008	ne	2002*	-
	7	46	8,331		7,758	ano	-	-
	8	46	8,331		11,063	ne	1990	zamítá (s)
	9	46	8,331		5,018	ano	-	-
	10	45	8,273-8,331		2,358	ano	-	-
Tr		44	8,273		15,594	ne	1988	zamítá (s)
Sezónní T	Jaro	46	8,331		12,458	ne	1989	zamítá (s)
	Léto	46	8,331		15,622	ne	1991	zamítá (s)
	Podzim	44	8,273		3,951	ano	-	-
	Zima	45	8,273-8,331		8,595	ne	1965*	-
	Teplý půlrok	46	8,331		17,702	ne	1999	-
	Chladný půlrok	44	8,273		9,727	ne	1965*	-

Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsishe Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50; LEDVINKA (2006); KHALIQ, OUARDA (2007)

Pozn.: α byla pokaždé 5 %. Wilcoxon 1 znamená Wilcoxonův dvouvýběrový test. (s) udává, že při testování musela být H_0 zamítnuta kvůli nízké signifikanci. * značí roky, které nebylo možné uznat jako body zlomu vzhledem k nevýhodám SNHT.

Tab. 6.4 - Výsledky SNHT a navazujících analýz řad Sm , Sr a zimních S a řad Tr , Tm a sezónních T - profil Chaloupky

		n	Kritická hodnota ($\alpha=5\%$)	k	Testovací statistika S	Homogenita	Rok změny (+podružný)	Wilcoxon 1	Kruskal-Wallis
Sm	11	44	8,273		1,778	ano	-	-	-
	12	44	8,273		4,651	ano	-	-	-
	1	44	8,273		8,079	ano	-	-	-
	2	44	8,273		9,715	ne	1966* (+1989)	-	zamítá (s)
	3	44	8,273		6,470	ano	-	-	-
	4	44	8,273		1,495	ano	-	-	-
Sr		43	8,214-8,273		10,662	ne	1971 (+1989)	-	zamítá (s)
Sezónní S	Zima	43	8,214-8,273		12,018	ne	1988	zamítá (s)	-
Tm	11	45	8,273-8,331		1,837	ano	-	-	-
	12	45	8,273-8,331		7,652	ano	-	-	-
	1	46	8,331		5,145	ano	-	-	-
	2	46	8,331		2,389	ano	-	-	-
	3	46	8,331		4,957	ano	-	-	-
	4	46	8,331		7,789	ano	-	-	-
	5	46	8,331		8,153	ano	-	-	-
	6	46	8,331		5,042	ano	-	-	-
	7	46	8,331		7,387	ano	-	-	-
	8	46	8,331		8,862	ne	1990	zamítá (s)	-
	9	46	8,331		4,417	ano	-	-	-
	10	45	8,273-8,331		2,977	ano	-	-	-
Tr		44	8,273		11,543	ne	1988	zamítá (s)	-
Sezónní T	Jaro	46	8,331		9,879	ne	1989	zamítá (s)	-
	Léto	46	8,331		10,304	ne	1990	zamítá (s)	-
	Podzim	44	8,273		2,207	ano	-	-	-
	Zima	45	8,273-8,331		8,088	ano	-	-	-
	Teplý půlrok	46	8,331		13,168	ne	1992	zamítá (s)	-
	Chladný půlrok	44	8,273		8,976	ne	1965*	-	-

Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsishe Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50; LEDVINKA (2006); KHALIQ, OUARDA (2007)

Pozn.: Pro bližší vysvětlení viz poznámky pod tab. 6.3.

Jednoduchá součtová čára průtoků v chladném půlroce (obr. 6.1) je navzdory čáře prosincové mnohem rovnoměrnější, ale i tak byl Pettittův test velmi přísný a našel roky 1974 a 1981 vcelku správně.

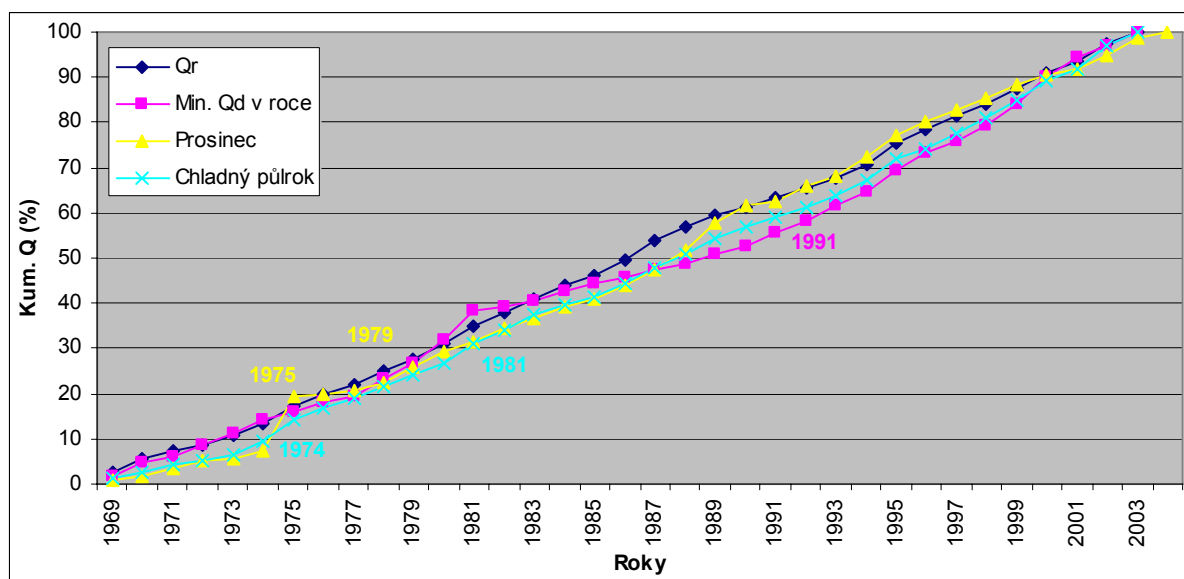
6.3.3 Analýza ročních řad a řad minimálních denních průtoků v každém roce

Dalo by se předpokládat, že průtoky ve stanici Stará Role jsou transformovány více než v Chaloupkách, ale Q_r dokazují, že tomu tak není. Zatímco ve Staré Roli jsou naprosto homogenní, tak v Chaloupkách nastal zvrat v roce 1987. Možná to tu způsobuje urychlení a posouvání odtávání sněhu, které jistě závisí na proměnách v teplotních poměrech na povodí od konce 80. let. Roční srážkové řady jsou v pořádku, takže jimi toto zapříčiněno nebude.

Pokud se dal použít Wilcoxonův dvouvýběrový test nebo Kruskalův-Wallisův test (v případě lámaní řad na více jak dvě části), pak ty body zlomů vždy potvrdily.

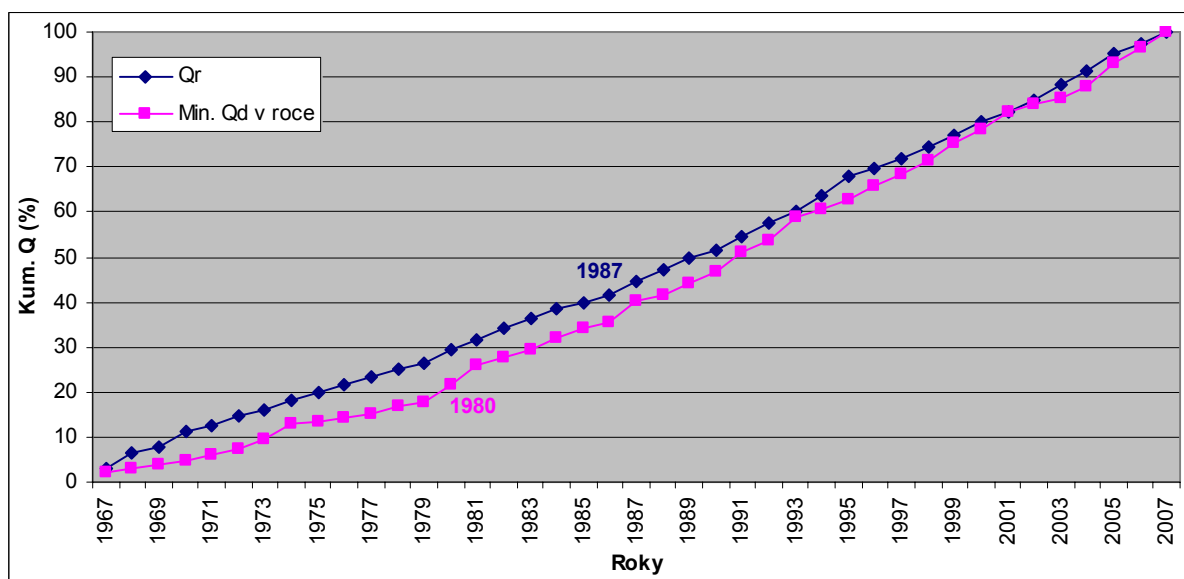
Co se týká min. Q_d v každém roce, tak u obou prověřovaných řad byla v AnClimu identifikována inhomogenita. U Staré Role to byl rok 1991, kdežto u Chaloupek rok 1980, kdy došlo k největší změně v mediánu. Zdá se tedy, že hydrologická sucha na dolním toku Rolavy neodpovídají těm na horním toku.

Obr. 6.1 - Vybrané jednoduché součtové čáry řad Q_r , min. Q_d v roce a Q prosinců a chladných půlroků ve stanici Stará Role v letech 1969-2004



Zdroj: ČHMÚ

Obr. 6.2 - Vybrané jednoduché součtové čáry řad Q_r a min. Q_d v roce ve stanici Chaloupky v letech 1967-2007



Zdroj: ČHMÚ

Součtové čáry na obr. 6.1 a 6.2 ukazují kumulované řady Q_r či min. Q_d každého roku. Prostřednictvím nich by se zcela jistě daly detekovat jiné roky zvratu jako v LEDVINKOVI (2006). Na více částí se zjevně rozdělují čáry min. Q_d . Toto vše jen demonstruje, že použití Pettittova testu zabraňuje riziku subjektivity, které je nežádoucí především při určování vlivu antropogenní činnosti na odtok z krajiny.

6.4 Testování relativní homogenity časových řad

Při tomto vyšetřování se důraz kladl pouze na inhomogenní řady průtoků. Využilo se tu myšlenky příčinné závislosti, takže se jako referenční braly hlavně odpovídající absolutně homogenní řady srážek. Jestliže referenční řada nebyla nejdříve údajně homogenní, její další použití nepřipadalo v úvahu. Kromě toho bylo možné průtokové řady porovnat i s jinými řadami průtoků ve stejném povodí, jak uvádí kupř. KAŇOK (1997a). Předpokládalo se, že čím více vody za jednotku času proteče profilem Chaloupky, tím více vody bude protékat rovněž Starou Rolí.

Jak už prozradily tab. 6.1 a 6.2, nasadil se k těmto účelům Wilcoxonův jednovýběrový test (v SPSS) s testem Alexanderssonovým (v AnClimu). Hladinou významnosti α bylo vždy 5 %. Kvůli rozdílným jednotkám se také údaje zprvu standardizovaly, takže testovány byly vlastně z-skóry. Rozbory se doplnily metodou podvojně součtové čáry (obr. 6.3, 6.4 a 6.5).

6.4.1 Analýza měsíčních řad

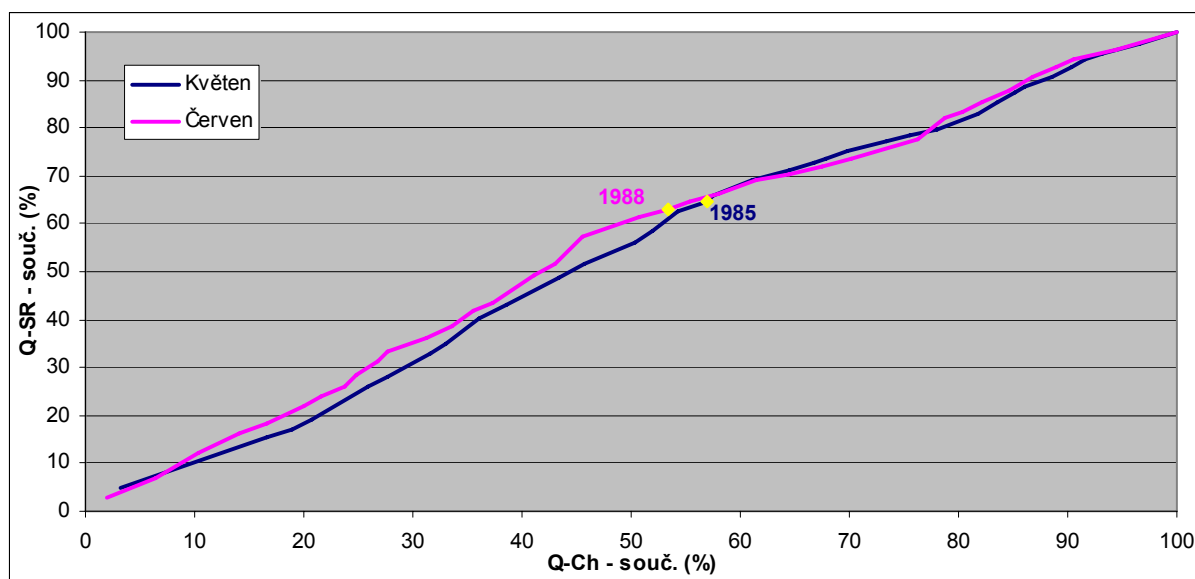
U Staré Role se za využití adekvátních srážkových řad podrobily Wilcoxonovu a Alexanderssonovu testu průtokové řady prosincové, únorové, dubnové, červnové a zářijové. Žádný z testů na $\alpha = 5 \%$ neshledal, že by byl v závislých výběrech z-skórů závažný rozdíl. Zdá se tedy, že relativní homogenita průtoků vůči srážkám tu splněna je. Na absolutních inhomogenitách v řadách se nejspíše podílí sama příroda nežli člověk.

V průtokových datech ze stanice Chaloupky se nenašlo nic zásadního. Listopadové, prosincové, únorové, březnové, zářijové a říjnové údaje vykázaly relativní homogenitu.

Zajímavější výsledky přineslo až testování za pomoci podobných průtokových charakteristik v povodí. Postupovalo se tak, že se jako referenční vzala homogenní řada z konkurenční vodoměrné stanice. Wilcoxonův test neprokázal nic, zato Alexanderssonův test

již ano. Ve **Staré Roli** jsou potom patrně průtoky ovlivněny v květnu a červnu, pokud se tok Rolavy v Chaloupkách považuje za nezasažený. Kritická hodnota (8,081) platná pro $n = 38$ byla jednou překročena jenom mírně (asi o 0,112) a podruhé celkem značně (o 1,575). Alexandersson má výhodu v tom, že dokáže určit i rok změny. U května se jím stal rok 1985 a u června rok 1987. Do určité míry tím byla potvrzena pravdivost testu Pettittova, i když v červnové řadě zřejmě proběhla změna o něco dříve (viz tab. 6.1 a obr. 6.3).

Obr. 6.3 - Podvojně součtové čáry řad květnových a červnových Q ze stanic Stará Role a Chaloupky za období 1969-2004



Zdroj: ČHMÚ

Pozn.: Na ose x jsou vyneseny relativní kumulované průtoky ze stanice Chaloupky, na ose y relativní kumulované průtoky ze stanice Stará Role.

V řadách stanice **Chaloupky** našel Alexanderssonův test podezřelé odchýlení průtoků od těch ze Staré Role pro změnu u měsíce března roku 1989. Kritická hodnota platná pro stejný počet členů byla tentokrát přesažena o 1,502. Opět se tu ztvrdzují závěry Pettittova testu, a to i po verifikaci podvojnou součtovou čarou (obr. 6.4).

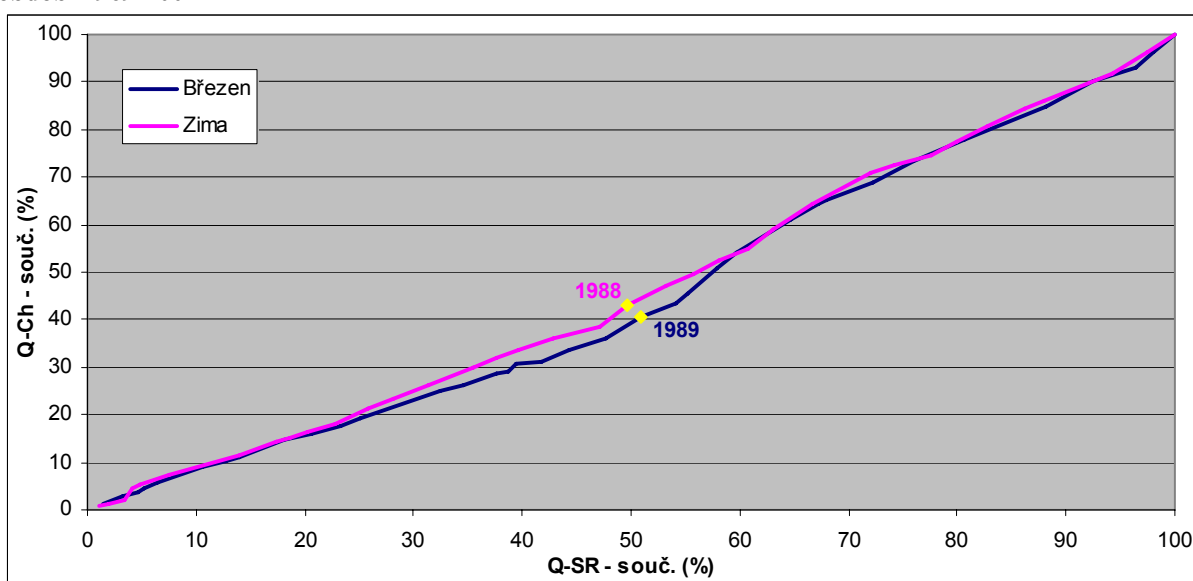
6.4.2 Analýza sezónních řad

Co se týká ročních období a půlroků, tak na data stanice Stará Role nemohl být aplikován ani jeden z testů, neboť potenciální referenční řady se v předchozích analýzách projeví jako absolutně inhomogenní.

Jiné podmínky se objevily u stanice **Chaloupky**. Zde mohly být otestovány řady průtoků podzimních, zimních a také řady skládající se ze všech chladných pololetí.

Wilcoxonův jednovýběrový test se ukázal jako velmi slabý, protože na 5% α neidentifikoval inhomogenitu nikde. Alexanderssonův test naproti tomu rozpoznal rozdílný chod průtoků a srážek u zim a s nimi spojených chladných půlroků. Testovací statistiky T_0 převýšily kritickou hodnotu (8,081) o 2,896, resp. o 5,131. Lze konstatovat, že nalezené roky změny (1988, 1990) souhlasí s Pettitem jen v případě zim. Vlastní názor si čtenář zajisté vytvoří při pohledu na obr. 6.5. Pokud se za referenční dosadily řady průtoků ze stanice Stará Role (možné pouze u zim), Alexandersson také zamítl H_0 , ale šlo jen o mírné porušení relativní homogenity ($T_0 = 8,083$). Opět se jako bod zvratu poodhalil rok 1988 (obr. 6.4).

Obr. 6.4 - Podvojně součtové čáry řad březnových a zimních Q ze stanic Chaloupky a Stará Role za období 1969-2004



Zdroj: ČHMÚ

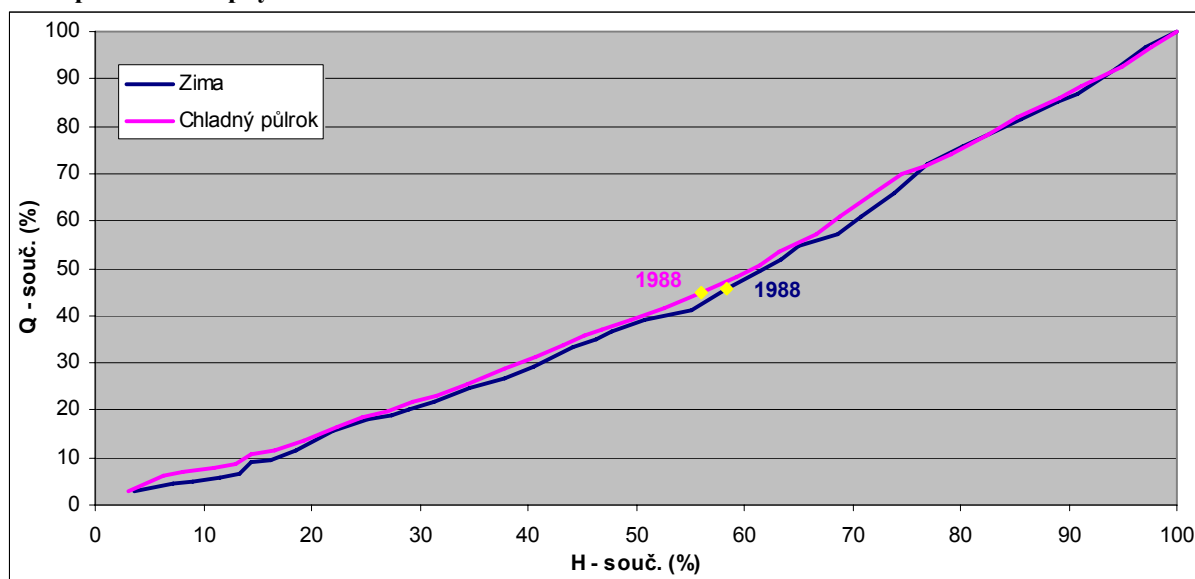
Pozn.: Na ose x jsou vyneseny relativní kumulované průtoky ze stanice Stará Role, na ose y relativní kumulované průtoky ze stanice Chaloupky.

6.4.3 Analýza ročních řad a řad minimálních denních průtoků v každém roce

Řada min. Q_d stanice **Stará Role** se výjimečně testovala prostřednictvím jiných průtokových ukazatelů stejné stanice. Referenční řada se tedy konkrétně skládala z Q_r Staré Role. Jak Wilcoxonův jednovýběrový test, tak Alexanderssonův test nedokázal odkrýt inhomogenitu, jako tomu bylo u Pettita.

Průměrné roční průtoky **Chaloupek** testované na základě Q_r ze Staré Role se rovněž neprojevily inhomogenně. Ani vůči H_r na horním povodí Rolavy Wilcoxonovi s Alexanderssonem nepřipadal soubor Q_r Chaloupek markantně odlišný.

Obr. 6.5 - Podvojně součtové čáry řad Q zim a chladných půlroků a jim odpovídajících H za období 1967-2004 - profil Chaloupky



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Pozn. Na ose x jsou vyneseny relativní kumulované výšky srážek po stanici Chaloupky a na ose y relativní kumulované průtoky ze stanice Chaloupky.

6.5 Tendence v časových řadách a určování korelačních vztahů

Jak již bylo naznačeno v podkapitole o metodách (6.2), použil se k vyhledávání statisticky významných trendů ve všech disponibilních řadách Mannův-Kendallův test (MK). Opět se zvolila α rovna 5 %. Veškeré výpočty probíhaly v excelovském souboru obsahujícím makro od Claudie Libiseller, kterému nevádí chybějící hodnoty²³. V předešlých analýzách byly nalezeny nesrovnalosti mezi jednotlivými částmi řad a správnější by tedy bylo kontrolovat je zvlášť (SCHÖNWIESE, RAPP 1997). Jelikož ale řady byly krátké, prošetřovala se přítomnost trendu v celcích. Stručně výsledky zahrnují tab. 6.5 a 6.6.

