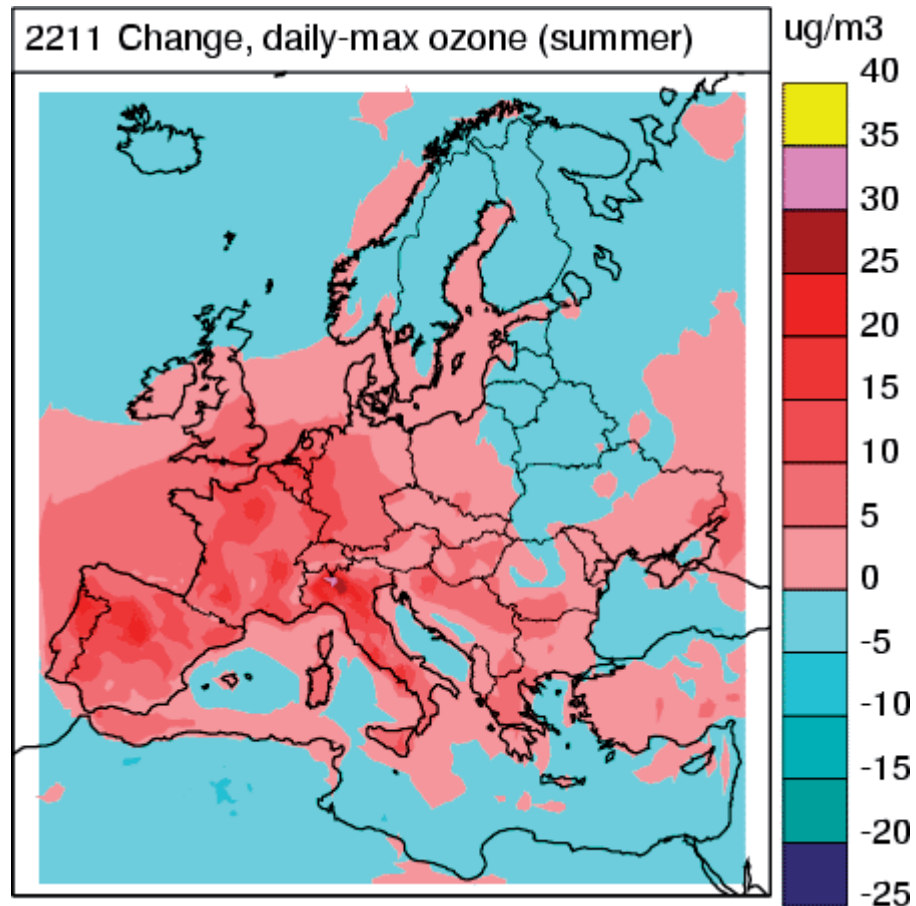




Luftföroreningar i Europa under framtida klimat

Omslagsbild: Beräknad förändring av sommarmedelvärdet (juni, juli, augusti) av dygnsmaximum koncentrationen av marknära ozon från perioden 1961-1990 till 2021-2050. Enhet $\mu\text{g m}^{-3}$.

Luftföroreningar i Europa under framtida klimat

Magnuz Engardt och Valentin Foltescu

Report Summary / Rapportsammanfattning

Issuing Agency/Utgivare		Report number/Publikation	
SMHI		Meteorologi nr 125	
S-601 76 NORRKÖPING		Report date/Utgivningsdatum	
Sweden		Maj 2007	
Author (s)/Författare			
Magnuz Engardt & Valentin Foltescu			
Title (and Subtitle)/Titel			
Luftföroreningar i Europa under framtida klimat			
Abstract/Sammandrag			
In order to investigate the effects of climate change on air quality in Europe, we have utilised the regional CTM (chemistry and transport model) MATCH, forced by meteorology representing future climate conditions but keeping the emissions at their current value. The meteorology is from RCA3, the Rossby Center's regional climate model (covering all Europe on 50 km × 50 km resolution). RCA3 is, in the current study, run under the SRES A2 emission scenario forced with corresponding climate data from ECHAM4/OPYC3 global model on its boundaries. We have applied our CTM on three different 30-year periods representing current, near- and distant future climate (1961-1990, 2021-2050 and 2071-2100, respectively). Detailed description and validation of the climate model and the CTM is given elsewhere. In the present report we report seasonally-averaged changes in near-surface ozone, secondary inorganic aerosols (SIA) and deposition of sulphur and nitrogen containing species in Europe. The seasonal-mean ozone concentrations are expected to increase considerably (1-2% per decade up to 2050) in central and southern Europe, in particular during summer. The daily maximum concentrations are expected to increase even more than the daily mean concentrations. Northernmost Europe is projected to experience lower ozone concentrations under future climate, especially during spring and autumn. The concentration of SIA will increase dramatically in continental Europe during all seasons except winter. The increase is largest around the Mediterranean during summer. The average summertime concentration of SIA will be 20% higher in 2021-2050 and 50% higher in 2071-2100 compared to current levels as a result of changing the meteorology (drier and warmer conditions in central and southern Europe). The increase in atmospheric SIA concentrations is related to the large decrease in wet deposition of sulphur- and nitrogen containing species, which will be the consequence of climate change in large parts of central and southern Europe. Large areas around the Mediterranean, France, Belgium and the Netherlands will receive 50%, or less, of current nitrogen- and sulphur deposition in 2071-2100 compared to present conditions. The Norwegian coast, on the other hand, is expected to receive more sulphur- and nitrogen deposition due to the anticipated increase in precipitation in this area.			
Key words/sök-, nyckelord			
Air Quality, Climate Change, Ozone, Secondary Inorganic Aerosols, Deposition			
Supplementary notes/Tillägg		Number of pages/Antal sidor	Language/Språk
		62	Svenska
ISSN and title/ISSN och titel			
0283-7730 SMHI Meteorologi			
Report available from/Rapporten kan köpas från:			
SMHI S-601 76 NORRKÖPING Sweden			

Innehåll

Innehåll.....	1
Sammanfattning	3
Inledning.....	4
Resultat.....	5
Ozon	5
Partiklar	6
Deposition	6
Diskussion	7
Referenser.....	8
Figurer	9
Ozon	9
Partiklar	15
Deposition av svavelföreningar.....	18
Deposition av reducerat kväve	33
Deposition av oxiderat kväve	48

Sammanfattning

Ändringar i Europas klimat medför betydande förändringar av halter och deposition av många luftföroreningar. Förändringarna är på många platser av samma storleksordning som de förväntade förändringarna av framtida utsläpp av de ämnen som omfattas av det s.k. Göteborgsprotokollet (kolväten, svavel- och kväveföreningar). Förändringar i klimatet kommer även att medföra förändrade transportmönster och atmosfäriska uppehållstider för många luftföroreningar. Sammantaget betyder detta att nuvarande strategier att uppnå minsta möjliga sammanlagda miljöpåverkan genom riktade emissionsminskningar i olika delar av Europa (beräknade med RAINS-modellen) troligtvis inte kommer att vara giltiga i ett ändrat, framtida, klimat.

Ozonmedelhalterna förväntas öka markant (1-2% per decennium, fram till 2050) i centrala och södra Europa, framförallt under sommaren. Maximumhalterna ökar mer än medelhalterna. Nordligaste Europa förväntas få minskande halter, speciellt under vår och höst. Östra Europa får minskande ozonhalter under vintern. I södra Skandinavien ser vi bara små förändringar i ozonhalterna under alla årstider.

Halten av marknära sekundära inorganiska partiklar (SIA; *Secondary Inorganic Aerosols*) ökar kraftigt (3-5% per decennium, fram till 2050) i hela kontinentala Europa under alla årstider förutom vinter. Ökningen är störst runt Medelhavet på sommaren, och halterna är mer än 20% högre under 30-års perioden 2021-2050 jämfört med dagens nivåer. 2071-2100 beräknas partikelhalterna under sommaren vara minst 50% högre, jämfört med dagens situation, i stora områden av södra och centrala Europa. Södra Skandinavien torde få en måttlig ökning av SIA under framförallt under vår och sommar. Nordliga delar av modellområdet uppvisar minskande SIA halter under alla årstider.

Våtdepositionen av svavel- och kväveföreningar minskar mycket kraftigt i södra och västra Europa under alla årstider, speciellt under den senare delen av simuleringsperioden (2021-2050 till 2071-2100). Stora områden i och kring Medelhavet samt delar av Frankrike, Belgien och Nederländerna får endast 50%, eller mindre, av dagens deposition under perioden 2071-2100. Norges kust förväntas få en ökad våtdeposition i framtida klimat, speciellt under våren och sommaren. Ökningen är större än 50% på flera platser, men det är trots allt en relativt liten yta som påverkas på detta sätt. Minskad (ökad) våtdeposition i modellområdet kompenseras i någon mån av ökad (minskad) torrdeposition. För de flesta områdena kommer dock ändringen i totaldeposition att följa mönstret i våtdepositionen.

Resultaten tyder på att flera sekundära luftföroreningar blir mer långlivade. Halterna i atmosfären blir därmed högre, de kommer vidare att kunna spridas över större områden.

Inledning

Koncentrationen av luftföroreningar och depositionen av försurande och övergödande ämnen kommer inte vara densamma i framtiden jämfört med idag. Förändringar i Europas utsläpp har historiskt resulterat i stora förändringar i lufthalter och deposition. En rad internationella överenskommelser (senast det s.k. Göteborgsprotokollet) talar för signifikanta ändringar i Europas utsläpp, även i framtiden, vilket naturligtvis kommer att påverka halter och deposition framöver. Sedan några år har det även blivit uppenbart att utsläpp utanför Europa också påverkar halterna av luftföroreningar i Europa. Utsläppsförändringar i Nordamerika och Asien kommer alltså också påverka halter och deposition av många ”regionala” luftföroreningar i Europa.

Förändringar i klimatet kan också påverka luftmiljön. Detta kan ske direkt, t.ex. genom ändrade vindriktningar eller ändrade nederbördsmonster. Klimatförändringar kan även leda till ändringar i mänskliga och naturliga utsläpp, t.ex. genom förändrad efterfrågan av uppvärmning/kylning av byggnader samt förändringar i naturliga emissioner av många biogena ämnen – som ofta är en funktion av temperatur och fuktighet *etc.*

Förutom transportriktning och urtvättning med regn är många andra processer som styr halten av luftföroreningar i atmosfären också beroende av väderförhållanden. Exempel inkluderar kemiska reaktioner och fysikalisk omvandling, turbulent omblandning och ändrade markförhållanden.

I innevarande studie använder vi en avancerad transport/kemi modell för att utreda huruvida förändringar i klimat har potential att signifikant ändra halt och deposition av relevanta luftföroreningar. SMHI:s transport/kemi-modell (MATCH) inkluderar en avancerad beskrivning av kemiska och fysikaliska omvandlingsprocesser, liksom beskrivning av turbulent omblandning och transport med medelvindar (se Robertson m.fl., 1999 och Langner m.fl. 1998). MATCH drivs av storskalig meteorologi från någon tredimensionell meteorologisk modell. I standardtillämpningen använder vi meteorologisk information från väderprognosmodeller. I denna studie har vi istället utnyttjat information från den högupplösta regionala klimatmodellen RCA3, som med relativt hög upplösning beskriver dagens och framtidens klimat i Europa (Kjellström m.fl. 2005). I studien har vi kunnat urskilja effekten av klimatförändringar genom att hålla emissioner och bakgrundshalter konstanta.

Rosby Center (RC, klimatforskningsenheten på SMHI) har genomfört beräkningar med den regionala klimatmodellen RCA3 för att fånga detaljer i klimatförändringen över Europa. RCA3 drivs i sin tur av data från en global klimatmodell på randen. Modellsimuleringarna är mycket tids- och resurskrävande och genererar stora mängder resultat. För denna studie har RC sparat kompletta modelltillstånd var 6:e timma under tre olika 30-års fönster. RCA3-modellen har en horisontell upplösning på $0.44^\circ \times 0.44^\circ$ (ca. 50 km $\times$ 50 km). RCA3 använder ECHAM4/OPYC3 på randen. Vi har valt att använda simuleringarna som utgår från SRES A2 scenariot, dvs. en relativt kraftig ökning av atmosfärens koldioxidhalt.

Simuleringarna med MATCH-modellen är t.o.m. mer tidskrävande än RCA3. I spridningsberäkningarna har vi använt den bästa uppskattningen av dagens utsläpp och dagens bakgrundshalter på modellranden. Utsläpp och bakgrundshalter varierar över året. Däremot hålls de lika för varje år under ett och samma 30-års fönster samt mellan de olika 30-års fönstren. Det som varierar mellan simuleringarna är den drivande väderinformationen (vind, temperatur, nederbörd *etc.*). De processer i spridningsmodellen som är väderberoende kommer således att svara på dessa förändringar.

Nedan redovisas – som kartor – absoluta halter och depositioner för de olika tidsperioderna samt absoluta och relativa förändringar och av halter och deposition. För diskussionen har vi beräknat medelvärden över 30 år över 4 olika säsonger. Vinter är december, januari, februari; vår är mars, april, maj; sommar är juni, juli, augusti; höst är september, oktober, november.

Vi har valt att redovisa resultaten över hela modellområdet, dvs. inte fokuserat över Sverige eller Norden. Detta p.g.a. att vi vill sätta förändringarna i Norden i ett sammanhang. Mycket av de luftföroreningar vi upplever i Sverige härrör ju dessutom från utsläpp i Europa.

Denna rapport diskuterar anledningen till förändringarna på ett kvalitativt sätt. För att kvantifiera påverkan och känsligheten av alla samverkande faktorer till förändringar kräver en annorlunda studiedesign. Vi har även valt att lyfta bort all verifikation av spridningsmodellen och RCA3-modellen. Verifikation och diskussion om klimatmodellens och spridningsmodellens formuleringar *etc.* återfinns i en rad rapporter och vetenskapliga publikationer som kan distribueras av författarna (se t.ex. Andersson m.fl., 2007; Solberg m.fl. 2005; Tilmes m.fl. 2002).

Resultat

Ozon

Marknära ozon uppvisar, i Europa, högst halter under våren och sommaren. De allra högsta halterna återfinns runt Medelhavet, på sommaren. Detta mönster accentueras i framtida klimat. Hela kontinentala Europa förväntas få högre medelhalter under framförallt sommaren men även under höst och delvis vår. Ökningen av medelhalter och maximumhalter är störst i Frankrike, norra Spanien, Italien och västra Tyskland. Norra och östra Europa (Ryssland, Vitryssland, Ukraina) kan förvänta sig en minskning av ozonmedelhalten under våren och hösten. Ökningen av ozonhalterna i kontinentala Europa är större mot slutet av simuleringsperioden.

Jämfört med dagens klimat kan man vänta sig 5-10% ökning av medelhalter av ozon under sommaren i kontinentala Europa fram till perioden 2021-2050 och 15-30% ökning fram till 2071-2100. Maximumhalterna av ozon förväntas öka tydligt mer än dygnsmedelhalterna.

Anledningen till den kraftiga ökningen av ozonhalterna i södra Europa torde vara en kombination av återkopplingar med klimatet. Högre temperaturer ger högre biogena isopren-emissioner (isopren, C₅H₈; är ett kolväte som bidrar till ozonbildning). På samma gång minskar depositionen av ozon i södra Europa när marken torkar ut (växterna stänger sina klyvöppningar). Minskad nederbörd är en följd av minskad luftfuktighet och därmed minskad molnighet, vilket leder till högre instrålning – som driver upp den fotokemiska ozonproduktionen.

I Skandinavien beräknas ozonkoncentrationerna ändra sig endast lite. Södra Sverige upplever möjligen en svag ökning av ozonhalterna under vår, sommar och höst medan norra Skandinavien (inklusive större delen av Finland) kan vänta sig minskade ozonhalter, speciellt under vår och höst.

Partiklar

Halten av sekundära oorganiska partiklar (SIA; sulfat + ammonium + nitrat) är i allmänhet låg i bakgrundsluft i norra Europa. Stora delar av Norge, Sverige och Finland uppvisar halter lägre än $2 \mu\text{gm}^{-3}$ under dagens klimat. Över kontinentala Europa är halterna flera gånger högre p.g.a. större utsläpp av SO_2 , NO_x och NH_3 . Snabbare och effektivare oxidation av SO_2 och NO_x till sulfat respektive nitrat och därmed större produktion av ammoniumsulfat och ammoniumnitrat gör att partikelhalterna är högre på sommaren än under vintern.

De beräknade förändringarna i klimatet kommer att vara speciellt stora i södra och centrala Europa under sommaren. Detta leder även till stora absoluta och relativa ökningsar av partikelhalten i dessa områden under sommaren. Stora delar av kontinentala Europa kommer att uppleva en ökning av partikelhalterna med mer än 5% per decennium.

Halterna av SIA i södra Sverige kommer att öka med upp till 2 % per decennium under vår och sommar. Den atmosfäriska aerosolen som helhet kan dock påverkas ännu kraftigare i framtiden eftersom uppvirvlat stoft från uttorkade marker i södra och centrala Europa kan komma att öka då nederbörden beräknas minska i dessa områden. Framtida luftmiljöstudier bör även ta hänsyn till uppvirvlat stoft som kan långdistanstransporteras till Sverige.

Som kommer att framgå nedan minskar våtdepositionen i centrala och södra Europa, speciellt under sommaren. Våtdeposition är den viktigaste processen att tvätta bort partiklar ur atmosfären. Minskade nederbörds mängder torde därför vara den viktigaste anledningen till att partikelhalten förväntas öka i en stor del av Europa under framtida klimat. Lägre molnighet och högre temperatur ger även snabbare produktion av sulfat, ammonium och nitrat. Lägre vindhastigheter och mer stabila (syftar på atmosfärens omblandning) väderlägen torde också leda till högre SIA-halter över källområdena.

Deposition

Våtdepositionen av svavel minskar över och kring Medelhavet under alla årstider, speciellt under vår och sommar under den senare delen av simuleringsperioden (2021-2050 till 2071-2100). Norges kust förväntas få en ökad våtdeposition i framtida klimat, speciellt under våren och sommaren. Den relativa förändringen av våtdepositionen över Europas landområden tyder på att södra, västra och centrala Europa kan förvänta sig en minskning av våtdepositionen under framförallt sommaren. Förändringarna är dock inte alls lika entydiga som i fallet ozon eller partiklar, och olika områden kan ha olika trender under olika säsonger eller mellan olika delar av simuleringsperioden. Minskad (ökad) våtdeposition kompenseras i någon mån av ökad (minskad) torrdeposition. För de flesta områdena kommer dock ändringen i totaldeposition att följa mönstret i våtdepositionen

Depositionen av svavel och oxiderat respektive reducerat kväve uppvisar inte identiska mönster. Detta beror på att de olika ämnena har olika livslängd i atmosfären beroende på olika bildnings- respektive uttvättnings processer.

I tabellen nedan har vi jämfört depositionen av svavel och kväve, på årsbasis, under dagens och framtidens klimat i norra Europa. Som framgår kommer våtdepositionen att öka kraftigt i Norge, medan t.ex. Polen får en ökning av torrdepositionen (men en minskning av våtdepositionen av svavel och reducerat kväve). För Sverige urskiljs ingen tydlig trend, även om t.ex. våtdepositionen av svavel tydligt ändras mellan de olika 30-års perioderna.

Modellerad deposition av svavel (SOX-S) och oxiderat (NOY-N) respektive reducerat (NHX-N) kväve (i 10⁹ g svavel/kväve per år) över valda länder i Nordeuropa.

