

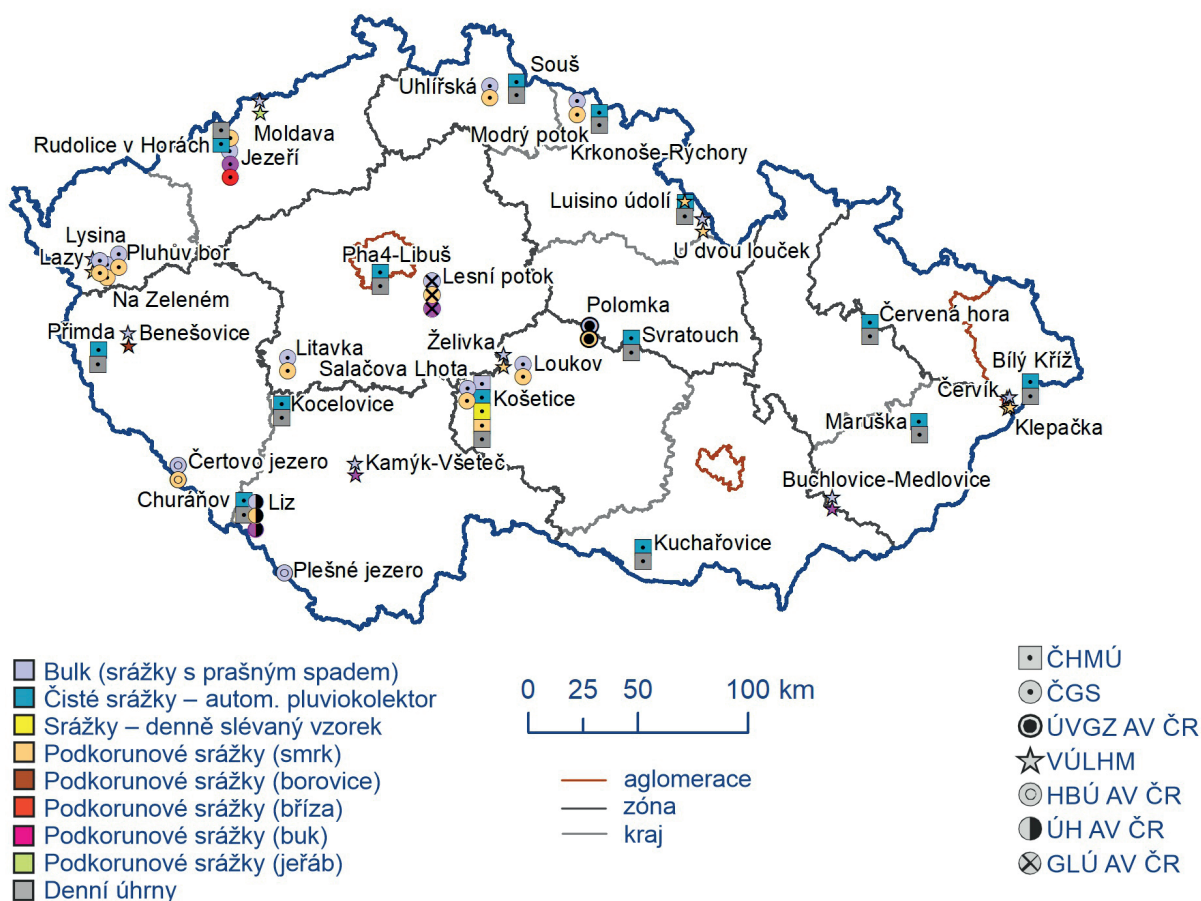
IX. ATMOSFÉRICKÁ DEPOZICE NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY

Atmosférická depozice je tok látek z atmosféry k zemskému povrchu (Braniš, Hůnová 2009). Jedná se o významný proces přispívající k samočištění ovzduší, na druhé straně je však vstupem znečišťujících látek do jiných složek prostředí. Atmosférická depozice má mokrou a suchou složku. Mokrú složku je spojena s výskytem atmosférických srážek (depozice vertikální: déšť, sníh, kroupy; horizontální: mlha, námraza, jinovatka), a je tedy epizodická. Složka suchá představuje depozici plynů a částic různými mechanismy a probíhá neustále.

Atmosférická depozice většiny sledovaných látek se v Evropě za posledních dvacet let významně snížila, v řadě regionů však stále zůstává problémem (EEA 2011). Na území ČR se chemické složení atmosférických srážek a atmosférická depozice sledují dlouhodobě na poměrně značném počtu lokalit.

V roce 2022 byla do databáze Informačního systému kvality ovzduší (ISKO) dodána data o chemickém složení atmosférických srážek celkem z 39 lokalit v ČR (Obr. IX.1). V ČR zajišťuje měření ČHMÚ (14 lokalit), ČGS (10 lokalit), VÚLHM (10 lokalit), HBÚ AV ČR (2 lokality) a ÚH AV ČR, ÚVGZ AV ČR a GLÚ AV ČR (po 1 lokalitě). Dále byla dodána data ze 2 slovenských lokalit (SHMÚ) a 3 německých lokalit (LfULG) v příhraničních oblastech (ČHMÚ 2023e).

Látky prezentované v kapitole atmosférické depozice nemají legislativně stanovené limity, jak je tomu v případě imisí. Z tohoto důvodu byla zvolena odlišná barevná škála za účelem větší přehlednosti depozičních map. Podrobnější informace o atmosférické depozici, odběrech vzorků, měření a kvantifikaci jejich složek a specifikace tvorby map jsou k dispozici v ČHMÚ (2023d).



Obr. IX.1 Staniční síť sledování kvality atmosférických srážek a atmosférické depozice, 2022

Z důvodu poruchy přístroje nejsou k dispozici údaje o mokré depozici těžkých kovů na stanicích ČHMÚ. Množství dat ze stanic ostatních dodavatelů není dostatečné pro tvorbu depozičních map, proto není v textu uvedeno hodnocení mokré a celkové depozice těžkých kovů.

Výsledky

Rok 2022 byl v ČR srážkově normální. Průměrný roční úhrn srážek 634 mm představuje 93 % dlouhodobého normálu 1991–2020 (více viz kap. III). Nižší srážkové úhrny v porovnání s rokem 2021 (683 mm) se projevily na snížení všech depozic, s výjimkou suché depozice síry.

Depozice síry

Průměrná hodnota depozičního toku síry v roce 2022 byla $0,340 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ (Tab. IX.1). Oproti roku 2021 ($0,385 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) se jedná o pokles o 12 %.

Pole celkové depozice síry vyjadřuje celkovou úroveň depozice síry na plochu ČR. Její kvantifikace se provádí na základě měřených koncentrací SO_4^{2-} v atmosférických srážkách a imisních koncentrací SO_2 . V roce 2022 činila celková depozice síry 26 800 t (Tab. IX.2), což je oproti roku 2021 pokles o 11 % (30 335 t). Na 94 % plochy ČR byla v roce 2022 hodnota celkového depozičního toku síry nižší než $0,5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Vyšších hodnot bylo dosaženo

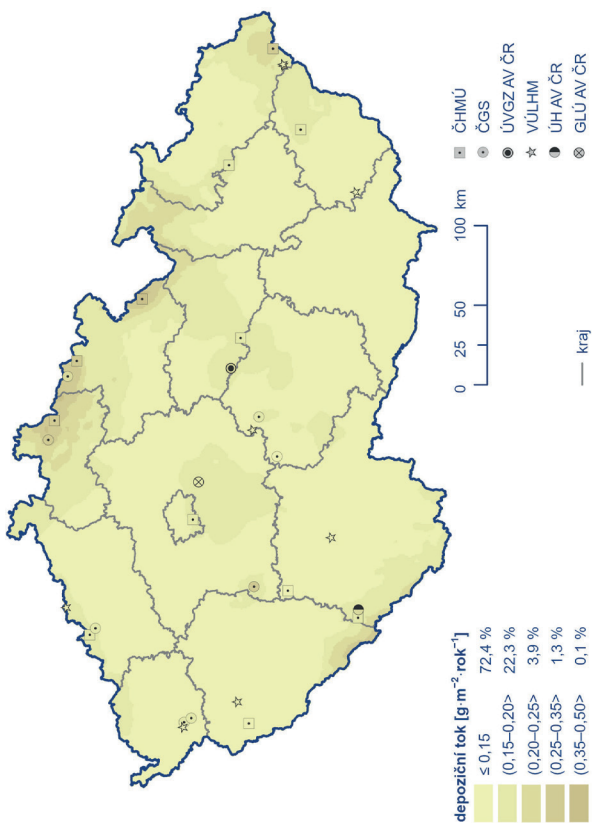
v oblasti Krušných a Jizerských hor, Krkonoš, Orlických hor a Jeseníků, Ostravska a Moravskoslezských Beskyd. (Obr. IX.2).