Vztahy mezi trendy (resp. mezi samotnými časovými řadami) byly dodatečně kvantifikovány korelačním koeficientem τ_b (resp. λ). Podstatné výsledky se navíc vynesly do grafů za pomoci obyčejné lineární regrese (tj. jako regresní přímky). Jedním z předpokladů pro funkčnost lineární regrese je normalita dat, a proto bylo nejdříve zapotřebí převést údaje na z -skóry (viz grafy na obr. 6.6 až 6.8). Výhodou z -skórů je rovněž skutečnost, že pomocí nich lze porovnávat jevy, které se měří v různých jednotkách.

²³ Býval dostupný na <http://www.mai.liu.se/~cllib/welcome/PMKtest.html>. V době dokončování této studie však odkaz nepracoval.

6.5.1 Analýza měsíčních řad

V případě **Staré Role** si MK všimnul významných trendů v průtokových řadách měsíců února, března, května a září. Pro tyto údaje vyšly signifikance menší než 0,05, takže byla H_0 o neexistenci trendu vyvrácena (viz tab. 6.5). Většinou pak byl identifikován růst vodnosti na dolní Rolavě. Pouze v květnovém odtoku se vyskytuje pokles, což mohou mít za následek také klesající výšky srážek v tomto měsíci. Kendallov τ_b (0,178) však dokazuje, že tyto řady mnoho společného nemají. Před uzavřením je ovšem také třeba si uvědomit, že řady vykazují inhomogenitu, ať už absolutní či relativní. Co se týče sněhu, tak ukazatele zaznamenaly pouze pokles, a to konkrétně v únoru, kdy výšky pokrývky bývají největší. Na první pohled se zdá, že s teplotou vzduchu tento úkaz příliš nesouvisí, avšak koeficient τ_b roven -0,503 už sděluje něco jiného. Teplota jinak významněji roste v květnu, červenci a v srpnu.

Tab. 6.5 - Výsledky Mannova-Kendalova testu při detekování trendu v řadách Q_m , Q_r a sezónních Q a H_m , H_r a sezónních H pro stanice Stará Role a Chaloupky

		Stará Role				Chaloupky			
		n	Testovací statistika z	Signifikance	Trend	n	Testovací statistika z	Signifikance	Trend
Q_m	11	38	0,641	0,521	-	41	2,763	0,006	↗
	12	38	1,496	0,135	-	41	2,235	0,025	↗
	1	38	1,697	0,090	-	41	1,842	0,065	-
	2	38	2,678	0,007	↗	41	3,999	0,000	↗
	3	38	2,426	0,015	↗	41	2,875	0,004	↗
	4	38	-1,320	0,187	-	41	-1,056	0,291	-
	5	38	-2,728	0,006	↗	41	-1,011	0,312	-
	6	38	-1,521	0,128	-	41	0,449	0,653	-
	7	38	0,993	0,321	-	41	1,528	0,127	-
	8	37	1,151	0,250	-	41	1,483	0,138	-
	9	37	2,328	0,020	↗	41	2,853	0,004	↗
	10	37	1,674	0,094	-	41	3,235	0,001	↗
Q_r		37	1,569	0,117	-	41	2,875	0,004	↗
Sezónní Q	Jaro	38	-0,490	0,624	-	41	0,764	0,445	-
	Léto	37	-0,288	0,774	-	41	1,415	0,157	-
	Podzim	37	2,799	0,005	↗	41	3,954	0,000	↗
	Zima	38	2,049	0,040	↗	41	3,122	0,002	↗
	Teplý půlrok	37	-0,497	0,619	-	41	0,539	0,590	-
	Chladný půlrok	37	2,930	0,003	↗	41	4,156	0,000	↗
Min. Q_d v roce		37	2,487	0,013	↗	41	3,933	0,000	↗
H_m	11	44	1,760	0,078	-	44	1,861	0,063	-
	12	44	1,254	0,210	-	44	1,153	0,249	-
	1	44	1,376	0,169	-	44	0,627	0,531	-
	2	44	0,566	0,571	-	44	0,202	0,840	-
	3	44	0,384	0,701	-	44	-0,142	0,887	-
	4	44	-1,254	0,210	-	44	-1,193	0,233	-
	5	44	-2,084	0,037	↗	44	-2,205	0,027	↗
	6	44	-0,445	0,656	-	44	-1,396	0,163	-
	7	44	1,193	0,233	-	44	0,688	0,492	-
	8	44	0,526	0,599	-	44	-0,202	0,840	-
	9	44	1,740	0,082	-	44	1,537	0,124	-
	10	44	2,043	0,041	↗	44	1,942	0,052	-
H_r		43	2,229	0,026	↗	43	1,413	0,158	-
Sezónní H	Jaro	44	-0,789	0,430	-	44	-1,214	0,225	-
	Léto	44	0,890	0,373	-	44	-0,101	0,919	-
	Podzim	43	2,857	0,004	↗	43	2,522	0,012	↗
	Zima	43	1,622	0,105	-	43	0,890	0,374	-
	Teplý půlrok	44	0,121	0,903	-	44	-0,445	0,656	-
	Chladný půlrok	43	2,669	0,008	↗	43	1,622	0,105	-

Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Tab. 6.6 - Výsledky Mannova-Kendallova testu při detekování trendu v řadách S_m , S_r a zimních S a Tr , T_m a sezónních T po stanici Stará Role a Chaloupky

		Stará Role				Chaloupky			
		n	Testovací statistika z	Signifikance	Trend	n	Testovací statistika z	Signifikance	Trend
S_m	11	44	-0,202	0,840	-	44	-0,405	0,686	-
	12	44	-1,153	0,249	-	44	-1,335	0,182	-
	1	44	-1,032	0,302	-	44	-1,881	0,060	-
	2	44	-2,468	0,014	↗	44	-3,075	0,002	↗
	3	44	-0,688	0,492	-	44	-1,315	0,189	-
	4	44	1,416	0,157	-	44	-0,081	0,936	-
S_r		43	-2,124	0,034	↗	43	-2,983	0,003	↗
Sezónní S	Zima	43	-2,313	0,021	↗	43	-3,066	0,002	↗
T_m	11	45	0,352	0,725	-	45	-0,470	0,639	-
	12	45	1,291	0,197	-	45	0,978	0,328	-
	1	46	1,108	0,268	-	46	0,881	0,379	-
	2	46	0,502	0,616	-	46	0,350	0,726	-
	3	46	1,202	0,229	-	46	0,805	0,421	-
	4	46	1,714	0,087	-	46	1,543	0,123	-
	5	46	3,134	0,002	↗	46	2,964	0,003	↗
	6	46	1,808	0,071	-	46	0,521	0,603	-
	7	46	2,642	0,008	↗	46	1,960	0,050	-
	8	46	3,115	0,002	↗	46	2,926	0,003	↗
	9	46	0,237	0,813	-	46	0,123	0,902	-
	10	45	-0,020	0,984	-	45	-0,548	0,584	-
Tr		44	3,560	0,000	↗	44	2,933	0,003	↗
Sezónní T	Jaro	46	2,793	0,005	↗	46	2,547	0,011	↗
	Léto	46	3,664	0,000	↗	46	2,585	0,010	↗
	Podzim	44	-0,121	0,903	-	44	-0,546	0,585	-
	Zima	45	1,370	0,171	-	45	1,193	0,233	-
	Teplý půlrok	46	3,551	0,000	↗	46	2,982	0,003	↗
	Chladný půlrok	44	2,266	0,023	↗	44	1,679	0,093	-

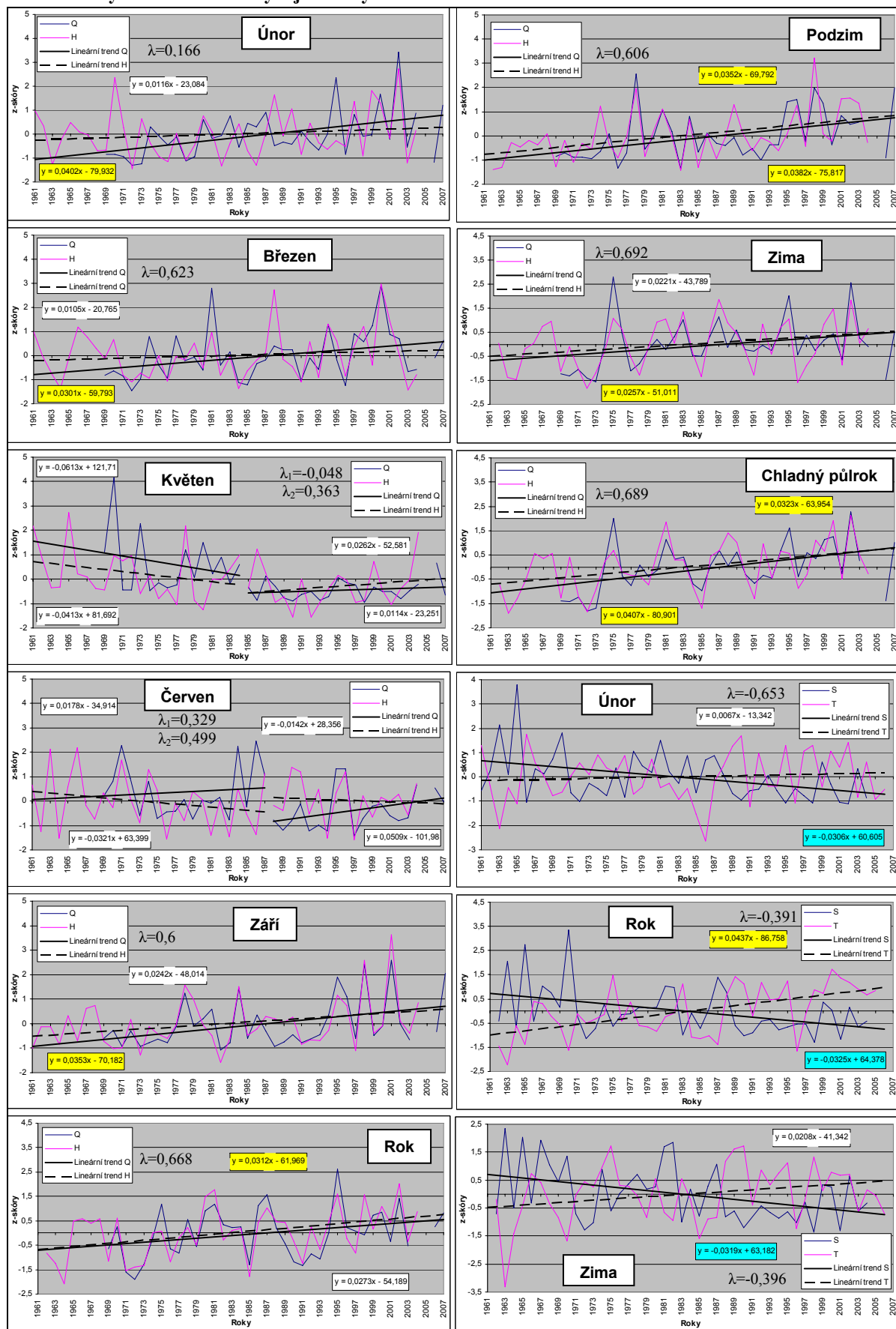
Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50; LEDVINKA (2006)

U průtoků stanice **Chaloupky** bylo nalezeno daleko více trendů. Podle MK vody v korytě řeky přibývá v listopadu, prosinci, únoru, březnu, září a říjnu. Srážkové řady tomuto vůbec neodpovídají. Dokonce květnová vodnost Rolavy by měla klesat, kdyby platila příčinná závislost. Je tomu však jinak, když $\tau_b = 0,101$. Zato únorové průtoky bezpochyby souhlasí s poklesem sněhové pokrývky. Pravděpodobně za tím stojí teplota vzduchu, která i přesto, že tendenci nevykazuje, s pokrývkou sněhu koreluje s $\tau_b = -0,442$. Oproti tomu teplota signifikatně vzrůstá v květnu a v srpnu.

6.5.2 Analýza sezónních řad

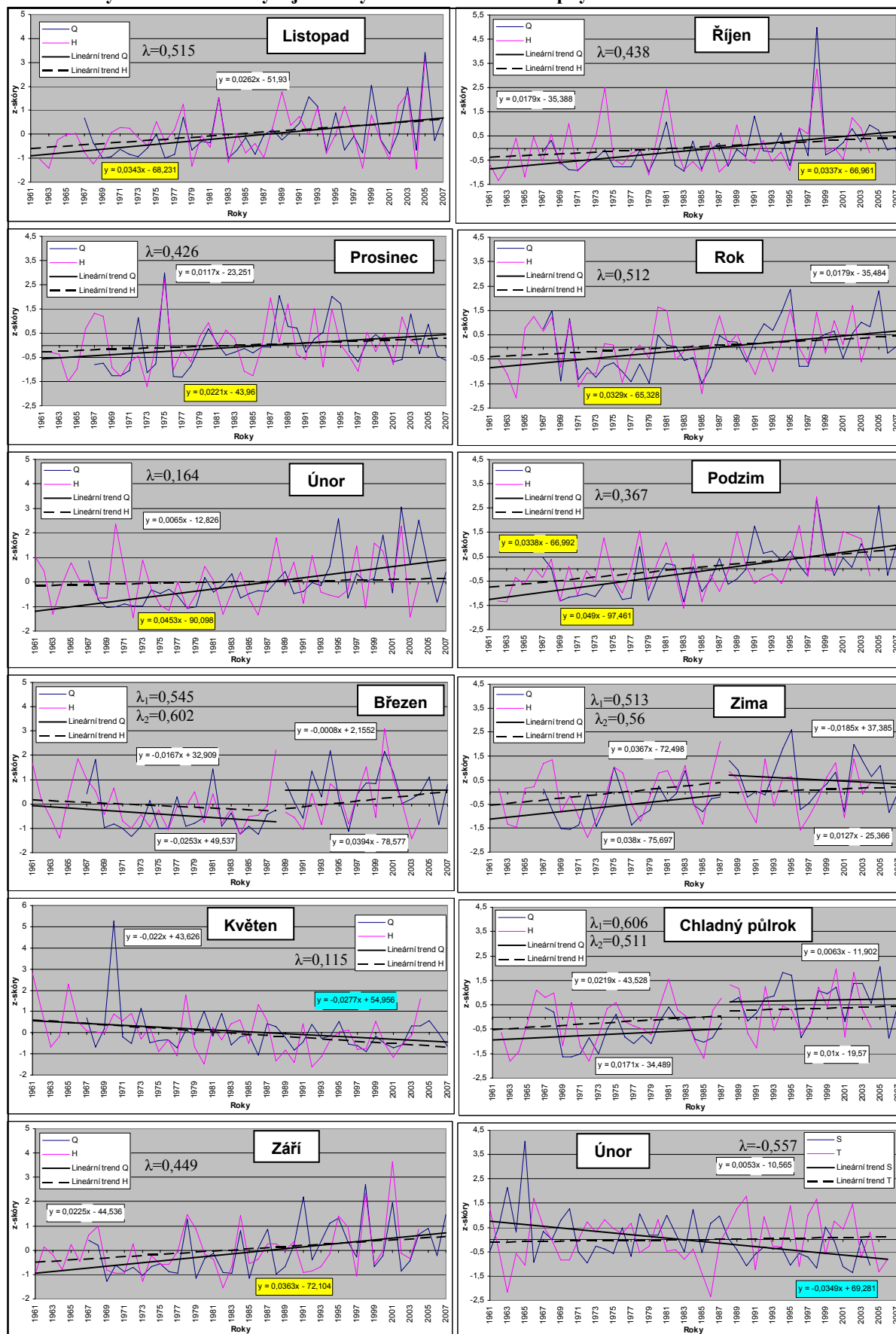
Z pohledu sezón bylo odhaleno narůstání vodnosti na celém toku Rolavy na podzim a v zimě. Na podmínkách v těchto ročních dobách velice závisí děje v chladném půlroce, takže zesilování průtoků je dosti patrné i v něm. Velmi pravděpodobně se na růstu odtoku z povodí na podzim podílí srážkové řady, ale stejně tak i nějaké neznámé faktory. Korelační koeficienty τ_b platící pro Starou Roli a Chaloupky se totiž rovnají jen 0,526 a 0,306. Zrychlující se tání sněhu má na odtok větší vliv v Chaloupkách. Korelační vztahy mezi sněhovou pokrývkou a průtoky ve Staré Roli jsou mnohem slabší. U teplotních řad se trendy

Obr. 6.6 – Vybrané tendence vývoje časových řad stanice Stará Role v letech 1961-2007



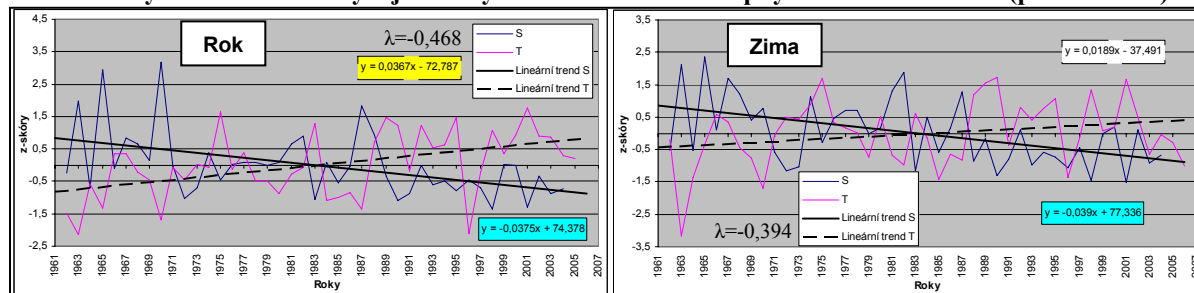
Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50; LEDVINKA (2006)
Pozn.: Bližší vysvětlení se nachází pod obr. 6.8.

Obr. 6.7 - Vybrané tendence vývoje časových řad stanice Chaloupky v letech 1961-2007



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50; LEDVINKA (2006)
 Pozn.: Bližší vysvětlení se nachází pod obr. 6.8.

Obr. 6.8 - Vybrané tendence vývoje časových řad stanice Chaloupky v letech 1961-2007 (pokračování)



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50; LEDVINKA (2006)

Pozn.: Aby byl pro lineární regresi splněn předpoklad normality rozložení dat, jsou na ose pořadnic vyneseny tzv. z-skóry (tj. standardizované hodnoty), které vznikly tak, že se od každého původního údaje odečetl průměr a výsledek se ještě podělil směrodatnou odchylkou. Rovnice ve žlutých rámečcích náleží k (dle MK) významně rostoucím trendům, rovnice v tyrkysových rámečcích k významně klesajícím trendům. Ohraničení každého rámečku s regresní rovnicí je odlišeno shodným stylem jako přímka, ke které patří.

projevují více v teplém půlroce (na jaře a v létě). Nad Starou Rolí se značně otepluje též v chladném pololetí.

6.5.3 Analýza ročních řad a řad minimálních denních průtoků v každém roce

Řady ročních údajů, ať už průměrů či úhrnů, se dle MK chovají do značné míry překvapivě. Q_r Staré Role vypadají, jako by v nich žádný trend přítomen nebyl. Zato Q_r Chaloupek se vyznačují signifikantním nárůstem. Zajímavé je, že ve výškách srážek se ukazuje opak v tom smyslu, že množství spadlé atmosférické vody významně roste jen na území po Starou Rolí. Každého by zřejmě napadlo, že za zvedající se hladinou řeky v Chaloupkách stojí spíše stále intenzivnější úbytek sněhu. Korelační koeficient λ (0,053) však nutí hledat jinou příčinu. Kendallovo τ_b (0,024) nadto sděluje, že řady S_r a Q_r tu mají mírně pozitivní vztah.

V obou řadách teploty vzduchu MK podkryl růst, přičemž na horním povodí Rolavy k tomuto úkazu dochází pomaleji než v dolní části. Dokumentují to i směrnice přímek na obr. 6.6 a 6.8. Mezi S_r a T_r existují jen negativní vztahy, což znamená, že s oteplováním v Porolaví zákonitě sněhu ubývá. Proč se ale ve vrcholových partiích sněhová pokrývka ztenčuje více, zatím zůstává nezodpovězeno.

Co se týká hydrologických such v jednotlivých letech, zdá se, že jsou na celém toku Rolavy mírnější a mírnější. Větší nárůst min. Q_d MK identifikoval v Chaloupkách. To by mohlo taktéž poukazovat na vyrovnávání odtoku na horním toku.

6.5.4 Vzájemné korelace mezi časovými řadami

Asi nejzásadnější poznatky přinesla analýza vztahů pomocí Kendallova τ_b v programu SPSS. Korelační koeficient λ (viz obr. 6.6, 6.7 a 6.8) sice pracuje obdobně, ale kromě toho, jak spolu souvisí trendy v řadách, neříká zhola nic o tom, co se děje mezi řadami samotnými. Ani sama LIBISELLER (2004), která jej zakomponovala do svého excelovského makra, ho neinterpretuje podrobněji.

U vodoměrné stanice **Stará Role** byly nalezeny neočekávaně slabé korelace mezi průtoky a srážkami. Nejvyšší hodnotu τ_b vykázaly řady chladného půlroku (0,61) a celého roku (0,6). Někde se koeficienty pohybovaly dokonce pod 0,2 (0,14 pro únor, 0,159 pro duben a 0,178 pro květen). V žádném případě ale nebylo nalezeno záporné τ_b .

Mezi průtoky a sněhem zde existuje rovněž malá závislost. τ_b nepřesahují hodnotu 0,35. Q_r a S_r přitom korelují nejvíce (0,338). Objevily se i zajímavé negativní vztahy (-0,21 pro únor a -0,127 pro březen), které prokazují, že sníh zpočátku srážkovou vodu zadržuje, důsledkem čehož jsou pak nízké vodní stavy v Rolavě. Jakmile sníh v dobách tání přestává působit jako retardér, přeorientuje se jeho funkce na napomáhání odtoku. Dubnové τ_b se tak rovná 0,276. Variabilita zimních průtoků je sněhovou pokrývkou vysvětlena pouze z 0,01 % ($\tau_b = 0,102$).

Teplota vzduchu ovlivňuje průtoky ve Staré Roli vcelku minimálně. Hodnoty τ_b fluktuují kolem nuly. U některých měsíců se objevují kladné „závislosti“ (spíše chladné pololetí s $\tau_b = 0,261$) a u jiných naopak záporné (spíše teplý půlrok s $\tau_b = -0,241$). Při pohledu na roční údaje se τ_b rovná 0,052. Myšlenka pozitivní korelace v letním období formulovaná v kap. 5.6 se vůbec nepotvrdila. V této části roku tedy značně dominuje evaporace. Kladné hodnoty τ_b jsou spjaty především s odtáváním sněhové pokrývky (březen).

Sníh s teplotou vzduchu vskutku koreluje jen se zápornými koeficienty (τ_b i λ). Data tedy respektují zákony přírody, kdy je s nízkou teplotou spojeno zhutňování sněhové pokrývky a na druhé straně s rostoucí teplotou úbytek sněhu. Řady S_r a T_r se vyznačují Kendallovým τ_b rovným -0,269 (zimní řady -0,293). Nejtěsnější vztahy byly nalezeny mezi řadami listopadů ($\tau_b = -0,545$) a únorů ($\tau_b = -0,503$). Nejslabší vztah potom v dubnu ($\tau_b = -0,178$).