	Period	SOX-S torr	SOX-S våt	NOY-N torr	NOY-N våt	NHX-N torr	NHX-N våt
Norge	1961-1990	9.6	106.3	15.3	80.3	5.6	44.0
	2021-2050	9.7	112.3	15.3	86.9	5.7	46.2
	2071-2100	9.5	117.5	14.9	91.7	5.6	47.5
Sverige	1961-1990	27.3	136.7	34.6	102.0	18.3	66.9
	2021-2050	27.2	125.6	34.9	100.0	18.8	63.2
	2071-2100	26.8	126.7	34.8	103.9	19.0	65.0
Finland	1961-1990	17.7	95.1	21.4	55.8	10.5	35.3
	2021-2050	17.6	88.1	21.6	56.4	11.1	34.0
	2071-2100	17.4	92.8	21.9	60.7	11.3	37.1
Baltikum ¹	1961-1990	19.0	118.4	21.7	64.2	17.2	54.5
	2021-2050	18.8	116.3	22.3	67.8	17.1	54.3
	2071-2100	19.7	117.7	23.6	73.3	17.3	56.6
Polen	1961-1990	66.3	330.2	62.6	166.4	87.1	160.2
	2021-2050	67.2	315.1	66.4	170.5	88.3	157.7
	2071-2100	69.4	293.9	71.9	173.6	91.3	154.1
Danmark	1961-1990	9.4	39.7	10.0	37.4	19.3	37.2
	2021-2050	9.2	39.0	10.4	37.2	19.3	35.9
	2071-2100	9.1	38.3	10.8	37.8	19.5	35.3

¹ Estland, Lettland, Litauen

Diskussion

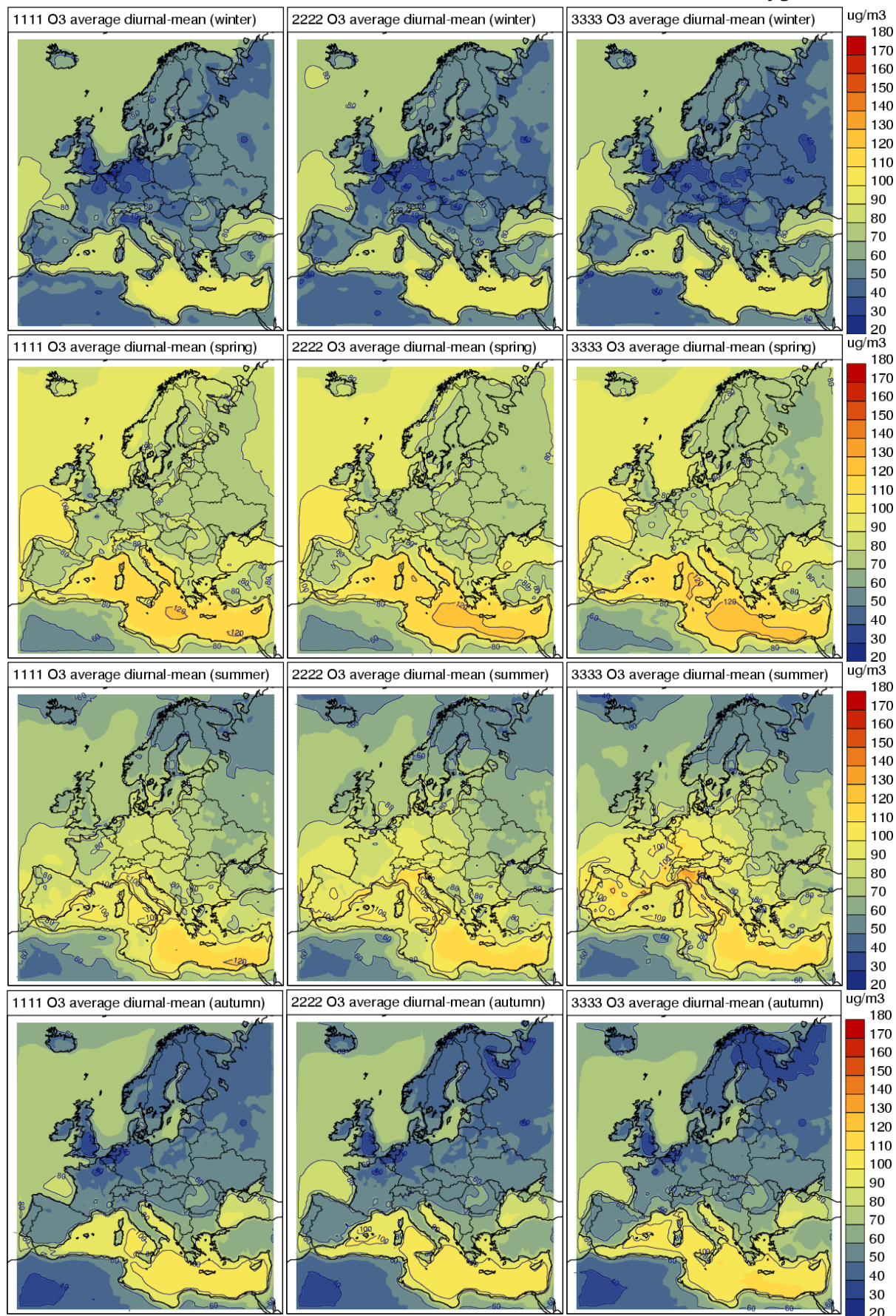
Resultaten ovan antyder att livslängd, och transportmönster för många atmosfärkemiska ämnen kommer att ändras i framtida klimat. Detta får till följd att dagens käll-receptor samband kommer att ändras, vilket gör att tidigare beräkningar om var och hur mycket man bör ändra (minska) utsläpp för att åstadkomma minsta möjliga påverkan på känsliga ekosystem i Europa inte längre gäller. Denna studies upplägg möjliggör inte någon diskussion om hur käll-receptor sambanden ändrats. Dessa förändringar torde dock vara ytterligare en dimension på frågan hur framtida klimatförändringar kan ändra halter och deposition av luftföroreningar.

En kritisk faktor i ovanstående beräkningar är prognostiseringen av regional nederbörd i Europa. Projektionen av framtida nederbördsmonster i Europa är behäftade med större osäkerheter än för temperaturen. Osäkerheterna är också större när det gäller inbördes säsongsfördelningen av nederbörd, enligt IPCC (2001, 2007). Södra Skandinavien ligger i gränsområdet mellan ökad och minskad nederbörd, i norra Europa respektive Centraleuropa .

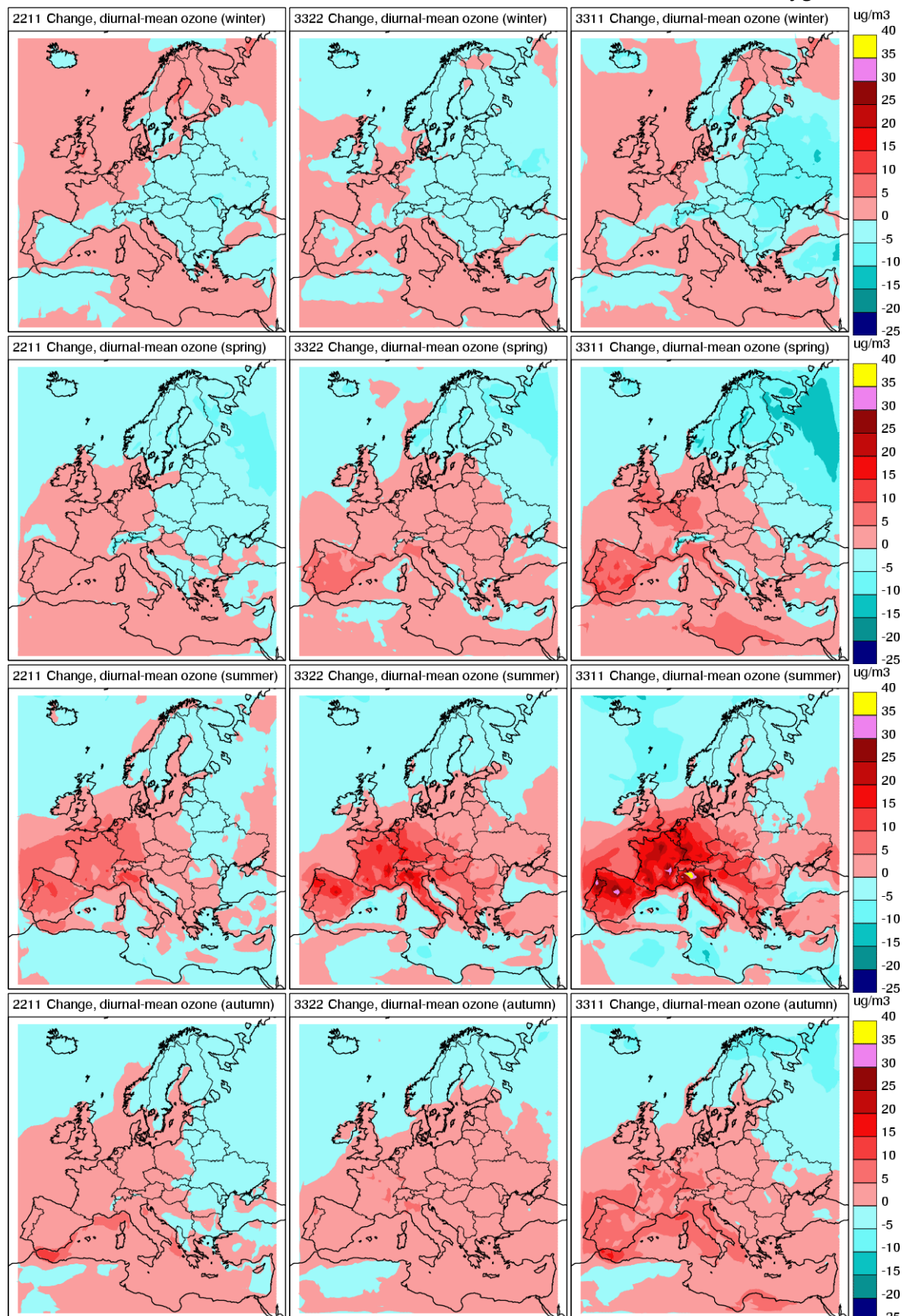
Föreliggande studie påvisar starka nord-syd gradienter hos de föroreningar vars förekomst till stor del styrs av nederbörden. Det innebär att södra Skandinavien i synnerhet är känsligt för förändringar. Om gränsen till torka skulle flyttas något norrut kan åtminstone södra Sverige erfara betydligt högre halter av både marknära ozon och sekundärtbildade partiklar. Ett sätt att studera detta är att upprepa simuleringarna av atmosfärskemi med indata från flera olika globala klimatscenarier och/eller klimatmodeller på global- och regionalskala för att göra en analys som beaktar osäkerheten hos nederbördsförekomsten i gradientområdet.

Referenser

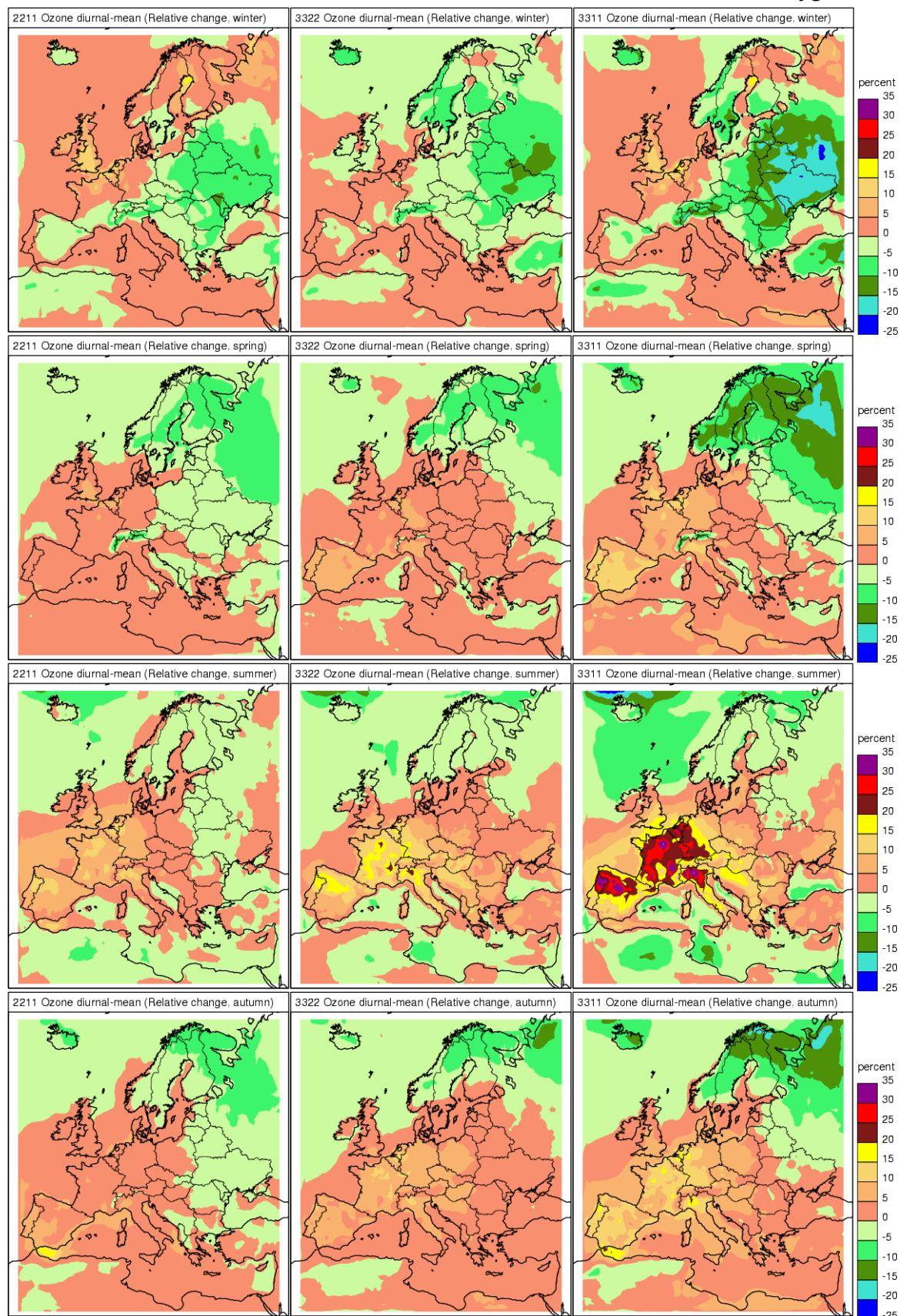
- Andersson, C., Langner, J. and Bergström, R. 2007. Interannual variation and trends in air pollution over Europe due to climate variability during 1958-2001 simulated with a regional CTM coupled to the ERA40 reanalysis. *Tellus* **59B**, 77-98. doi: 10.1111/j.1600-0889.2006.00196.x
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001. *Climate Change 2001*. Third Assessment Report of the IPCC. (Cambridge, United Kingdom, and New York: Cambridge University Press).
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. *Climate Change 2007*. Fourth Assessment Report of the IPCC. (Cambridge, United Kingdom, and New York: Cambridge University Press).
- Kjellström, E., Bärning, L., Gollvik, S., Hansson, U., Jones, C., Samuelsson, P., Rummukainen, M., Ullerstig, A., Willén, U. and Wyser, K. 2005. A 140-year simulation of the European climate with the new version of the Rossby Centre regional atmospheric climate model (RCA3). Swedish Meteorological and Hydrological Institute, **RMK No. 108**, 54 pp.
- Langner, J., Bergström, R. and Pleijel, K. 1998. *European scale modeling of sulfur, oxidised nitrogen and photochemical oxidants. Model development and evaluation for the 1994 growing season*. Swedish Meteorological and Hydrological Institute, **RMK No. 82**, 71 pp. (with errata).
- Robertson, L., Langner, J. and Engardt, M. 1999. An Eulerian limited-area atmospheric transport model. *J. Appl. Meteor.* **38**, 190-210.
- Solberg, S., Bergström, R., Langner, J., Laurila, T. and Lindskog, A. 2005. Changes in Nordic surface ozone episodes due to European emission reductions in the 1990s. *Atmos. Environ.* **39**, 179-192.
- Tilmes, S., Brandt, J., Flatøy, F., Bergström, R., Flemming, J., Langner, J., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Hov, Ø., Jacobsen, I., Reimer, E., Stern, R. and Zimmermann, J. 2002. Comparison of five Eulerian air pollution forecasting systems for the summer of 1999 using the German Ozone monitoring data. *J. Atmos. Chem.* **42**, 91-121.



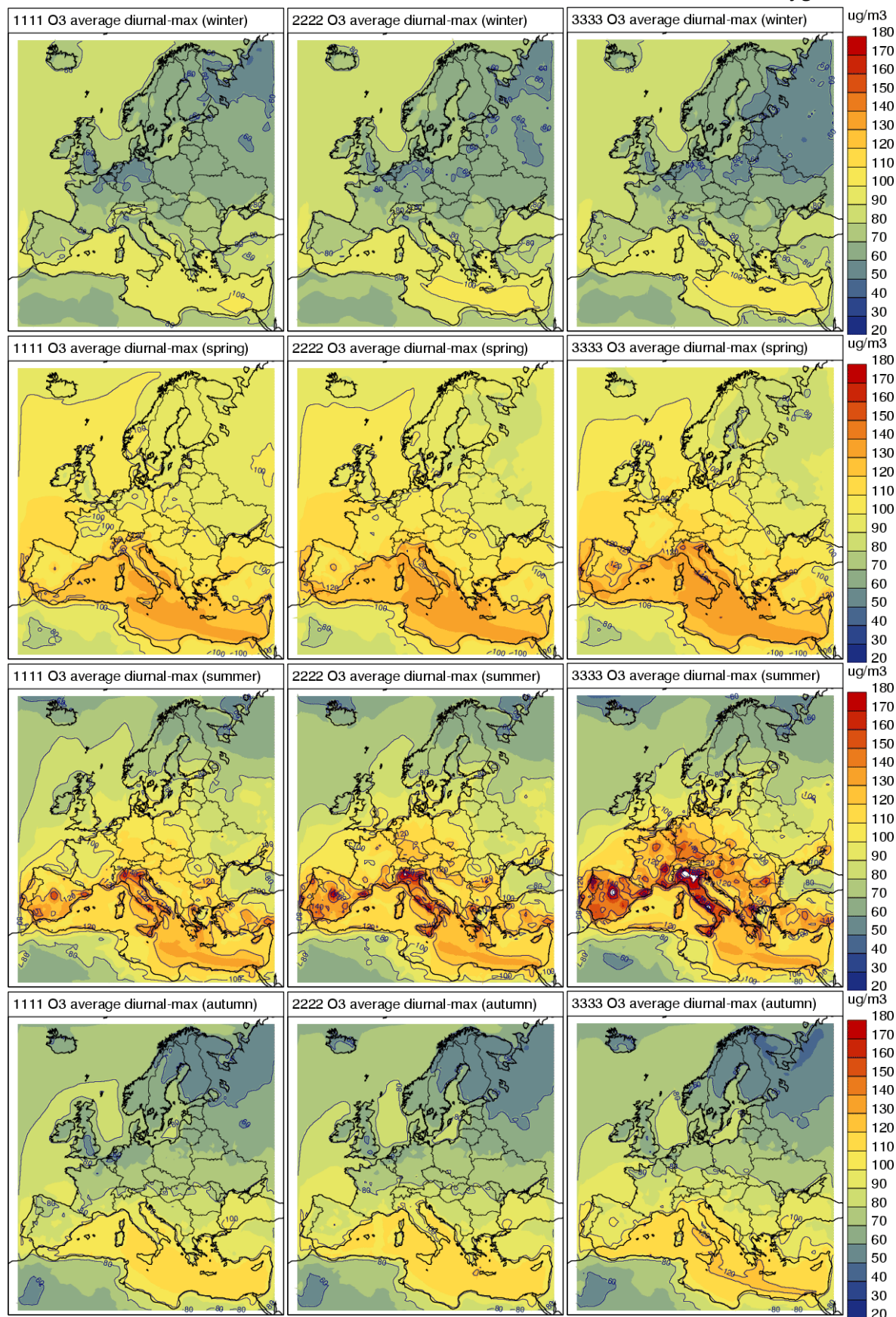
FIGUR 1. Säsongsmedelvärde av dygnsmedel-koncentrationen av marknära ozon (enhet: $\mu\text{g m}^{-3}$) för dagens (1111) och framtida (1111 resp. 2222) klimat. Vinter är december, januari, februari; vår är mars, april, maj; sommar är juni, juli, augusti; höst är september, oktober, november. 1111 är 30-års perioden 1961-1990; 2222 är 30-års perioden 2021-2050; 3333 är 30-års perioden 2071-2100.