Mokrá depozice síry (S_SO_4^{2-}) dosáhla v roce 2022 hodnoty 10 724 t, zatímco v roce 2021 hodnoty 14 786 t (pokles o 27 %). Na celém území ČR se hodnoty depozičního toku pohybovaly pod $0,5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Vyšších hodnot mokré složky ($> 0,25 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) pak bylo dosaženo v Krkonoších a v Jizerských a Orlických horách (1,4 %; Obr. IX.3). Suchá depozice síry (S_SO_2) dosáhla v roce 2022 hodnoty 16 076 t, zatímco v roce 2021 to bylo 15 549 t (nárůst o 3 %). Na většině území ČR (99,9 %) se hodnoty depozičního toku S_SO_2 pohybovaly pod $0,5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Vyšší hodnoty suché složky byly dosahovány v Krušných horách a na Ostravsku (Obr. IX.4).

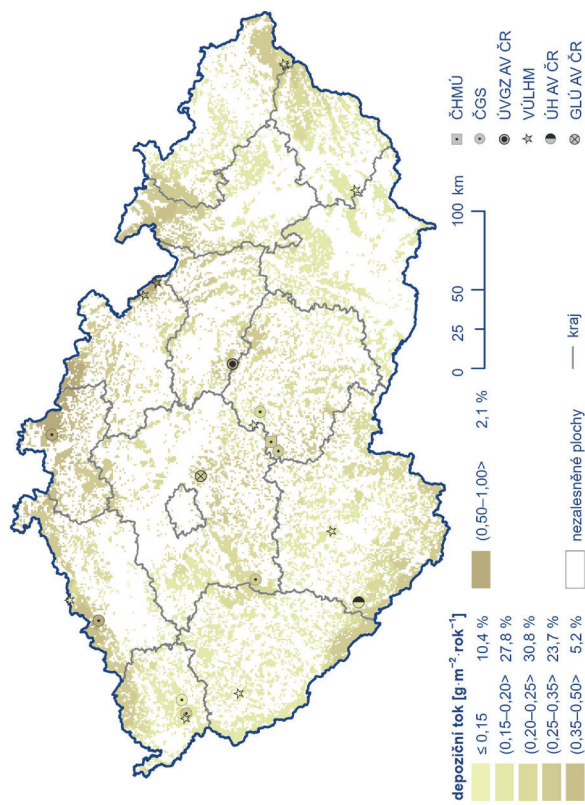
Podkorunová depozice síry (S_SO_4^{2-}) na zalesněný povrch ČR dosáhla v roce 2022 hodnoty 6 152 t, což je oproti roku 2021 (7 174 t) pokles o 14 % (Tab. IX.3). Maximálních hodnot ($1 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) bylo dosaženo v horských příhraničních oblastech (2,1 % zalesněné plochy ČR; Obr. IX.5). Mapové zobrazení podkorunové depozice síry bylo vytvořeno pro místa s porosty na základě pole koncentrací síry v podkorunových srážkách („throughfall“) a z verifikovaného pole srážek procentuálně modifikovaného množstvím srážek naměřeným pod porosty na jednotlivých stanicích v rozsahu 54 % (Liz) až 103 % (Moldava) srážkového úhrnu na volné ploše pro rok 2022. Podkorunová depozice obecně zahrnuje mokrou vertikální a horizontální depozici (z mlh, nízkých oblačností a z námraz) a suchou depozici částic a plynů v lesních porostech.

Tab. IX.1 Průměrné hodnoty depozičních toků S, N a H v České republice, 2022

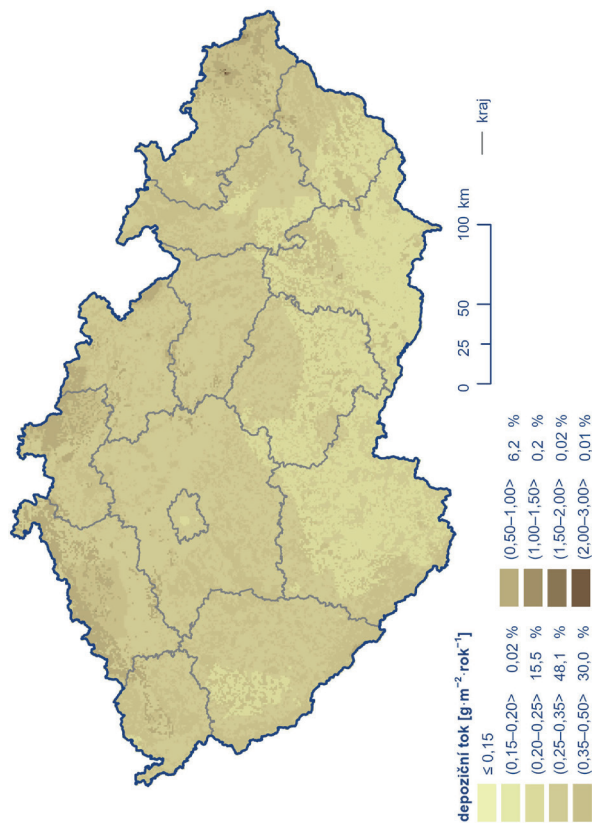
Prvek	Depozice	$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$	$\text{keq}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$
S (SO_4^{2-})	mokrá	0,136	0,085
S (SO_2)	suchá	0,204	0,127
S	celková	0,340	0,212
N (NO_3^-)	mokrá	0,126	0,090
N (NH_4^+)	mokrá	0,209	0,149
N (NO_x)	suchá	0,165	0,117
N	celková	0,499	0,357
H (pH)	mokrá	0,002	0,024
H (SO_2, NO_x)	suchá	0,024	0,243
H	celková	0,027	0,267



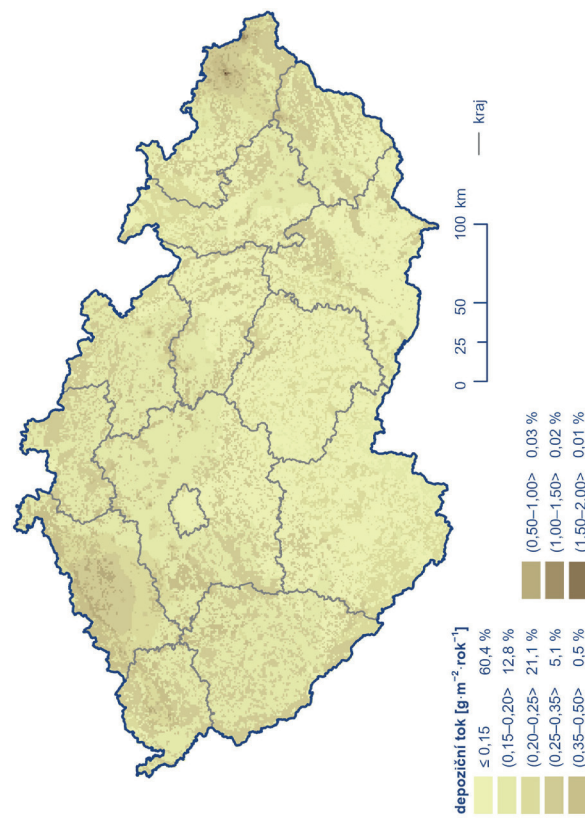
Obr. IX.3 Pole mokré roční depozice síry ($\text{S}_{\text{SO}_2^-}$), 2022



Obr. IX.5 Pole podkorunové roční depozice síry, 2022



Obr. IX.2 Pole celkové roční depozice síry, 2022



Obr. IX.4 Pole suché roční depozice síry (S_{SO_2}), 2022

Depozice dusíku

Průměrná hodnota depozičního toku dusíku v roce 2022 byla $0,499 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ (Tab. IX.1). Oproti roku 2021 ($0,702 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) se jedná o pokles o 29 %.