Na stanici **Chaloupky** závisí průtoky na srážkách ještě méně. Nejvíce řady spolu souvisí v chladném půlroce ($\tau_b = 0,462$). Následují τ_b letních a ročních údajů (0,431 a 0,422). Také se našly nezáporné hodnoty nižší než 0,2 (0,11 pro únor, 0,061 pro duben, 0,101 pro květen a 0,195 pro teplý půlrok). Pak lze oprávněně pochybovat o příčinné závislosti průtoků

na výškách srážek. Ani hypotézy o nulovosti τ_b by v některých případech nemohly být zamítnuty, pokud by signifikance byly vyšší než α .

Taktéž mezi řadami výšek sněhové pokrývky a řadami průtoků nad Chaloupkami neexistují příliš těsné vztahy. Podobně jako u druhé stanice, vyskytují se pozitivní korelace hlavně v období tání sněhu (dubnové $\tau_b = 0,286$), kdežto negativní korelace v akumulčních dobách (únorové $\tau_b = -0,201$). Hodnoty τ_b platné pro rok, resp. zimu vyšly 0,024, resp. -0,147.

Korelace mezi průtoky a teplotou vzduchu mají obdobný charakter jako u Staré Role. Kendallový koeficienty však zřetelně více náleží do množiny kladných reálných čísel (0,247 pro chladný půlrok, -0,028 pro teplý půlrok, 0,19 pro Q_r a T_r). Ani zde hypotéza o pozitivních vztazích v letních měsících neplatí, ale ani vypařování není tolik hektické.

Rovněž na horním povodí Rolavy sněhové a teplotní řady korelují jen za výskytu záporných τ_b (-0,318 pro S_r a T_r a -0,3 pro zimu). Nejtěsnější vztahy se našly u listopadových ($\tau_b = -0,599$) a únorových řad ($\tau_b = -0,442$), nejslabší pak opět u řad dubnových ($\tau_b = -0,192$).

Veškeré ostatní korelační vztahy v rámci klimatologických řad, jak po Starou Roli, tak po Chaloupky, jsou již prakticky bezvýznamné. Srážky a sníh spolu korelují pouze kladně (až na únorové řady Staré Role). Za významnější lze pokládat vztahy mezi teplotou a srážkami v květnu ($\tau_b = -0,33$), září ($\tau_b = -0,3$) a v chladném půlroce ($\tau_b = 0,329$) u Staré Role a v květnu ($\tau_b = -0,353$), červenci ($\tau_b = -0,357$), září ($\tau_b = -0,313$) a teplém pololetí ($\tau_b = -0,328$) u Chaloupek.

Výhradní postavení mělo sledování závislostí průtokových údajů ze Staré Role na těch z Chaloupek. Mělo by platit, že čím více (resp. méně) vody opustí horní část povodí, tím více (resp. méně) jí přiteče do Karlových Varů. Výsledky však byly celkem zarážející. Nejvyšší hodnota τ_b byla pozorována u měsíce března (0,624). Dosti početné byly i kladné τ_b pod 0,5 (červen, srpen, říjen, jaro, léto, teplý půlrok). Též řady min. Q_d spolu moc nesouvisí ($\tau_b = 0,368$). Vůbec nejnižší hodnota τ_b byla zjištěna u řad Q_r (0,297). Závěrem lze tedy konstatovat, že jsou průtoky buď silně transformovány směrem po toku Rolavy, anebo do procesů vstupuje jiný faktor, který na různých částech povodí působí jinak na vstupní údaje.

6.6 Shrnutí výsledků analýz

Všechny disponibilní časové řady (viz tab. I až X mezi přílohami) tu byly podrobeny testování homogenity a detekci přítomnosti trendu. Důraz se přitom kladl na data

charakterizující odtok. Absolutní homogenita řad byla překontrolována **Pettittovým testem** a **SNHT**, které nadto umí navrhovat roky změny. Relativní homogenita pak **Wilcoxonovým jednovýběrovým testem** a **testem Alexanderssona**. K odhalování trendů se vybral **Mannův-Kendallův test (MK)**. Hladina významnosti α byla volena pokaždé 5%. Údaje platící pro vodoměrnou stanici Stará Role obsahují mezery, ale tato skutečnost se záměrně zanedbala, aby se nakonec prošetřovaly co nedelší úseky.

V případě absolutní homogenity testy ztrácí informaci o tom, jak řady spolu souvisí. Může se pak stát, že se dojde k unáhleným závěrům o inhomogenitách. Zdá se, že Pettittův test s SNHT označily až přespříliš dat odporujících podmínkám homogenity (viz tab. 6.1 až 6.4). Interpretace potom byly velice složité, ba dokonce chaotické. Rovněž body změny se bez výjimky potvrdily prostřednictvím **Wilcoxonova dvouvýběrového testu** nebo **Kruskalova-Wallisova testu**. Otázkou však je, zda tyto dva testy neselhávají při tak malém množství dat. Vždy se totiž nulové hypotézy musely zamítnat kvůli nízké signifikanci.

Mezi průtoky a srážkami (nebo mezi průtokovými řadami ze stanic ležících na tomtéž toku navzájem) lze obvykle očekávat příčinnou závislost. Za takových předpokladů se pak ověřovala relativní homogenita některých pravděpodobně absolutně inhomogenních řad. Většinou kritéria přijímání H_0 splněna byla, a to hlavně po aplikaci Wilcoxonova jednovýběrového testu. Co se týče Alexanderssonova testu, tak ten se již někde přiklonil k existenci heterogenity. U Staré Role byly inkriminovanými průtokové řady měsíců května a června. U stanice Chaloupky řady března, zimy a chladného půlroku. Někdy se ani testy relativní homogenity využít nedaly, protože se nenašly adekvátní reference. Potvrzené body zvratu v polovině či na konci 80. let tak zůstanou pouze jakýmsi torzem, dokud nebudou k dispozici mnohem kvalitnější údaje (kupř. delší řady).

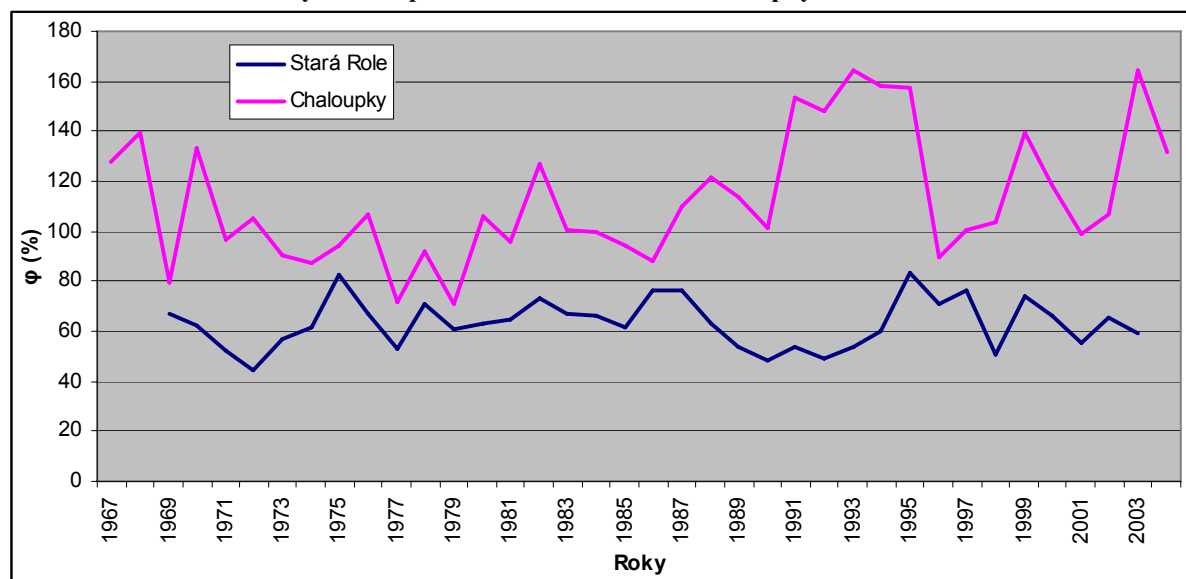
U vyhledávání tendencí ve vývoji odtoku Rolavy, byly i přes některé inhomogenity upřednostněny celkové řady. Správněji by se však v bodě změny měly rozdělit a šetřit zvlášť. MK odhalil, že průtoky řeky Rolavy (a to více na horním toku) většinou rostou. Jenom v květnu dochází k opaku. Toto je ale málo věrohodné, neboť řada se zachovala inhomogenně. Na obr. 6.6 je též prezentováno, co se přihodí, odseknou-li se od sebe nestejnorodé díly řad. Trendy se stanou buďto bezvýznamnými, anebo úplně zmizí. To se děje zejm. díky krátkosti sérií. Z tab. 6.5 je patrné, že akcelerace odtoku zintenzivňuje především v chladném pololetí. V teplých měsících nejspíše evaporace stíhá kompenzovat, takže se nakonec dá hovořit o konstantnosti.

V kap. 6.5.4 se řešily korelace mezi jednotlivými časovými řadami pomocí **Kendallova τ_b** . Výsledky byly překvapivé především u stanice Chaloupky. Zjistilo se, že

zdejší odtok příliš na srážkách nezávisí (τ_b pro řady Q_r a H_r vyšlo 0,422). V určitých měsících (únor, duben, květen) nadevše nezle mluvit o závislosti příčinné. *Ad hoc* se také otestovala hypotéza o nulovosti τ_b a v některých kauzách musela být přijata. Podbízí se myšlenka, že se za nízkou korelací výšek srážek a průtoků skrývá zřejmě zadržování vody ve sněhové pokrývce. Variabilita průtokových dat je ale sněhovými údaji vysvětlena pouze z několika málo procent. Jednoznačné interpretace znesnadňuje fakt, že sníh neleží na povodí po celý rok a nelze porovnávat např. průměry za jaro. Zájem budí i korelace mezi průtoky z obou vodoměrných stanic. Nejnížší τ_b přitom vykázaly roční řady (0,297). Vyšší hodnoty τ_b mají jarní měsíce s přítomností sněhové pokrývky, kdežto nízké spíše měsíce letní.

To, že v Chaloupkách téměř neexistuje kauzalita mezi srážkami a průtoky, dokumentuje už i skutečnost, že kubatura v průměru odtékající vody z horního povodí převyšuje úhrny naměřené na okolních srážkoměrech. Je všeobecně známo, že v horských oblastech bývají srážky podhodnocovány, ale dozajista ne tolik, jak ukazují např. koeficienty odtoku (viz obr. 6.9). I kdyby tomu tak bylo, kvantifikace vzájemných vztahů by se stejně neměly lišit.

Obr. 6.9 - Roční koeficienty odtoku pro stanice Stará Role a Chaloupky v letech 1967-2004



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

7 Diskuse a závěry

Cílem výzkumu byla analýza časových řad průtoků naměřených do roku 2007 v povodí Rolavy. Výhodou bylo obdržení Q_d ze dvou vodoměrných stanic měřících přímo na řece Rolavě. Chaloupky leží na horním toku. Stará Role se nachází téměř na soutoku Rolavy s Ohří. Důležité omezení představovaly počátky fungování stanic (v Chaloupkách 1.11. 1966, ve Staré Roli 1.11. 1968). Dalším výrazným limitem byl výpadek v provozu stanice Stará Role od 1.8. 2004 do 31.10. 2005.

Aby se částečně odlišily faktory přírodní od antropogenních, byly zanalyzovány také řady srážkových úhrnů, výšek sněhové pokrývky a teplot vzduchu napozorované *in situ* buď v povodí, nebo v jeho bezprostředním okolí. Data pocházející z několika českých a německých srážkoměrných či klimatologických stanic se musela převést na plošná pro každou vodoměrnou stanici zvlášť. To se ukázalo jako značně problematické hlavně díky častým chybějícím údajům. Proto se v dalším pracovalo (jako s nejjemnějšími) především s měsíčními hodnotami. Zprvu řady byly, pokud možno, doplněny teoretickými hodnotami pomocí **lineární vícenásobné regrese** (viz např. HEŘMANOVÁ 1991). Při výběru prediktorů se v programu SPSS zvolil algoritmus *Stepwise*.

Přepočít bodových srážkových a sněhových charakteristik na plošné proběhl v nadstavbách ArcGIS. Vybranou interpolační metodou byl **spline s tenzí**. U teploty stačilo zjistit průměrné nadmořské výšky dílčích povodí a dosazovat je do vzorce techniky IDW (např. JANKOVÁ 2006). Následně se již mohly provádět klasické analýzy, přičemž bylo upřednostněno společné celistvé hydrologické období 1969 – 2003.

Rozbor průtokových řad prokázal, že stanicí Chaloupky protéká 30 % množství vody protékajícího stanicí Stará Role. Statistický soubor Q_d je ve stanici Chaloupky vyrovnanější než ve Staré Roli. Z řad Q_d se lze dozvědět, že ve stanici Chaloupky je Rolava pravidelně rozkolísaná v první polovině hydrologického roku a pro minima zde platí, že nastávají hlavně během suchých letních měsíců. Kvůli tajícímu sněhu se u Q_{ma} vyskytuje maximum v dubnu. Naopak minimum se ve stanicích nejčastěji dostavuje v měsíci srpnu. Nejvodnějším byl v obou stanicích rok 1995. Podepsala se na tom teplá zima, jarní tání sněhové pokrývky a intenzivní deště na konci léta. Nejsušším byl ve stanici Stará Role rok 1972, v Chaloupkách rok 1985.

Maxima výšek srážek nastávají pravidelně v létě (zejm. v červenci). Podružné maximum lze pozorovat v zimě. Třebaže nejvíce sněhu na povodí ležívá v únoru, někdy jsou

zimy na sněhovou pokrývku relativně chudé a zastoupí je pak jara (kupř. rok 1988). Kladně se u výšek srážek dají přijímat jarní minima (hlavně v dubnu), která mohou zmírňovat následky tání. Roční chody teploty vzduchu mívají píky v měsíci červenci, ale někdy i v srpnu (roky 2001 až 2003). Minima nastávají v lednu. Z pohledu let spadlo na povodí Rolavy nejvíce srážek roku 2002, přičemž na tom měl největší podíl právě jeho srpen a zimní měsíce. Rok 1985 byl ve sledovaném období 1969 – 2003 nejsušším. Nejtepleji bylo nad Starou Rolí v roce 2000, nad Chaloupkami až roku 2001. Na druhé straně nejvíce mrzlo v letech 1970 a 1996.

Nakonec se přistoupilo k vyšetření **absolutní a relativní homogenity** časových řad a téže **přítomnosti trendu** v nich prostřednictvím k tomu určených statistických testů (viz kap. 6). Je velice dilematické se rozhodnout, kterou úlohou započít. Inhomogenity řad mohou být způsobeny existencí trendu a naopak se může dospět k mylným závěrům o tendencích ve vývoji, pokud se řady opravdu lámou na několik dílů. Nicméně se tu nejdříve hledaly inhomogenity, neboť to ve svém atlase doporučují SCHÖNWIESE, RAPP (1997).

Testy absolutní homogenity spíše vnesly do interpretací chaos, ale také umožnily pro příště označit referenční (tedy absolutně homogenní) řady. Těch nebylo mnoho, a tak se relativní homogenita průtokových řad podařila otestovat jen částečně. Vycházelo se tu z předpokladů, že odtok přímo závisí na množství spadlých srážek a že data z jedné vodoměrné stanice velmi souvisí s daty ze stanice druhé. Ač je **Alexanderssonův test** oblíbený převážně v klimatologii, dovede obstát rovněž v hydrologických aplikacích. Zdá se, že je poněkud citlivější nežli **Wilcoxonův jednovýběrový test**. Také odhalil porušení relativní homogenity v květnových a červnových průtokových řadách u Staré Role a v odpovídajících řadách březnů, zim a chladných půlroků u stanice Chaloupky. Další výhodou Alexanderssona je určování konkrétního roku změny. Ty nalezené zde v polovině či na konci 80. let však zůstávají neúplné, dokud nebudou napozorovány mnohem delší a kvalitnější řady.

Mannův-Kendallův test (MK) prozradil, že odtok z povodí Rolavy většinou roste. Děje se tak spíše v chladném pololetí, a to více v pramenné oblasti řeky. V teplé části roku zřejmě evaporace pracuje dostatečně jako protějšek. V květnové řadě (u Staré Role) se dokonce ukázal pokles, což by mohla být reakce na úbytek srážek. Avšak situace v tomto měsíci je diskutabilní, jelikož právě tady byla identifikována inhomogenita (i relativní). Otázkou také je, zda řady nevykazují autokorelaci, která může ovlivňovat MK (viz např. YUE ET AL. 2002).

Dodatečně byly překontrolovány korelace mezi jednotlivými řadami. Pro tento úkol se zvolil neparametrický **Kendallův korelační koeficient τ_b** . Výsledky byly nadmíru

překvapující. Zjistilo se totiž, že leckdy očekávané příčinné závislosti neexistují. Hlavně na horním povodí Rolavy by musela být na 5% hladině významnosti hypotéza o nulovosti τ_b (mezi srážkami a průtoky) přijata. Ani mezi průtokovými řadami navzájem se nenalezly těsné vztahy.

Nicméně lze alespoň stručně shrnout, že se v povodí Rolavy jedná o podstatný nárůst odtoku v zimních měsících od konce 80. let a hlavně v letech 90. (výraznější na horním toku Rolavy). Trendy ve vývoji srážek (zesilují spíše v podzimních měsících) nepříliš korespondují s tendencemi průtoků. Také se projevuje úbytek sněhu (na základě S_r) především od roku 1990, který velice dobře odpovídá růstu průměrné roční teploty. Vztah mezi odtokem a srážkami není ve skutečnosti jednoduchý. Průtoky jsou navíc silně transformovány směrem po toku Rolavy nebo ovlivňovány prozatím neznámým faktorem, jenž na různých částech povodí působí jinak. Co se týče anomálií v ročním chodu, dalo by se hovořit např. o opoždování odtoku zadržováním vody sněhovou pokrývkou v některých měsících. Řada ročních součinitelů odtoku sestavená pro stanici Chaloupky (obr. 6.9) ale hovoří pro ještě jiný faktor. Zásahy antropogenního původu jsou navíc právě zde málo pravděpodobné, když se vezme v úvahu, že tato krajina je po vystěhování sudetských Němců velmi řídká zalidněna.

Jde-li skutečně o přirozený faktor, měl by se najít a studovat detailněji. Autor proto do budoucna (i pro jiná horská povodí) navrhuje:

- snažit se získat co nejpodrobnější metainformace o stanicích (je totiž možné, že za inhomogenity v řadách mohou výměny měřících přístrojů)
- odzkoušet u klimatologických řad prostorovou interpolační metodu, jež by více zohledňovala efekt nadmořské výšky (v propočtech by se tedy měl objevovat DMR)²⁴
- před ověřováním relativních homogenit hydrologických a klimatologických řad stanovit míry vzájemných závislostí (ne vždy totiž musí jít o jednoznačnou příčinnou závislost)
- zjistit, zda řady nevykazují autokorelaci (Mannův-Kendallův test může díky ní lživě identifikovat trendy tam, kde vůbec nejsou)
- pokusit se o aplikaci jiných vhodných statistických metod (kupř. tzv. sekvenčního Mannova-Kendallova testu²⁵, který dokáže odhalit změny v trendu, nebo Senova T testu²⁶)

²⁴ Nárázově byla u dlouhodobých srážkových ukazatelů využita orografická interpolace (viz JANKOVÁ 2006) a zjistilo se, že výsledné hodnoty pro povodí Rolavy příliš nezpřesňuje.

- zanalyzovat časové změny ve vegetačním pokryvu povodí kupř. pomocí starých leteckých snímků nebo i dostupných družicových snímků²⁷ (na zastíněných místech v lesích se může sníh vyskytovat mnohem déle, různě kvalitní les také může zadržovat vlhkost jinak, změny v krajinném pokryvu mohou též ovlivňovat okolí měřících přístrojů a způsobovat tak inhomogenity)
- probádat blíže vliv půd a zejm. rašelinišť, ze kterých řeka vytéká (vědci do této problematiky pronikli zatím jen málo²⁸)
- prozkoumat vlastnosti větru, který může na plochých vrcholových partiích přenášet sněhové masy mezi sousedními povodími.

V neposlední řadě je zapotřebí si uvědomit, že rovinným reliéfem nelze vést rozvodnici zcela přesně. Může se pak také stát, že se bude hydrogeologické povodí značně odlišovat od povodí orografického. Nelze vyloučit ani samotné chyby v surových údajích, a proto by se měla také věnovat patřičná pozornost nápadným extrémům.

²⁵ LI ET AL. (2007) ho označuje jako „Mann-Kendall-Sneyers test“. Z toho také plyne, jací autoři se podíleli na jeho vývoji.

²⁶ Viz např. PARTAL, KAHYA (2006). Ti dokonce prezentují statistiku, jež dokáže neparametricky odhadnout směrnici lineárního trendu.

²⁷ Výrazným limitem zajisté bude nízké rozlišení u starších snímků.

²⁸ Zatímco dříve se předpokládalo, že vrchoviště působí na průtoky jako regulátor (tj. zmírňují extrémy), dnes se badatelé domnívají, že na odtok z krajiny mají spíše negativní vliv (viz JANSKÝ, KOCUM 2007).

POUŽITÁ LITERATURA

- ALEXANDERSSON, H., MOBERG, A. (1997): Homogenization of Swedish temperature data. Part I: homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology*, 17, pp. 25-34.
- ANDĚL, J. (1976): Statistická analýza časových řad. SNTL, Praha, 272 p.
- ANDĚL, J. (1985): Matematická statistika. SNTL, Praha, 352 p.
- ANDĚL, J. (1998): Statistické metody. Matfyzpress, Praha, 274 p.
- AOUAD-RIZK, A. ET AL. (2005): Snow in Lebanon: a preliminary study of snow cover over Mount Lebanon and a simple snowmelt model. *Hydrological Sciences-Journal*, 50(3), pp. 555-569.
- ARORA, M. ET AL. (2005): Evaluation of temperature trends over India. *Hydrological Sciences-Journal*, 50(1), pp. 81-93.
- BAIGORRIA, G. A. ET AL. (2006): Understanding rainfall spatial variability in southeast USA at different timescales. *International Journal of Climatology*, 27, pp. 749-760.
- BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. *Kartografie Praha*, Praha, 80 p.
- BARTOŇ, T. (1989): Statistická analýza stoletých řad srážkových úhrnů z Čáslavi a Tábora. *Meteorologické zprávy*, 42, č. 3, ČHMÚ, Praha, pp. 86-90.
- BASISTHA, A. ET AL. (2008): Analysis of historical changes in rainfall in the Indian Himalayas. *International Journal of Climatology* (in press).
- BENISTON, M. ET AL. (2003a): Snow pack in Swiss Alps under changing climatic conditions: an empirical approach for climate impacts studies. *Theoretical and Applied Climatology*, 74, pp. 19-31.
- BENISTON, M. ET AL. (2003b): Estimates of snow accumulation and volume in the Swiss Alps under changing climatic conditions. *Theoretical and Applied Climatology*, 76, pp. 125-140.
- BERNSTEIN, M. (2007): Interpolace srážkových dat nad územím Prahy. Diploma thesis, FLE ČZU, Praha, 55 p.
- BÍL, M. (2003): Využití GIS při detekci neotektoniky na příkladu Vsetínských vrchů a okolí. *Geografie - Sborník ČGS*, 108, č. 2, ČGS, Praha, pp. 101-114.
- BRAVENÝ, L. ET AL. (2006): Funkční nástroje ArcGIS 9.1. Reprezentace vektorových a rastrových dat. *Akademie kosmických technologií*, Praha, 65. p.
- BRÁZDIL, R. (1993): Změny klimatu v České a Slovenské republice - konfrontace modelů a pozorování. *Meteorologické zprávy*, 46, č. 4, ČHMÚ, Praha, pp. 101-105.
- BRÁZDIL, R. ET AL. (2003): Kolísání extrémně vlhkých a extrémně suchých měsíců v České republice. *Meteorologické zprávy*, 56, č. 3, ČHMÚ, Praha, pp. 73-79.
- BRÁZDIL, R., ŠTĚPÁNEK, P. (1998): Kolísání teploty vzduchu v Brně v období 1891-1995. *Geografie - Sborník ČGS*, 103, č. 1, pp. 13-30.
- BŘEZOVÍČ, P. (2006): Vliv změny využití půdy na srážko-odtokové poměry vybraného povodí. Diploma thesis, PřF UP, Olomouc, 66 p.
- BUCHTELE, J. (1979): Výsledky časové analýzy dlouhých hydrometeorologických řad. *Meteorologické zprávy*, 32, č. 6, ČHMÚ, Praha, pp. 162-168.
- BURN, D. H. ET AL. (2004): Hydrological trends and variability in the Liard River basin. *Hydrological Sciences-Journal*, 49(1), pp. 53-67.
- ČIPRA, T. (1986): Analýza časových řad s aplikacemi v ekonomii. SNTL, Praha, 248 p.
- ČAPEK, R. ET AL. (1992): Geografická kartografie. SPN, Praha, 373 p.
- ČEKAL, R. (1995): Hydrologické poměry Blšanky. Bachelor thesis, PřF UK, Praha, 56 p.
- ČEKAL, R. (1997): Hydrologické poměry řeky Blšanky. Diploma thesis, PřF UK, Praha, 105 p.