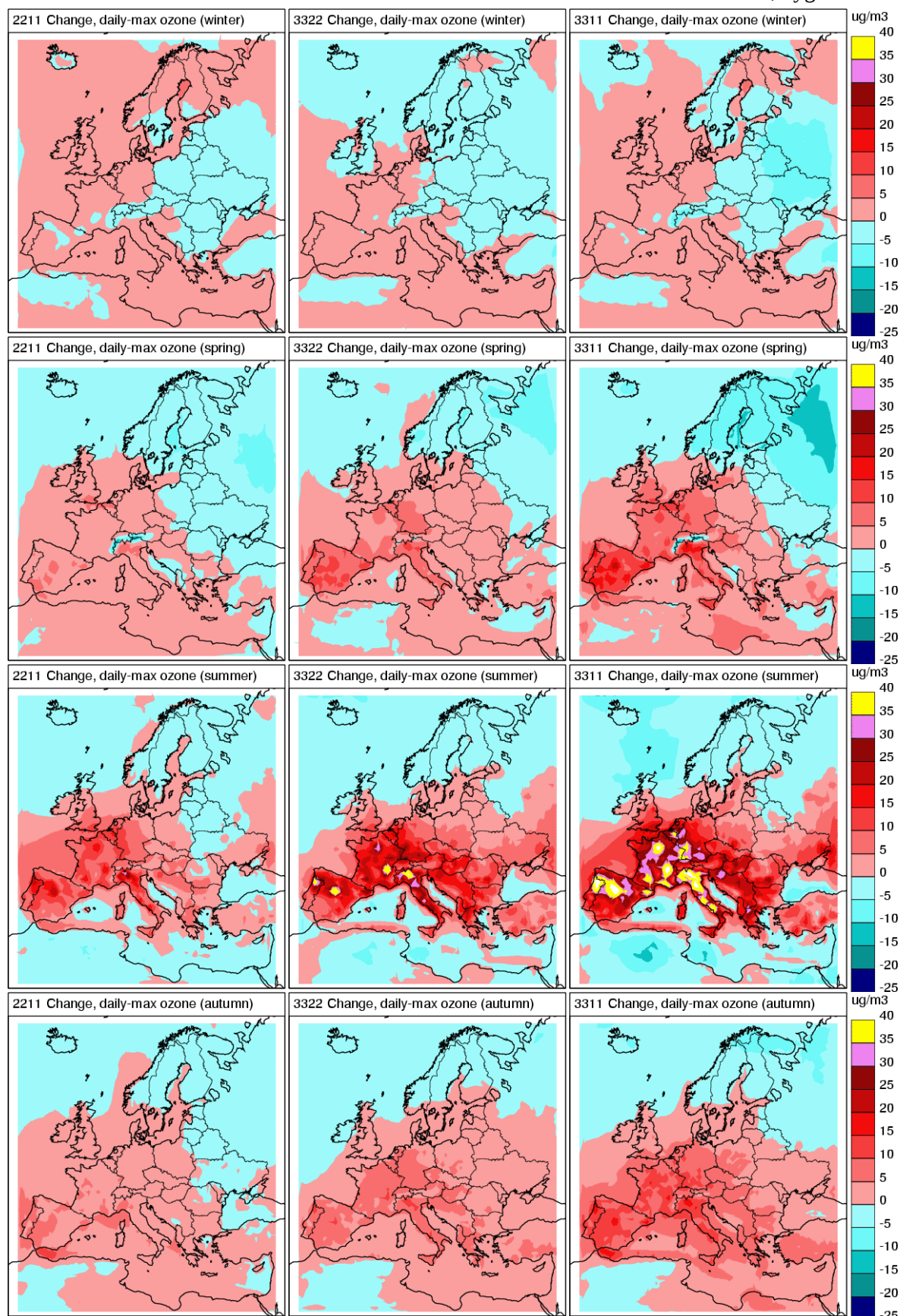
FIGUR 2. Förändring av dygnsmedel-koncentrationen av marknära ozon (enhet: $\mu\text{g m}^{-3}$) mellan dagens och framtida klimat under olika säsonger. Vinter är DJF; vår är MAM; sommar är JJA; höst är SON. 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärdet av den senare 30-års perioden minus medelvärdet av den tidigare 30-års perioden.



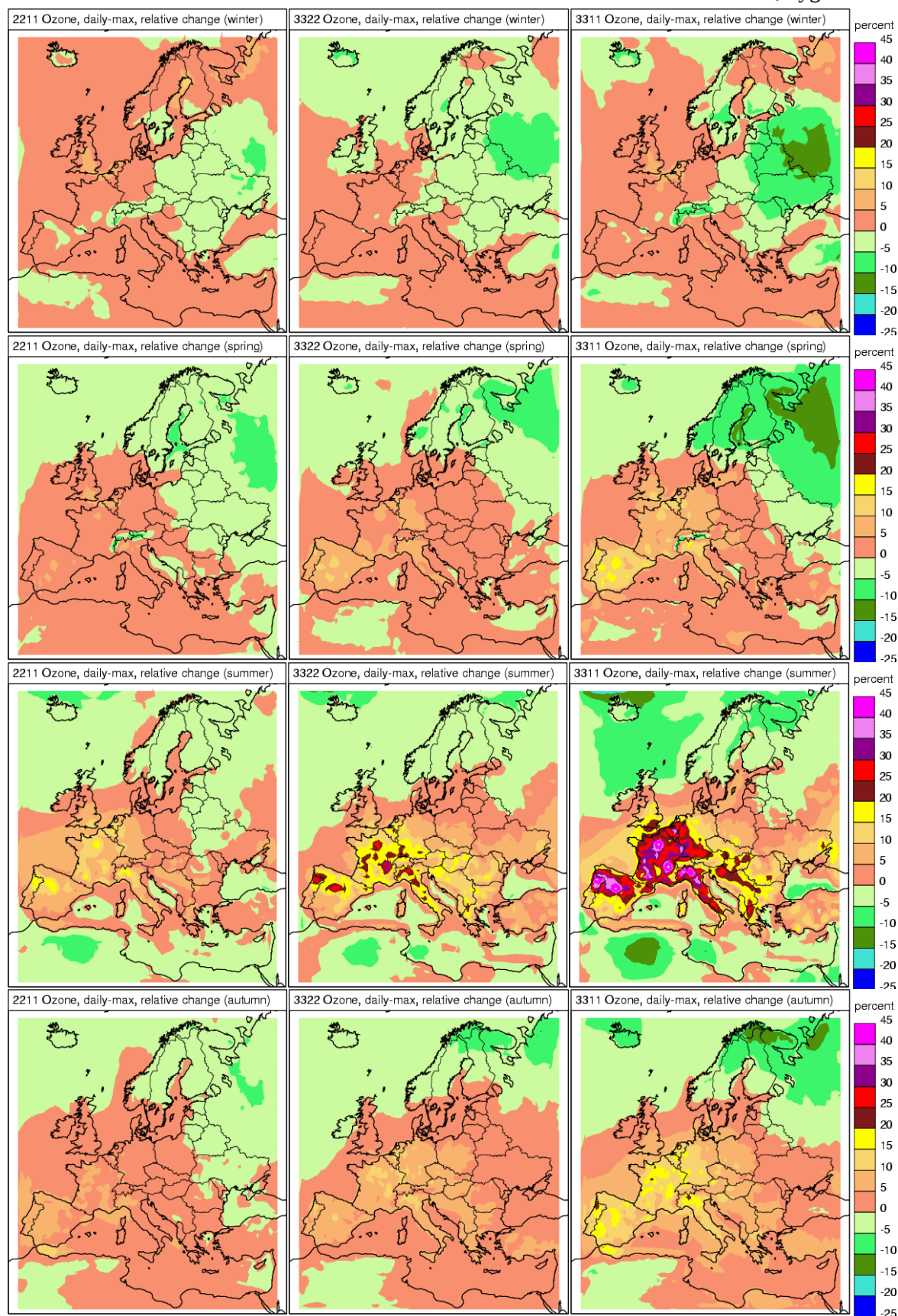
FIGUR 3. Relativ förändring av dygnsmedel-koncentrationen av marknära ozon (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat under olika säsonger. Vinter är DJF; vår är MAM; sommar är JJA; höst är SON. 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärdet av den senare 30-års perioden minus medelvärdet av den tidigare 30-års perioden, differensen dividerad med medelvärdet av den tidigare perioden.



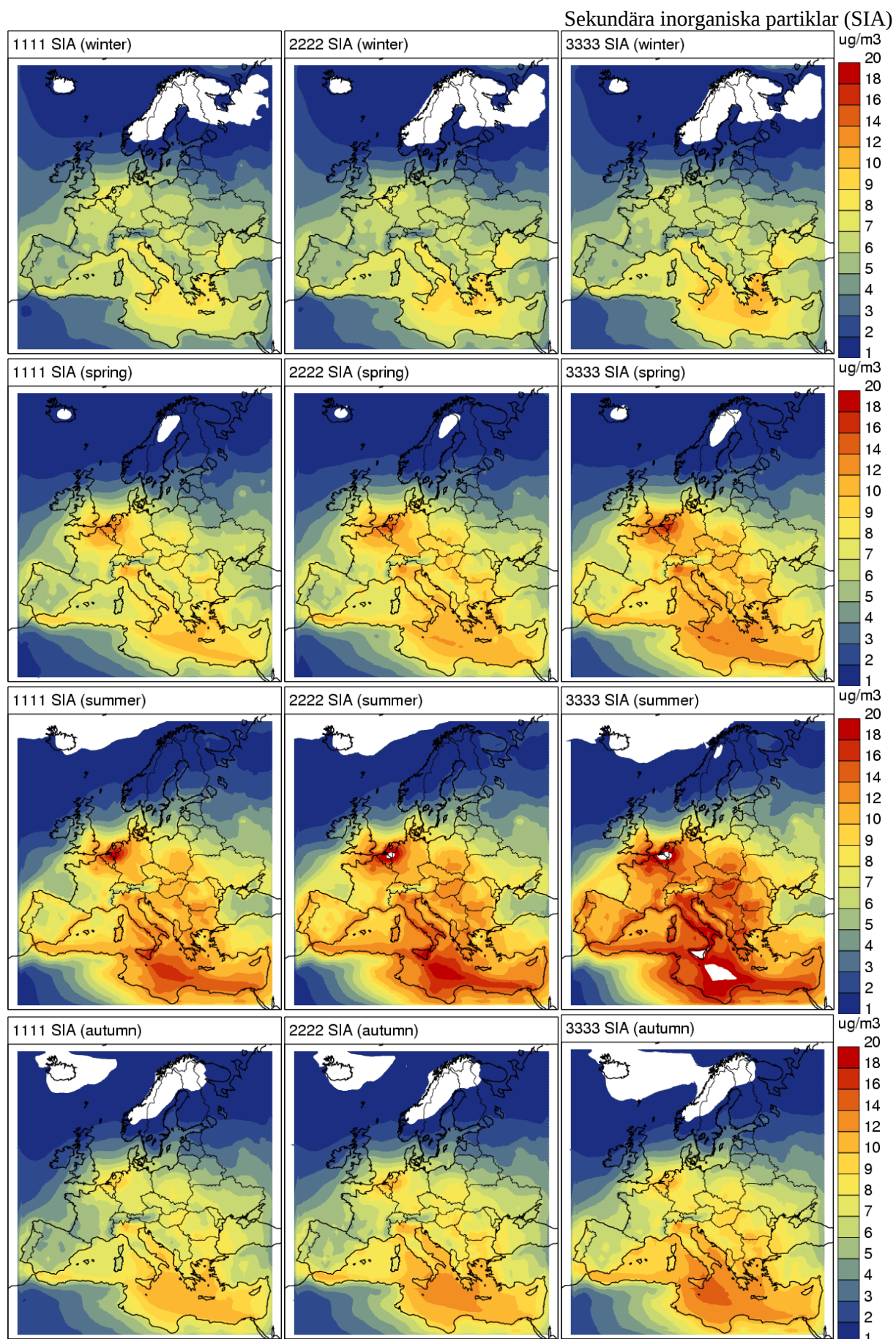
FIGUR 4. Säsongsmedelvärde av dygnsmaximum-koncentrationen av marknära ozon (enhet: $\mu\text{g m}^{-3}$) för dagens (1111) och framtida (1111 resp. 2222) klimat. Vinter är december, januari, februari; vår är mars, april, maj; sommar är juni, juli, augusti; höst är september, oktober, november. 1111 är 30-års perioden 1961-1990; 2222 är 30-års perioden 2021-2050; 3333 är 30-års perioden 2071-2100.



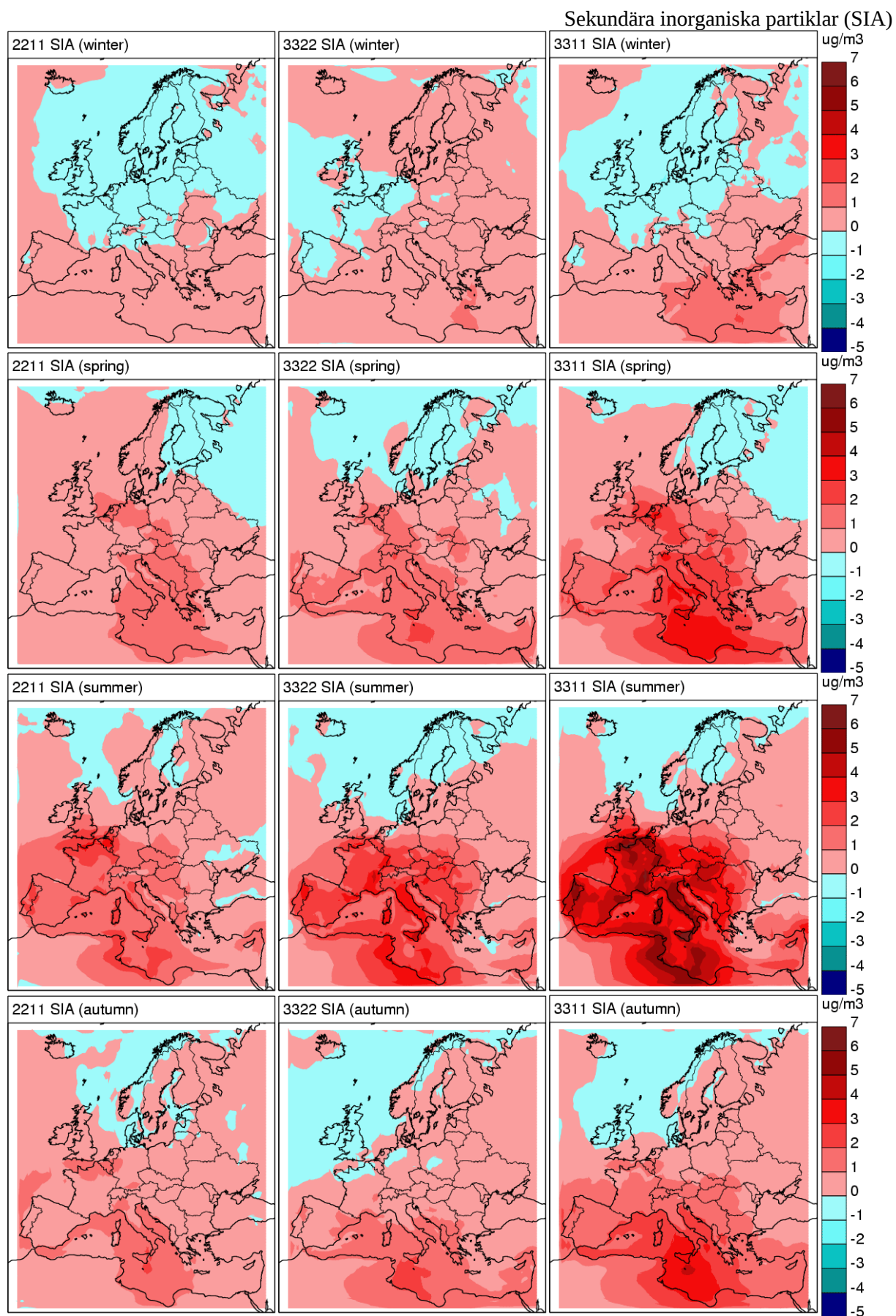
FIGUR 5. Förändring av dygnsmaximum-koncentrationen av marknära ozon (enhet: $\mu\text{g m}^{-3}$) mellan dagens och framtida klimat under olika säsonger. Vinter är DJF; vår är MAM; sommar är JJA; höst är SON. 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare 30-års perioden minus medelvärde av den tidigare 30-års perioden.



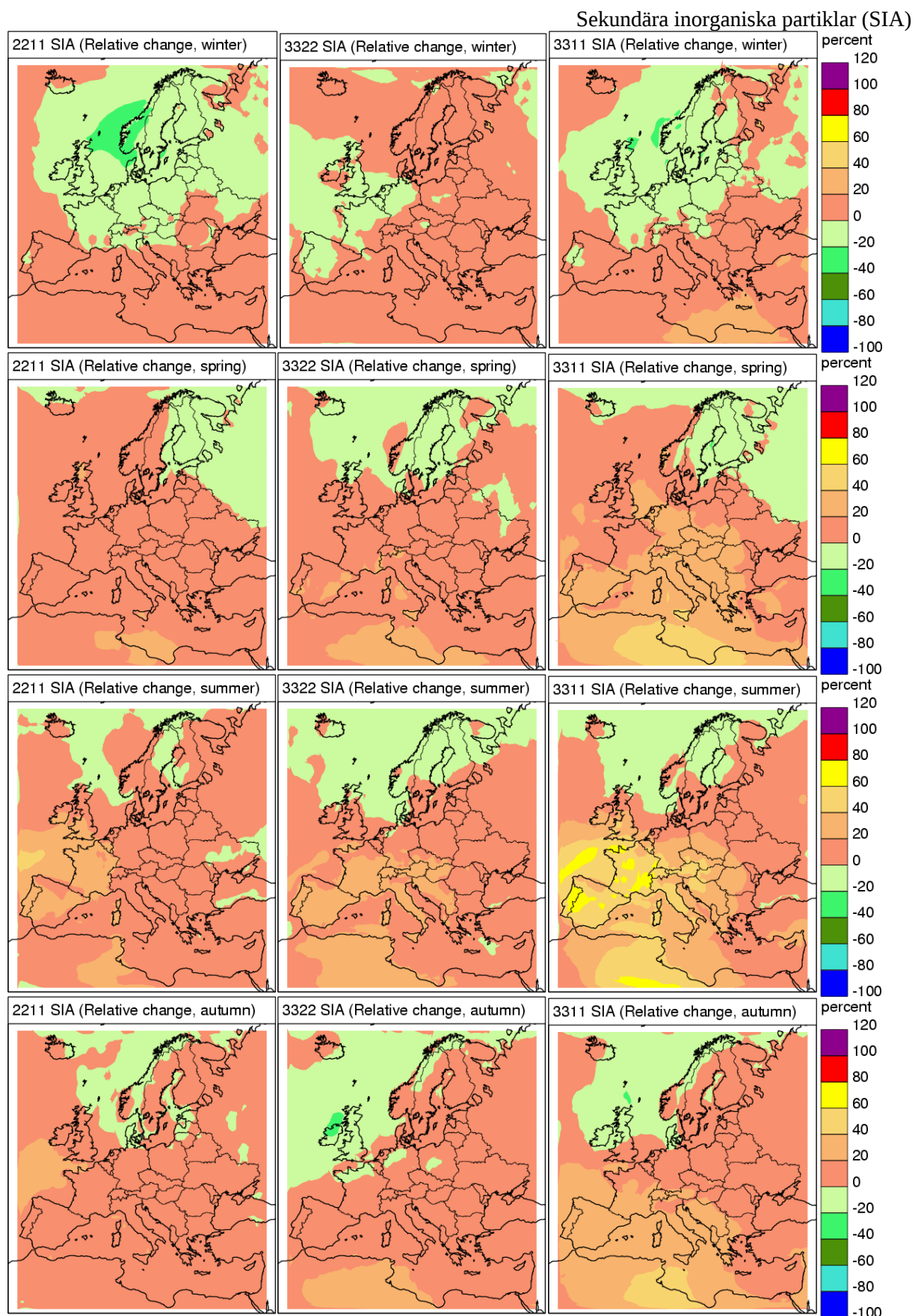
FIGUR 6. Relativ förändring av dygnsmaximum-koncentrationen av marknära ozon (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat under olika säsonger. Vinter är DJF; vår är MAM; sommar är JJA; höst är SON. 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärdet av den senare 30-års perioden minus medelvärdet av den tidigare 30-års perioden, differensen dividerad med medelvärdet av den tidigare perioden.