Celková depozice dusíku na plochu ČR byla v roce 2022 rovna hodnotě 39 375 t (Tab. IX.2). Ve srovnání s rokem 2021 (55 383 t) se jedná o pokles o 29 %. Na 93 % plochy ČR byla v roce 2022 hodnota celkového depozičního toku dusíku nižší než $0,75 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Vyšších hodnot bylo dosaženo v oblasti Jizerských a Orlických hor a Jeseníků (Obr. IX.6).

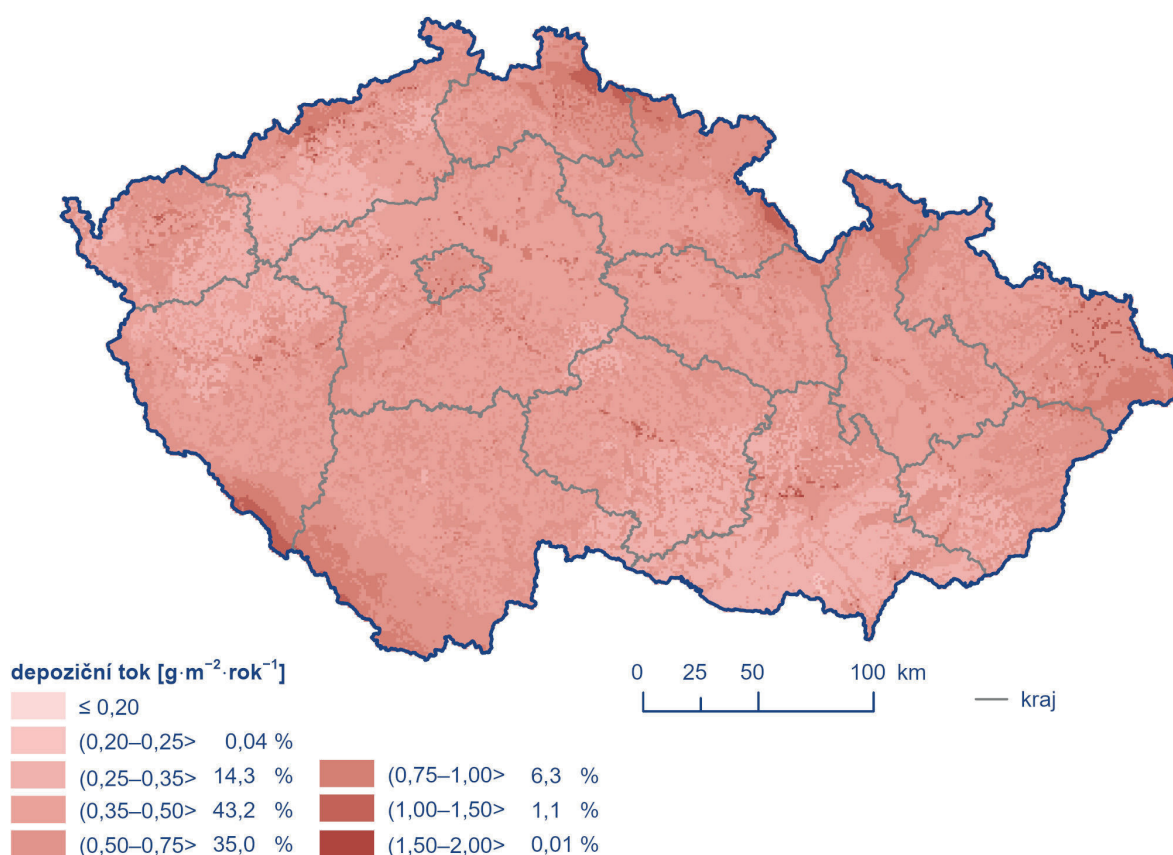
Depozice oxidovaných forem dusíku (N_2O), měla v roce 2022 hodnotu 22 921 t, zatímco v roce 2021 hodnotu 33 451 t (pokles o 32 %). Přičemž mokrá složka byla rovna hodnotě 9 950 t, což je oproti roku 2021 (18 876 t) pokles o 47 %, a suchá složka pak byla rovna hodnotě 12 971 t, tedy pokles o 11 % proti roku 2021 (14 575 t). Mokrá depozice redukovaných forem (N_2O) se v roce 2022 snížila na hodnotu 16 454 t oproti roku 2021 (21 932 t, pokles o 25 %). Celková mokrá depozice dusíku (součet mokré depozice N_2O a N_2O) pak byla v roce 2022 rovna hodnotě 26 404 t, což je v porovnání s rokem 2021 (40 808 t) pokles o 35 %.

Nejvyšší hodnoty (nad $0,35 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) mokré depozice oxidovaných (0,4 % území ČR) i redukovaných (4,7 % území ČR) forem

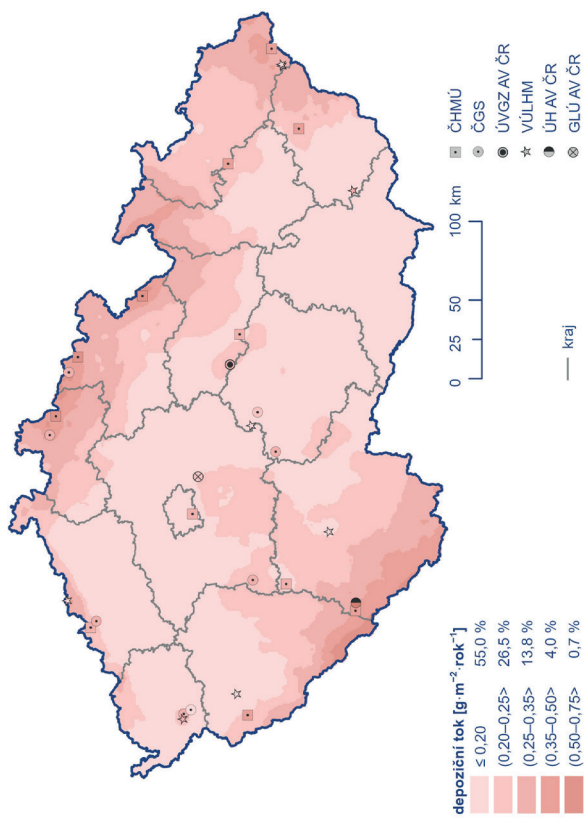
dusíku jsou zaznamenány v Krkonoších, Jizerských a Orlických horách a na Šumavě (Obr. IX.7, Obr. IX.8). Celková mokrá depozice se na většině území pohybuje pod $0,5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ (91,5 %), vyšších hodnot pak opět dosahuje v Krkonoších, v Jizerských a Orlických horách a na Šumavě (8,5 % rozlohy ČR, Obr. IX.9). Vyšší hodnoty celkové suché depozice (nad $0,75 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) jsou pozorovány lokálně v rámci celé ČR, přičemž činí 0,41 % celého území (Obr. IX.10).