- ČEKAL, R. (2005): Hydrosynoptická analýza povodňových situací v povodí horní Ohře. Dissertation thesis, PřF UK, Praha, 220 p.
- ČEKAL, R. (2007): osobní sdělení.
- ČERVENÝ, J. ET AL. (1984): Podnebí a vodní režim ČSSR. SZN, Praha, 414 p.
- ČÚZK (2004): Základní mapa ČR 1:50 000. Praha.
- DEMEK, J. ET AL. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. Academia, Praha, 584 p.
- DIODATO, N. (2005): The influence of topographic co-variables on the spatial variability of precipitation over small regions of complex terrain. *International Journal of Climatology*, 25, pp. 351-363.
- DIRKS, K. N. ET AL. (1998): High-resolution studies of rainfall on Norfolk Island Part II: Interpolation of rainfall data. *Journal of Hydrology*, 208, pp. 187-193.
- DROGUE, G. ET AL. (2002): A statistical-topographic model using an omnidirectional parametrization of the relief for mapping orographic rainfall. *International Journal of Climatology*, 22, pp. 599-613.
- DUB, O. (1963): Hydrológia, hydrografia, hydrometria. SVTL, Bratislava, 528 p.
- EGRMAJEROVÁ, L. (2004): Průzkum vlastností digitálního modelu reliéfu Základní báze geografických dat. Diploma thesis, FAV ZČU, Plzeň, 122 p.
- ESRI (2006): ArcGIS Desktop Help (9.2). Redlands, CA, USA.
- FALARZ, M. (2002): Long-term variability in reconstructed and observed snow cover over the last 100 winter seasons in Cracow and Zakopane (southern Poland). *Climate Research*, 19, pp. 247-256.
- FALARZ, M. (2004): Variability and trends in duration and depth of snow cover in Poland in the 20th century. *International Journal of Climatology*, 24, pp. 1713-1727.
- FALARZ, M. (2007): Snow cover variability in Poland in relation to the macro- and mesoscale atmospheric circulation in the twentieth century. *International Journal of Climatology*, 27, pp. 2069-2081.
- FARSKÝ, I. (1992): K antropogenním vlivům v povodí horního toku Lužické Nisy. *Geografie - Sborník ČGS*, 97, č. 1, ČGS, Praha, pp. 26-31.
- FRANKE, J. ET AL. (2004): Statistical analysis of regional climate in Saxony, Germany. *Climate Research*, 27, pp. 145-150.
- GILLES, D. ET AL. (2006): Topography and recent winter rainfall regime change in temperate Western European areas: a case study in the Rhine-Meuse basin. *International Journal of Climatology*, 26, pp. 785-796.
- GOUDIE, A. (1992): The Human Impact on the Natural Environment. Blackwell, Oxford, UK, 388 p.
- GRIMES, D. I. F. ET AL. (1999): Optimal areal rainfall estimation using raingauges and satellite data. *Journal of Hydrology*, 222, pp. 93-108.
- GRŮZA, D. (2007): Ověřování normality. Diploma thesis, PřF MU, Brno, 58 p.
- HAMPL, M. ET AL. (2001): Regionální vývoj: specifika české transformace, evropská integrace a obecná teorie. DemoArt, Praha, 328 p.
- HARDING, R. J. ET AL. (2001): Progress in understanding of land surface/atmosphere exchanges at high latitudes. *Theoretical and Applied Climatology*, 70, pp. 5-18.
- HAVRÁNEK, B., JEDLIČKA, A. (1998): Stručná mluvnice česká. Fortuna, Praha, 248 p.
- HELSEL, D. R., FRANS, L. M. (2006): Regional Kendall Test for trend. *Environmental Science & Technology*, Vol. 40, No. 13, pp. 4066-4073.
- HENDL, J. (2004): Přehled statistických metod zpracování dat. Analýza a metaanalýza dat. Portál, 584 p.
- HEŘMANOVÁ, E. (1991): Vybrané vícerozměrné statistické metody v geografii. SPN, Praha. 136 p.
- HLADNÝ, J. (2006): osobní sdělení.

- HOJOVEC, V. ET AL. (1987): Kartografie. GKP, Praha, 660 p.
- HOSTÝNEK, J. (2005): Srovnání kolísání teploty a srážek na sekulárních stanicích České republiky a vybraných stanicích střední Evropy. Meteorologické zprávy, 58, č. 1, ČHMÚ, Praha, pp. 7-9.
- HMÚ (1965): Hydrologické poměry ČSSR. Díl I. Text. Praha, 416 p.
- HOFIERKA, J. ET AL. (2002): Multivariate Interpolation of Precipitation Using Regularized Spline with Tension. Transactions in GIS, 6(2), pp. 135-150.
- HOŠEK, J. (1997): Sněhová pokrývka na Šumavě a v oblasti Krkonoš a Jizerských hor v období 1960/61-1989/90. Bachelor thesis, PřF UK, Praha, 39 p.
- HRUŠKOVÁ, K. (2006): Modelování odtoku z tajícího sněhu v povodí horního Hronu. Dissertation thesis, PřF MU, Brno, 106 p.
- HUTH, R. (1994): Některé vztahy mezi prvky počasí v Teplicích a na Fichtelbergu získané metodou hlavních složek. Meteorologické zprávy, 47, ČHMÚ, Praha, pp. 48-53.
- CHLÁDOVÁ, J., KALVOVÁ, J. (2005): Změny vybraných klimatických charakteristik v České republice v období 1961-2000. Meteorologické zprávy, 58, č. 5, ČHMÚ, Praha, pp. 146-153.
- JANKOVÁ, J. (2006): Problematika určení plošných odhadů srážek na příkladu povodí Úpy. Bachelor thesis, PřF UK, Praha, 50 p.
- JANSKÝ, B., KOCUM, J. (2007): Hydrologická funkce rašelinišť. In: Langhammer, J. (ed.): Změny v krajině a povodňové riziko. Sborník příspěvků semináře Povodně a změny v krajině. PřF UK, Praha, pp. 173-180.
- JARUŠKOVÁ, D. (1990): Vyhledávání změn v průtokových řadách. Vodohospodářský časopis, 38, č. 5, Veda, Bratislava, pp. 501-515.
- JEHLIČKA, P. (1988): Kvalita povrchových vod v povodí Cidliny. Diploma thesis, PřF UK, Praha, 115 p.
- JELÍNEK, J. ET AL. (2001): ÚPN VÚC Karlovarsko-sokolovské aglomerace. Institut regionálního a územního plánování, Karlovy Vary, 196 p.
- JENÍČEK, M. (2005): Aplikace matematického modelu NASIM pro simulaci srážko-odtokových poměrů v povodí Černé vody. Diploma thesis, PřF UK, Praha, 105 p.
- JEONG, C. S. ET AL. (2005): Utility of high-resolution climate model simulations for water resources prediction over the Korean Peninsula: a sensitivity study. Hydrological Sciences-Journal, 50(1), pp. 139-153.
- JURIKOVSKÁ, L., ŠEDĚNKOVÁ, M. (2008): Odhad plošných srážek pro povodí řeky Olše. In: Pešková, K. (ed.): Sborník z 15. ročníku mezinárodního sympozia GIS Ostrava 2008, TANGER, Ostrava, pp. 1-7.
- KALTEH, A. M., BERNDTSSON, R. (2007): Interpolating monthly precipitation data by self-organizing map (SOM) and multilayer perceptron (MLP). Hydrological Sciences-Journal, 52(2), pp. 305-317.
- KALVODA, J. (2007): Rapid fluvial processes in the late Quaternary. In: Langhammer, J. (ed.): Změny v krajině a povodňové riziko. Sborník příspěvků semináře Povodně a změny v krajině. PřF UK, Praha, pp. 17-28.
- KAŇOK, J. (1997a): Antropogenní ovlivnění velikosti průtoků řek povodí Odry po profil Kozle. Spisy prací Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity, 103, PřF OU, Ostrava, 188 p.
- KAŇOK, J. (1997b): Total human impact on influence of the magnitude of flow choose river on the area of Upper Oder basin. Acta Universitatis Carolinae - Geographica, XXXII, UK, Praha, pp. 93-102.
- KAVAN, J. (2004): Změna odtokových poměrů v povodí Ostružné. Thesis, PřF UK, Praha, 76 p.
- KEMEL, M. (2000): Klimatologie, meteorologie, hydrologie. ČVUT, Praha, 290 p.

- KHALIQ, M. N., OUARDA, T. B. M. J. (2007): Short Communication. On the critical values of the standard normal homogeneity test (SNHT). *International Journal of Climatology*, 27, pp. 681-687.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2004): Analýza změn srážko-odtokových poměrů v povodí Otavy. In: Langhammer, J. (ed.): *Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní - Sborník příspěvků závěrečného semináře grantu GAČR 205/03/Z046*. KFGG PřF UK, Praha, pp. 71-85.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2005a): Trendy ve vývoji odtoku v povodí Otavy. *Geografie - Sborník ČGS*, 110, č. 1, ČGS, Praha, pp. 32-45.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2005b): Změny ve vývoji odtoku ve vybraných povodích horské a podhorské části Šumavy. *Sborník VI. Česko-slovenské konference Hydrologické dny 2005*. CD-ROM, Bratislava, pp. 370-388.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2006): Changes of runoff regime according to human impact on the landscape. *Geografie - Sborník ČGS*, 111, č. 3, ČGS, Praha, pp. 292-304.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2007): Změny ve vývoji odtoku v pramenných oblastech Otavy v kontextu vlivu člověka a změny klimatu. In: Langhammer, J. (ed.): *Změny v krajině a povodňové riziko. Sborník příspěvků semináře Povodně a změny v krajině*. PřF UK, Praha, pp. 95-103.
- KOUBEK, P., POLÁČKOVÁ, V. ET AL. (2003): Územní plán velkého územního celku Karlovarského kraje. *Průzkumy a rozbor*. U-24 s.r.o. Atelier pro urbanismus a plánování, Praha, 284 p.
- KRÁSA, J., DAVID, V. ET AL. (2006): Geografické informační systémy jako podklad rozhodovacího procesu, zejména pro úkoly krajinného inženýrství. *FSv ČVÚT*, Praha, 85 p.
- KŘÍŽ, V. (1978): Hydrologická analogie a její využití ke kvantifikaci změn hydrologického režimu řek způsobených činností člověka. *Sborník ČSSZ*, 83, č. 1, Academia, Praha, pp. 22-28.
- KŘÍŽ, V. (1981): Nástin prognózy potenciálních změn hydrického režimu Moravskoslezských Beskyd. *Sborník ČSSZ*, 86, č. 1, Academia, Praha, pp. 19-27.
- KŘÍŽ, V. (2003): Změny a zvláštnosti vodního režimu řeky Ostravice. *Geografie - Sborník ČGS*, 108, č. 1, ČGS, Praha, pp. 36-48.
- KŘÍŽ, V. (2004): Akumulace říčního odtoku nádržemi v povodí horního toku Odry na území České republiky. *Geografie - Sborník ČGS*, 109, č. 1, ČGS, Praha, pp. 27-35.
- KÜHNLOVÁ, H. ET AL. (1989): *Seminář ze zeměpisu*. SPN, Praha, 300 p.
- KUNDZEWICZ, Z. W., ROBSON, A. (2004): Change detection in hydrological records - a review of the methodology. *Hydrological Sciences-Journal*, 49(1), pp. 7-19.
- KUNDZEWICZ, Z. W., ROBSON, A. (eds.) (2000): *Detecting Trend and Other Changes in Hydrological Data*. World Climate Programme - Water, World Climate Programme Data and Monitoring, WCDMP - 45, WMO/TD-No. 1013, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 158 p.
- KYSELÝ, J., DOMONOKOS, P. (2006): Recent increase in persistence of atmospheric circulation over Europe: comparison with long-term variations since 1881. *International Journal of Climatology*, 26, pp. 461-483.
- LANGHAMMER, J. (1999): *Vývoj kvality vody v Labi - aplikace matematických modelů jakosti vody*. Dissertation thesis, PřF UK, Praha, 235 p.
- LANGHAMMER, J. (2005): osobní sdělení.
- LAPIN, M., FAŠKO, P. (1996): Úhrny zrážek na Slovensku a zmeny atmosférickej cirkulácie v období 1874-1993. *Meteorologické zprávy*, 49, č. 1, ČHMÚ, Praha, pp. 1-11.
- LEDVINKA, O. (2006): *Srážko-odtokové poměry v povodí Rolavy*. Thesis, PřF UK, Praha, 93 p.

- LELUT, J. (2007): Vodohospodářské revitalizace na podkladě ekomorfologického monitoringu vodních toků. Diploma thesis, PřF UK, Praha, 134 p.
- LI, L.-J. ET AL. (2007): Assessing the impact of climate variability and human activities on streamflow from the Wuding River basin in China. *Hydrological Processes*, 21, pp. 3485-3491.
- LIBISELLER, C. (2004): MULTMK/PARTMK. A Program for the Computation of Multivariate and Partial Mann-Kendall Test. LIU, Linköping, Sweden, 18 p.
- LINDSTRÖM, G., BERGSTRÖM, S. (2004): Runoff trends in Sweden 1807-2002. *Hydrological Sciences-Journal*, 49(1), pp. 69-83.
- LÓPEZ-MORENO, J. I. ET AL. (2006): Trends in high flows in the central Spanish Pyrenees: response to climatic factors or to land-use change? *Hydrological Sciences-Journal*, 51(6), pp. 1039-1050.
- LÓPEZ-MORENO, J. I., NOGUÉS-BRAVO, D. (2006): Interpolating local snow depth data: an evaluation of methods. *Hydrological Processes*, 20, pp. 2217-2232.
- MACHIVAL, D., JHA, M. (2008): Comparative evaluation of statistical tests for time series analysis: application to hydrological time series. *Hydrological Sciences-Journal*, 53(2), pp. 353-366.
- MAJERČÁKOVÁ, O., ŠKODA, P. (1993): Vývoj zrážok a odtokov na území Slovenska a jeho možné ovplyvnenie klimatickými zmenami. *Meteorologické zprávy*, 46, ČHMÚ, Praha, pp. 164-168.
- MAKHUVHA, T. ET AL. (1997a): Patching rainfall data using regression methods. 1. Best subset selection, EM and pseudo-EM methods: theory. *Journal of Hydrology*, 198, pp. 289-307.
- MAKHUVHA, T. ET AL. (1997b): Patching rainfall data using regression methods. 2. Comparisons of accuracy, bias and efficiency. *Journal of Hydrology*, 198, pp. 308-318.
- MALÝ, A. (2006): Problematika hodnocení srážkoodtokových poměrů v experimentálních a reprezentativních povodích. Bachelor thesis, PřF UK, Kladno, 75 p.
- MARTINCOVÁ, O. ET AL. (1993): Pravidla českého pravopisu. Pansofia, Praha, 384 p.
- MARTÍNEK, K. ET AL. (2007): GIS a DPZ v geologických vědách v prostředí ArcGIS a jeho extenzí. Akademie kosmických technologií, Praha, 156 p.
- MASKEY, S., GUINOT, V. (2003): Improved first-order second moment method for uncertainty estimation in flood forecasting. *Hydrological Sciences-Journal*, 48(2), pp. 183-196.
- MATOUŠKOVÁ, M. (2003): Ekohydrologický monitoring jako podklad pro revitalizaci vodních toků. Dissertation thesis, PřF UK, Praha, 218 p.
- MATOUŠKOVÁ, M. (2004): Ekohydrological monitoring of the river habitat quality. *Geografie - Sborník ČGS*, 109, č. 2, ČGS, Praha, pp. 105-116.
- MELOUN, M., MILITKÝ, J. (2004): Statistická analýza experimentálních dat. Academia, 1000 p.
- MOBERG, A., ALEXANDERSSON, H. (1997): Homogenization of Swedish temperature data. Part II: homogenized gridded air temperature compared with a subset of global gridded air temperature since 1861. *International Journal of Climatology*, 17, pp. 35-54.
- MOSTECKÁ, J. (2005): Fyzickogeografická charakteristika a zhodnocení míry antropogenního ovlivnění povodí Rolavy. Thesis, PřF UK, Praha, 59 p.
- MOŽNÝ, M. (1991): Zhodnocení časové homogenity řady srážkoměrných pozorování v Doksanech doplněných metodou analogie. *Meteorologické zprávy*, 45, ČHMÚ, Praha, pp. 13-15.
- NAOUM, S., TSANIS, I. K. (2004): Ranking spatial interpolation techniques using a GIS-based DSS. *Global Nest: the Int. J.*, Vol. 6, No. 1, pp. 1-20.
- NĚMEC, J., HLADNÝ, J. (eds.) (2006): Voda v České republice. Consult Praha, Praha, 256 p.

- NĚMEC, L., ZUSKOVÁ, I. (2005): Změny sněhové pokrývky v České republice od roku 1926. *Meteorologické zprávy*, 58, č. 5, ČHMÚ, Praha, pp. 135-138.
- NĚMEČKOVÁ, K. (2007): Problematika hydrologického modelování sněhu. Bachelor thesis, PřF UK, Jablonec nad Nisou, 46 p.
- NETOPIĽ, R. (1970): Základy hydrologie povrchových a podpovrchových vod. SPN, Praha, 224 p.
- NETOPIĽ, R. ET AL. (1984): Fyzická geografia I. SPN, Praha, 274 p.
- NOSEK, M. (1972): Metody v klimatologii. Academia, Praha, 434 p.
- NOVÁK, V., MURDYCH, Z. (1988): Kartografie a topografie. SPN, Praha, 318 p.
- NOVOTNÁ, M. (1995): Srážko-odtokové poměry v povodí Klíčavy. Diploma thesis, PřF UK, Praha, 88 p.
- NYNIEROLA, M. ET AL. (2000): A methodological approach of climatological modelling of air temperature and precipitation through GIS techniques. *International Journal of Climatology*, 20, pp. 1823-1841.
- PARTAL, T., KAHYA, E. (2006): Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes*, 20, pp. 2011-2026.
- PAVLÍK, Z., KÜHN, K. (1981): Úvod do kvantitativních metod pro geografii. SPN, Praha, 268 p.
- PEGRAM, G. (1997): Patching rainfall data using regression methods. 3. Grouping, patching and outlier detection. *Journal of Hydrology*, 198, pp. 319-334.
- PERRY, M., HOLLIS, D. (2005a): The development of a new set of long-term climate averages for the UK. *International Journal of Climatology*, 25, pp. 1023-1039.
- PERRY, M., HOLLIS, D. (2005b): The generation of monthly gridded dataset for a range of climatic variables over the UK. *International Journal of Climatology*, 25, pp. 1041-1054.
- PHILLIPS, D. L., MARKS D. G. (1996): Spatial uncertainty analysis: propagation of interpolation errors in spatially distributed models. *Ecological Modelling*, 91, pp. 213-229.
- POŠTA, P. (2004): Organogenní jezera v České republice. Diploma thesis, PřF UK, Praha, 116 p.
- RADZIJEWski, M., KUNDZEWICZ, Z. W. (2004): Detectability of changes in hydrological records. *Hydrological Sciences-Journal*, 49(1), pp. 39-51.
- REINHARTOVÁ, J. (1989): Zhodnocení časové homogenity dlouholetých řad srážkoměrných pozorování na několika stanicích v Čechách. *Meteorologické zprávy*, 42, č. 3, ČHMÚ, Praha, pp. 82-85.
- REKTORYS, K. ET AL. (2000): Přehled užití matematiky II. Prometheus, Praha, 874 p.
- RØHR, P. C., KILLINGTVEIT, Å. (2003): Rainfall distribution on the slopes of Mt Kilimanjaro. *Hydrological Sciences-Journal*, 48(1), pp. 65-77.
- ŘEHÁNEK, T., KRÍŽ, V. (2002): Cvičení z hydrologie. PřF OU, Ostrava, 54 p.
- ŘEPKA, M., LIPINA, P. (2006): Historie meteorologických pozorování na severní Moravě a ve Slezsku. *Meteorologické zprávy*, 59, č. 2, ČHMÚ, Praha, pp. 49-63.
- SEGOND, M.-L. ET AL. (2007): Simulation of spatio-temporal disaggregation of multi-site rainfall data for urban drainage applications. *Hydrological Sciences-Journal*, 52(5), pp. 917-935.
- SHAMAN, J. ET AL. (2005): The relationship between tibetan snow depth, ENSO, river discharge and the monsoons of Bangladesh. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 26, No. 17, pp. 3735-3748.
- SCHÖNWIESE, C.-D., RAPP, J. (1997): Climate Trend Atlas of Europe Based on Observations 1891-1990. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 228 p.