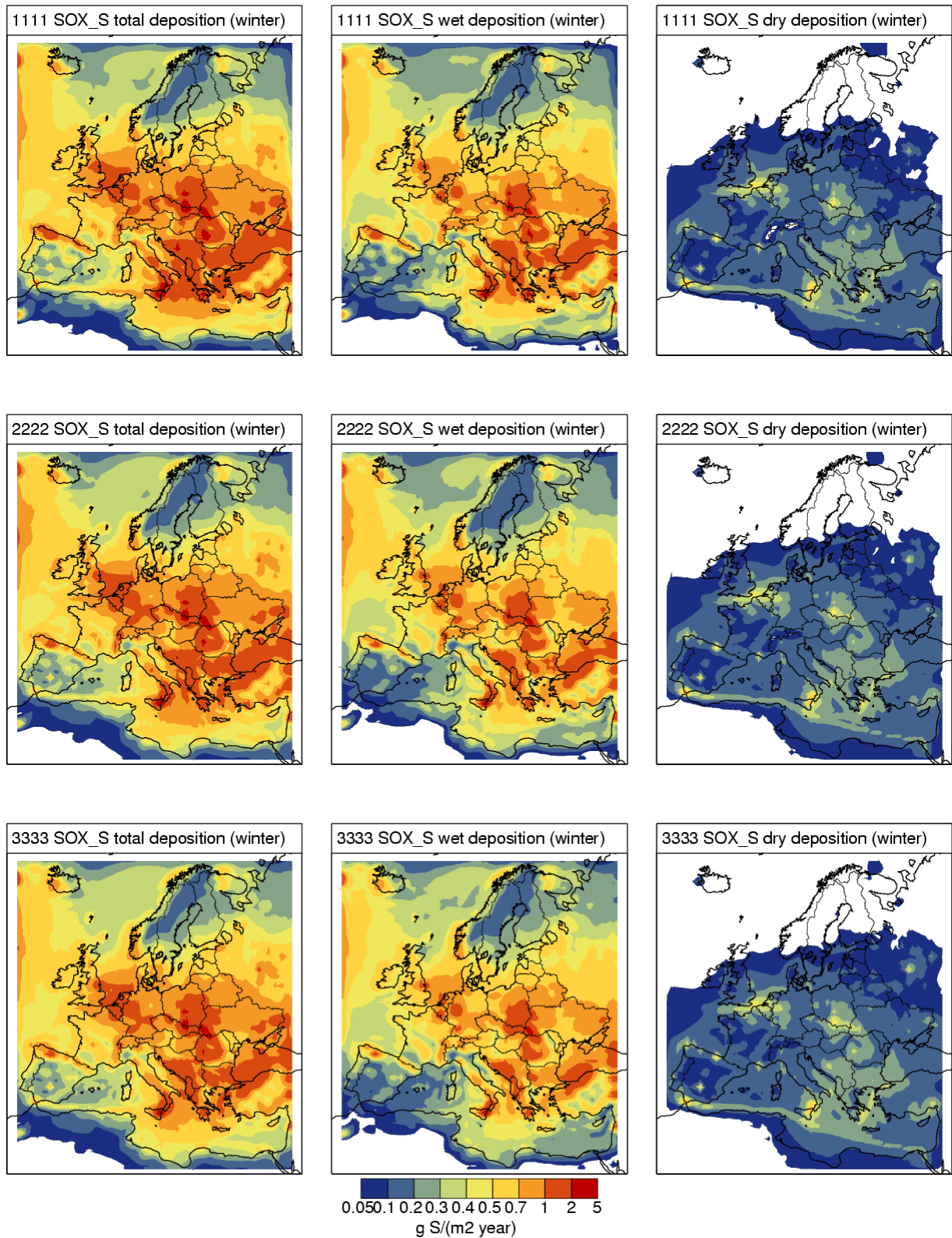
FIGUR 7. Säsongsmedelvärde av dygnsmedel-koncentrationen av sekundära inorganiska partiklar (enhet: $\mu\text{g m}^{-3}$) för dagens (1111) och framtida (1111 resp. 2222) klimat. Vinter är DJF; vår är MAM; sommar är JJA; höst är SON. 1111 är 30-års perioden 1961-1990; 2222 är 30-års perioden 2021-2050; 3333 är 30-års perioden 2071-2100.



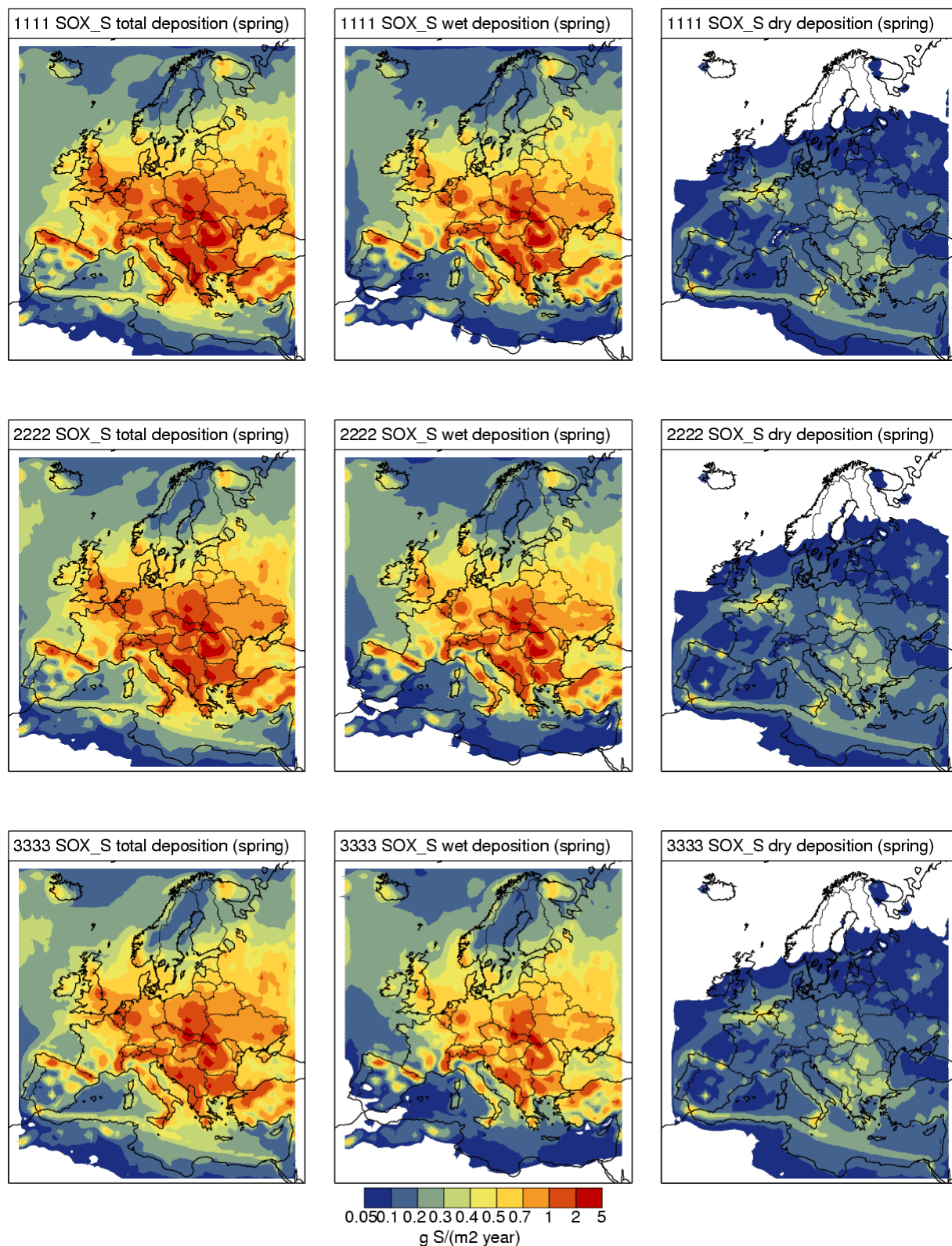
FIGUR 8. Förändring av dygnsmedel-koncentrationen av sekundära inorganiska partiklar (enhet: $\mu\text{g m}^{-3}$) mellan dagens och framtida klimat under olika säsonger. Vinter är DJF; vår är MAM; sommar är JJA; höst är SON. 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärdet av den senare perioden minus medelvärdet av den tidigare perioden.



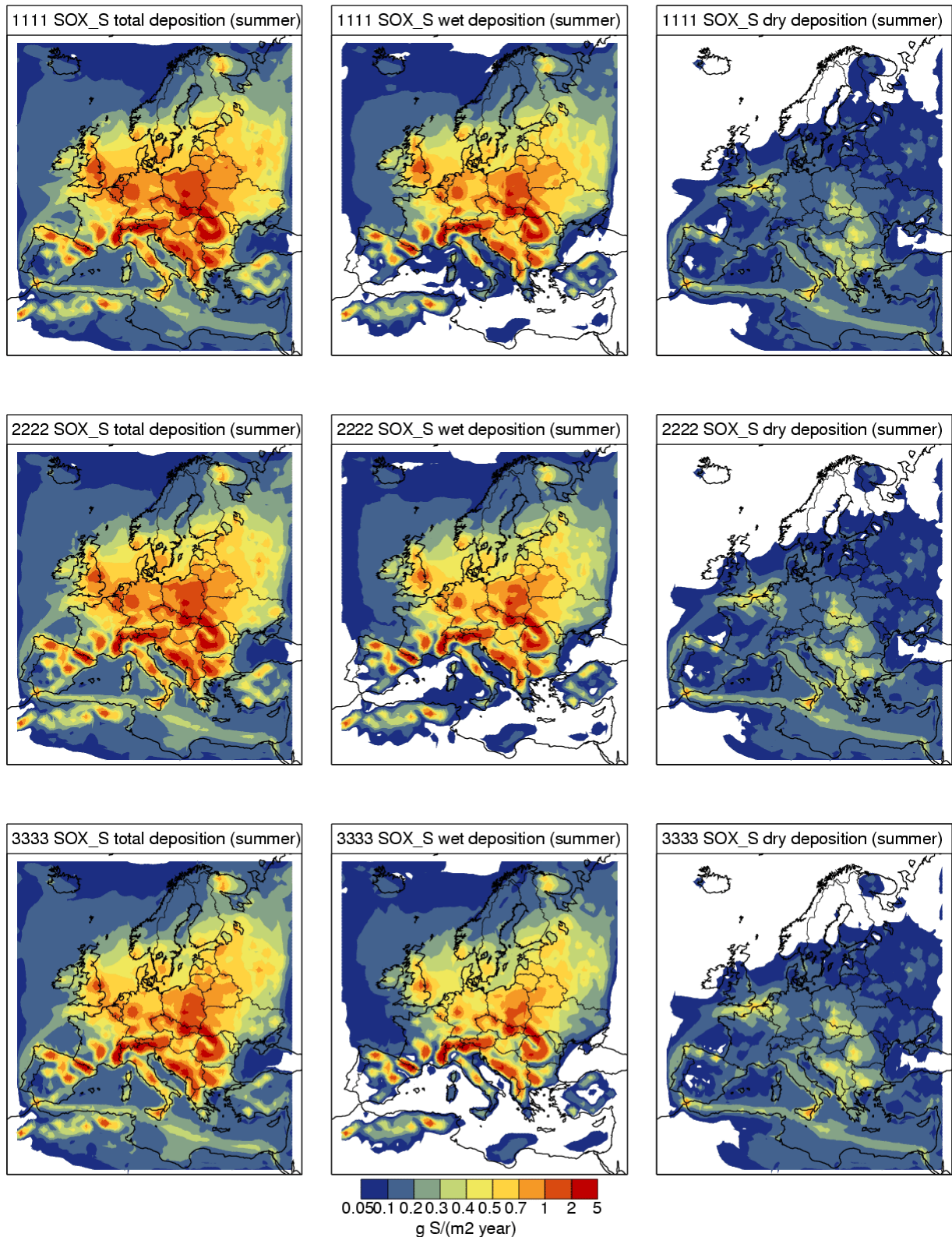
FIGUR 9. Relativ förändring av dygnsmedel-koncentrationen av sekundära inorganiska partiklar (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat under olika säsonger. Vinter är DJF; vår är MAM; sommar är JJA; höst är SON. 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärdet av den senare 30-års perioden minus medelvärdet av den tidigare 30-års perioden, differensen dividerad med medelvärdet av den tidigare perioden.



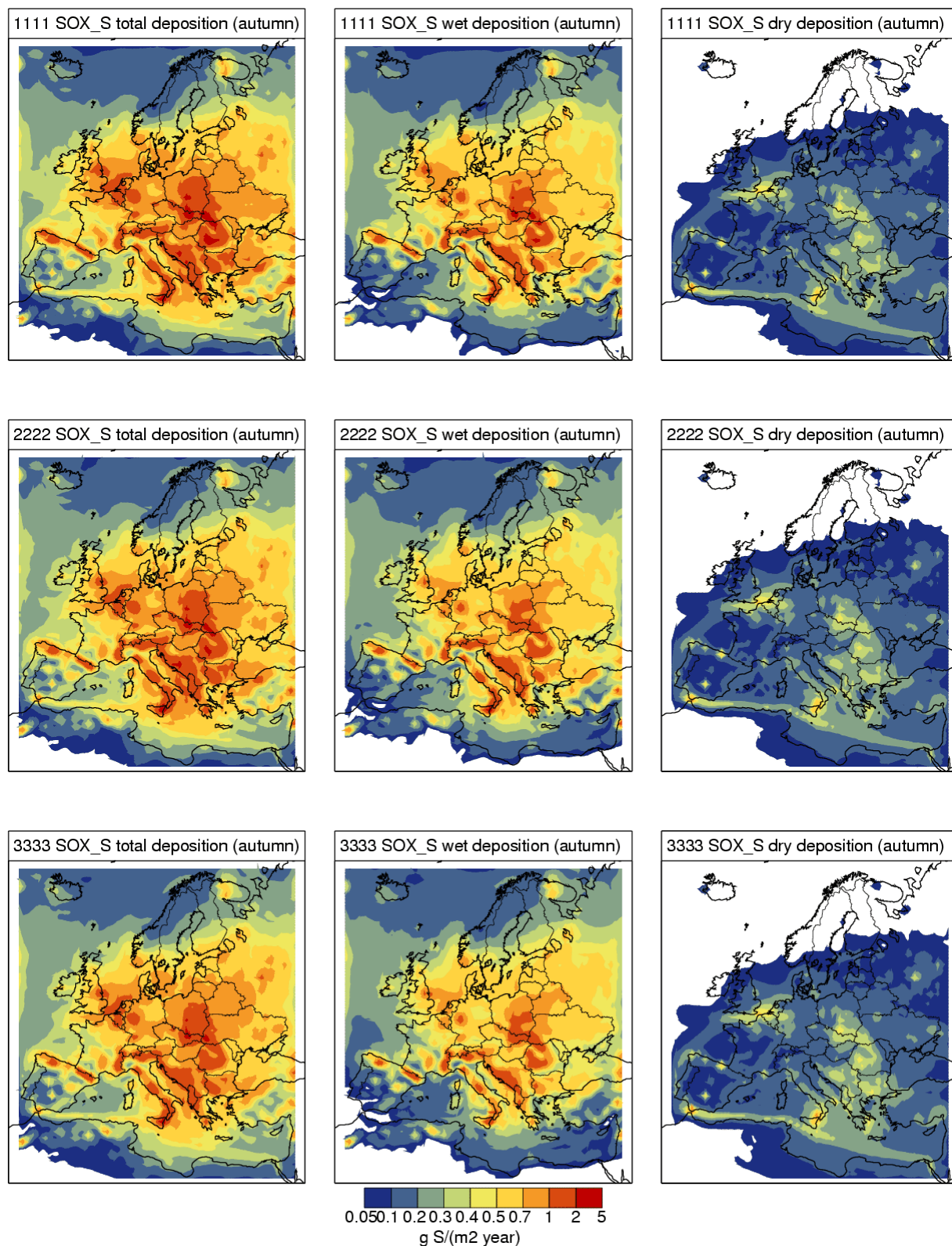
FIGUR 10. Säsongsackumulerad deposition av oxiderat svavel (enhet: g svavel $\text{m}^{-2} \text{år}^{-1}$) under dagens 1111 (1961-1990), och framtida 2222 (2021-2050) respektive 3333 (2071-2100) klimat under **vintern** (december, januari, februari). Depositionen redovisas som total (= våt + torr), samt enbart våtdeposition respektive torrdeposition medelvärdesbildat över de olika 30-års perioderna.



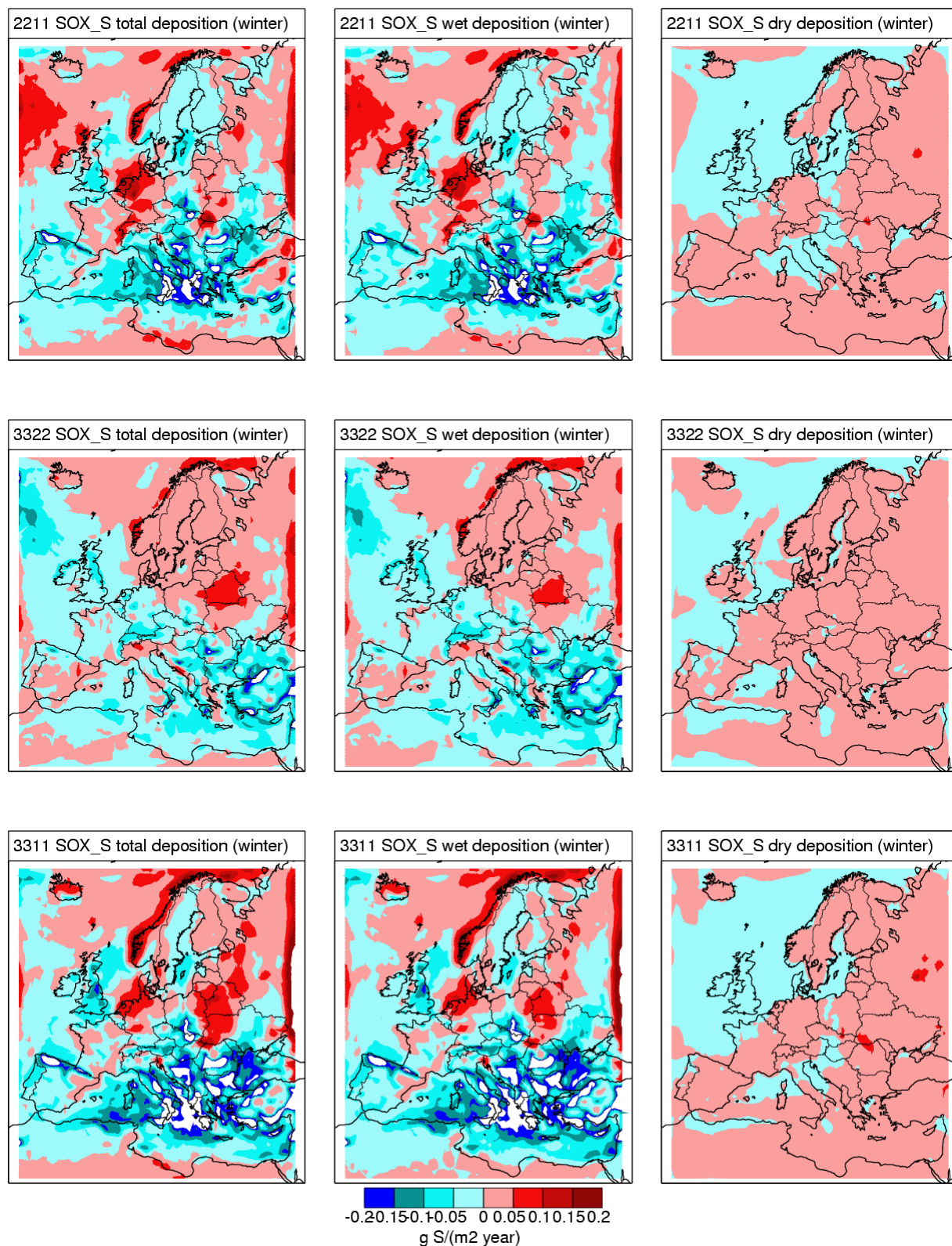
FIGUR 11. Säsongssackumulerad deposition av oxiderat svavel (enhet: g svavel $\text{m}^{-2} \text{år}^{-1}$) under dagens 1111 (1961-1990), och framtida 2222 (2021-2050) respektive 3333 (2071-2100) klimat under **våren** (mars, april, maj). Depositionen redovisas som total (= våt + torr), samt enbart våtdeposition respektive torrdeposition medelvärdesbildat över de olika 30-års perioderna.