Tab. IX.2 Odhad celkové roční depozice uvedených složek na plochu České republiky v tunách, 2022

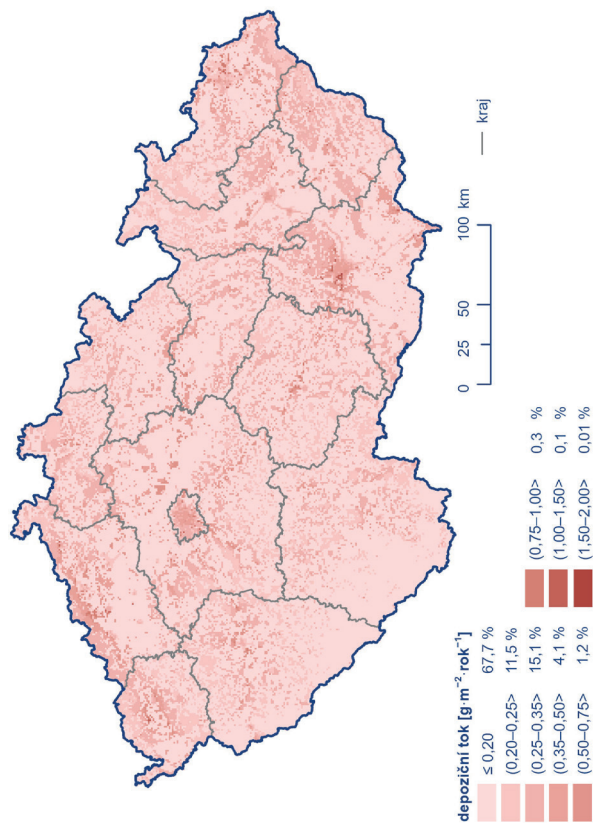
	Depozice [t]		
	mokrá	suchá	celková
S	10 724	16 076	26 800
N (ox)	9 950	12 971	22 921
N (red)	16 454		
N (ox + red)	26 404		39 375
H⁺	194	1 931	2 125
Cd		0,9	
Pb		18	



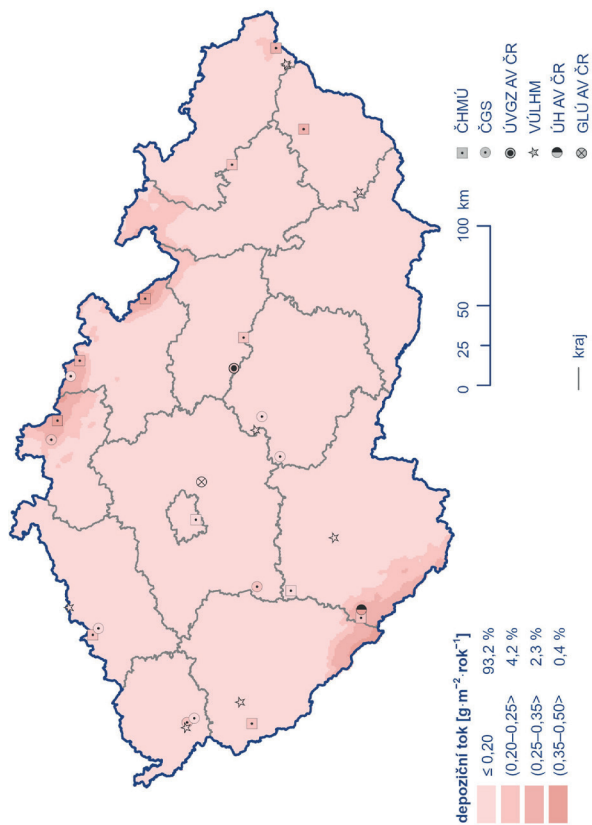
Obr. IX.6 Pole celkové roční depozice dusíku, 2022



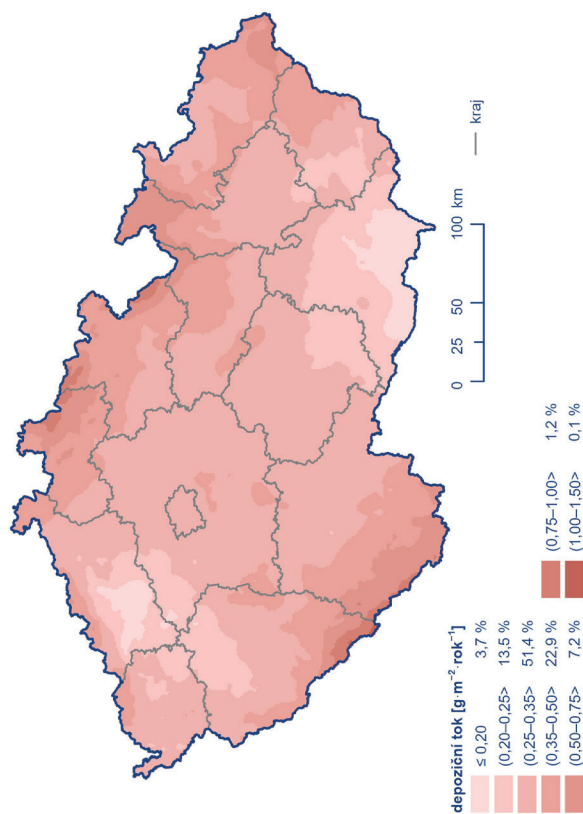
Obr. IX.8 Pole mokré roční depozice dusíku ($\text{N}_{\text{NH}_4^+}$), 2022



Obr. IX.10 Pole suché roční depozice dusíku (N_{NO_x}), 2022



Obr. IX.7 Pole mokré roční depozice dusíku ($\text{N}_{\text{NO}_3^-}$), 2022



Obr. IX.9 Pole celkové mokré roční depozice dusíku, 2022

Depozice vodíkových iontů

Průměrná hodnota depozičního toku vodíku v roce 2022 byla $0,027 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ (Tab. IX.1). Oproti roku 2021 ($0,028 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) se jedná o pokles o 4 %.

Celková depozice vodíkových iontů na plochu ČR byla v roce 2022 rovna hodnotě 2 125 t (Tab. IX.2). Oproti roku 2021 (2 232 t) se jedná o pokles o 5 %. Mokrý složka dosáhla v roce 2022 hodnoty 194 t, zatímco v roce 2021 to bylo 219 t (pokles o 12 %) a suchá složka byla v roce 2022 rovna hodnotě 1 931 t, oproti 2 013 t v roce 2021 (pokles o 4 %).

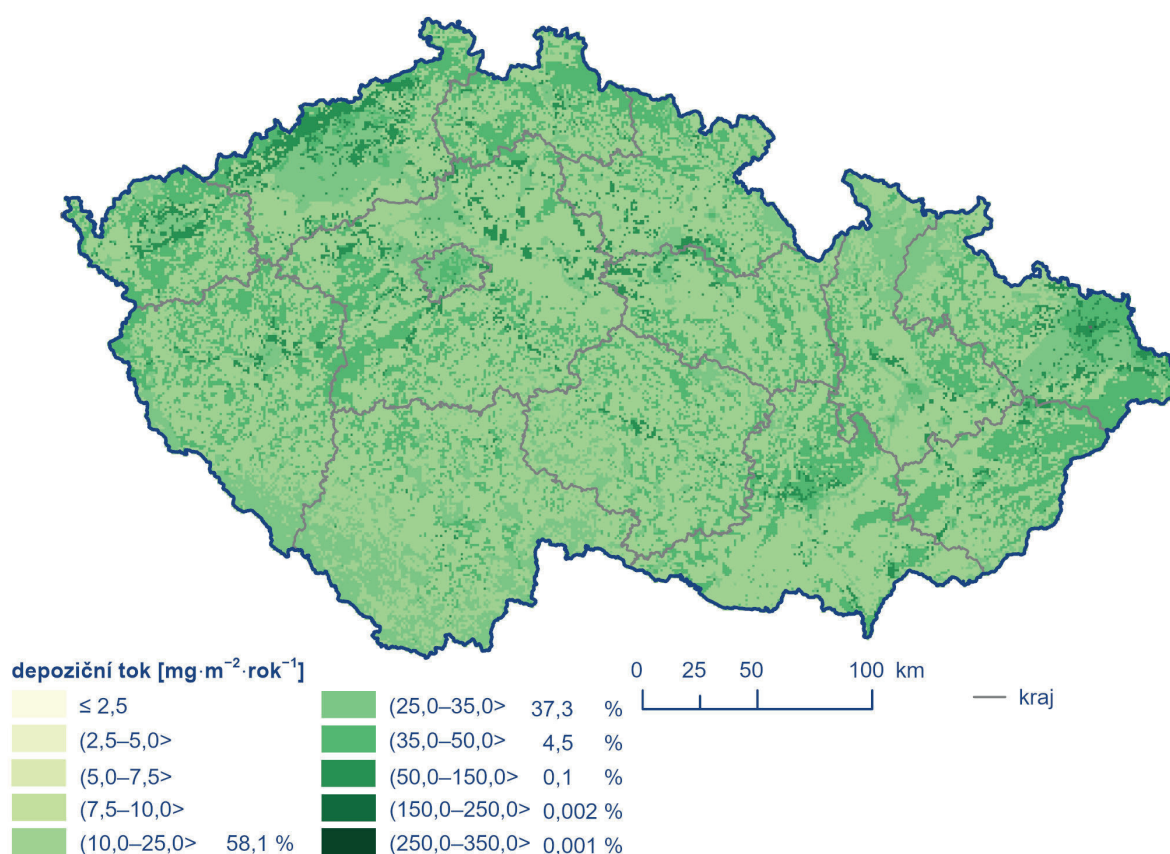
Celková depozice vodíkových iontů dosahuje na většině území ČR (99,9 %) hodnot mezi 10 a $50 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Vyšších hodnot je dosažováno v Krušných horách a na Ostravsku (Obr. IX.11). Mokrý depozice dosahuje hodnot maximálně $10 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$, přičemž nejvyšší hodnoty nad $5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ jsou zaznamenány ve vrcholových partiích Jizerských hor a Krkonoš (1,1 % ČR; Obr. IX.12). Suchá depozice je srovnatelná s celkovou depozicí (Obr. IX.13).