- SKAUGEN, T. (1997): Classification of rainfall into small- and large-scale events by statistical pattern recognition. *Journal of Hydrology*, 200, pp. 40-57.
- SKIRVIN, S. M. ET AL. (2003): Climate spatial variability and data resolution in a semi-arid watershed, south-eastern Arizona. *Journal of Arid Environments*, 54, pp. 667-686.
- SLÁDEK, I. (2005): osobní sdělení.
- SOBÍŠEK, B. ET AL. (1993): Meteorologický slovník výkladový a terminologický. Academia, Praha, 600 p.
- SOCHOREC, R. (1970): Základní zpracování hydrologického materiálu. HMÚ, Praha, 186 p.
- SOCHOREC, R. (1997): Ovlivnění hydrologických charakteristik odběry povrchové vody a vypouštěním vody do toků v povodí Odry a horního toku Moravy. *Vodní hospodářství*, 47(9), *Vodní hospodářství*, Praha, pp. 291-292.
- STRAKOVÁ, E. (1996): Srážkové poměry v povodí řeky Blšanky. Bachelor thesis, PřF UK, Praha, 28 p.
- STRAKOVÁ, E. (1999): Srážkové poměry v povodí Blšanky. Diploma thesis, PřF UK, Praha, 68 p.
- SUZUKI, K. ET AL. (2006): Snow ablation in an open field and larch forest of the southern mountainous region of eastern Siberia. *Hydrological Sciences-Journal*, 51(3), pp. 465-480.
- SVOBODA, J. ET AL. (1984): Atlas ČSSR. GKP, Praha,
- SYED, K. H. ET AL. (2003): Spatial characteristics of thunderstorm rainfall fields and their relation to runoff. *Journal of Hydrology*. 271, pp. 1-21.
- ŠÁRA, P. (1997): Vývoj a současný stav hydrografické sítě povodí Blšanky. Diploma thesis, PřF UK, Praha, 102 p.
- ŠEBOROVÁ, V. (1994): Režim a jakost povrchové vody v povodí Smědé. Diploma thesis, PřF UK, Praha, 98 p.
- ŠERCL, P. (2007): Vliv fyzikogeografických faktorů na charakteristiky teoretických návrhových povodňových vln. Dissertation thesis, PřF UK, Praha, 162 p.
- ŠÍMA, J., EGRMAJEROVÁ, L. (2004): Ověření přesnosti digitálního modelu reliéfu Základní báze geografických dat. *Geodetický a kartografický obzor*, 50/92, č. 11, ČÚZK, Praha, pp. 213-231.
- ŠTĚPÁNEK, P. (2004): Homogenizace teploty vzduchu na území České republiky v období přístrojových pozorování. *Práce a studie, seš. 32*, ČHMÚ, Praha, 58 p.
- ŠTĚPÁNEK, P. (2005): Variabilita teploty vzduchu na území České republiky v období přístrojových měření. Dissertation thesis, PřF MU, Brno, 137 p.
- ŠVÁCHOVÁ, M. (1995): Odtokové poměry a jakost vod v povodí Rakovnického potoka. Diploma thesis, PřF UK, Praha, 139 p.
- ŠVÁCHOVÁ, M. (1997): Jakost povrchových vod v povodí Rakovnického potoka. *Geografie - Sborník ČGS*, 102, č. 2, ČGS, Praha, pp. 118-129.
- TOLASZ, R. (1996): Průměrné teploty a srážky geomorfologických jednotek severní Moravy a Slezska. *Geografie - Sborník ČGS*, 101, č. 3, ČGS, Praha, pp. 225-231.
- TOLASZ, R. ET AL. (2007): Atlas podnebí Česka. ČHMÚ, Praha, 256 p.
- TOLASZ, R., ŽIDEK, D. (1992): Vliv návětrí na zvláštnosti srážek na Pradědu a Lysé hoře. *Meteorologické zprávy*, 45, ČHMÚ, Praha, pp. 118-120.
- TROMP, E. (2005): Application of a semi-distributed hydrological model based on the REW approach to the Collie River basin, Western Australia. M.Sc. thesis, TU Delft, Perth, 124 p.
- VLASÁK, T. (2004): Přehled a klasifikace historických povodní v povodí Otavy. In: Langhammer, J. (ed.): *Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní - Sborník příspěvků závěrečného semináře grantu GAČR 205/03/Z046*. KFGG PřF UK, Praha, pp. 227-238.

- VLČEK, V. ET AL. (1984): Zeměpisný lexikon ČSR. Vodní toky a nádrže. Academia, Praha, 316 p.
- VÚV (2006): Základní charakteristiky toku ROLAVA a jeho povodí. Poster, Praha, 2 p.
- WIJNGAARD, J. B. ET AL. (2003): Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation data. *International Journal of Climatology*, 23, pp. 679-692.
- XIA, Y. ET AL. (1999a): A Model to Interpolate Monthly Mean Climatological Data at Bavarian Forest Climate Stations. *Theoretical and Applied Climatology*, 64, pp. 27-38.
- XIA, Y. ET AL. (1999b): Forest Climatology: Estimation of missing values in Bavaria, Germany. *Agricultural and Forest Meteorology*, 96, pp. 117-129.
- XIA, Y. ET AL. (1999c): Forest Climatology: Reconstruction of mean climatological data in Bavaria, Germany. *Agricultural and Forest Meteorology*, 96, pp. 131-144.
- XIONG, L., GUO, S. (2004): Trend test and change-point for the annual discharge series of the Yangtze River at the Yichang hydrological station. *Hydrological Sciences-Journal*, 49(1), pp. 99-112.
- YUE, S. ET AL. (2002): The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. *Hydrological Processes*, 16, pp. 1807-1829.
- YUE, S., PILON, P. (2004): A comparison of the power of the *t* test, Mann-Kendall and bootstrap tests for trend detection. *Hydrological Sciences-Journal*, 49(1), pp. 21-37.
- ZAPPA, M. (2008): Objective quantitative spatial verification of distributed snow cover simulations - an experiment for the whole of Switzerland. *Hydrological Sciences-Journal*, 53(1), pp. 179-191.
- ZEMKOVÁ, J. (2007): Srážkové poměry brněnské aglomerace. Bachelor thesis, PřF MU, Brno, 39 p.
- ZVÁRA, K. (2001): Biostatistika. Karolinum, Praha, 212 p.

Internetové zdroje

- ARCDATA PRAHA [online, cit. 2008-08]. Available at: <http://www.arcdata.cz>.
- Český hydrometeorologický ústav [online, cit. 2008-08]. Available at: <http://www.chmi.cz>.
- Český úřad zeměměřičský a katastrální [online, cit. 2008-07]. Available at: <http://www.cuzk.cz>.
- Deutscher Wetterdienst [online, cit. 2008-02]. Available at: <http://www.dwd.de>.
- Oddělení geografických informačních systémů Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka [online, cit. 2008-08]. Available at: <http://www.vuv.cz/oddeleni-gis/>.
- Software Package for Processing Climatological Data (*Complex Solution*) [online, cit. 2008-08]. Available at: <http://www.climahom.eu/>.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

<i>Tab. I - Měsíční průtoky ve stanici Stará Role (v m³/s).....</i>	<i>II</i>
<i>Tab. II - Měsíční průtoky ve stanici Chaloupky (v m³/s).....</i>	<i>III</i>
<i>Tab. III - Sezónní a minimální denní průtoky daného roku ve stanicích Stará Role a Chaloupky (v m³/s).....</i>	<i>IV</i>
<i>Tab. IV Měsíční výšky srážek na povodí Rolavy po vodoměrnou stanici Stará Role (v mm)</i>	<i>V</i>
<i>Tab. V - Měsíční výšky srážek na povodí Rolavy po vodoměrnou stanici Chaloupky (v mm) .</i>	<i>VI</i>
<i>Tab. VI - Sezónní výšky srážek na povodí Rolavy po vodoměrné stanice Stará Role a Chaloupky (v mm)</i>	<i>VII</i>
<i>Tab. VII - Měsíční teploty vzduchu v povodí Rolavy po vodoměrnou stanici Stará Role (ve °C)</i>	<i>VIII</i>
<i>Tab. VIII - Měsíční teploty vzduchu v povodí Rolavy po vodoměrnou stanici Chaloupky (ve °C)</i>	<i>IX</i>
<i>Tab. IX - Seónní teploty vzduchu v povodí Rolavy po vodoměrné stanice Stará Role a Chaloupky (ve °C)</i>	<i>X</i>
<i>Tab. X – Měsíční, roční a zimní výšky sněhové pokrývky na povodí Rolavy po vodoměrné stanice Stará Role a Chaloupky (v cm)</i>	<i>XI</i>
<i>Obr. I - Krabicové grafy řad průtoků let 1969-2007 - profil Stará Role</i>	<i>XII</i>
<i>Obr. II - Krabicové grafy řad průtoků let 1967-2007 - profil Chaloupky</i>	<i>XII</i>
<i>Obr. III - Krabicové grafy řad výšek srážek let 1961-2005 - profil Stará Role</i>	<i>XIII</i>
<i>Obr. IV - Krabicové grafy řad výšek srážek let 1961-2005 - profil Chaloupky.....</i>	<i>XIII</i>
<i>Obr. V - Krabicové grafy řad teplot vzduchu let 1961-2006 - profil Stará Role</i>	<i>XIV</i>
<i>Obr. VI - Krabicové grafy řad teplot vzduchu let 1961-2006 - profil Chaloupky.....</i>	<i>XIV</i>
<i>Obr. VII - Krabicové grafy řad výšek sněhové pokrývky let 1961-2005 - profil Stará Role... </i>	<i>XV</i>
<i>Obr. VIII - Krabicové grafy řad výšek sněhové pokrývky let 1961-2005 - profil Chaloupky. </i>	<i>XV</i>

Tab. I - Měsíční průtoky ve stanici Stará Role (v m³/s)

Rok	Měsíc												Qr
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1969	1,754	0,906	1,128	1,327	1,987	8,372	4,309	1,718	0,661	0,666	0,840	0,680	2,029
1970	1,044	0,973	0,616	1,335	2,325	6,517	9,335	2,123	1,183	2,558	1,185	1,420	2,551
1971	2,061	1,944	1,080	1,156	1,925	1,600	1,760	3,102	1,281	0,531	0,515	0,631	1,466
1972	0,941	1,373	0,663	0,563	0,627	2,504	1,753	2,210	1,154	1,303	1,149	1,132	1,281
1973	1,597	0,731	0,508	0,674	1,666	3,652	6,220	1,201	1,423	0,774	0,515	0,980	1,662
1974	1,038	1,653	3,510	3,283	5,397	2,970	1,681	2,137	2,399	0,785	0,677	2,013	2,295
1975	3,703	12,615	5,388	2,592	2,873	3,745	2,256	1,115	0,767	0,608	0,812	0,855	3,111
1976	0,878	0,680	7,971	1,996	1,722	4,948	1,911	1,295	0,890	0,635	0,677	0,664	2,022
1977	0,769	0,773	0,555	2,569	5,418	3,502	2,095	1,304	1,121	2,240	1,337	1,493	1,931
1978	5,119	1,988	2,292	0,872	3,266	4,582	4,475	1,631	1,263	1,574	2,720	3,116	2,742
1979	1,352	3,205	3,225	1,166	3,577	4,430	2,605	1,086	0,787	0,993	1,369	1,244	2,087
1980	1,687	3,749	1,960	3,778	2,446	4,867	4,965	1,612	5,285	1,523	1,679	1,768	2,943
1981	1,901	2,435	2,679	2,463	9,631	3,151	2,811	1,533	2,266	2,703	2,064	3,686	3,110
1982	4,416	3,021	4,295	2,647	2,892	5,119	3,986	1,697	1,288	0,706	0,378	0,804	2,604
1983	0,902	2,442	6,494	4,059	4,036	5,846	2,196	1,070	0,418	1,803	0,659	0,596	2,544
1984	1,201	2,503	2,218	1,831	1,340	4,874	3,461	3,080	2,424	1,897	2,929	2,884	2,553
1985	1,646	1,821	1,047	3,555	1,119	3,540	1,964	1,433	0,938	0,614	0,844	1,171	1,641
1986	1,323	3,066	3,700	3,286	2,990	11,402	1,070	3,218	0,838	1,758	1,812	2,323	3,066
1987	2,922	3,467	5,765	4,309	3,296	11,330	2,667	2,296	0,799	1,618	1,144	0,454	3,339
1988	2,797	4,656	1,433	1,963	4,541	8,605	2,008	1,070	0,776	0,930	0,531	1,004	2,526
1989	3,252	6,233	2,710	2,208	4,213	2,259	1,220	0,787	0,618	0,535	0,696	1,113	2,154
1990	1,518	4,138	1,393	2,057	4,202	1,691	0,998	1,049	0,842	0,637	1,002	0,914	1,703
1991	2,705	1,171	3,218	2,958	1,488	1,228	1,462	1,517	1,137	1,216	0,684	0,624	1,617
1992	1,032	3,595	2,649	2,226	3,508	3,727	1,656	0,785	1,021	0,791	0,833	1,087	1,909
1993	2,494	2,235	3,637	1,635	2,469	2,671	1,047	0,933	1,285	1,063	1,005	0,868	1,778
1994	0,986	4,163	4,132	2,759	6,495	3,330	1,277	0,785	0,701	1,014	1,806	1,554	2,417
1995	3,024	5,151	5,407	6,753	3,332	10,417	2,593	2,457	1,446	1,414	3,376	1,944	3,943
1996	3,389	3,171	2,206	1,348	1,071	3,258	2,221	2,460	4,515	1,643	2,578	2,610	2,539
1997	2,662	2,820	3,226	4,156	5,627	4,114	2,112	0,642	1,132	1,054	0,852	1,096	2,458
1998	0,944	2,410	2,442	2,633	4,918	1,931	0,882	1,112	1,379	1,047	3,940	4,784	2,369
1999	5,933	3,290	3,278	2,732	6,321	4,332	1,953	1,443	1,339	1,161	0,983	1,335	2,842
2000	1,521	2,240	2,686	5,606	9,919	4,344	1,630	1,518	1,482	1,216	1,367	1,502	2,919
2001	0,990	1,350	2,084	2,410	5,599	2,995	1,621	1,199	1,250	0,850	4,076	2,030	2,204
2002	2,471	3,329	7,692	8,565	5,215	2,222	1,151	1,062	0,689	2,803	1,460	2,342	3,250
2003	4,838	3,731	4,165	1,829	2,291	2,230	1,703	1,137	0,947	0,595	0,789	0,855	2,092
2004	0,702	1,511	2,320	4,275	2,498	2,227	2,131	2,027	1,664	-	-	-	-
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	0,647	0,767	0,798	0,786	3,488	12,714	3,555	1,958	1,233	2,246	1,130	1,399	2,560
2007	3,467	1,804	4,281	4,810	5,060	1,687	1,379	1,563	2,436	2,015	3,521	2,661	2,890
Průměr (69-03)	2,195	2,944	3,070	2,723	3,707	4,466	2,487	1,566	1,364	1,236	1,408	1,531	2,391

Zdroj: ČHMÚ

Pozn. Hodnoty *Qr* se od těch z tab. 4.4 v textu liší, protože jsou spočteny pouze z *Qm*.

Tab. II - Měsíční průtoky ve stanici Chaloupky (v m³/s)

Rok	Měsíc												Qr
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1967	0,992	0,355	0,812	1,152	1,396	2,269	1,336	0,586	0,424	0,465	0,690	0,478	0,913
1968	0,528	0,382	0,613	0,350	2,345	5,251	0,449	0,250	0,626	0,827	0,616	0,654	1,074
1969	0,243	0,142	0,160	0,191	0,457	1,735	1,014	0,402	0,297	0,323	0,129	0,336	0,452
1970	0,271	0,147	0,097	0,207	0,554	4,149	4,305	0,884	0,375	0,492	0,353	0,225	1,005
1971	0,401	0,238	0,173	0,261	0,431	1,152	0,754	0,765	0,562	0,367	0,261	0,217	0,465
1972	0,311	1,234	0,621	0,213	0,215	1,347	0,559	0,754	0,570	0,362	0,322	0,337	0,570
1973	0,260	0,207	0,167	0,215	0,497	0,881	1,628	0,485	0,474	0,425	0,205	0,399	0,487
1974	0,424	0,365	0,580	0,546	1,202	0,659	0,573	0,690	0,624	0,441	0,332	0,514	0,579
1975	0,692	2,078	0,765	0,471	0,444	0,835	0,635	0,332	0,324	0,190	0,370	0,271	0,617
1976	0,242	0,131	1,369	0,561	0,429	1,341	0,665	0,415	0,424	0,335	0,262	0,263	0,536
1977	0,313	0,124	0,107	0,427	1,298	1,243	0,421	0,230	0,193	0,461	0,244	0,263	0,444
1978	1,004	0,319	0,575	0,169	0,507	1,126	0,970	0,381	0,221	0,467	0,980	0,518	0,603
1979	0,382	0,679	0,450	0,196	0,583	1,261	0,815	0,163	0,143	0,116	0,171	0,197	0,430
1980	0,548	1,028	0,624	0,809	0,735	1,409	1,536	0,724	1,573	0,407	0,444	0,476	0,859
1981	0,519	0,750	0,466	0,509	2,086	0,872	0,770	0,459	0,611	0,739	0,508	0,919	0,767
1982	1,363	0,527	0,921	0,658	0,498	2,078	1,477	0,392	0,365	0,261	0,247	0,284	0,756
1983	0,243	0,588	1,669	0,889	0,853	1,429	0,521	0,369	0,217	0,400	0,239	0,204	0,635
1984	0,392	0,658	0,508	0,390	0,279	1,119	0,754	0,739	0,926	0,661	0,823	0,640	0,657
1985	0,613	0,572	0,218	0,482	0,494	0,775	0,819	0,389	0,201	0,210	0,168	0,238	0,432
1986	0,310	0,686	0,645	0,534	0,271	1,737	0,190	0,494	0,445	0,502	0,581	0,529	0,577
1987	0,673	0,679	0,735	0,516	0,829	1,752	1,163	1,020	0,650	0,817	0,837	0,612	0,857
1988	0,762	1,654	1,230	0,726	0,938	1,684	1,073	0,529	0,320	0,173	0,230	0,280	0,800
1989	0,573	1,066	1,182	0,927	1,704	1,495	0,739	0,412	0,303	0,304	0,332	0,528	0,797
1990	0,724	1,047	0,409	0,478	1,175	0,866	0,348	0,507	0,453	0,379	0,621	0,413	0,618
1991	0,892	0,583	1,114	0,518	0,713	0,446	0,591	0,708	0,586	1,428	1,287	1,007	0,823
1992	1,380	0,830	0,507	0,698	2,015	2,544	1,137	0,593	0,379	0,452	0,416	0,503	0,954
1993	1,203	0,957	1,496	0,638	1,309	1,265	0,718	0,610	0,799	0,661	0,672	0,479	0,901
1994	0,374	1,634	1,487	1,035	2,588	1,477	0,791	0,521	0,434	0,689	0,917	0,760	1,059
1995	1,079	1,495	1,542	2,016	1,222	2,762	1,227	1,211	0,797	0,535	0,992	0,291	1,264
1996	0,394	0,608	0,387	0,381	0,352	0,871	0,544	0,487	0,990	0,457	0,667	0,828	0,581
1997	0,644	0,413	0,386	0,878	1,397	0,853	0,496	0,344	0,366	0,342	0,462	0,424	0,584
1998	0,335	0,781	0,666	0,717	1,692	0,462	0,317	0,330	0,405	0,419	1,449	2,298	0,823
1999	1,601	0,923	0,828	0,798	1,676	1,699	0,774	0,499	0,504	0,314	0,333	0,440	0,866
2000	0,574	0,795	0,624	1,684	2,573	1,654	0,564	0,432	0,469	0,386	0,484	0,513	0,896
2001	0,325	0,406	0,367	0,492	1,978	0,789	0,420	0,419	0,533	0,316	1,200	0,622	0,656
2002	0,720	0,453	1,660	2,262	1,130	0,746	0,515	0,334	0,274	1,309	0,273	0,826	0,875
2003	1,552	1,300	1,224	1,081	1,246	1,336	1,085	0,786	0,559	0,403	0,410	0,635	0,968
2004	0,384	0,555	0,323	1,991	1,414	1,084	1,090	1,093	0,916	0,701	0,772	0,881	0,934
2005	2,210	1,109	1,249	1,042	1,859	2,184	1,248	0,603	0,834	1,010	0,853	0,804	1,250
2006	0,569	0,521	0,428	0,300	0,536	2,477	0,865	0,514	0,426	0,742	0,478	0,515	0,698
2007	0,996	0,440	0,807	0,908	1,653	0,548	0,465	0,407	0,689	0,552	1,039	0,550	0,755
Průměr (67-07)	0,683	0,719	0,736	0,715	1,112	1,504	0,887	0,543	0,519	0,508	0,553	0,541	0,752
Průměr (69-03)	0,638	0,746	0,742	0,674	1,039	1,367	0,883	0,537	0,496	0,473	0,521	0,523	0,720

Zdroj: ČHMÚ

Pozn. Hodnoty Q_r se od těch z tab. 4.5 v textu liší, protože jsou spočteny pouze z Q_m .