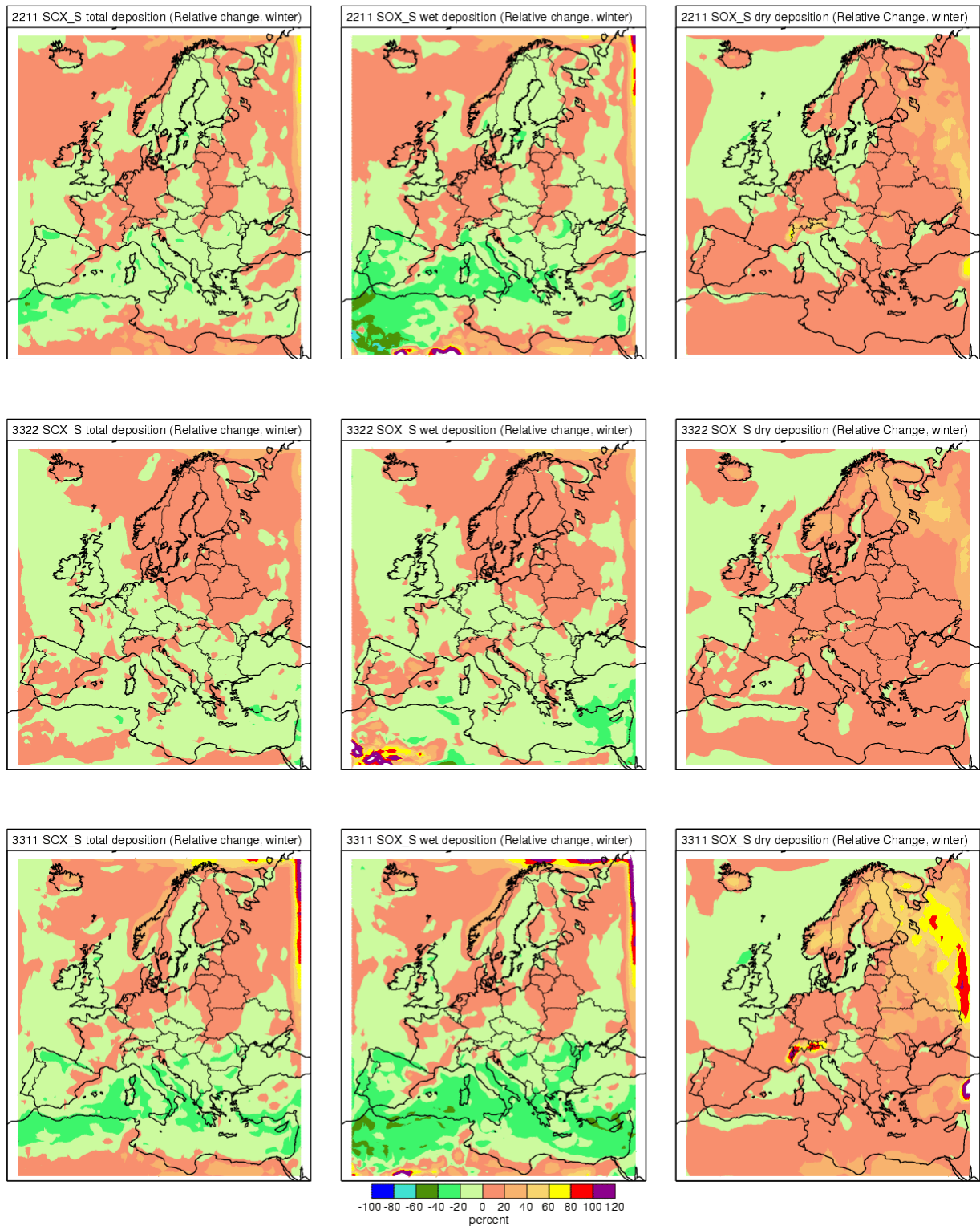
FIGUR 12. Säsongsackumulerad deposition av oxiderat svavel (enhet: g svavel $\text{m}^{-2} \text{år}^{-1}$) under dagens 1111 (1961-1990), och framtida 2222 (2021-2050) respektive 3333 (2071-2100) klimat under **sommaren** (juni, juli, augusti). Depositionen redovisas som total (= våt + torr), samt enbart våtdeposition respektive torrdeposition medelvärdesbildat över de olika 30-års perioderna.



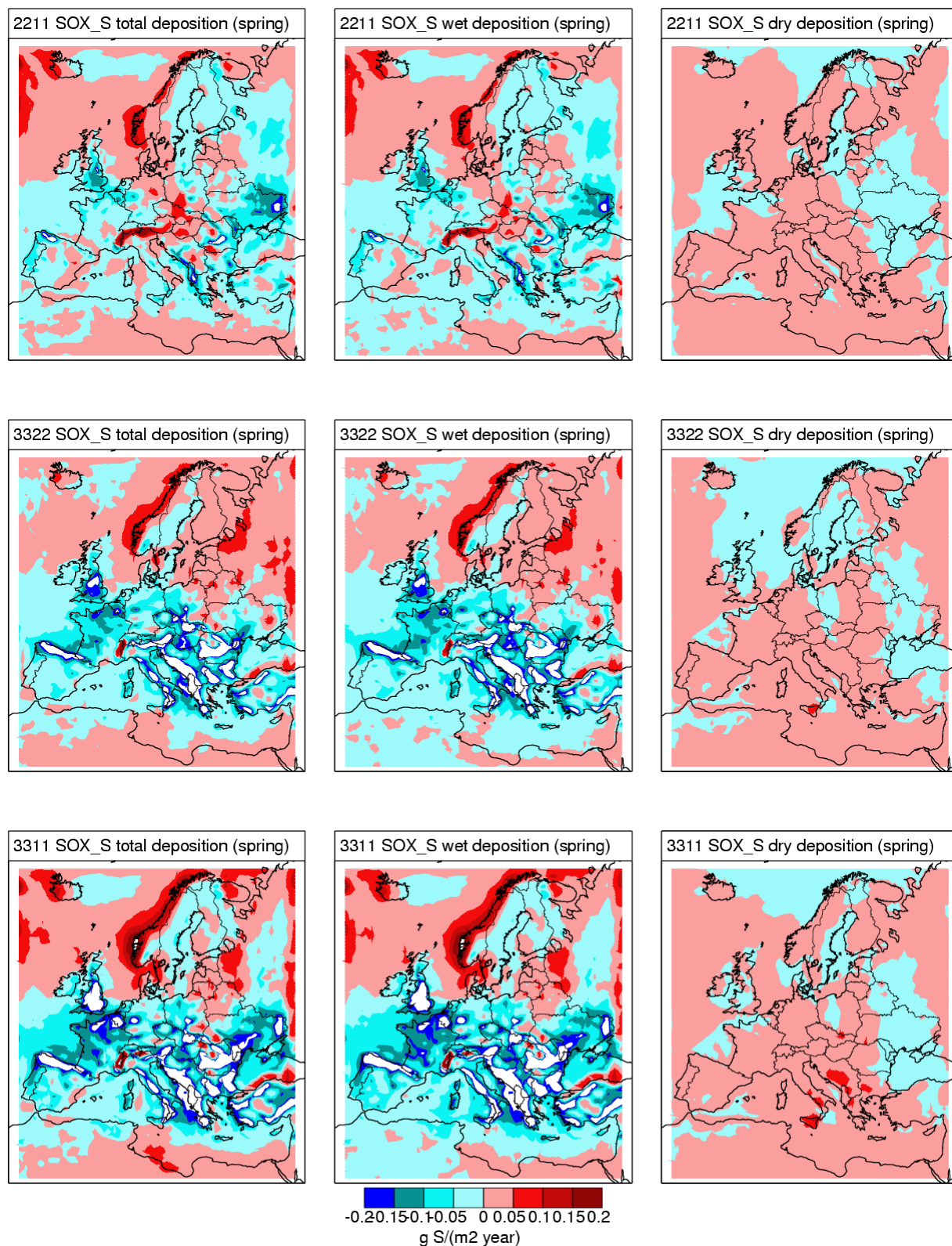
FIGUR 13. Säsongssackumulerad deposition av oxiderat svavel (enhet: g svavel m⁻² år⁻¹) under dagens 1111 (1961-1990), och framtida 2222 (2021-2050) respektive 3333 (2071-2100) klimat under **hösten** (september, oktober, november). Depositionen redovisas som total (= våt + torr), samt enbart våtdeposition respektive torrdeposition medelvärdesbildat över de olika 30-års perioderna.



FIGUR 14. Förändring av depositionen av svavel (enhet: g svavel m⁻² år⁻¹) mellan dagens och framtida klimat under **vintern** (december, januari, februari). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.

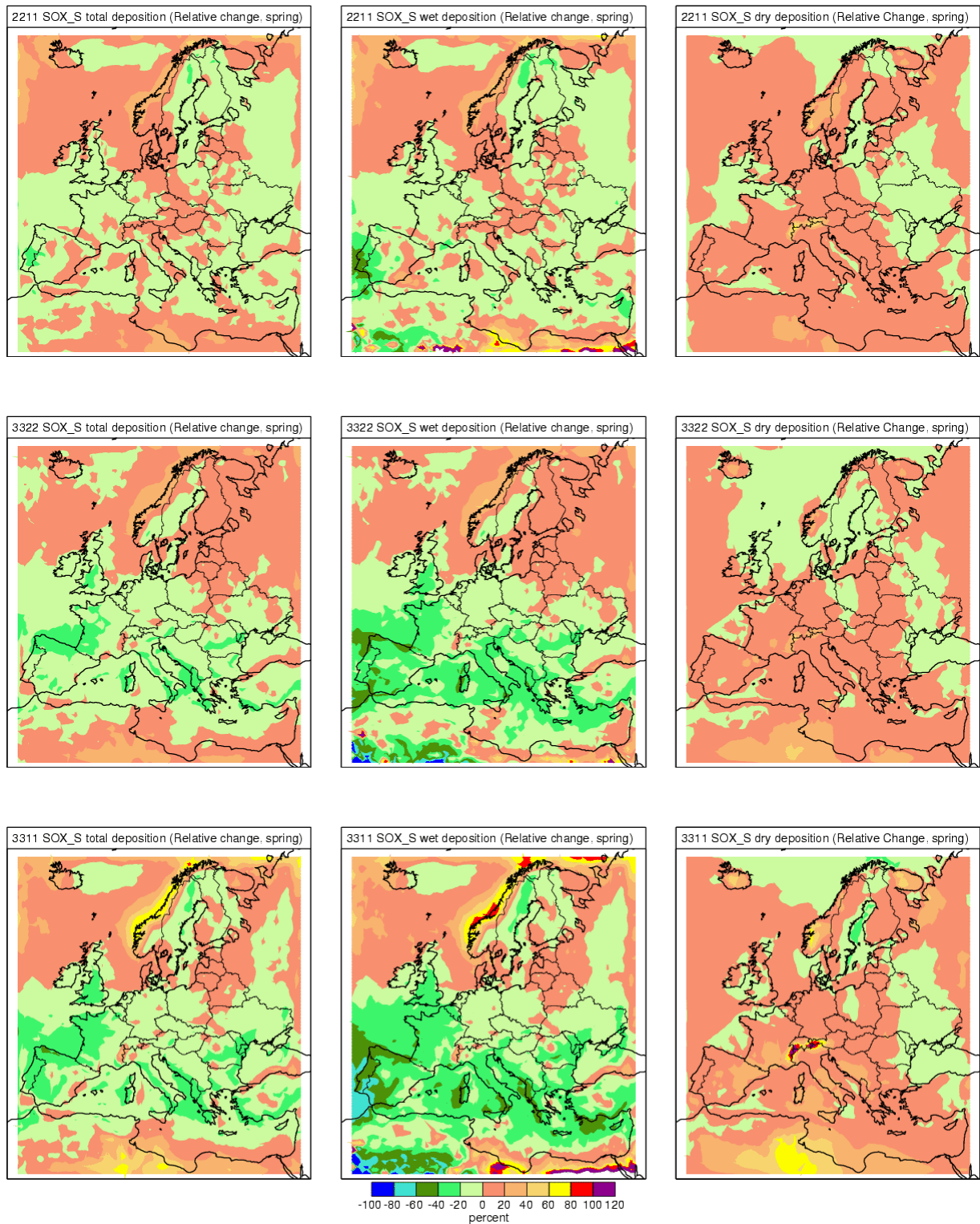


FIGUR 15. Relativ förändring av **depositionen** av **svavel** (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat under **vintern** (december, januari, februari). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden, differensen dividerad med medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.

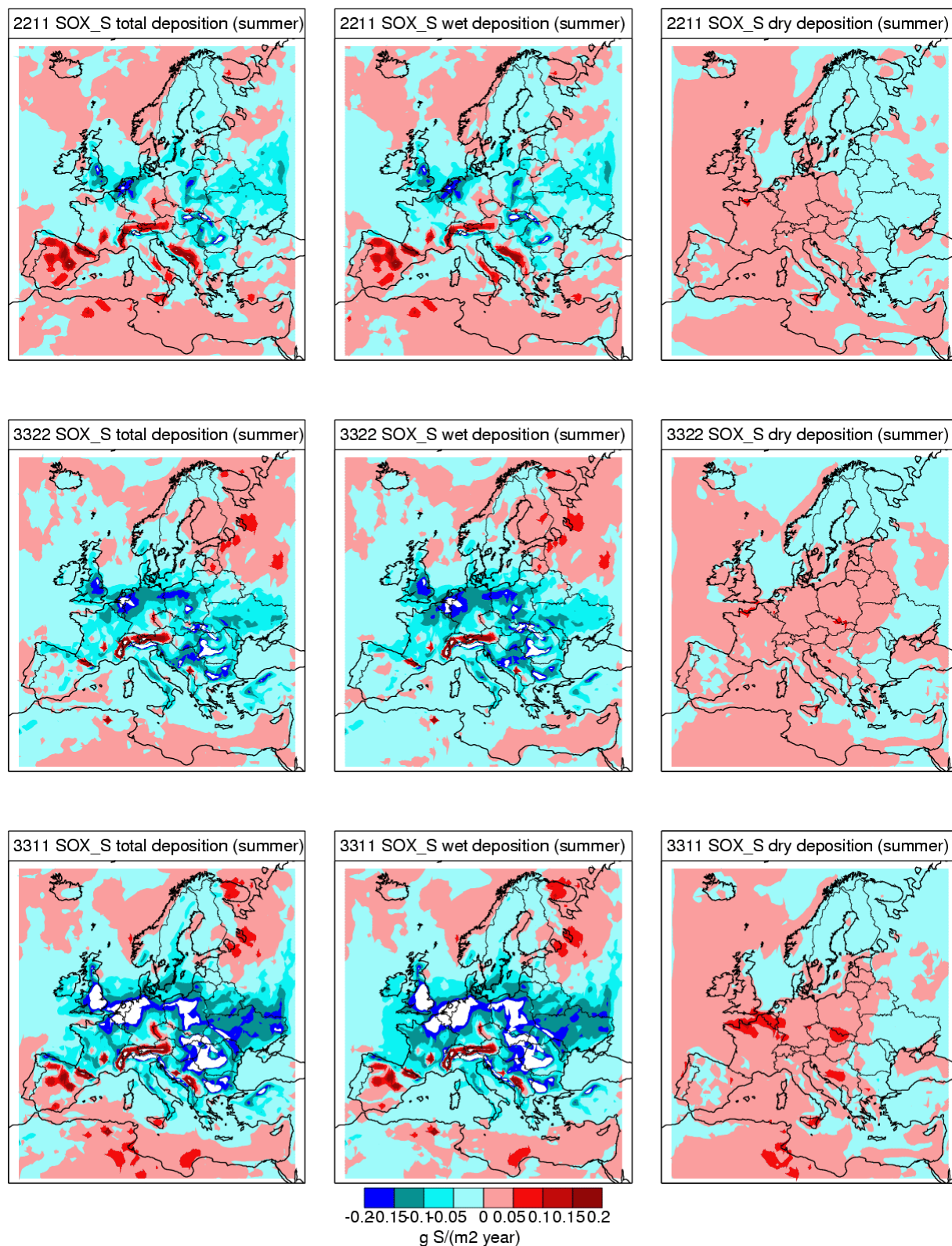


FIGUR 16. Förändring av depositionen av svavel (enhet: g svavel m⁻² år⁻¹) mellan dagens och framtida klimat under **våren** (mars, april, maj). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.

Deposition av svavelföreningar

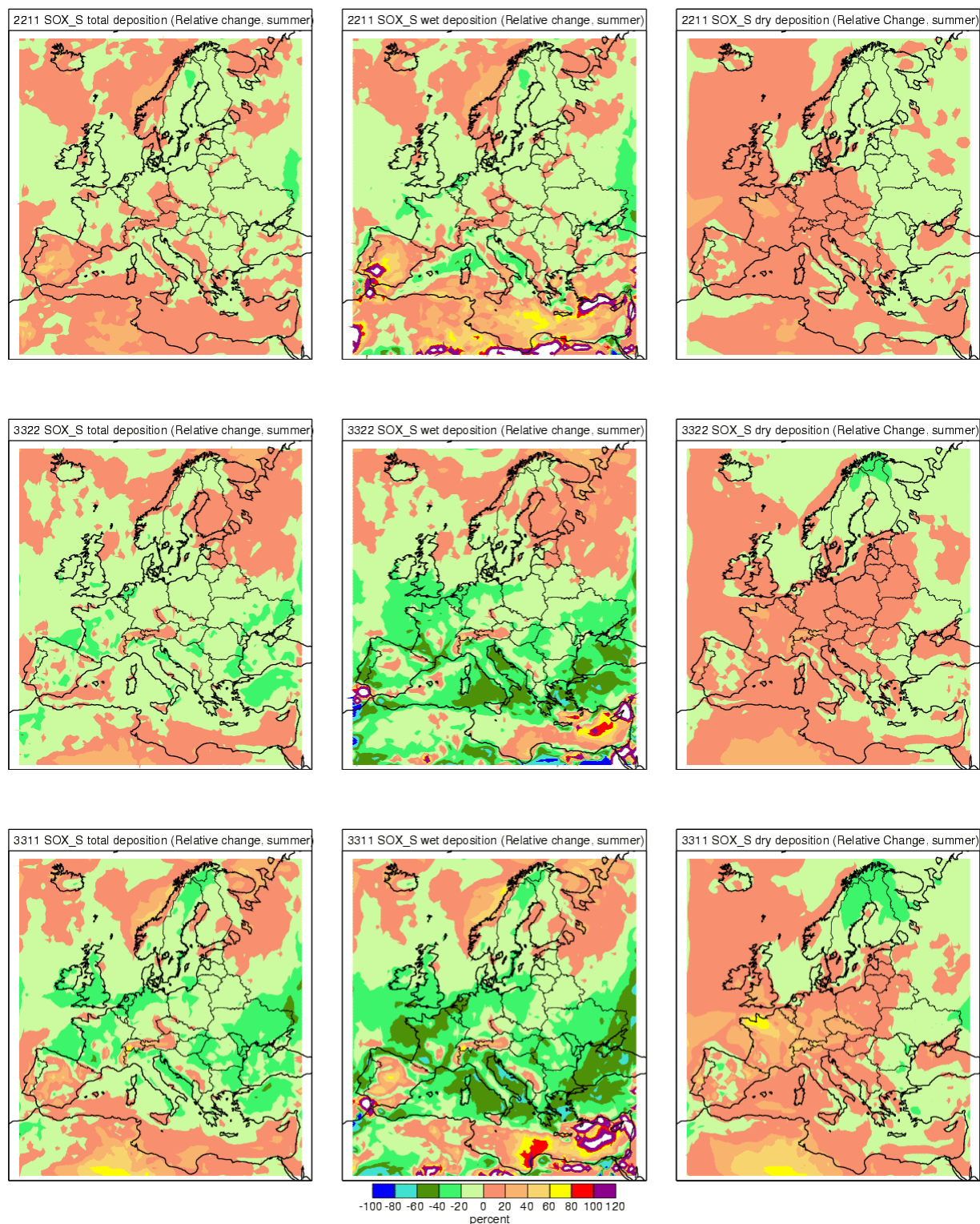


FIGUR 17. Relativ förändring av depositionen av svavel (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat under **våren** (mars, april, maj). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärdet av den senare perioden minus medelvärdet av den tidigare perioden, differensen dividerad med medelvärdet av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.