Depozice kademnatých, olovnatých, chloridových a nikelnatých iontů

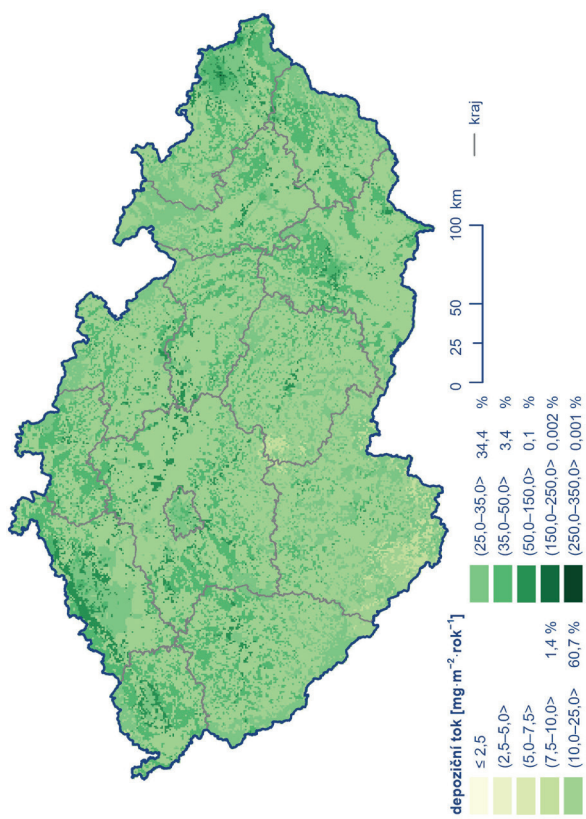
Suchá depozice kadmia byla v roce 2022 (0,9 t) stejná jako v roce 2021 (Tab. IX.2). Hodnot vyšších než $0,05 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ dosahuje téměř výhradně v Libereckém kraji, v Krkonoších a Podkrkonoší a částečně i na Ostravsku (2,3 % ČR; Obr. IX.14).

Suchá depozice olova byla v roce 2022 (18 t) srovnatelná s rokem 2021 (19 t; Tab. IX.2). Nejvyšších hodnot (nad $0,7 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) bylo dosaženo na Ostravsku (3,81 %; Obr. IX.15).

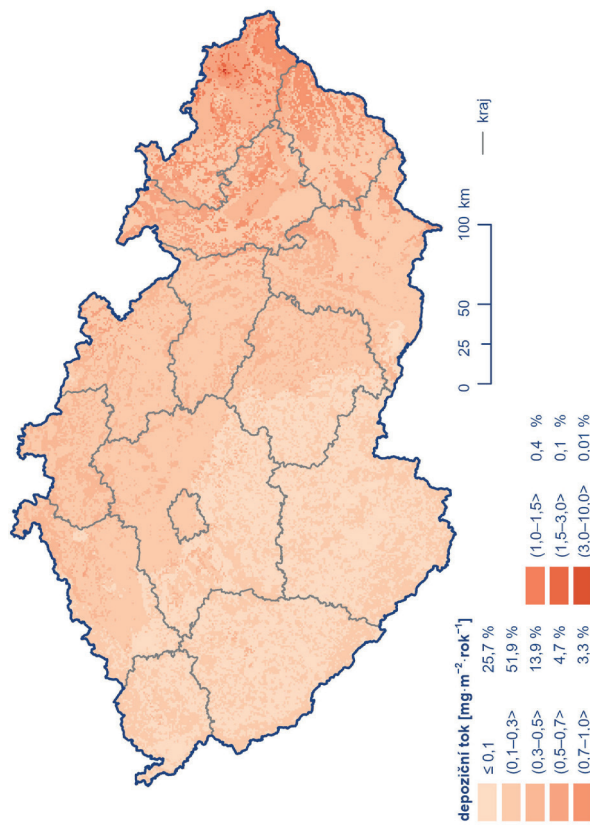
Mokrý depozice chloridových iontů nabývá, podobně jako u dalších sledovaných látek, v rámci ČR vyšších hodnot (nad $0,5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) primárně v horských oblastech (vzhledem k vyšším srážkovým úhrnům), a to zejména v Jizerských horách a v Krkonoších (0,3 % ČR; Obr. IX.16).



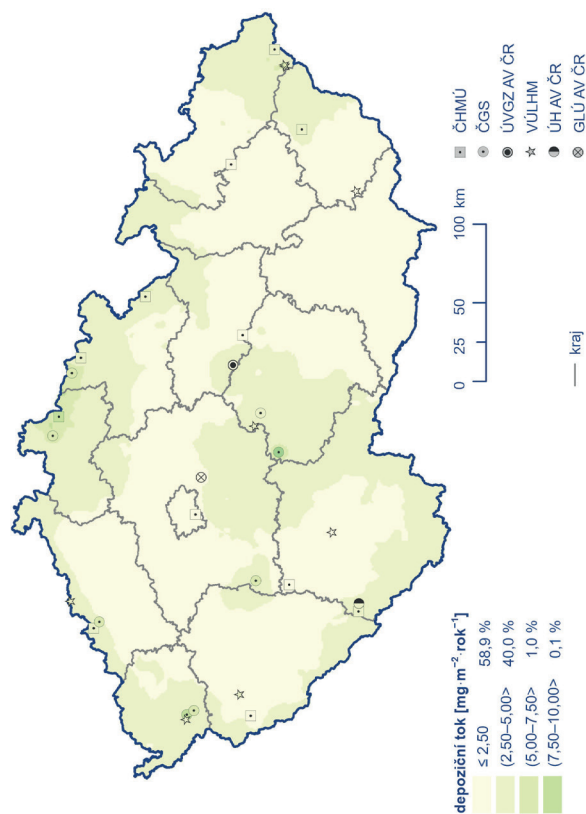
Obr. IX.11 Pole celkové roční depozice vodíkových iontů, 2022



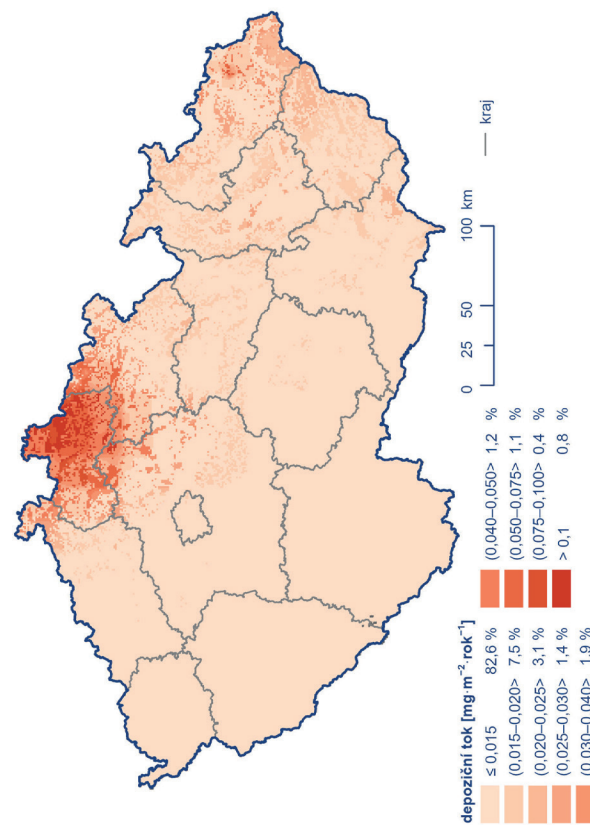
Obr. IX.13 Pole suché roční depozice vodíkových iontů odpovídající depozici plynů SO_2 a NO_x , 2022