Tab. III - Sezónní a minimální denní průtoky daného roku ve stanicích Stará Role a Chaloupky (v m³/s)

Rok	Stará Role							Chaloupky						
	Jaro	Léto	Podzim	Zima	Teplý půlrok	Chladný půlrok	Min. Qd	Jaro	Léto	Podzim	Zima	Teplý půlrok	Chladný půlrok	Min. Qd
1967	-	-	-	-	-	-	-	1,667	0,492	0,720	0,773	0,962	0,864	0,180
1968	-	-	-	-	-	-	-	2,682	0,568	0,599	0,448	1,336	0,812	0,068
1969	4,889	1,015	1,091	1,120	2,761	1,297	0,280	1,068	0,341	0,236	0,165	0,650	0,255	0,050
1970	6,059	1,955	1,217	0,975	3,817	1,286	0,530	3,003	0,583	0,283	0,150	1,759	0,250	0,060
1971	1,762	1,638	1,069	1,393	1,465	1,466	0,250	0,779	0,565	0,293	0,224	0,644	0,287	0,105
1972	1,628	1,556	1,074	0,866	1,679	0,883	0,490	0,707	0,562	0,323	0,689	0,652	0,488	0,120
1973	3,846	1,133	1,031	0,638	2,298	1,026	0,420	1,002	0,461	0,288	0,197	0,683	0,291	0,140
1974	3,349	1,774	1,243	2,815	1,775	2,816	0,570	0,811	0,585	0,423	0,497	0,553	0,605	0,270
1975	2,958	0,830	1,790	6,865	1,550	4,671	0,330	0,638	0,282	0,444	1,105	0,448	0,787	0,040
1976	2,860	0,940	0,740	3,549	1,726	2,319	0,380	0,811	0,391	0,256	0,687	0,573	0,499	0,070
1977	3,672	1,555	1,200	1,299	1,933	1,930	0,190	0,987	0,295	0,273	0,219	0,465	0,422	0,070
1978	4,108	1,489	3,652	1,717	2,707	2,776	0,700	0,868	0,356	0,834	0,354	0,691	0,515	0,120
1979	3,537	0,955	1,321	2,532	1,878	2,295	0,600	0,887	0,141	0,250	0,442	0,445	0,415	0,090
1980	4,093	2,806	1,711	3,162	3,322	2,565	0,920	1,226	0,901	0,489	0,820	1,015	0,703	0,290
1981	5,198	2,167	2,550	2,526	2,421	3,799	1,150	1,243	0,603	0,649	0,575	0,660	0,875	0,330
1982	3,999	1,230	1,866	3,321	2,196	3,012	0,180	1,351	0,339	0,632	0,702	0,803	0,709	0,130
1983	4,026	1,097	0,719	4,332	1,999	3,088	0,250	0,934	0,329	0,229	1,049	0,529	0,741	0,160
1984	3,225	2,467	2,338	2,184	3,111	1,996	0,370	0,717	0,775	0,619	0,519	0,837	0,478	0,200
1985	2,208	0,995	1,220	2,141	1,555	1,727	0,270	0,696	0,267	0,340	0,424	0,427	0,436	0,150
1986	5,154	1,938	1,819	3,351	3,350	2,782	0,270	0,733	0,480	0,473	0,622	0,658	0,496	0,110
1987	5,765	1,571	1,507	4,514	3,309	3,369	0,270	1,248	0,829	0,707	0,644	1,040	0,674	0,370
1988	5,051	0,925	1,444	2,684	2,320	2,732	0,250	1,232	0,341	0,424	1,203	0,668	0,932	0,110
1989	2,564	0,647	1,687	3,717	1,019	3,288	0,360	1,313	0,339	0,478	1,058	0,597	0,997	0,200
1990	2,297	0,842	1,145	2,529	1,036	2,370	0,300	0,796	0,446	0,586	0,644	0,529	0,708	0,180
1991	1,393	1,290	1,338	2,449	1,207	2,027	0,530	0,583	0,908	1,062	0,738	0,841	0,804	0,340
1992	2,964	0,866	0,984	2,823	1,469	2,349	0,493	1,899	0,475	0,766	0,678	0,920	0,989	0,212
1993	2,062	1,094	1,455	2,502	1,334	2,223	0,641	1,097	0,690	0,785	1,030	0,788	1,014	0,391
1994	3,701	0,833	1,449	3,684	1,485	3,348	0,493	1,619	0,548	0,684	1,386	0,805	1,313	0,147
1995	5,447	1,772	2,782	5,770	3,617	4,268	0,821	1,737	0,848	0,787	1,684	1,254	1,274	0,157
1996	2,183	2,872	2,859	2,242	2,779	2,299	0,695	0,589	0,644	0,630	0,459	0,669	0,492	0,224
1997	3,951	0,943	1,537	3,401	1,651	3,265	0,487	0,915	0,350	0,510	0,559	0,477	0,690	0,202
1998	2,577	1,179	3,223	2,495	1,715	3,022	0,631	0,824	0,385	1,361	0,721	0,564	1,082	0,257
1999	4,202	1,314	2,750	3,100	1,869	3,815	0,807	1,383	0,439	0,791	0,850	0,687	1,044	0,285
2000	5,298	1,405	1,463	3,511	1,926	3,912	1,090	1,597	0,429	0,524	1,034	0,665	1,127	0,256
2001	3,405	1,100	2,365	1,948	1,998	2,411	0,731	1,062	0,423	0,716	0,422	0,613	0,698	0,273
2002	2,863	1,518	2,091	6,529	1,564	4,936	0,533	0,797	0,639	0,606	1,458	0,575	1,175	0,162
2003	2,074	0,893	2,160	3,242	1,233	2,951	0,499	1,223	0,583	0,865	1,201	0,763	1,173	0,097
2004	2,285	-	-	2,702	-	-	-	1,196	0,903	0,679	0,956	0,943	0,925	0,206
2005	-	-	-	-	-	-	-	1,764	0,816	1,289	1,133	1,122	1,379	0,403
2006	6,586	1,812	1,059	0,784	3,806	1,314	0,485	1,293	0,561	0,521	0,416	0,917	0,478	0,261
2007	2,709	2,004	3,216	3,632	2,100	3,680	0,967	0,889	0,550	0,862	0,718	0,617	0,892	0,261

Zdroj: ČHMÚ

Tab. IV - Měsíční výšky srážek na povodí Rolavy po vodoměrnou stanici Stará Role (v mm)

Rok	Měsíc												Hr
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1961	-	-	50,9	106,0	114,2	74,4	142,5	110,5	102,0	79,3	34,3	41,8	-
1962	42,6	80,5	87,3	81,1	74,4	64,4	101,5	49,9	102,4	46,2	71,9	10,2	812,4
1963	22,2	75,0	38,8	19,7	44,9	60,8	60,7	156,6	66,9	94,9	72,0	35,3	747,9
1964	77,2	19,4	46,4	62,0	20,5	46,5	61,3	42,1	33,3	87,0	41,9	80,7	618,3
1965	77,6	41,6	101,7	87,2	73,3	101,2	159,7	107,4	121,1	34,3	91,1	18,8	1014,9
1966	77,6	125,8	52,5	71,7	121,8	44,5	79,4	157,7	84,3	87,4	48,5	81,0	1032,1
1967	48,0	153,9	86,3	67,1	104,9	29,9	75,3	84,1	95,7	110,9	103,2	43,4	1002,8
1968	30,3	145,6	136,0	42,5	87,0	59,6	60,1	66,0	96,2	111,9	108,5	87,6	1031,3
1969	49,2	47,4	65,2	42,7	69,4	103,6	57,6	100,1	59,6	83,9	46,3	35,9	761,0
1970	74,3	29,0	49,2	159,2	101,9	83,0	103,0	81,1	104,5	115,7	33,7	98,4	1033,0
1971	81,1	55,9	28,2	79,3	41,9	25,7	96,4	141,9	19,1	70,1	35,5	27,1	702,1
1972	73,7	72,3	11,8	12,8	30,8	58,3	102,9	93,2	90,9	55,3	84,5	40,5	726,9
1973	68,6	9,3	48,5	92,4	46,1	87,3	53,2	62,1	131,7	25,0	22,8	89,9	736,8
1974	66,2	91,1	74,9	53,4	37,6	20,9	76,9	129,8	98,1	52,9	71,2	167,8	940,9
1975	92,0	233,0	67,9	32,8	74,2	54,2	45,9	103,8	44,7	98,0	59,6	44,3	950,4
1976	66,3	42,7	230,3	25,0	31,8	20,9	58,8	41,0	108,1	42,3	51,8	39,9	758,8
1977	80,5	79,5	55,4	69,2	73,7	90,7	39,0	87,4	111,8	85,9	74,0	63,3	910,5
1978	145,8	59,0	55,2	26,8	67,9	14,7	142,8	64,3	71,2	118,2	142,5	65,7	974,1
1979	21,8	115,8	67,4	51,0	95,6	70,1	44,2	102,3	102,3	55,3	117,5	22,6	865,9
1980	78,9	139,8	84,9	97,1	54,7	148,5	32,2	91,5	211,2	74,7	74,7	81,3	1169,7
1981	61,5	93,8	165,3	72,6	113,6	74,4	72,7	45,4	169,6	111,3	57,3	177,6	1215,2
1982	135,5	123,0	108,5	18,1	42,6	56,7	70,9	89,4	102,5	67,9	11,1	71,0	897,2
1983	38,8	109,0	191,8	54,8	73,7	88,5	85,4	44,0	29,0	158,4	52,7	29,9	955,9
1984	80,0	42,7	90,1	84,7	20,3	57,0	103,5	106,1	124,1	75,1	141,0	45,5	970,2
1985	53,8	31,0	63,5	42,4	49,0	66,8	59,6	72,7	71,4	81,2	56,9	20,1	668,5
1986	69,8	88,6	184,2	19,0	67,2	33,2	111,5	46,8	69,2	159,9	67,7	88,3	1005,4
1987	39,3	194,5	132,2	71,0	79,9	69,4	80,2	125,1	92,0	99,0	88,8	27,8	1099,1
1988	88,1	98,7	88,0	131,3	183,9	12,2	41,6	84,1	91,4	62,9	85,2	42,3	1009,8
1989	124,7	175,9	41,5	66,4	69,1	75,2	48,7	77,8	58,5	84,8	79,1	104,6	1006,3
1990	85,9	80,2	37,1	109,3	56,1	78,1	21,9	132,4	34,2	108,2	87,5	55,0	886,0
1991	103,6	64,7	40,3	35,7	30,8	47,8	71,8	127,2	53,6	101,4	41,3	33,2	751,4
1992	78,5	157,8	71,2	85,5	97,5	54,1	22,0	72,9	139,8	63,1	49,5	86,8	978,7
1993	114,1	53,4	104,8	54,2	38,5	44,7	41,4	105,0	127,1	64,1	47,8	41,6	836,8
1994	43,8	163,5	94,8	44,5	127,3	63,3	59,4	42,0	74,5	164,9	65,8	67,8	1011,6
1995	72,8	113,2	160,3	58,4	98,6	126,7	77,3	100,2	97,9	127,9	125,4	28,2	1187,0
1996	102,7	64,8	2,7	49,0	40,9	22,4	70,3	127,3	134,8	84,1	108,0	97,4	904,3
1997	70,3	39,7	13,3	121,3	90,2	92,8	41,4	40,3	121,5	62,0	30,5	89,6	813,0
1998	30,1	112,7	69,7	33,2	123,0	29,8	44,6	96,0	130,1	99,0	185,7	226,0	1179,9
1999	103,8	77,6	99,3	137,8	59,0	49,2	95,0	69,4	81,4	69,3	60,2	62,4	964,5
2000	61,1	127,4	120,2	118,6	193,0	25,0	56,6	94,8	116,1	51,5	72,9	70,6	1108,0
2001	47,0	55,9	58,0	61,7	131,9	73,4	38,8	89,0	109,2	57,4	228,6	50,2	1001,1
2002	114,0	157,7	64,7	173,4	76,1	26,4	59,4	97,9	56,2	214,1	81,6	131,3	1252,8
2003	147,0	106,1	122,1	21,8	17,4	49,1	71,0	72,0	97,7	15,6	60,6	106,6	887,0
2004	27,2	88,9	135,8	74,1	43,5	38,1	133,4	112,5	139,7	108,4	113,4	60,9	1076,1
2005	174,4	85,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Průměr (62-04)	73,7	93,9	84,8	67,7	73,8	59,1	70,4	89,1	94,8	87,0	77,9	68,6	940,8
Průměr (69-03)	79,0	94,5	84,6	68,8	74,4	59,8	65,6	87,3	95,3	87,5	77,1	72,3	946,3

Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Tab. V - Měsíční výšky srážek na povodí Rolavy po vodoměrnou stanici Chaloupky (v mm)

Rok	Měsíc												Hr
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1961	-	-	62,5	117,6	174,6	101,5	200,9	137,0	121,7	84,2	42,5	46,1	-
1962	47,4	89,3	108,8	96,2	100,1	72,6	131,6	68,6	116,8	62,6	96,4	11,5	1001,9
1963	31,3	83,1	55,4	30,0	63,8	72,9	57,4	202,1	67,9	114,1	80,2	40,3	898,3
1964	77,3	22,4	58,9	76,3	22,2	55,7	79,6	33,2	42,5	119,2	51,0	98,9	737,1
1965	86,0	51,1	134,3	109,2	107,3	121,1	179,7	139,5	142,0	29,7	100,7	19,3	1219,8
1966	88,1	141,3	77,0	81,6	183,3	50,8	107,9	193,1	108,4	101,8	66,7	101,9	1301,8
1967	57,0	175,7	126,9	82,2	142,8	25,6	89,7	94,7	107,0	126,9	118,8	50,6	1197,9
1968	38,4	170,4	171,5	55,0	118,9	58,9	87,4	91,8	112,4	146,1	136,7	106,7	1294,2
1969	58,9	54,1	99,1	54,9	71,3	127,7	84,1	122,7	70,6	114,5	49,8	45,5	953,1
1970	88,4	33,6	66,9	168,3	123,8	87,9	121,9	120,3	132,7	154,0	42,9	128,6	1269,4
1971	97,2	65,0	31,2	96,6	57,5	28,5	108,3	136,6	23,5	93,0	43,3	31,8	812,3
1972	96,0	80,2	15,4	24,3	42,2	68,3	122,8	116,3	118,4	75,2	101,5	48,4	909,0
1973	81,2	11,6	59,8	113,3	70,7	102,1	73,0	72,1	168,6	24,2	27,8	102,9	907,3
1974	67,5	103,0	91,7	68,3	45,8	19,7	96,4	153,3	125,2	63,4	79,1	201,6	1115,0
1975	106,0	252,6	73,6	43,6	80,0	66,1	49,1	123,4	47,0	143,3	60,5	55,7	1100,9
1976	74,6	49,0	266,6	35,3	38,9	20,4	72,2	45,8	96,4	41,7	60,5	44,6	846,0
1977	94,2	93,8	65,9	79,0	85,9	98,6	40,5	100,3	118,2	105,1	87,4	67,2	1036,2
1978	134,2	67,9	71,7	37,4	85,8	10,0	159,2	70,8	75,4	154,2	160,4	76,4	1103,3
1979	34,8	123,3	82,8	59,8	116,4	87,6	58,3	133,4	113,1	48,6	131,7	24,3	1014,3
1980	84,0	155,1	92,5	103,4	54,2	194,0	25,1	110,8	265,1	93,2	81,7	106,4	1365,4
1981	66,0	102,7	172,6	81,5	112,1	84,2	95,7	56,4	175,5	126,8	71,9	197,6	1342,9
1982	143,5	138,8	121,7	30,4	53,3	62,4	71,7	90,0	115,8	75,4	14,1	83,4	1000,5
1983	41,1	118,5	194,5	64,0	82,8	106,1	103,3	55,9	28,8	174,8	57,2	34,5	1061,6
1984	87,4	46,5	95,7	94,6	30,2	60,0	110,8	117,5	162,7	88,8	159,5	51,5	1105,2
1985	56,7	35,7	78,1	53,5	65,8	65,7	65,3	78,2	95,3	79,1	62,9	31,6	767,9
1986	71,9	99,9	206,2	29,1	69,6	46,3	140,0	35,9	78,3	163,0	70,6	92,8	1103,5
1987	49,8	210,9	170,9	80,4	88,2	86,1	109,0	145,5	117,0	116,7	102,4	30,6	1307,3
1988	97,7	111,4	97,8	146,5	202,0	15,0	31,4	83,9	102,5	65,5	101,7	47,5	1103,0
1989	154,9	198,0	54,1	74,3	75,3	96,1	51,4	90,9	65,8	104,1	88,4	125,9	1179,1
1990	100,7	83,4	35,9	109,6	64,7	107,6	27,2	170,0	42,4	119,4	106,4	56,6	1023,9
1991	114,8	72,2	51,9	47,2	39,3	66,8	103,5	147,3	52,6	112,3	44,8	48,3	901,0
1992	85,0	187,7	92,3	119,7	114,3	51,7	19,2	49,9	154,5	68,7	47,1	94,1	1084,3
1993	130,0	55,3	114,7	63,5	49,5	45,2	38,6	109,0	141,9	65,4	56,6	51,1	920,8
1994	55,6	185,9	87,3	59,1	133,3	62,2	72,0	55,3	95,5	164,8	81,2	70,9	1123,1
1995	87,1	105,6	175,0	56,1	116,3	156,4	88,0	111,1	108,6	155,8	157,4	32,7	1350,2
1996	131,1	78,9	1,7	66,8	51,7	24,6	90,4	126,2	174,2	83,1	135,4	120,3	1084,3
1997	85,7	45,3	16,1	134,8	113,0	107,4	53,3	46,6	156,9	71,2	37,3	107,9	975,7
1998	31,7	132,8	81,6	38,8	166,9	37,1	55,2	86,7	148,8	111,4	203,1	239,4	1333,5
1999	117,5	90,5	105,7	138,7	64,0	50,9	107,1	78,4	88,9	70,1	62,8	70,9	1045,5
2000	76,6	130,5	128,6	126,6	245,1	29,8	65,1	108,8	137,1	56,4	87,7	79,0	1271,2
2001	46,2	60,4	58,3	70,7	141,8	87,0	37,8	107,4	135,9	43,5	266,3	54,9	1110,1
2002	132,3	167,3	67,1	164,9	93,8	30,1	63,3	89,7	72,8	270,9	83,6	140,5	1376,1
2003	152,5	114,5	139,6	25,2	22,1	65,1	79,8	91,3	86,2	20,1	73,1	119,2	988,7
2004	30,9	104,2	135,5	79,7	61,6	38,5	151,7	114,9	150,5	126,4	130,9	69,4	1194,2
2005	207,3	98,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Průměr (62-04)	83,5	104,6	98,4	78,4	89,9	68,6	83,1	101,8	110,2	101,0	90,2	79,4	1089,2
Průměr (69-03)	89,5	104,6	96,1	78,9	87,6	70,1	76,9	98,2	111,2	100,5	88,5	83,3	1085,5

Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Tab. VI - Sezónní výšky srážek na povodí Rolavy po vodoměrné stanici Stará Role a Chaloupky (v mm)

Rok	Stará Role						Chaloupky					
	Jaro	Léto	Podzim	Zima	Teplý půlrok	Chladný půlrok	Jaro	Léto	Podzim	Zima	Teplý půlrok	Chladný půlrok
1961	331,2	291,8	-	-	543,1	-	477,1	342,8	-	-	687,7	-
1962	240,2	198,6	124,7	248,9	436,3	376,1	304,3	248,0	155,4	294,3	548,6	453,3
1963	166,5	318,4	129,5	133,6	511,9	236,0	194,1	384,0	151,8	168,4	594,5	303,8
1964	128,3	162,4	199,8	127,7	312,1	306,2	157,5	194,8	227,2	157,5	381,2	355,9
1965	334,2	262,8	187,4	230,5	614,8	400,1	408,2	311,2	206,0	294,6	712,6	507,2
1966	245,7	329,3	207,1	249,9	501,7	530,4	342,1	403,3	256,6	299,8	628,7	673,1
1967	210,1	290,6	194,7	307,4	499,1	503,7	258,0	328,7	226,4	384,8	562,7	635,2
1968	206,7	274,1	226,4	324,1	502,4	528,9	265,2	350,2	281,8	396,9	633,3	660,9
1969	230,7	243,6	131,3	155,3	451,2	309,8	283,1	307,8	154,2	208,1	569,3	383,8
1970	287,9	301,3	206,4	237,4	521,0	512,0	333,7	407,0	260,0	268,8	659,8	609,7
1971	163,9	231,0	143,8	163,4	388,6	313,5	194,3	253,0	172,3	192,7	433,1	379,2
1972	191,9	239,4	198,7	96,9	485,1	241,9	233,3	309,9	245,9	120,0	602,5	306,6
1973	186,7	218,8	181,2	150,1	382,1	354,7	245,8	264,9	211,9	184,8	467,7	439,6
1974	135,4	280,9	305,3	219,4	449,9	491,0	161,9	341,9	348,3	263,0	537,1	577,9
1975	174,3	246,5	195,9	333,7	406,2	544,2	195,2	313,7	222,3	369,8	489,4	611,5
1976	111,6	191,3	158,0	297,9	322,8	436,0	131,5	183,9	179,8	350,9	337,0	509,0
1977	203,5	285,1	217,9	204,1	488,9	421,7	224,9	323,6	248,8	238,8	550,1	486,1
1978	225,4	253,7	354,0	141,0	553,7	420,4	255,0	300,4	371,0	176,9	630,0	473,3
1979	210,0	259,8	161,9	234,2	491,7	374,2	262,4	295,1	190,8	266,0	572,7	441,5
1980	235,4	377,4	234,9	321,9	632,9	536,8	273,3	469,1	272,1	350,9	769,9	595,5
1981	260,7	326,3	296,5	331,8	530,7	684,5	292,0	358,6	335,4	356,8	610,4	732,5
1982	170,2	259,8	217,6	249,7	398,4	498,8	187,5	281,2	240,9	290,9	429,4	571,0
1983	247,6	231,4	121,3	355,6	458,0	497,9	292,2	259,5	132,8	377,0	526,2	535,4
1984	180,7	305,4	266,6	217,5	606,9	363,4	201,0	369,1	298,3	236,8	699,3	405,9
1985	175,4	225,3	130,8	137,0	408,6	259,9	196,7	252,6	151,2	167,4	446,4	321,5
1986	211,8	275,9	225,9	291,8	488,2	517,1	255,8	277,2	235,3	335,3	534,0	569,6
1987	229,5	316,0	155,9	397,7	554,4	544,7	283,2	379,2	182,8	462,1	676,7	630,6
1988	237,7	238,4	215,6	318,1	377,5	632,3	248,5	251,9	246,9	355,7	400,1	702,9
1989	193,0	221,0	308,4	283,8	424,0	582,3	222,8	260,8	369,1	326,4	496,7	682,4
1990	156,2	274,8	228,4	226,6	462,4	423,6	199,5	331,8	263,7	228,8	573,1	450,8
1991	150,4	282,2	178,2	140,7	443,0	308,4	209,6	312,2	207,9	171,3	527,2	373,7
1992	173,6	275,8	214,8	314,5	401,4	577,3	185,2	273,2	226,2	399,7	391,3	693,0
1993	124,6	296,2	203,5	212,4	430,1	406,7	133,3	316,3	237,7	233,5	456,8	464,1
1994	250,1	281,4	177,4	302,8	470,0	541,7	267,5	315,6	207,7	332,3	531,0	592,1
1995	302,6	326,0	226,5	331,9	655,3	531,6	360,7	375,6	277,2	336,7	777,3	572,9
1996	133,5	346,2	308,0	116,6	546,9	357,5	166,6	383,5	386,8	147,4	633,9	450,4
1997	224,4	223,9	190,4	174,3	388,5	424,5	273,7	274,7	230,9	196,3	472,8	502,9
1998	197,4	325,1	441,8	215,7	585,3	594,7	259,3	346,9	474,2	253,2	642,4	691,2
1999	203,2	220,2	226,4	314,7	424,6	539,9	222,1	237,3	251,2	334,9	458,1	587,3
2000	274,7	262,4	204,6	366,2	417,1	690,9	340,0	302,2	243,3	385,7	484,8	786,4
2001	244,1	255,6	325,8	175,6	596,4	404,8	266,6	286,8	367,3	189,5	677,7	432,4
2002	161,9	368,2	326,9	395,8	535,6	717,2	187,1	433,4	356,4	399,3	610,3	765,8
2003	137,4	185,3	314,2	250,1	365,9	521,1	167,0	197,6	344,8	279,3	415,6	573,1
2004	215,1	360,7	201,6	298,8	645,6	430,5	251,8	391,8	231,1	319,4	712,9	481,2

Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Tab. VII - Měsíční teploty vzduchu v povodí Rolavy po vodoměrnou stanici Stará Role (ve °C)