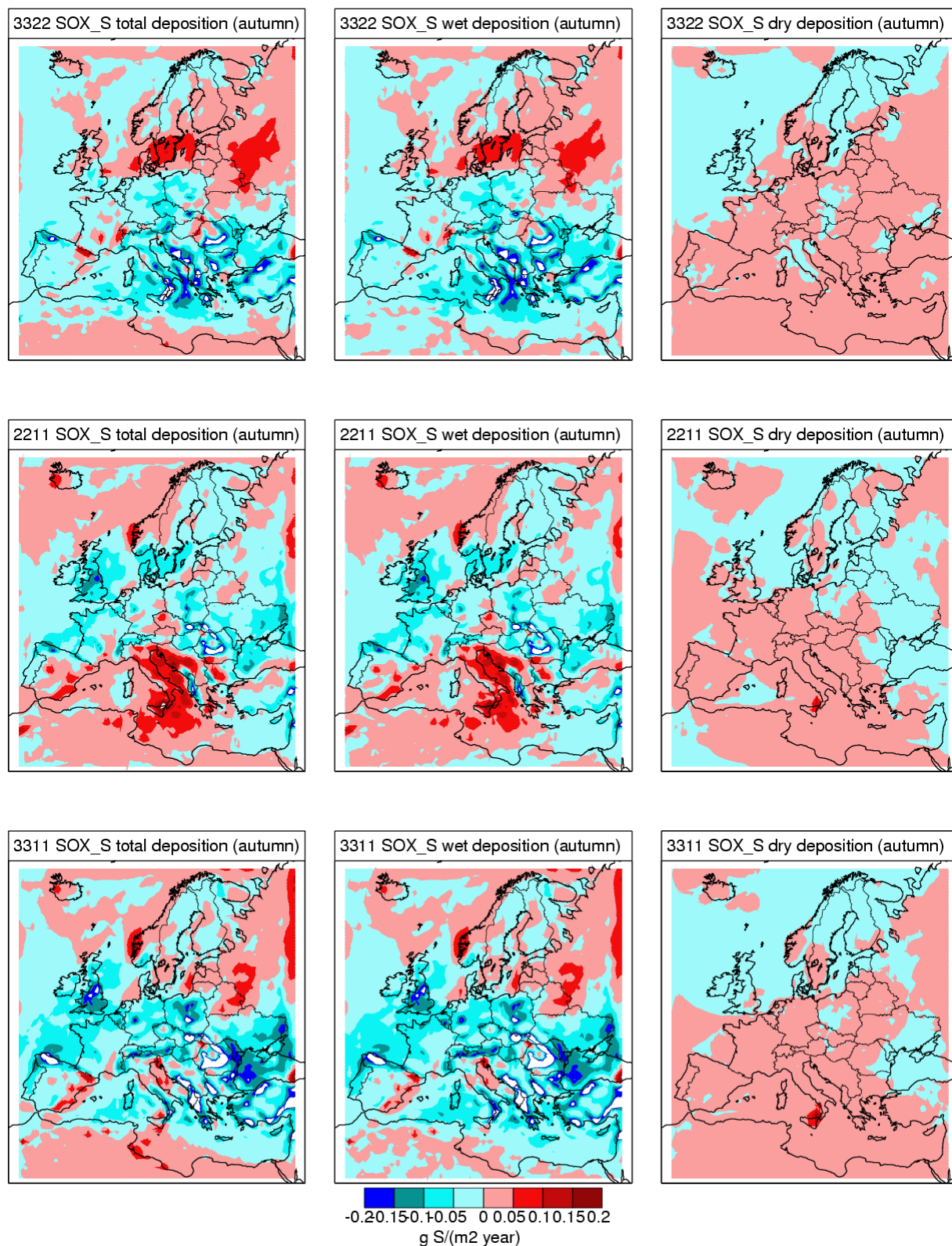


FIGUR 18. Förändring av depositionen av svavel (enhet: $\text{g svavel m}^{-2} \text{ år}^{-1}$) mellan dagens och framtida klimat under **sommaren** (juni, juli, augusti). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.

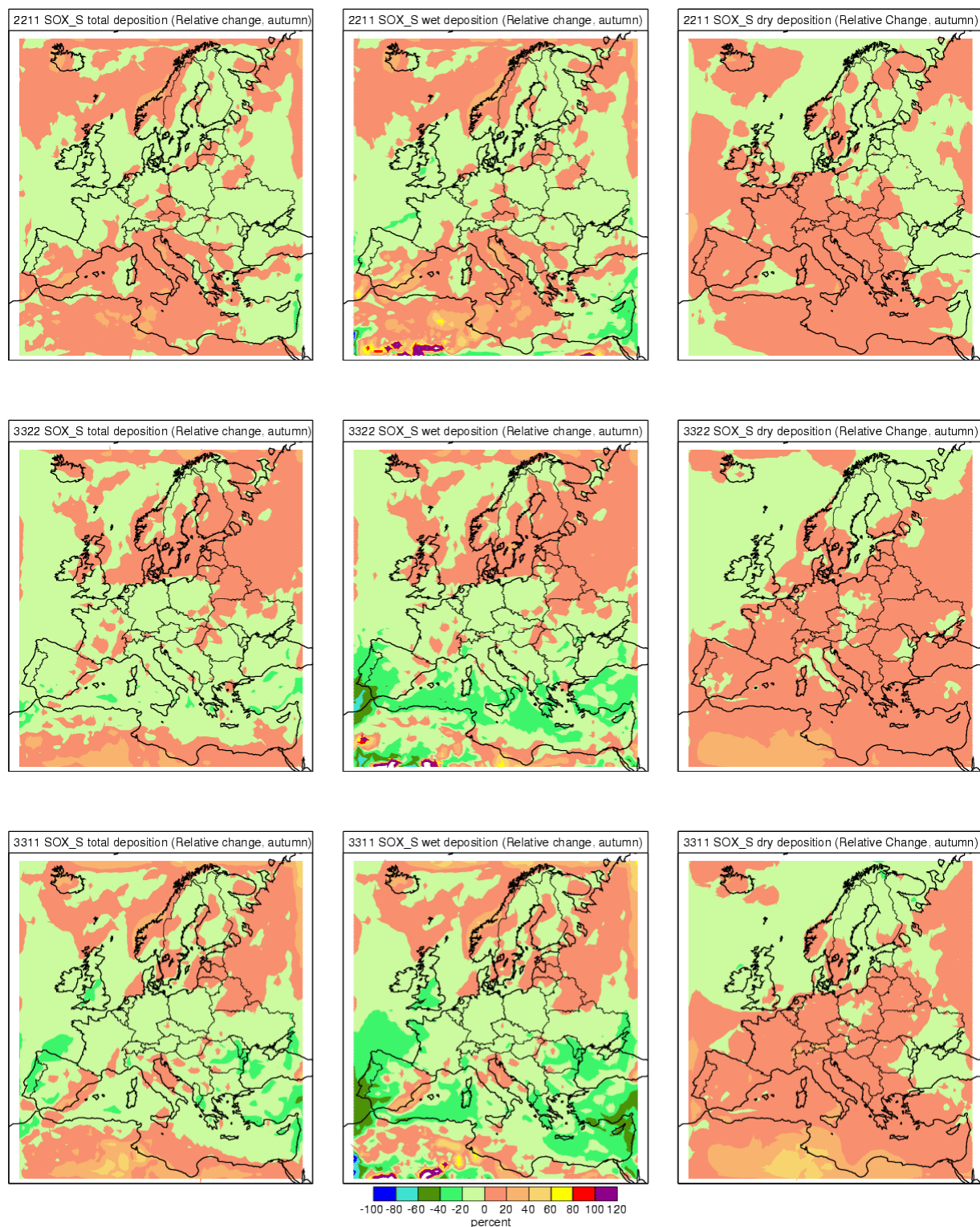
Deposition av svavelföreningar



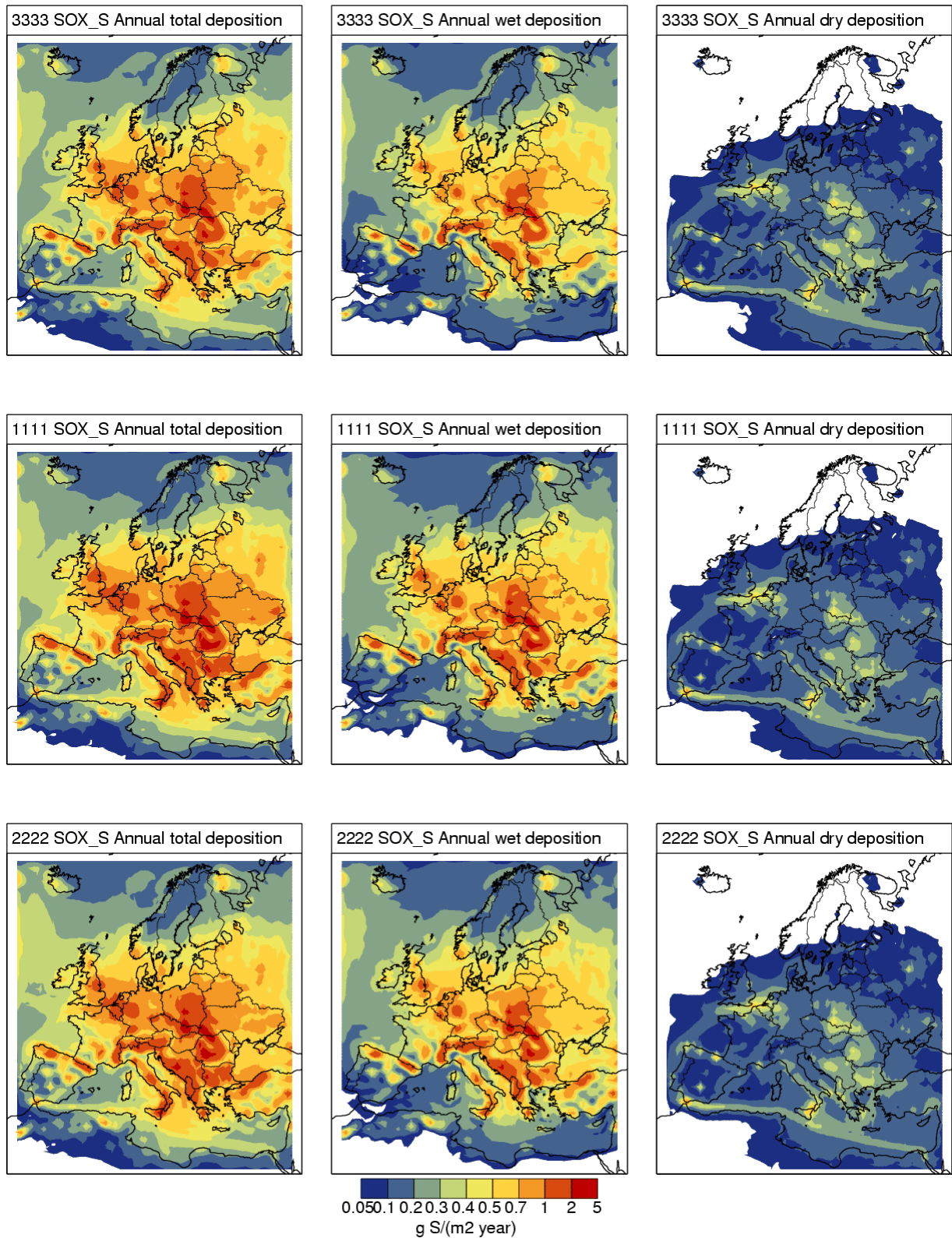
FIGUR 19. Relativ förändring av depositionen av svavel (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat under **sommaren** (juni, juli, augusti). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden, differensen dividerad med medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



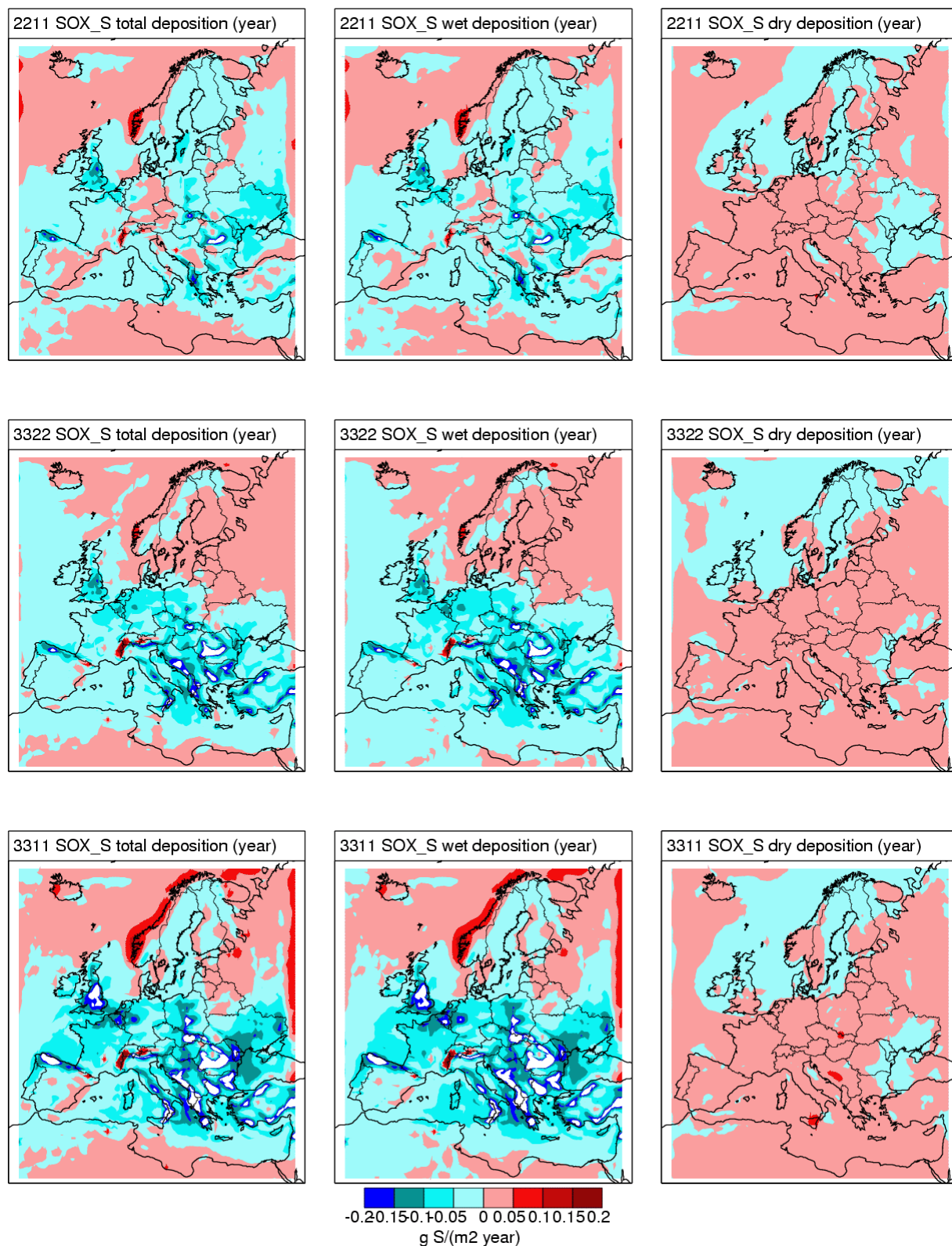
FIGUR 20. Förändring av depositionen av svavel (enhet: g svavel $\text{m}^{-2} \text{år}^{-1}$) mellan dagens och framtida klimat under **hösten** (september, oktober, november). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



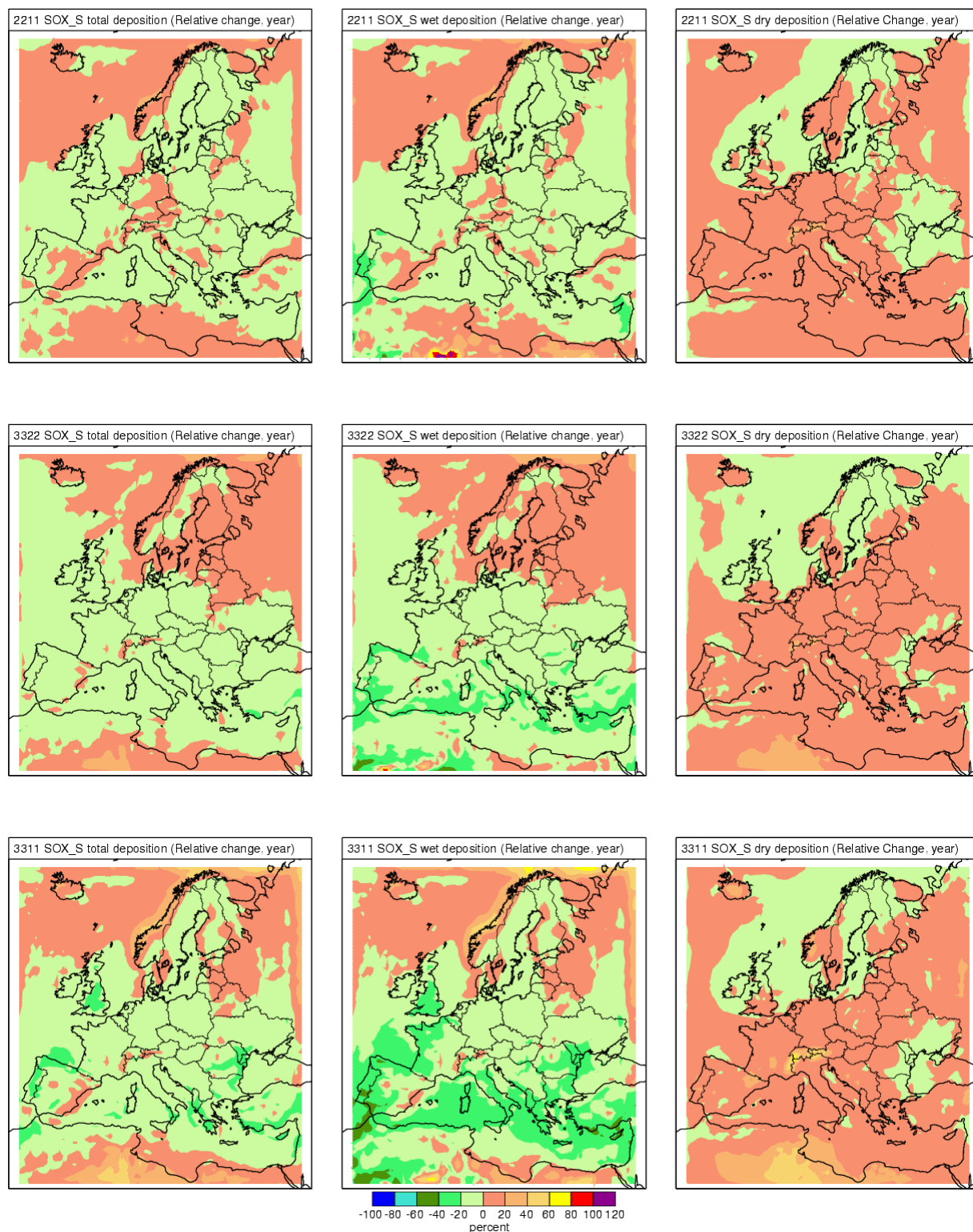
FIGUR 21. Relativ förändring av depositionen av svavel (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat under **hösten** (september, oktober, november). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden, differensen dividerad med medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