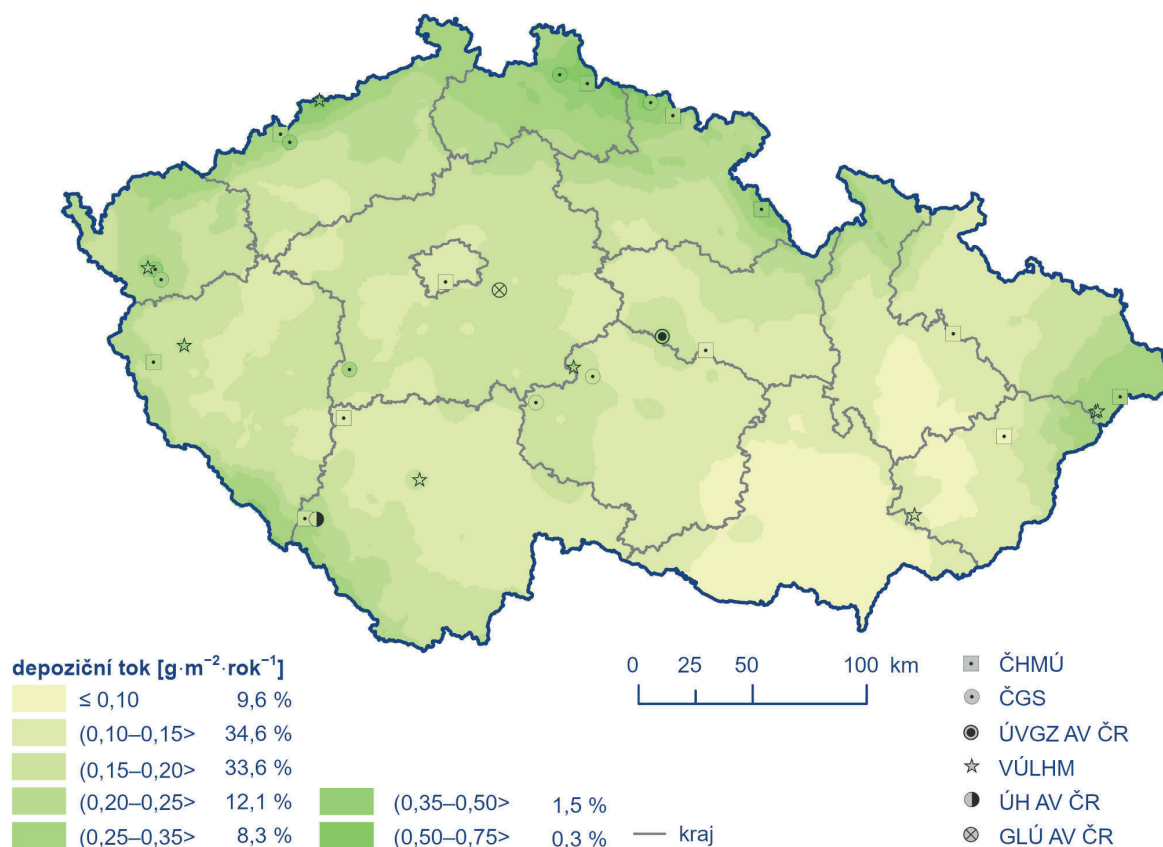
Obr. IX.15 Pole suché roční depozice olova, 2022



Obr. IX.12 Pole mokré roční depozice vodíkových iontů, 2022



Obr. IX.14 Pole suché roční depozice kadmia, 2022



Obr. IX.16 Pole mokré roční depozice chloridových iontů, 2022

Tab. IX.3 Odhad celkové roční depozice síry na zalesněný povrch České republiky (26 428 km²) v tunách, 2003–2022

	depozice [t]	
	celková	podkorunová
2003	21 306	26 818
2004	23 247	32 835
2005	22 855	26 461
2006	21 975	25 660
2007	17 445	29 279
2008	15 528	30 197
2009	16 590	26 193
2010	17 621	27 944
2011	15 118	18 691
2012	15 311	19 079
2013	16 530	19 723
2014	16 810	12 836
2015	13 294	16 044
2016	12 625	19 724
2017	14 621	12 608
2018	14 870	14 002
2019	13 133	10 707
2020	13 057	7 492
2021	12 757	7 174
2022	11 644	6 152

Vývoj depozice

Od roku 2003 lze pozorovat pokles celkové roční depozice síry (Obr. IX.17). V letech 2003–2006 byla hodnota celkové depozice vyšší než 65 000 t s výjimkou roku 2003 (51 510 t), který byl výrazně srážkově podnormální (516 mm, tj. 77 % dlouhodobého normálu). Od roku 2015 se celková depozice pohybuje pod 40 000 t na plochu ČR, přičemž lze pozorovat setrvalé až mírně klesající hodnoty, a to v souladu s úrovní koncentrace SO_2 v přízemní vrstvě atmosféry. V roce 2022 byla dosažena nejnižší hodnota celkové roční depozice síry od roku 2003. Porovnáme-li mokrou a suchou složku depozice, převládala do roku 2010 mokrá složka, opět s výjimkou roku 2003. Od roku 2013 převažuje suchá složka, s výjimkou roku 2021, kdy byl poměr obou složek vyrovnaný.

Roční depozice síry na zalesněný povrch ČR (26 428 km²) vykazuje od roku 2002, stejně jako podkorunová depozice síry, pokles s výraznějšími výkyvy (Tab. IX.3). Celková depozice na zalesněný povrch ČR (11 644 t), stejně jako podkorunová depozice síry (6 152 t), dosáhla v roce 2022 druhé nejnižší hodnoty od roku 2003. Hodnoty podkorunové depozice jsou do roku 2016 vyšší než hodnoty celkové depozice, s výjimkou roku 2014 a od roku 2017 je pak vyšší celková depozice. Dlouhodobě jsou vyšší hodnoty podkorunové depozice pozorovány zejména v některých horských oblastech, což lze přičítat příspěvku depozice z mlhy, nízké oblačnosti a námraz (horizontální depozice). Celková depozice síry je počítána jako součet vertikální mokré a suché depozice z SO_2 , horizontální mokrá depozice není vzhledem k neurčitostem do celkové depozice zahrnuta.

Celková roční depozice dusíku se v letech 2003–2013 pohybovala v rozmezí 40 000–50 000 t (Obr. IX.18). Od roku 2012 lze pozorovat její mírný pokles s občasnými výkyvy v roce 2017 a 2021. Hodnota celkové roční depozice dusíku byla v roce 2022 nejnižší od roku 2003, což koresponduje s imisními koncentracemi NO_x . Do roku 2010 převažovala mokrá složka oxidovaných forem dusíku. Od roku 2011 převažuje mírně suchá složka, s výjimkou let 2013 a 2016, které mají obě složky vyrovnané. Od roku 2017 převažuje velmi mírně mokrá složka depozice, v roce 2022 pak opět suchá.

S vývojem depozice dusíku a síry (Hůnová et al. 2014) je možné sledovat změny vzájemného poměru těchto prvků v atmosférických srážkách související s vývojem emisí jednotlivých sloučenin. Na vybraných stanicích ČHMÚ (wet-only) lze od roku 2002 pozorovat mírný, i když nikoliv monotónní nárůst poměru dusičnanů a síranů (Hůnová et al. 2017). V letech 2002 a 2003 převažovaly v atmosférických srážkách sírany. Do roku 2011 byl poměr celkem vyrovnaný, s výjimkou roku 2009 a od roku 2012 pak zřetelně převažují dusičnany. V roce 2022 byla dosažena druhá nejvyšší hodnota poměru (1,48) od roku 2002, přičemž nejvyšší hodnoty (1,58) bylo dosaženo v roce 2017 (Obr. IX.19).

Celková depozice vodíkových iontů se do roku 2012 pohybuje mezi 2 500 a 5 000 t. Od roku 2013 je pak patrný pokles depozice, přičemž v roce 2022 byla zaznamenána nejnižší hodnota. U de-

pozice vodíkových iontů výrazně dominuje suchá složka, přičemž podíl mokré složky od roku 2007 stále klesá (Obr. IX.20).