Rok	Měsíc												Tr
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1961	-	-	-3,3	1,2	2,8	7,9	6,4	12,1	11,7	12,6	13,4	7,7	-
1962	1,7	-3,5	-1,5	-3,6	-4,0	4,9	5,9	9,8	11,7	12,8	9,5	5,9	4,1
1963	0,3	-6,5	-10,3	-8,6	-0,3	4,7	8,3	12,1	13,5	13,3	10,8	5,8	3,6
1964	5,2	-6,3	-5,2	-3,8	-3,5	4,7	10,1	14,5	14,4	12,0	10,4	4,6	4,8
1965	1,9	-2,6	-1,7	-5,7	-1,6	2,6	7,2	11,9	11,9	11,1	9,8	5,3	4,2
1966	-1,6	-0,1	-6,2	2,5	-0,2	6,0	8,8	13,0	12,6	12,1	9,7	9,2	5,5
1967	-0,5	-1,5	-3,0	-0,9	2,0	2,3	8,8	10,5	14,6	12,7	10,7	9,3	5,4
1968	1,5	-2,7	-4,4	-2,5	0,5	4,6	7,3	12,7	12,6	12,9	10,2	7,9	5,1
1969	1,1	-4,7	-2,6	-4,8	-2,0	2,8	10,1	11,1	14,9	12,7	11,0	7,9	4,8
1970	2,5	-7,3	-5,1	-4,3	-1,8	1,9	7,1	12,7	13,1	13,3	10,0	6,0	4,0
1971	3,5	-2,4	-2,9	-2,5	-2,7	4,4	10,3	10,8	14,4	15,0	8,0	5,3	5,1
1972	0,7	0,9	-5,4	-0,8	2,4	3,5	7,5	11,7	14,5	12,3	7,3	3,1	4,8
1973	1,5	-1,4	-2,7	-2,3	-0,1	1,4	8,6	12,1	13,5	13,4	10,9	4,3	5,0
1974	0,1	-2,8	0,2	0,0	3,1	3,4	7,5	10,4	12,2	14,2	10,5	2,3	5,1
1975	1,6	1,6	1,4	-1,5	1,3	3,2	8,6	11,3	14,5	14,8	13,0	5,4	6,3
1976	0,0	-1,6	-2,4	-2,0	-2,8	2,5	9,0	12,8	15,3	11,5	9,6	6,8	4,9
1977	2,1	-3,8	-2,3	-0,1	3,4	2,3	8,4	12,7	13,2	13,2	8,6	7,9	5,5
1978	2,1	-0,9	-2,4	-4,6	1,4	3,0	8,0	10,9	12,3	11,4	9,3	6,4	4,7
1979	2,0	-1,7	-6,7	-3,7	1,0	2,7	9,3	14,0	12,0	12,5	9,4	5,8	4,7
1980	0,5	1,2	-5,6	-0,4	0,0	1,2	6,0	11,7	11,8	12,9	10,6	5,1	4,6
1981	-0,1	-2,4	-4,9	-3,8	3,6	3,8	9,1	12,3	12,7	13,3	11,1	5,7	5,0
1982	1,7	-5,1	-4,3	-3,3	1,1	2,0	8,7	12,5	14,4	13,5	13,1	7,3	5,1
1983	2,8	-0,3	0,8	-5,2	1,1	5,0	8,3	12,5	16,2	13,9	10,7	6,4	6,0
1984	0,4	-2,3	-2,5	-3,9	-1,6	2,9	7,1	10,4	12,3	13,1	9,1	7,8	4,4
1985	2,6	-1,2	-8,1	-6,9	-0,1	3,5	9,5	9,9	13,3	13,1	10,4	6,4	4,4
1986	-1,8	0,8	-3,2	-10,1	-0,1	3,6	10,8	12,1	13,0	13,0	8,5	6,8	4,5
1987	2,7	-1,0	-8,1	-3,1	-5,0	4,8	6,5	10,6	13,3	11,8	11,7	6,1	4,2
1988	2,1	-0,6	0,5	-1,3	-1,3	3,8	9,9	11,0	13,5	13,2	9,9	7,2	5,7
1989	-0,7	-0,3	0,2	1,1	3,7	4,0	9,5	11,3	14,1	13,1	11,5	7,4	6,2
1990	-0,6	-0,1	-0,6	2,3	3,9	3,2	10,2	12,1	13,3	14,2	7,9	6,4	6,0
1991	1,9	-2,6	-1,2	-6,0	3,4	3,1	5,5	10,6	15,6	14,0	11,4	4,9	5,1
1992	1,4	-2,1	-1,2	0,2	0,9	3,7	10,4	13,8	15,0	16,3	10,3	3,9	6,1
1993	2,4	-1,4	-0,9	-3,6	-0,1	6,1	11,5	12,7	13,1	12,8	9,1	4,7	5,5
1994	-1,9	0,2	-0,2	-3,6	2,8	4,1	8,6	12,8	16,5	13,7	10,0	3,9	5,6
1995	4,2	0,2	-3,1	1,2	-0,8	4,3	8,6	10,1	15,7	14,1	9,5	9,1	6,1
1996	-0,4	-4,1	-4,6	-5,6	-2,9	5,1	8,3	12,4	12,4	13,1	7,2	6,9	4,0
1997	2,1	-5,3	-3,9	0,5	2,5	1,8	9,5	12,0	13,1	14,8	10,5	3,8	5,1
1998	0,8	-0,7	-1,0	1,2	0,8	5,4	9,7	12,8	12,8	12,9	9,5	5,7	5,8
1999	-1,5	-2,5	-0,8	-3,7	2,3	4,9	10,0	11,7	15,1	13,5	13,7	6,1	5,7
2000	0,5	-1,2	-2,7	0,5	1,6	6,5	11,2	13,9	12,8	14,8	10,8	8,7	6,4
2001	3,2	0,2	-2,8	-1,4	0,9	3,2	10,8	11,3	14,9	15,2	8,4	10,2	6,2
2002	0,6	-3,9	-1,5	1,5	2,3	3,6	10,9	14,6	14,5	15,2	9,5	5,4	6,1
2003	2,8	-2,8	-3,4	-4,9	2,1	3,8	11,2	16,5	14,6	17,2	10,8	2,3	5,9
2004	3,3	-1,4	-4,6	-0,8	0,3	5,2	7,7	12,6	13,7	14,7	10,4	7,0	5,7
2005	1,9	-1,3	-1,5	-5,2	-0,1	5,7	9,6	13,6	14,5	12,4	11,8	8,3	5,8
2006	1,3	-2,5	-4,9	-4,0	-1,6	4,3	9,3	14,0	17,5	12,2	13,5	-	-
Průměr (62-05)	1,3	-2,0	-3,0	-2,6	0,4	3,8	8,9	12,1	13,7	13,4	10,1	6,2	5,2
Průměr (69-03)	1,2	-1,8	-2,7	-2,4	0,7	3,6	9,0	12,1	13,8	13,6	10,1	6,0	5,3

Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50

Tab. VIII - Měsíční teploty vzduchu v povodí Rolavy po vodoměrnou stanici Chaloupky (ve °C)

Rok	Měsíc												Tr
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1961	-	-	-3,5	0,6	2,6	7,7	6,2	12,1	11,5	12,4	13,3	7,5	-
1962	1,5	-3,7	-1,8	-3,7	-4,1	4,8	5,7	9,7	11,5	12,7	9,3	5,9	4,0
1963	0,1	-6,5	-10,4	-8,2	-0,5	4,6	8,2	12,0	13,6	13,1	10,7	5,5	3,5
1964	4,9	-6,3	-5,1	-4,1	-3,6	4,7	9,9	14,3	14,3	11,9	10,2	4,3	4,6
1965	1,7	-2,7	-1,9	-5,3	-1,7	2,5	7,0	11,8	11,8	11,0	9,6	5,4	4,1
1966	-1,8	-0,4	-6,3	1,7	-0,5	5,9	8,8	13,0	12,4	11,9	9,6	9,0	5,3
1967	-0,7	-1,8	-3,2	-1,3	1,7	2,2	8,8	10,6	14,7	12,7	10,6	9,0	5,3
1968	1,3	-2,9	-4,7	-2,7	0,4	4,6	7,2	12,5	12,5	12,8	10,0	7,7	4,9
1969	1,1	-4,8	-2,6	-4,8	-2,3	2,7	10,0	11,0	14,8	12,6	10,8	7,8	4,7
1970	2,1	-7,4	-5,1	-4,8	-2,2	1,7	7,0	12,7	12,9	13,2	9,8	5,8	3,8
1971	3,3	-2,6	-3,1	-2,6	-2,9	4,4	10,2	10,5	14,4	14,9	7,9	5,2	5,0
1972	0,4	0,7	-5,3	-0,8	2,2	3,3	7,5	11,6	14,4	12,2	7,2	3,1	4,7
1973	1,3	-1,4	-2,5	-1,8	0,1	1,5	8,7	12,2	13,5	13,7	11,0	4,2	5,0
1974	-0,1	-2,9	0,2	-0,5	2,8	3,6	7,5	10,4	12,1	14,2	10,3	2,1	5,0
1975	1,3	1,4	1,0	-1,4	0,9	3,1	8,7	11,3	14,5	14,9	13,0	5,4	6,2
1976	-0,2	-1,7	-2,6	-2,0	-2,6	2,6	9,1	13,0	15,4	11,7	9,5	6,9	4,9
1977	1,9	-3,9	-2,5	-0,9	3,1	2,2	8,4	12,7	13,1	13,1	8,5	7,9	5,3
1978	1,9	-1,0	-2,9	-4,0	1,3	3,1	8,0	11,0	12,2	11,4	9,1	6,3	4,7
1979	2,1	-1,8	-6,9	-3,3	0,8	2,5	9,3	14,1	11,8	12,5	9,5	5,6	4,7
1980	0,4	1,0	-5,6	-0,6	-0,3	1,1	5,9	11,4	11,5	12,8	10,5	4,8	4,4
1981	-0,4	-2,7	-5,1	-3,9	3,3	3,7	9,0	12,1	12,5	13,1	11,0	5,4	4,8
1982	1,3	-5,3	-4,3	-3,7	0,9	1,8	8,6	12,4	14,4	13,5	13,0	7,0	5,0
1983	2,6	-0,5	0,5	-4,7	0,9	4,9	8,2	12,4	16,3	13,9	10,5	6,2	5,9
1984	0,3	-2,4	-2,8	-3,7	-1,8	2,7	7,0	10,2	12,1	13,1	8,9	7,6	4,3
1985	2,6	-1,3	-8,2	-6,2	-0,3	3,4	9,4	9,6	13,3	13,0	10,2	6,3	4,3
1986	-2,1	0,7	-3,5	-8,7	-0,3	3,5	10,8	11,9	12,9	12,9	8,3	6,7	4,4
1987	2,6	-1,2	-8,2	-3,0	-5,2	4,7	6,3	10,5	13,2	11,6	11,5	5,9	4,1
1988	1,8	-0,8	0,3	-1,3	-1,5	3,7	9,8	10,9	13,4	13,2	9,7	7,0	5,5
1989	-0,9	-0,6	0,1	0,6	3,5	3,9	9,4	11,2	13,9	13,0	11,3	7,2	6,1
1990	-0,6	-0,1	-0,7	2,0	3,6	3,1	10,1	11,9	13,1	14,3	7,7	6,3	5,9
1991	1,6	-2,8	-1,4	-5,8	3,2	2,9	5,3	10,4	15,5	13,9	11,3	4,7	4,9
1992	1,2	-2,2	-1,4	-0,2	0,7	3,6	10,3	13,7	14,9	16,3	10,2	3,6	5,9
1993	2,1	-1,4	-1,1	-3,3	-0,3	6,1	11,4	12,4	12,8	12,7	8,9	4,6	5,4
1994	-2,0	-0,1	-0,5	-3,4	2,5	4,0	8,5	12,6	16,7	13,7	9,9	3,8	5,5
1995	3,9	0,0	-3,3	0,9	-1,1	4,6	8,5	10,0	16,8	14,4	8,9	8,9	6,1
1996	-0,9	-5,0	-4,9	-5,5	-3,2	4,7	7,6	11,9	11,6	13,3	6,7	6,2	3,5
1997	1,1	-5,5	-3,3	-0,1	1,9	1,5	9,0	11,7	12,7	15,5	10,3	3,7	4,9
1998	0,8	-1,4	-1,1	1,6	0,3	5,6	10,1	13,0	12,6	12,9	9,9	5,1	5,8
1999	-2,1	-2,7	-0,9	-4,2	1,4	4,7	9,9	10,9	14,8	12,9	13,6	4,9	5,3
2000	-0,6	-2,4	-3,8	-0,7	0,2	6,9	11,0	13,4	11,1	14,4	10,7	7,9	5,7
2001	2,8	5,5	-3,0	-1,5	0,4	3,1	10,0	10,3	14,5	15,4	8,1	9,8	6,3
2002	0,0	-4,5	-1,9	1,1	1,6	3,9	10,7	13,7	14,5	15,3	9,1	4,5	5,7
2003	2,3	-3,0	-4,1	-4,5	1,7	3,8	11,2	15,8	14,7	17,0	10,5	2,1	5,6
2004	3,4	-1,6	-4,9	-1,8	0,1	5,3	7,7	11,0	13,0	14,4	9,9	6,4	5,2
2005	0,3	-1,8	-1,8	-6,0	-0,9	5,5	9,7	12,0	14,1	11,9	11,4	7,9	5,2
2006	0,1	-3,4	-5,3	-4,7	-2,7	3,8	8,9	13,0	17,8	11,1	13,3	-	-
Průměr (62-05)	1,0	-2,1	-3,2	-2,7	0,1	3,7	8,8	11,9	13,6	13,4	10,0	5,9	5,0
Průměr (69-03)	0,9	-1,8	-2,9	-2,5	0,4	3,5	8,9	11,9	13,7	13,6	9,9	5,7	5,1

Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50

Tab. IX - Seónní teploty vzduchu v povodí Rolavy po vodoměrné stanici Stará Role a Chaloupky (ve °C)

Rok	Stará Role						Chaloupky					
	Jaro	Léto	Podzim	Zima	Teplý půlrok	Chladný půlrok	Jaro	Léto	Podzim	Zima	Teplý půlrok	Chladný půlrok
1961	5,7	12,2	-	-	10,7	-	5,5	12,0	-	-	10,5	-
1962	2,3	11,4	5,7	-2,9	9,1	-0,8	2,1	11,3	5,6	-3,1	9,0	-1,0
1963	4,2	12,9	5,6	-8,5	10,4	-3,3	4,1	12,9	5,4	-8,4	10,4	-3,3
1964	3,8	13,6	6,7	-5,1	11,0	-1,5	3,7	13,5	6,5	-5,1	10,9	-1,6
1965	2,7	11,6	5,7	-3,3	9,1	-0,7	2,6	11,5	5,6	-3,3	9,0	-0,8
1966	4,9	12,6	5,8	-1,3	10,4	0,6	4,7	12,4	5,6	-1,7	10,3	0,3
1967	4,4	12,6	6,5	-1,8	9,9	0,9	4,2	12,6	6,3	-2,1	9,9	0,6
1968	4,1	12,7	6,5	-3,2	10,0	0,1	4,1	12,6	6,3	-3,5	9,9	-0,2
1969	3,6	12,9	6,7	-4,0	10,4	-0,9	3,5	12,8	6,6	-4,1	10,3	-0,9
1970	2,4	13,1	6,1	-5,5	9,7	-1,7	2,2	13,0	5,9	-5,7	9,6	-1,9
1971	4,0	13,4	5,6	-2,6	10,5	-0,3	3,9	13,3	5,5	-2,8	10,4	-0,4
1972	4,5	12,9	3,7	-1,8	9,5	0,2	4,3	12,8	3,6	-1,8	9,4	0,1
1973	3,3	13,0	5,6	-2,1	10,0	-0,1	3,5	13,1	5,5	-1,9	10,1	0,0
1974	4,7	12,2	4,3	-0,8	9,7	0,5	4,6	12,2	4,1	-1,1	9,7	0,3
1975	4,4	13,5	6,7	0,5	10,9	1,6	4,3	13,6	6,6	0,3	10,9	1,4
1976	2,9	13,2	5,5	-2,0	10,1	-0,3	3,1	13,3	5,4	-2,1	10,2	-0,4
1977	4,7	13,0	6,2	-2,1	9,7	1,2	4,6	13,0	6,1	-2,4	9,7	1,0
1978	4,1	11,5	6,0	-2,6	9,2	0,3	4,1	11,5	5,8	-2,7	9,1	0,2
1979	4,4	12,8	5,7	-4,0	10,0	-0,6	4,2	12,8	5,7	-4,0	10,0	-0,6
1980	2,4	12,1	5,4	-1,6	9,0	0,1	2,3	11,9	5,2	-1,7	8,9	0,0
1981	5,5	12,8	5,6	-3,7	10,4	-0,3	5,3	12,6	5,3	-3,9	10,2	-0,6
1982	3,9	13,5	7,4	-4,2	10,7	-0,4	3,8	13,4	7,1	-4,4	10,6	-0,7
1983	4,8	14,2	6,6	-1,6	11,1	0,9	4,7	14,2	6,5	-1,6	11,0	0,8
1984	2,8	11,9	5,8	-2,9	9,2	-0,3	2,6	11,8	5,6	-2,9	9,0	-0,5
1985	4,3	12,1	6,5	-5,4	10,0	-1,2	4,2	12,0	6,4	-5,3	9,8	-1,2
1986	4,8	12,7	4,5	-4,2	10,2	-1,3	4,6	12,6	4,3	-3,8	10,1	-1,2
1987	2,1	11,9	6,8	-4,1	9,8	-1,4	2,0	11,8	6,7	-4,1	9,6	-1,5
1988	4,1	12,6	6,4	-0,5	10,2	1,1	4,0	12,5	6,2	-0,6	10,1	0,9
1989	5,7	12,8	6,1	0,3	10,6	1,9	5,6	12,7	5,9	0,0	10,5	1,7
1990	5,8	13,2	4,6	0,5	10,2	1,9	5,6	13,1	4,5	0,4	10,0	1,8
1991	4,0	13,4	6,1	-3,3	10,0	0,1	3,8	13,3	5,8	-3,3	9,9	-0,1
1992	5,0	15,0	5,2	-1,0	11,6	0,5	4,9	15,0	5,0	-1,3	11,5	0,3
1993	5,8	12,9	5,4	-2,0	10,9	0,2	5,7	12,6	5,2	-2,0	10,7	0,1
1994	5,2	14,3	4,0	-1,2	11,0	0,2	5,0	14,3	3,9	-1,3	10,9	0,1
1995	4,0	13,3	7,6	-0,6	10,4	1,8	4,0	13,7	7,3	-0,8	10,5	1,6
1996	3,5	12,6	4,6	-4,8	9,7	-1,8	3,1	12,3	4,0	-5,1	9,3	-2,2
1997	4,6	13,3	5,5	-2,9	10,3	-0,1	4,1	13,3	5,0	-2,9	10,1	-0,4
1998	5,3	12,8	5,3	-0,2	10,5	1,1	5,3	12,8	5,3	-0,3	10,7	0,9
1999	5,7	13,4	6,1	-2,3	11,5	0,0	5,3	12,9	5,5	-2,6	11,1	-0,6
2000	6,4	13,8	6,7	-1,1	11,7	1,2	6,0	13,0	6,0	-2,3	11,3	0,1
2001	5,0	13,8	7,3	-1,3	10,6	1,7	4,5	13,4	6,9	0,3	10,2	2,3
2002	5,6	14,8	5,2	-1,3	11,4	0,7	5,4	14,5	4,5	-1,8	11,2	0,1
2003	5,7	16,1	5,3	-3,7	12,4	-0,6	5,6	15,9	5,0	-3,9	12,2	-0,9
2004	4,4	13,7	6,9	-2,3	10,7	0,6	4,3	12,8	6,6	-2,8	10,2	0,3
2005	5,1	13,5	7,3	-2,7	11,3	0,3	4,7	12,6	6,5	-3,2	10,8	-0,4
2006	4,0	14,6	-	-3,8	11,8	-	3,3	14,0	-	-4,5	11,3	-

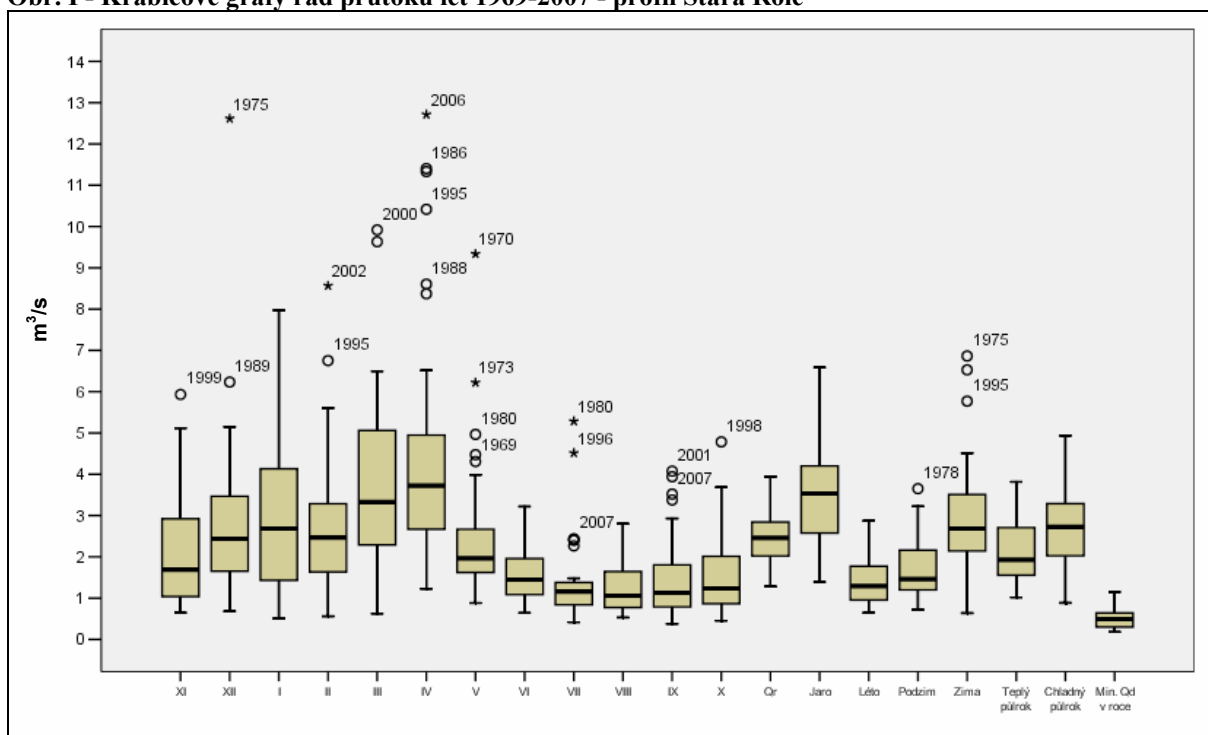
Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50

Tab. X - Měsíční, roční a zimní výšky sněhové pokrývky na povodí Rolavy po vodoměrné stanici Stará Role a Chaloupky (v cm)