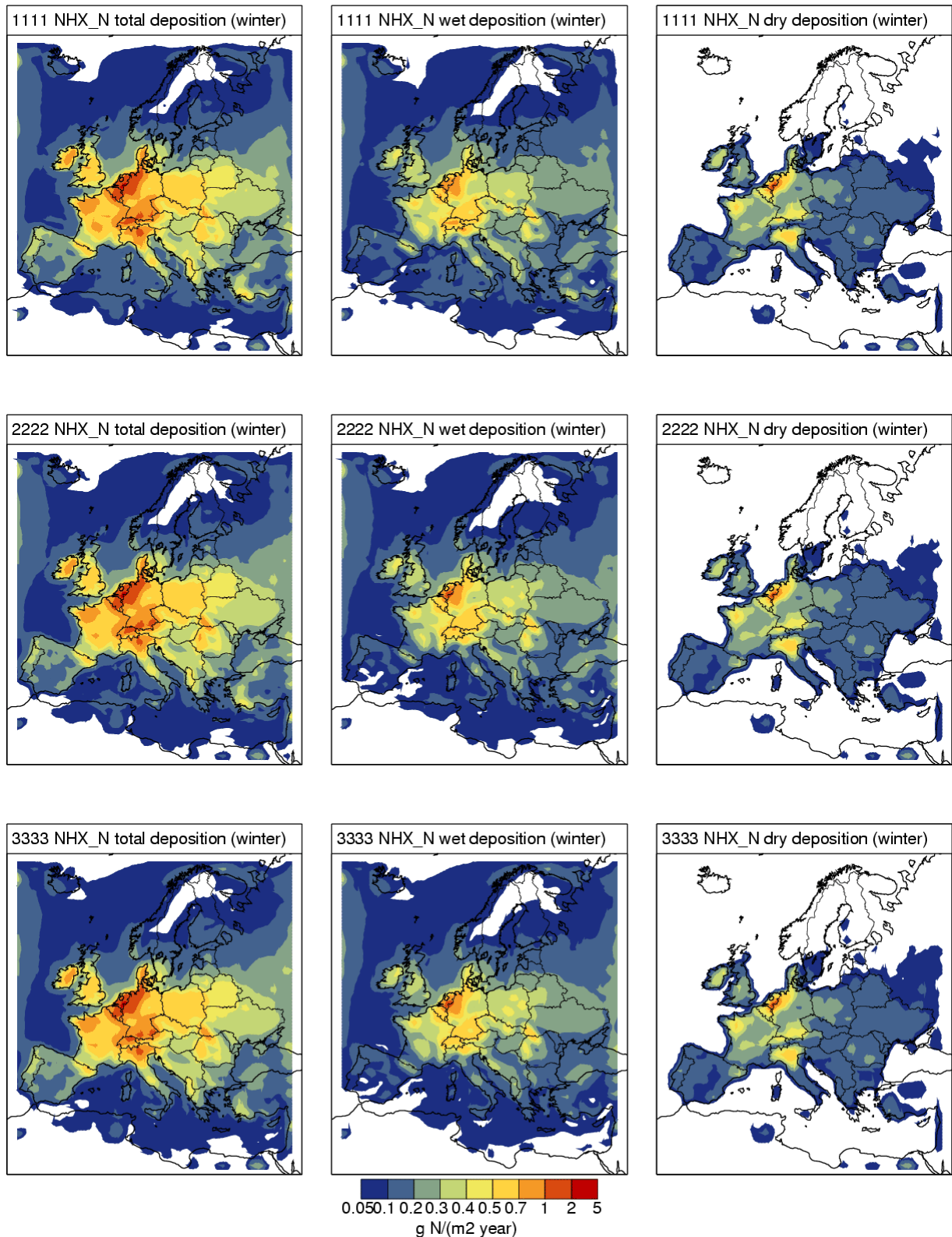
FIGUR 22. Årsackumulerad deposition av **oxiderad svavel** (enhet: g svavel m⁻² år⁻¹) under dagens 1111 (1961-1990), och framtida 2222 (2021-2050) respektive 3333 (2071-2100) klimat. Depositionen redovisas som total (= våt + torr), samt enbart våt deposition respektive torrdeposition medelvärdesbildat över alla 12 månader under respektive 30-års period.



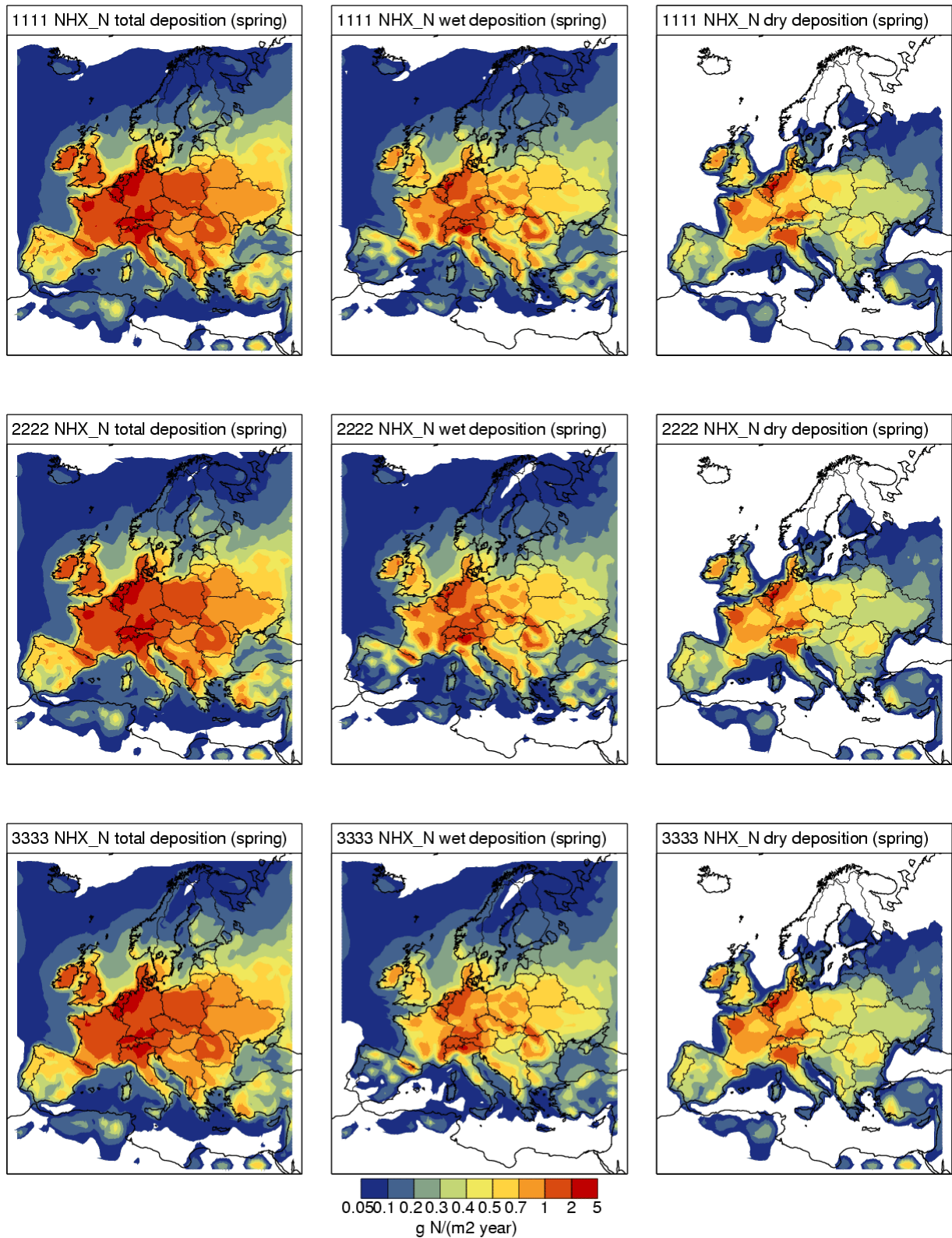
FIGUR 23. Förändring av årsackumulerad deposition av oxiderat svavel (enhet: g svavel m⁻² år⁻¹) mellan dagens och framtida klimat. 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



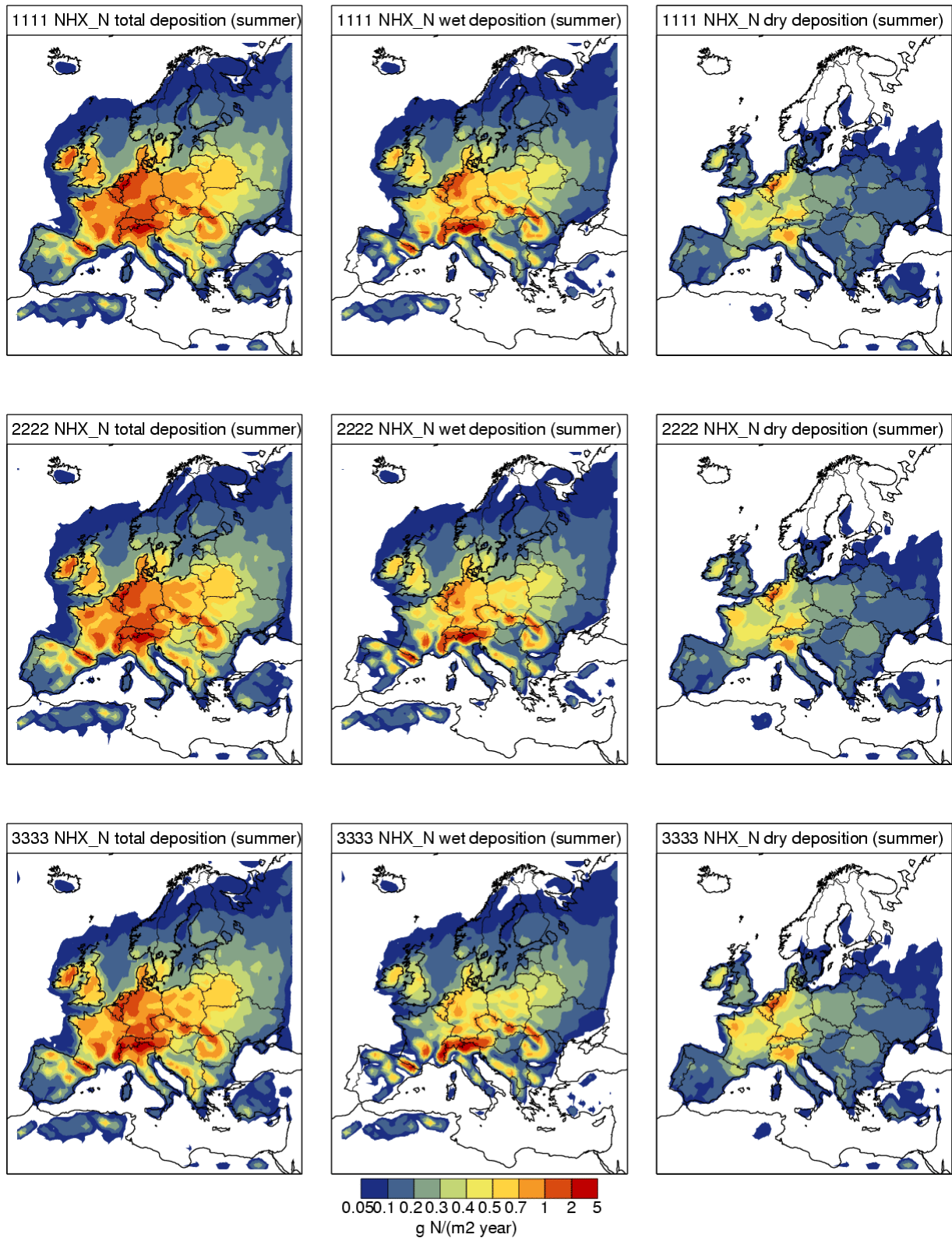
FIGUR 24. Relativ förändring av årsackumulerad depositionen av oxiderat svavel (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärdet av den senare perioden minus medelvärdet av den tidigare perioden, differensen dividerad med medelvärdet av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



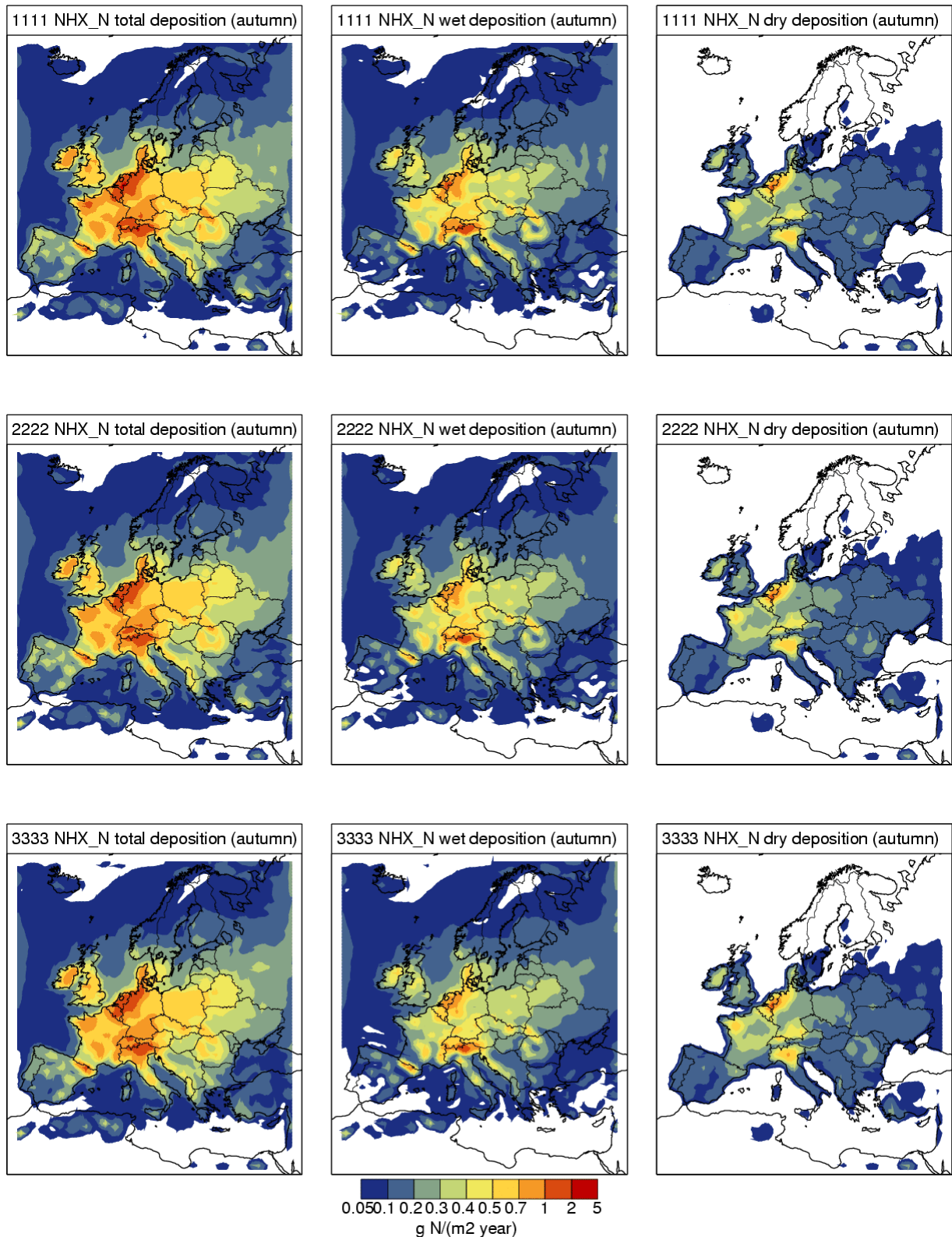
FIGUR 25. Säsongssackumulerad deposition av reducerat kväve (enhet: g kväve m⁻² år⁻¹) under dagens 1111 (1961-1990), och framtida 2222 (2021-2050) respektive 3333 (2071-2100) klimat under **vintern** (december, januari, februari). Depositionen redovisas som total (= våt + torr), samt enbart våtdeposition respektive torrdeposition medelvärdesbildat över de olika 30-års perioderna.



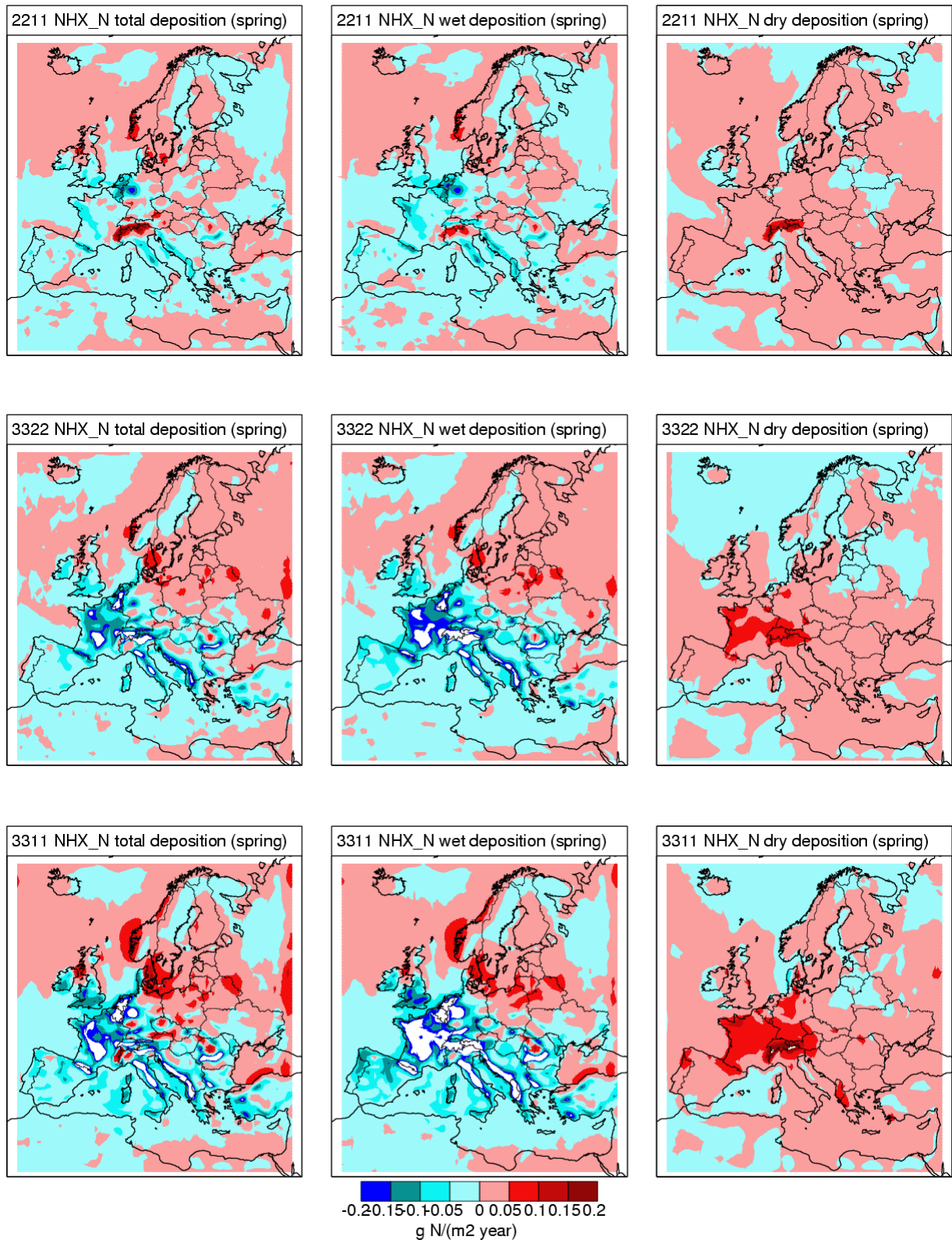
FIGUR 26. Säsongsackumulerad deposition av reducerat kväve (enhet: g kväve $\text{m}^{-2} \text{år}^{-1}$) under dagens 1111 (1961-1990), och framtida 2222 (2021-2050) respektive 3333 (2071-2100) klimat under **våren** (mars, april, maj). Depositionen redovisas som total (= våt + torr), samt enbart våtdeposition respektive torrdeposition medelvärdesbildat över de olika 30-års perioderna.