Celková depozice kademnatých iontů do roku 2013 pohybuje v rozmezí 6–12 t, s výjimkou roku 2011. Od roku 2014 je znatelný pokles depozice, od roku 2019 pak opětovný mírný vzestup. Nejnižší hodnota byla zaznamenána v roce 2018. U depozice kademnatých iontů převažuje mokrá složka, a to v poměru cca 7:1. Jedinou výjimkou je rok 2018, kdy měly obě složky rovnoměrné zastoupení (Obr. IX.21). Rok 2022 nelze hodnotit z důvodu poruchy přístroje.

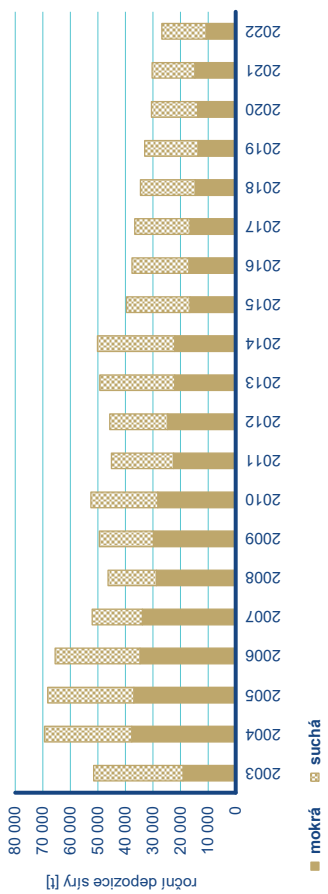
Celková depozice olovnatých iontů se do roku 2006 pohybuje v rozmezí 150–200 t. Mezi r. 2006 a 2007 došlo k výraznému poklesu, a to téměř o 40 %. Od roku 2007 je pak patrný další mírný pokles depozice s výkyvy v letech 2012 a 2015. Nejnižší hodnota byla zaznamenána v roce 2020. Stejně jako u depozice kademnatých iontů, i zde převažuje mokrá složka v poměru cca 7:1. Výjimku tvoří rok 2012, kdy je zastoupení obou složek srovnatelné (Obr. IX.22). Rok 2022 nelze hodnotit z důvodu poruchy přístroje.

Vývoj mokré depozice na vybraných stanicích ČHMÚ

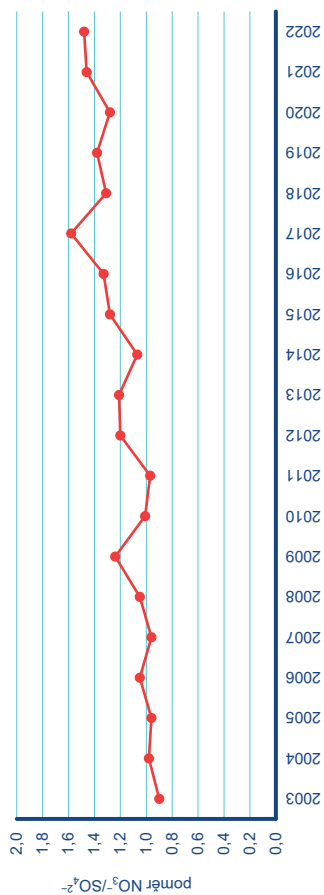
Pro hodnocení mokré depozice bylo vybráno pět stanic ČHMÚ, s odběrem typu „wet-only“. Jedná se o stanice Praha-Libuš, Svratouch, Košetice, Souš a Přimda. Mokrá depozice je značně ovlivněna meteorologickými a klimatickými podmínkami a emisními zdroji, proto jsou hodnoty depozice meziročně velmi proměnlivé. Při hodnocení výše zmíněných stanic lze říci, že nejvyšší hodnoty mokré depozice jsou dosahovány na stanici Souš, naopak nejnižší na stanici Košetice.

Od roku 2002 je pozorován pokles mokré depozice síranových iontů (SO_4^{2-}) s výkyvy v závislosti na meteorologických podmínkách (Obr. IX.23). Stejně jako u depozice SO_4^{2-} , je u depozice dusičnanových iontů (NO_3^-) pozorován pokles s výraznými výkyvy (Obr. IX.24). Vývoj depozice amonných iontů (NH_4^+) v letech 2003–2022 je značně proměnlivý v závislosti na meteorologických podmínkách a množství emisních zdrojů (Obr. IX.25). Vývoj depozice vodíkových iontů je značně proměnlivý, nicméně lze vysledovat klesající tendenci, zejména na stanici Souš (Obr. IX.26).

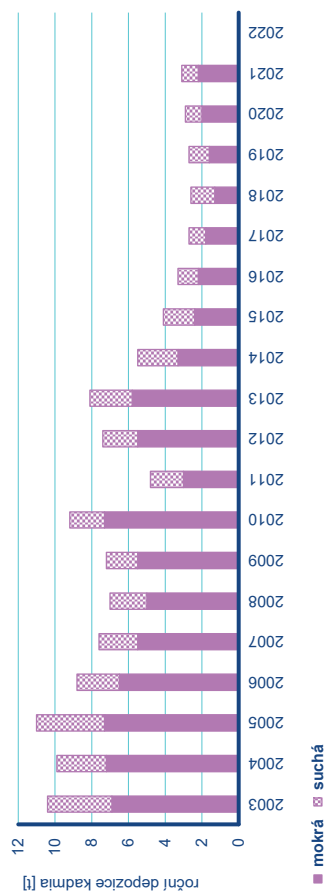
Hodnoty depozice kademnatých iontů do roku 2013 klesají, od roku 2014 pak stagnují na hodnotách pod 0,2 mg·m⁻². Výrazně vyšší depozice kadmia na stanici Souš odpovídají dlouhodobě vysoké imisní zátěži této oblasti (Obr. IX.27). Hodnoty depozice olovnatých iontů vykazují v roce 2006 výrazný nárůst mokré depozice na všech stanicích, v případě Souše a Svratouchu až k hodnotě 7 mg·m⁻². Od roku 2014 pak hodnoty depozice stagnují pod 1 mg·m⁻² (Obr. IX.28). Rok 2022 nelze hodnotit z důvodu poruchy přístroje.



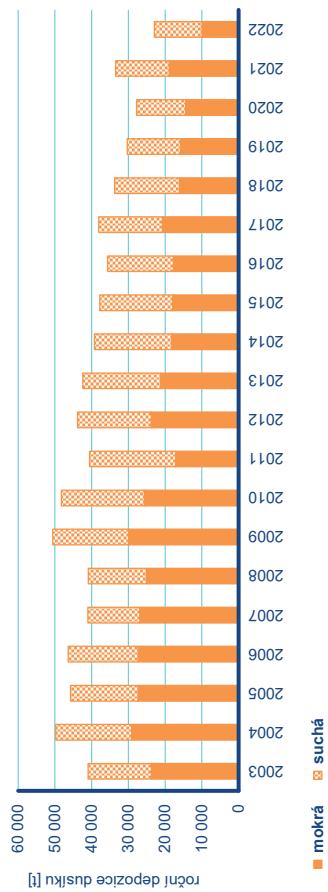
Obr. IX.17 Roční depozice síry (S_{SO_2} , S_{SO_4} , S_{SO_x}) na plochu České republiky, 2003–2022



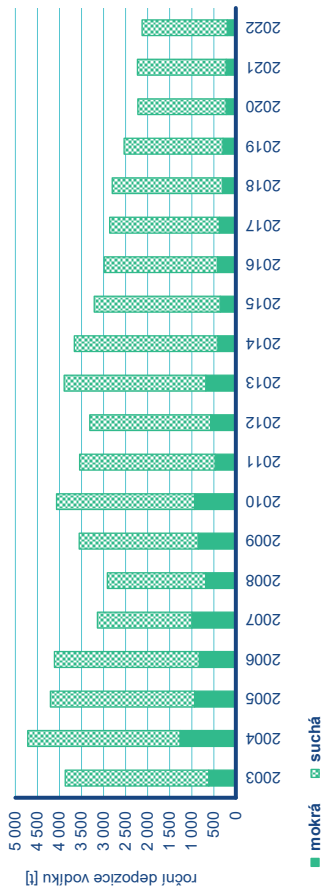
Obr. IX.19 Poměr koncentrací dusičnanů a síranů v atmosférických srážkách (vyjádřených jako $meq \cdot l^{-1}$) na lokalitách ČHMÚ, 2003–2022