Rok	Stará Role								Chaloupky							
	11	12	1	2	3	4	Sr	Zima	11	12	1	2	3	4	Sr	Zima
1961	-	-	25	18	6	0	-	-	-	-	38	33	13	0	-	-
1962	1	4	6	35	29	2	13	15	1	8	12	62	47	5	22	27
1963	4	30	61	75	53	2	38	56	6	39	76	111	92	3	54	75
1964	1	4	17	32	8	0	10	18	1	5	21	56	11	1	16	27
1965	1	15	29	110	109	3	45	52	2	22	49	167	167	5	69	79
1966	8	21	31	8	8	1	13	20	12	39	58	19	16	2	24	39
1967	7	37	77	37	6	1	27	50	10	50	94	57	13	3	38	67
1968	1	31	52	32	29	2	25	38	2	46	84	47	29	5	35	59
1969	1	9	36	46	17	3	19	30	3	12	49	70	27	6	28	44
1970	4	23	36	69	146	27	51	43	6	21	46	84	250	24	72	51
1971	1	7	22	16	45	0	15	15	2	11	35	32	73	1	26	26
1972	7	7	6	8	3	0	5	7	10	15	14	18	7	0	11	16
1973	3	3	5	24	16	7	10	11	6	7	7	39	22	12	16	18
1974	5	48	41	20	3	0	20	36	7	70	65	35	9	0	31	57
1975	3	21	15	13	7	4	11	16	4	40	24	30	14	2	19	31
1976	8	6	31	38	11	0	16	25	12	13	61	61	10	1	26	45
1977	4	33	42	12	3	1	16	29	6	52	69	26	6	2	27	49
1978	4	16	33	53	7	0	19	34	4	24	46	78	10	0	27	49
1979	1	5	36	40	24	4	18	27	2	9	46	52	41	3	26	36
1980	2	3	47	34	15	11	19	28	4	5	62	52	24	15	27	40
1981	3	19	61	62	18	2	28	47	5	24	79	76	25	3	35	60
1982	5	67	46	35	6	1	27	49	8	90	67	54	10	4	39	70
1983	1	4	5	24	8	1	7	11	2	5	10	31	12	3	11	16
1984	2	13	19	49	9	6	16	27	4	22	31	84	11	10	27	45
1985	1	2	23	16	13	4	10	14	1	3	43	31	23	4	18	26
1986	5	5	35	45	17	2	18	28	7	7	45	67	22	4	25	40
1987	1	15	53	49	68	1	31	39	1	16	87	76	130	3	52	60
1988	1	2	7	32	92	16	25	14	2	3	12	49	129	40	39	21
1989	7	19	15	15	8	2	11	17	11	40	27	34	11	2	21	34
1990	6	15	0	9	9	1	7	8	7	23	1	14	13	2	10	13
1991	2	20	3	18	4	2	8	13	4	31	7	29	4	2	13	22
1992	1	14	23	19	13	7	13	19	2	26	50	38	28	9	26	38
1993	2	9	6	32	29	2	13	16	3	14	7	36	41	1	17	19
1994	6	10	10	18	8	3	9	13	12	19	22	37	19	3	19	26
1995	0	5	36	7	8	5	10	16	1	7	47	15	12	5	14	23
1996	10	6	6	20	24	4	12	11	14	9	12	30	39	10	19	17
1997	2	24	24	13	5	3	12	20	3	32	27	25	4	2	16	28
1998	0	4	7	7	6	1	4	6	0	7	10	12	7	1	6	10
1999	11	27	18	43	24	2	21	29	14	30	18	62	34	1	26	36
2000	4	16	44	23	13	4	17	28	4	17	57	45	28	3	26	40
2001	0	2	10	8	9	2	5	7	0	2	10	14	10	4	7	9
2002	3	27	66	6	7	2	19	33	5	30	78	7	5	1	21	38
2003	2	3	9	37	9	3	10	16	2	3	11	47	13	4	13	20
2004	0	8	40	12	16	1	13	20	0	11	46	15	17	1	15	24
2005	7	12	-	-	-	-	-	-	9	17	-	-	-	-	-	-
Průměr (62-04)	3	15	28	30	22	3	17	24	5	23	40	48	36	5	26	36
Průměr (69-03)	3	15	25	27	20	4	16	22	5	21	37	43	32	5	24	33

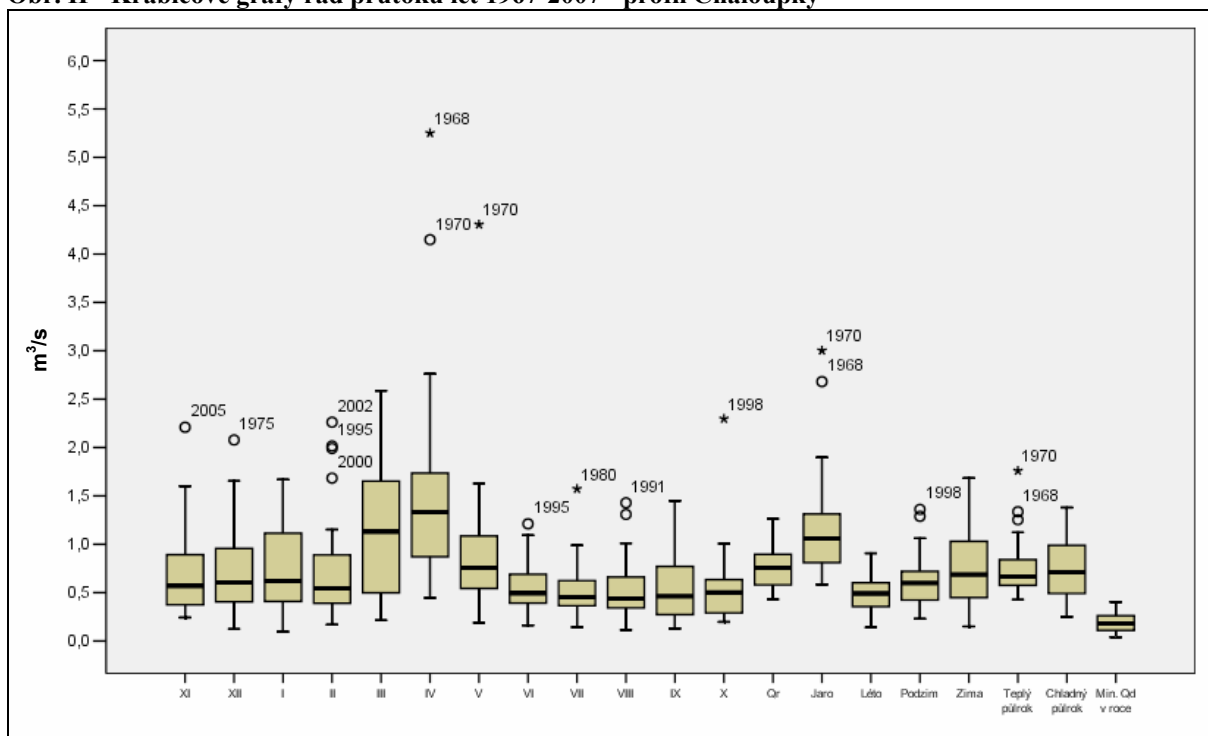
Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Obr. I - Krabicové grafy řad průtoků let 1969-2007 - profil Stará Role



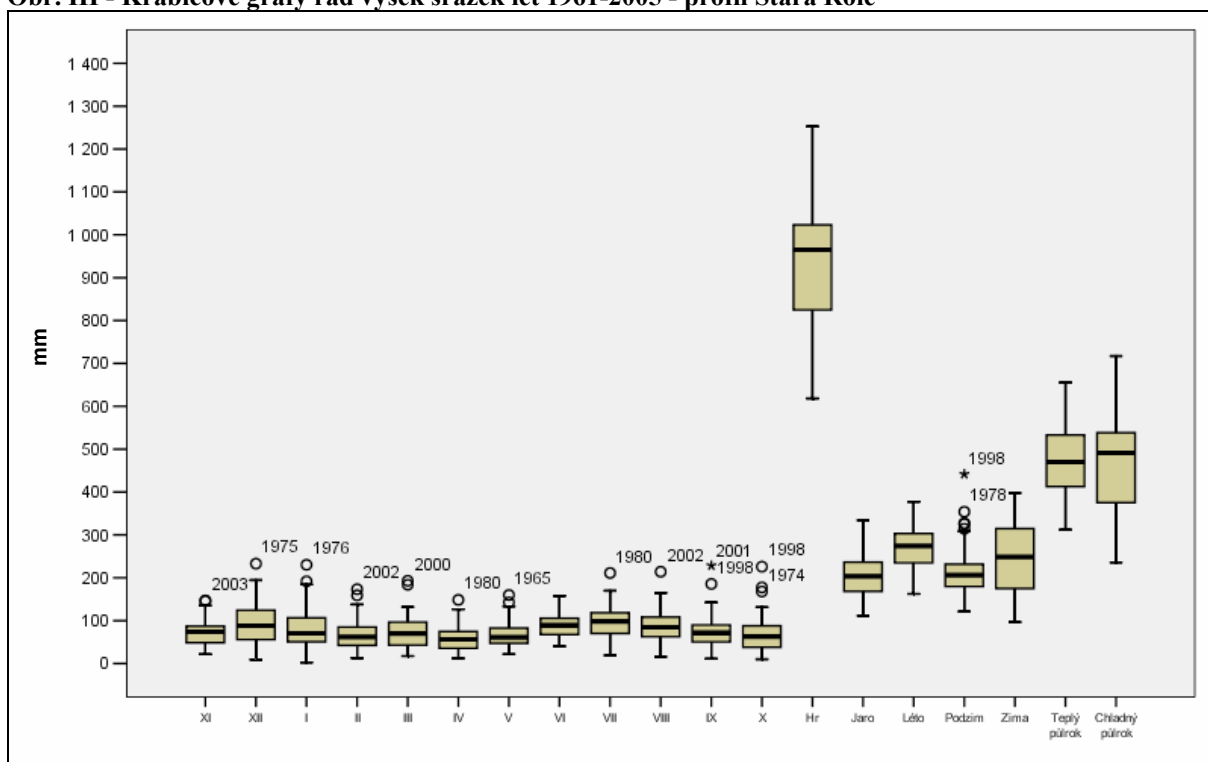
Zdroj: ČHMÚ

Obr. II - Krabicové grafy řad průtoků let 1967-2007 - profil Chaloupky



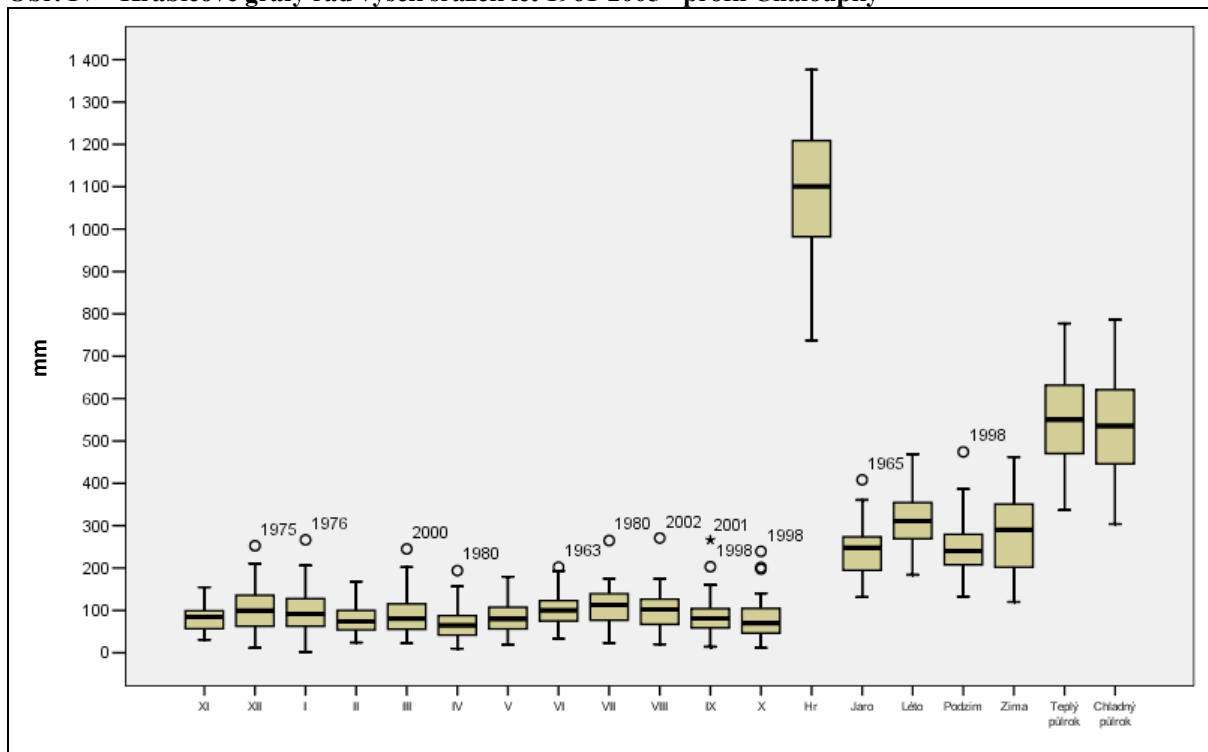
Zdroj: ČHMÚ

Obr. III - Krabicové grafy řad výšek srážek let 1961-2005 - profil Stará Role



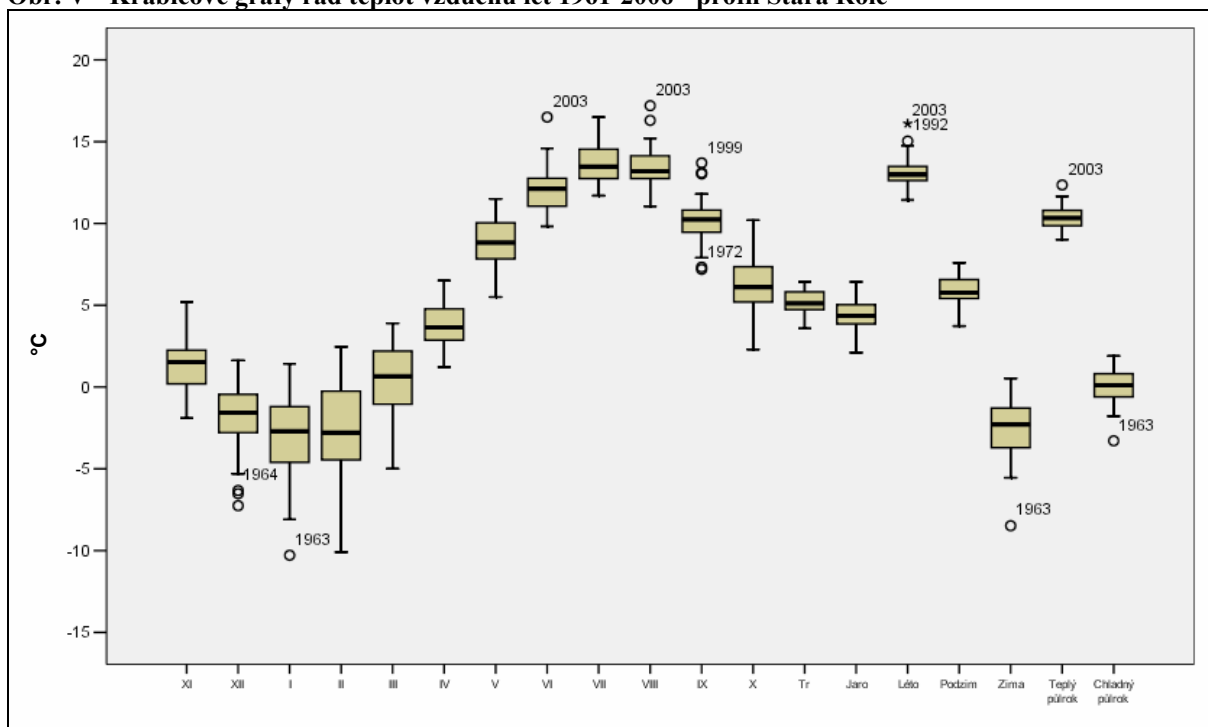
Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Obr. IV - Krabicové grafy řad výšek srážek let 1961-2005 - profil Chaloupky



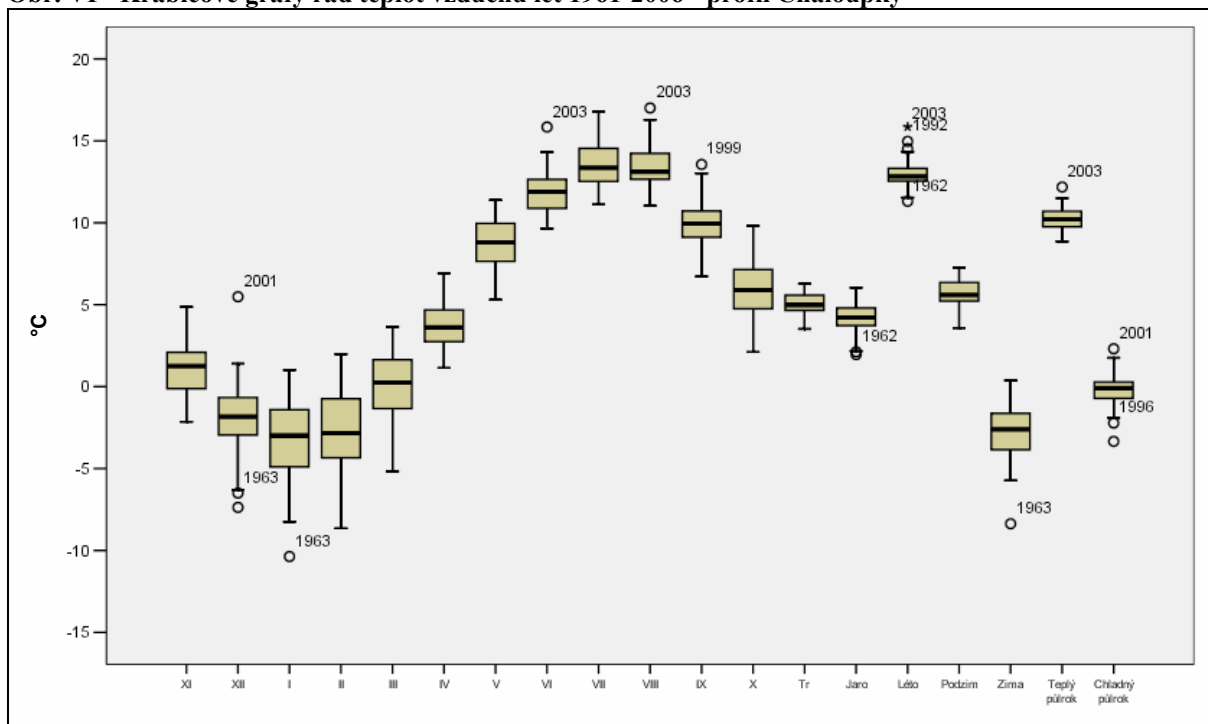
Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Obr. V - Krabicové grafy řad teplot vzduchu let 1961-2006 - profil Stará Role



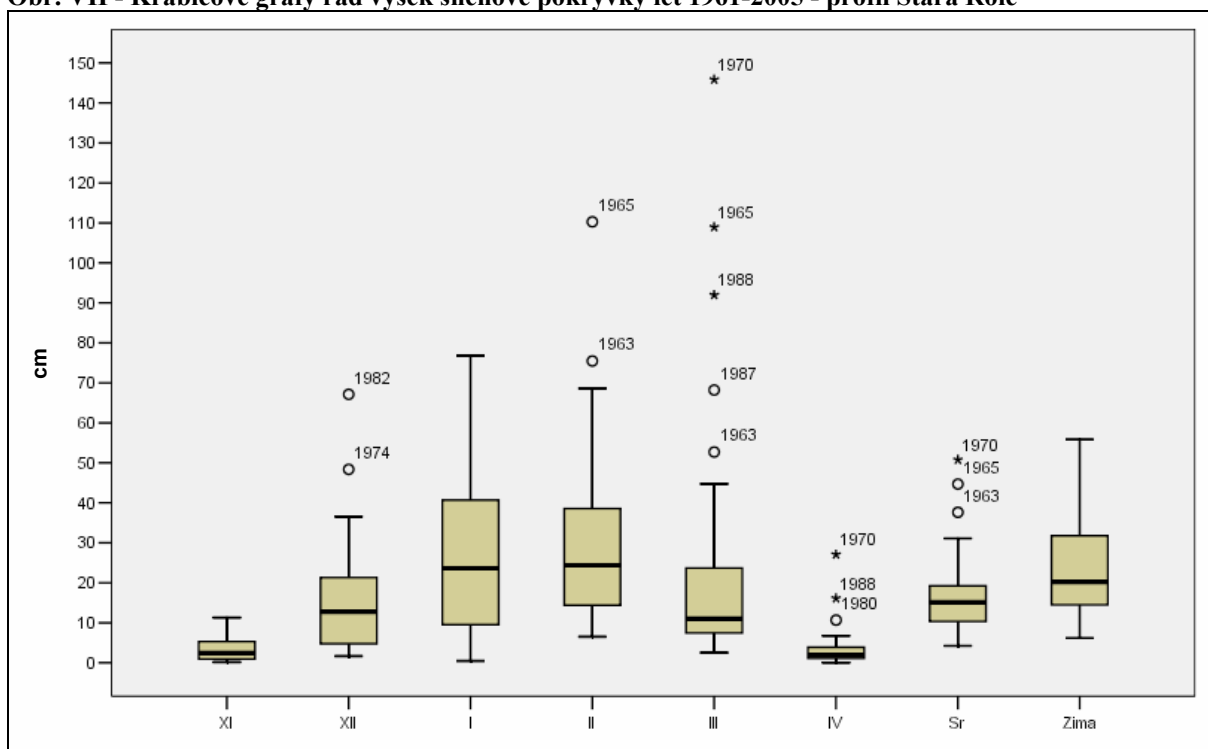
Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50

Obr. VI - Krabicové grafy řad teplot vzduchu let 1961-2006 - profil Chaloupky



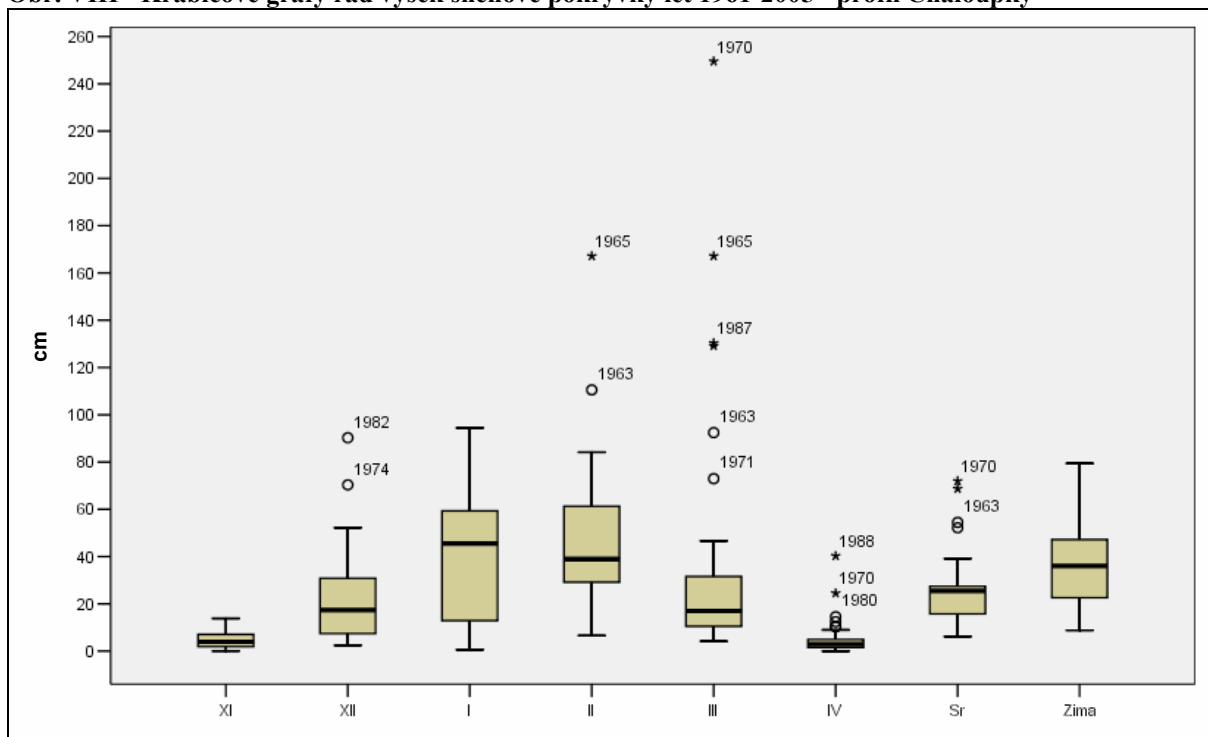
Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; ZABAGED; ZM50

Obr. VII - Krabicové grafy řad výšek sněhové pokrývky let 1961-2005 - profil Stará Role



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)

Obr. VIII - Krabicové grafy řad výšek sněhové pokrývky let 1961-2005 - profil Chaloupky



Zdroj: ČHMÚ; DWD; „Sächsische Klimadatenbank“; DIBAVOD; LEDVINKA (2006)