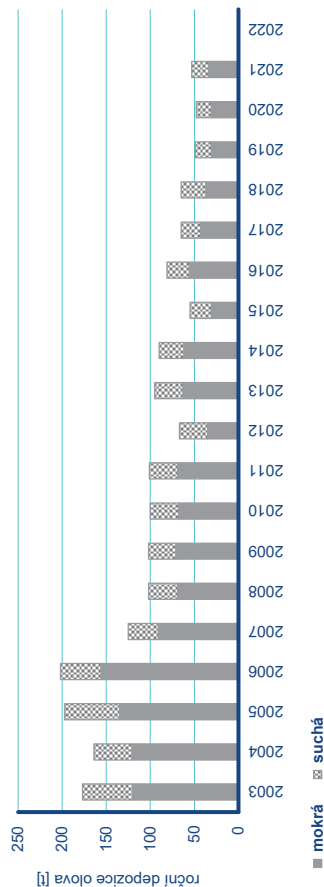
Obr. IX.21 Roční depozice Cd^{2+} na plochu České republiky, 2003–2022



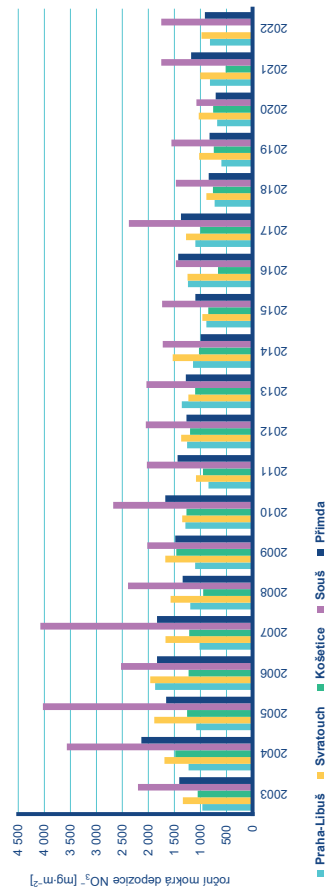
Obr. IX.18 Roční depozice oxidovaných forem dusíku (N_{NO_3} , N_{NO_x}) na plochu České republiky, 2003–2022



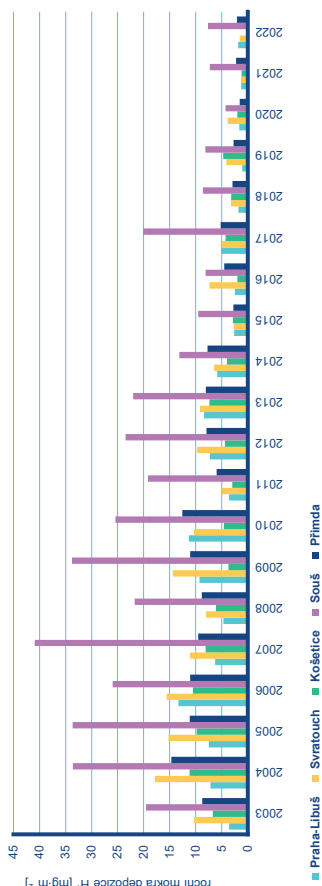
Obr. IX.20 Roční depozice H^+ na plochu České republiky, 2003–2022



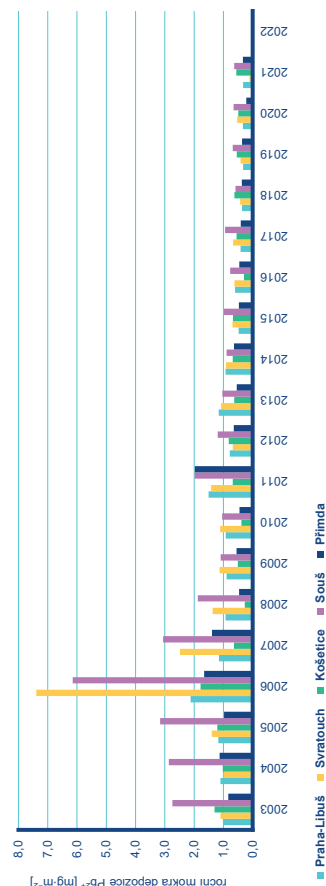
Obr. IX.22 Roční depozice Pb^{2+} na plochu České republiky, 2003–2022



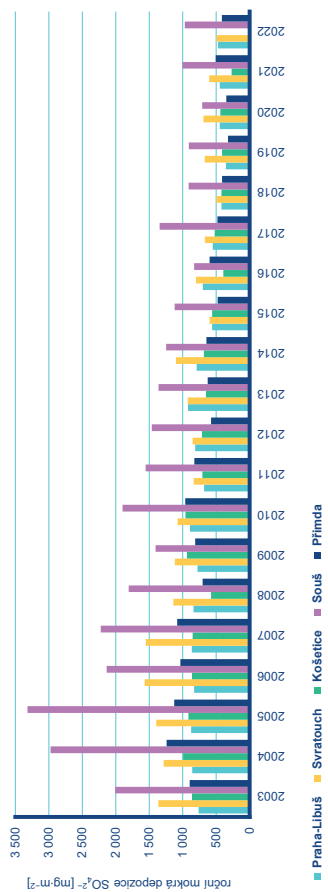
Obr. IX.24 Roční mokrá depozice NO_3^- na vybraných stanicích ČHMÚ, 2003–2022



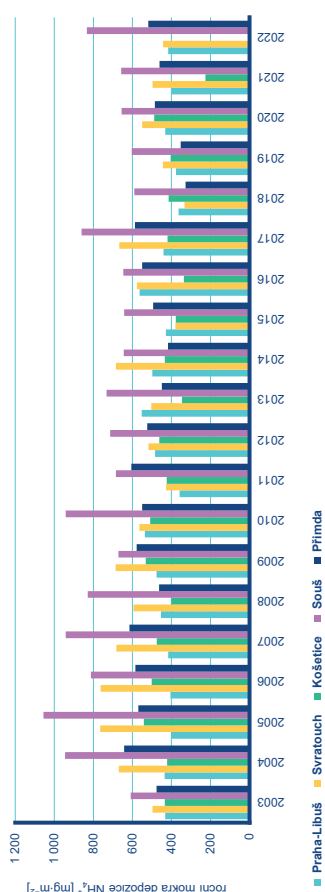
Obr. IX.26 Roční mokrá depozice H^+ na vybraných stanicích ČHMÚ, 2003–2022



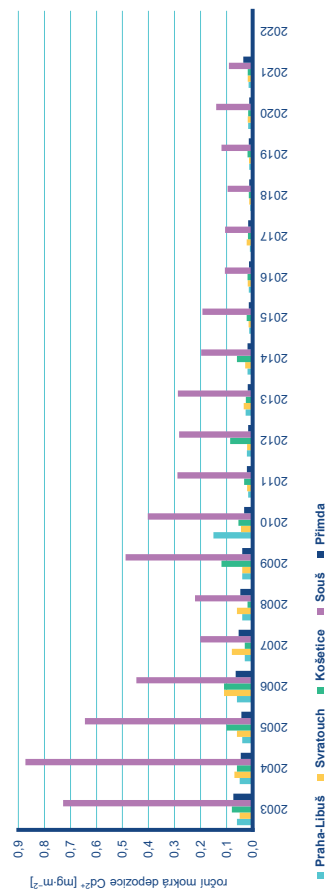
Obr. IX.28 Roční mokrá depozice Pb^{2+} na vybraných stanicích ČHMÚ, 2003–2022



Obr. IX.23 Roční mokrá depozice SO_4^{2-} na vybraných stanicích ČHMÚ, 2003–2022



Obr. IX.25 Roční mokrá depozice NH_4^+ na vybraných stanicích ČHMÚ, 2002–2022



Obr. IX.27 Roční mokrá depozice Cd^{2+} na vybraných stanicích ČHMÚ, 2003–2022