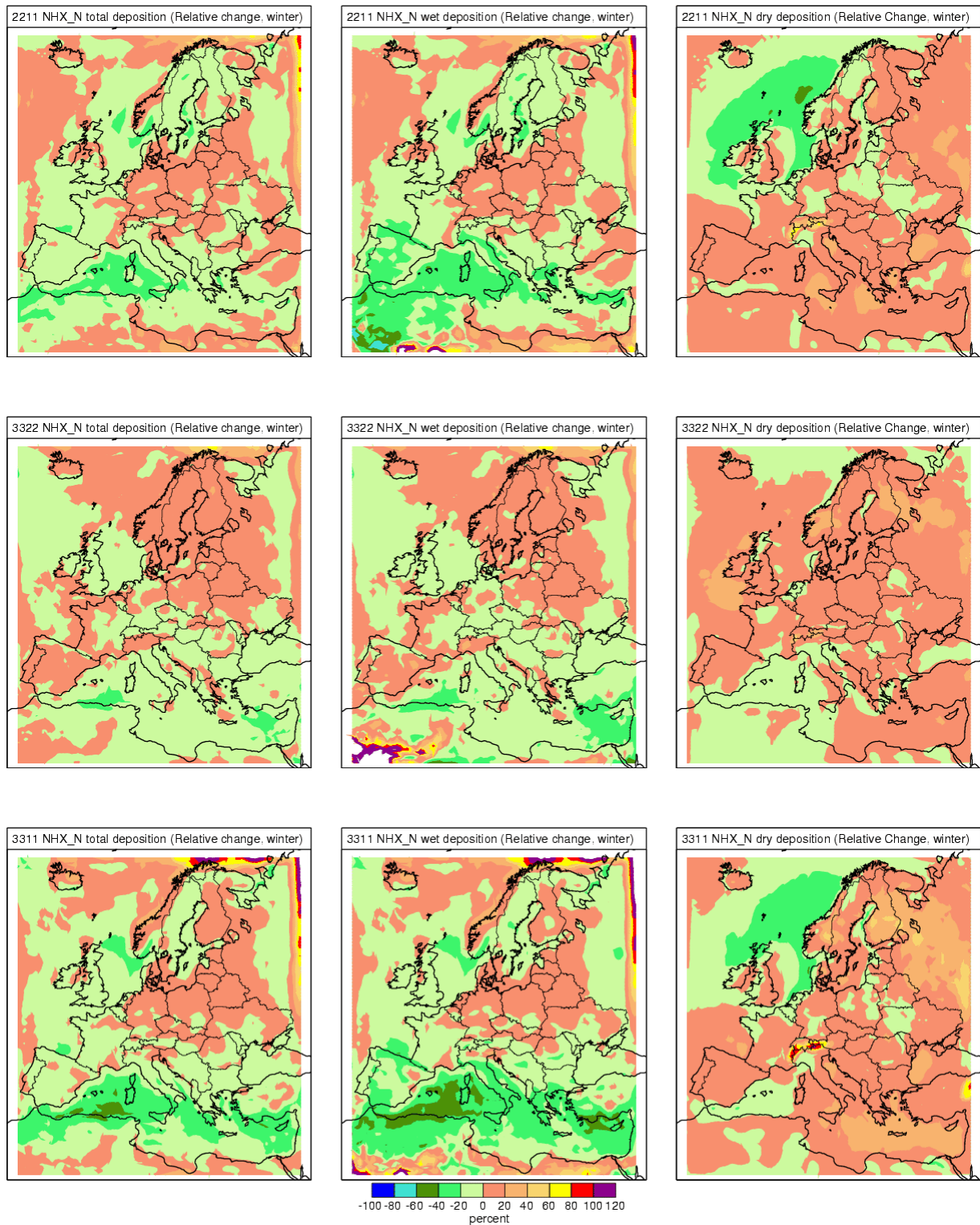
FIGUR 27. Säsongssackumulerad deposition av reducerat kväve (enhet: g kväve $\text{m}^{-2} \text{år}^{-1}$) under dagens 1111 (1961-1990), och framtida 2222 (2021-2050) respektive 3333 (2071-2100) klimat under **sommaren** (juni, juli, augusti). Depositionen redovisas som total (= våt + torr), samt enbart våtdeposition respektive torrdeposition medelvärdesbildat över de olika 30-års perioderna.



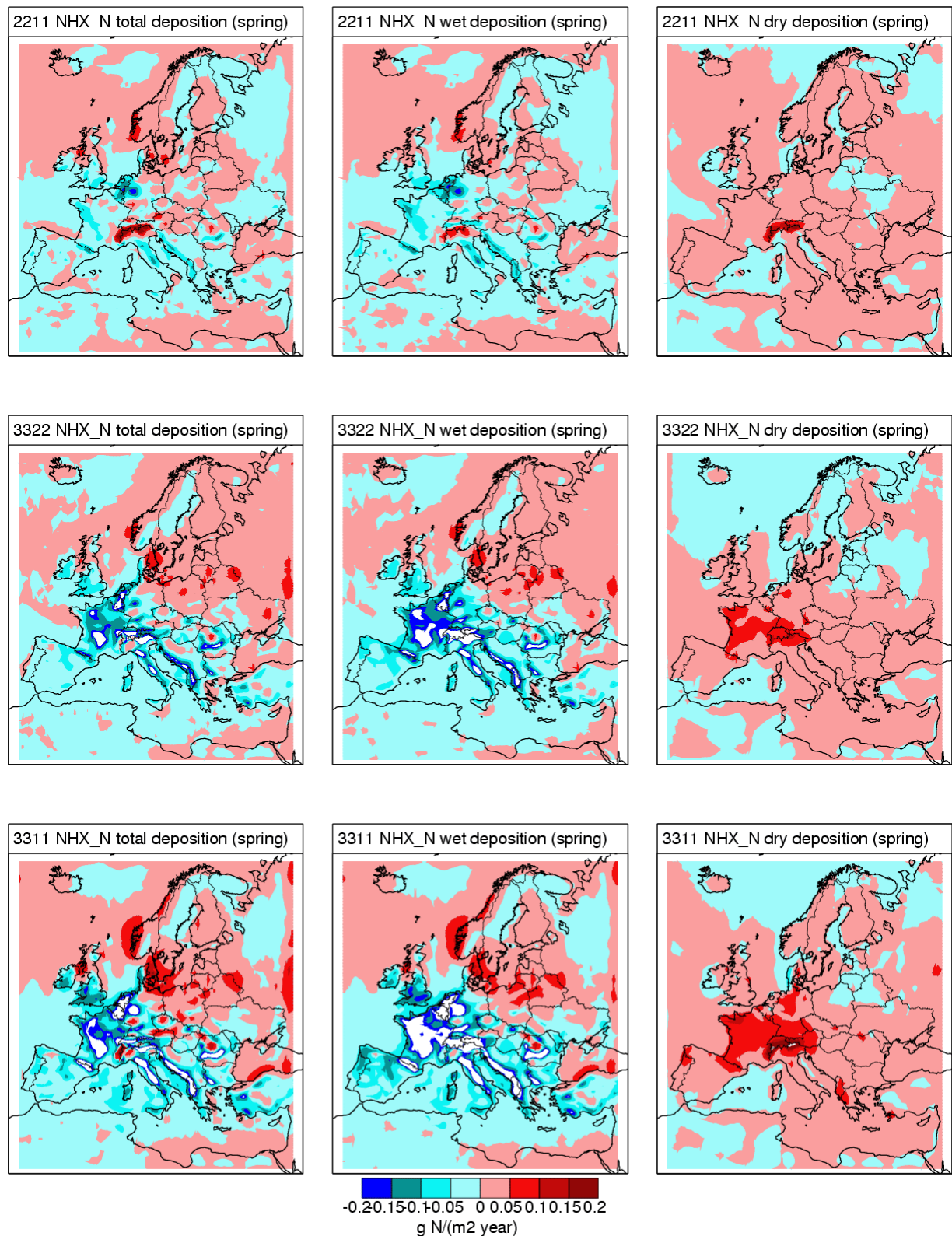
FIGUR 28. Säsongsackumulerad deposition av reducerat kväve (enhet: g kväve m⁻² år⁻¹) under dagens 1111 (1961-1990), och framtida 2222 (2021-2050) respektive 3333 (2071-2100) klimat under **hösten** (september, oktober, november). Depositionen redovisas som total (= våt + torr), samt enbart våtdeposition respektive torrdeposition medelvärdesbildat över de olika 30-års perioderna.



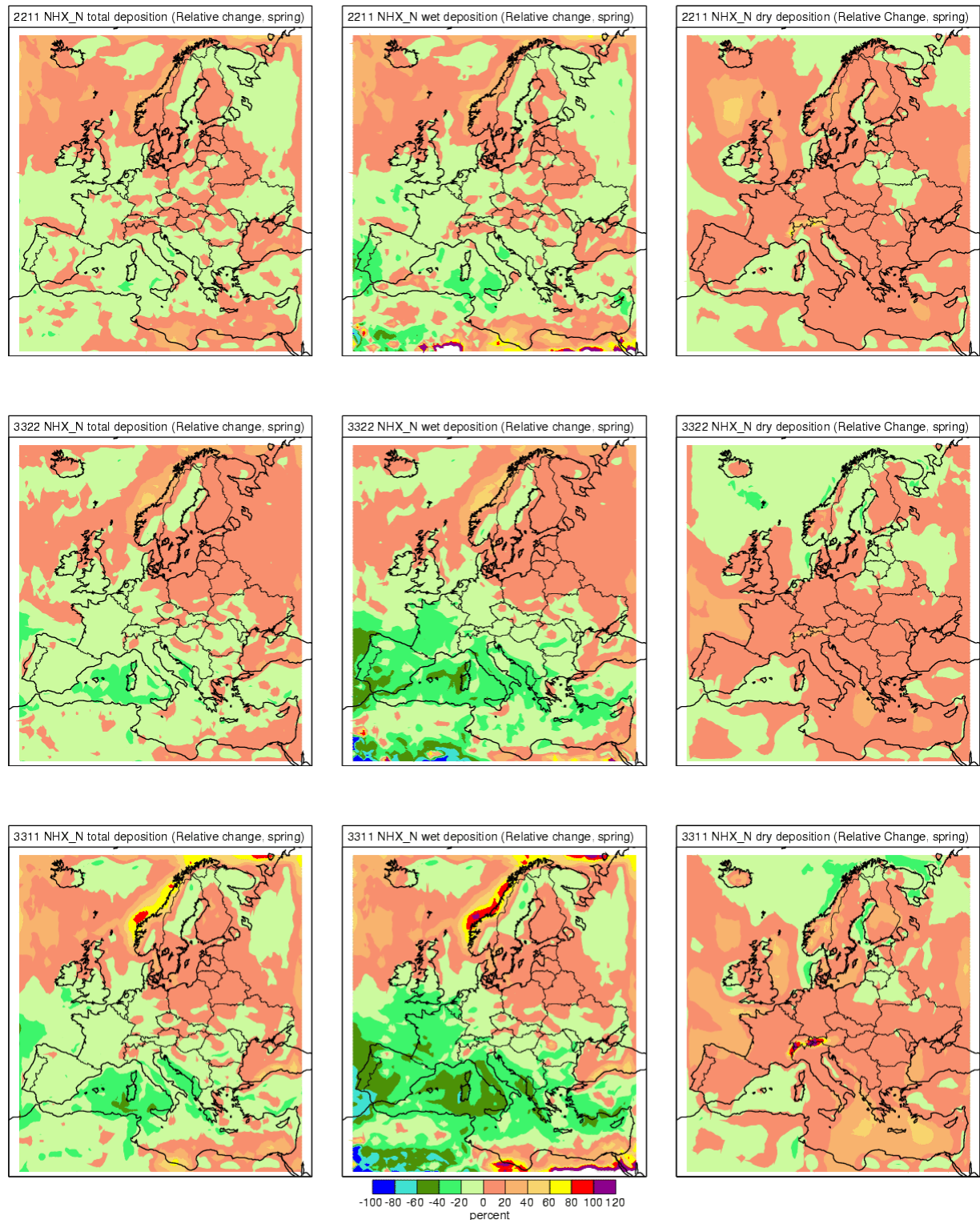
FIGUR 29. Förändring av depositionen av reducerat kväve (enhet: g kväve m⁻² år⁻¹) mellan dagens och framtida klimat under **vintern** (december, januari, februari). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärdet av den senare perioden minus medelvärdet av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



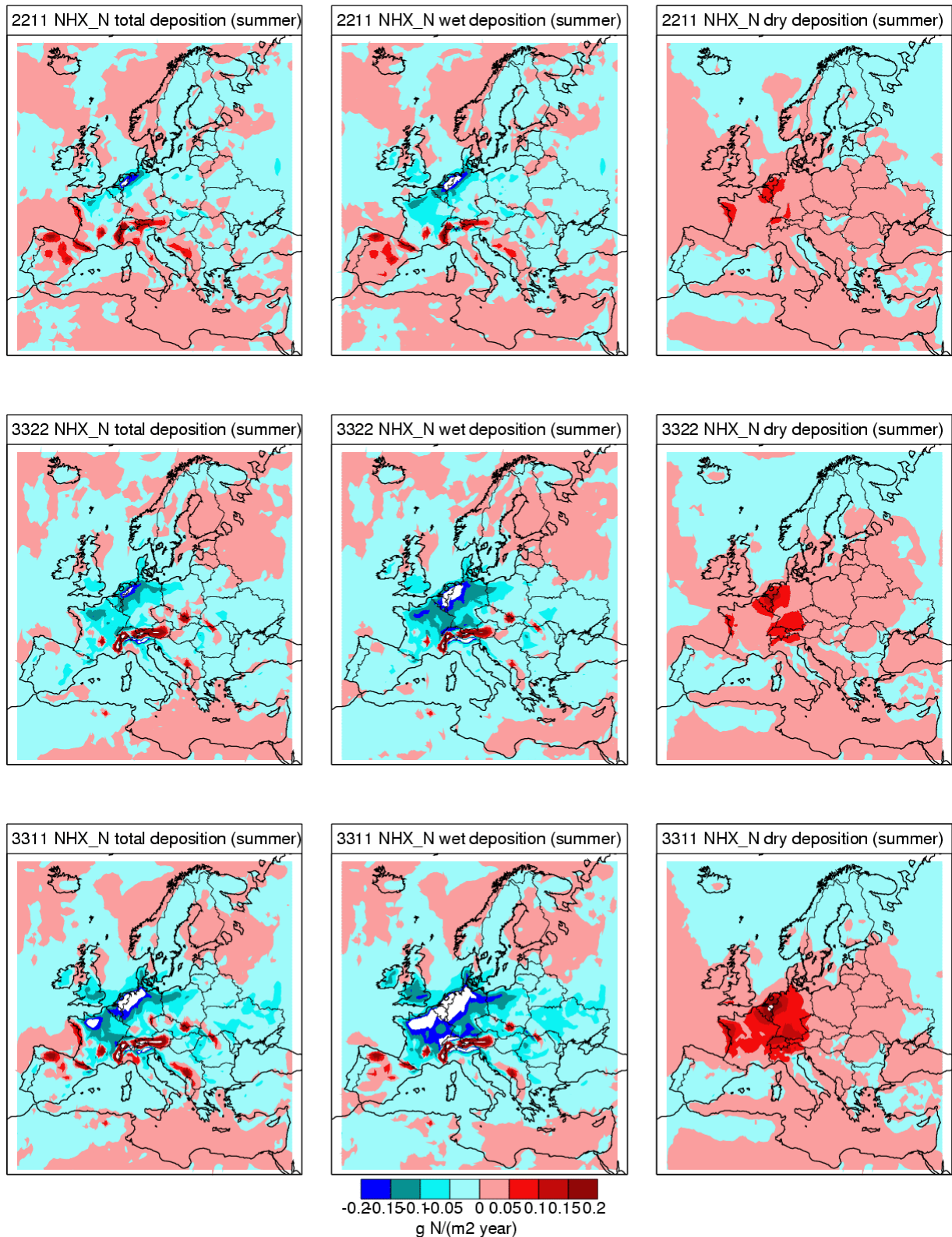
FIGUR 30. Relativ förändring av depositionen av reducerat kväve (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat under **vintern** (december, januari, februari). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärdet av den senare perioden minus medelvärdet av den tidigare perioden, differensen dividerad med medelvärdet av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



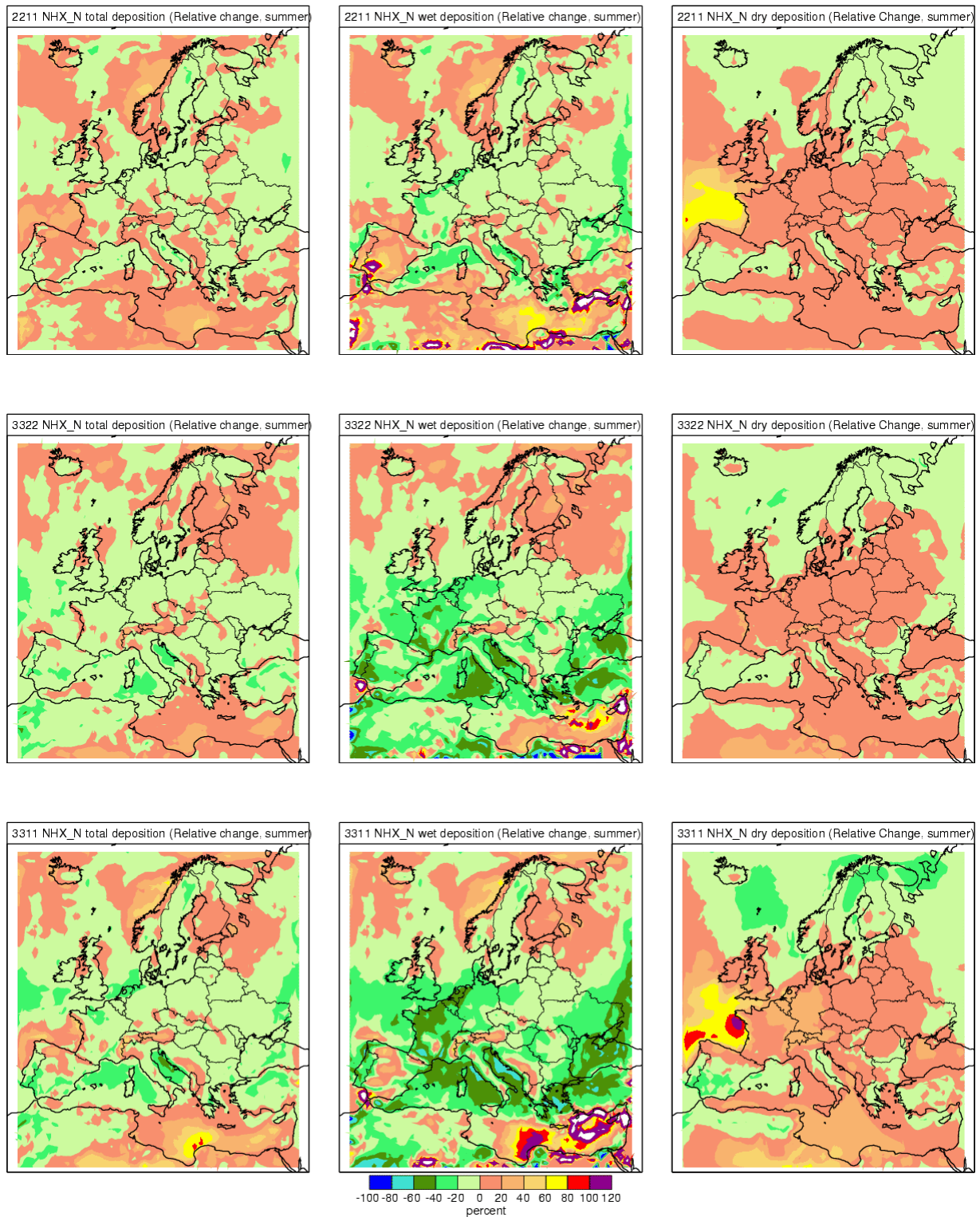
FIGUR 31. Förändring av depositionen av reducerat kväve (enhet: $\text{g kväve m}^{-2} \text{ år}^{-1}$) mellan dagens och framtida klimat under **våren** (mars, april, maj). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



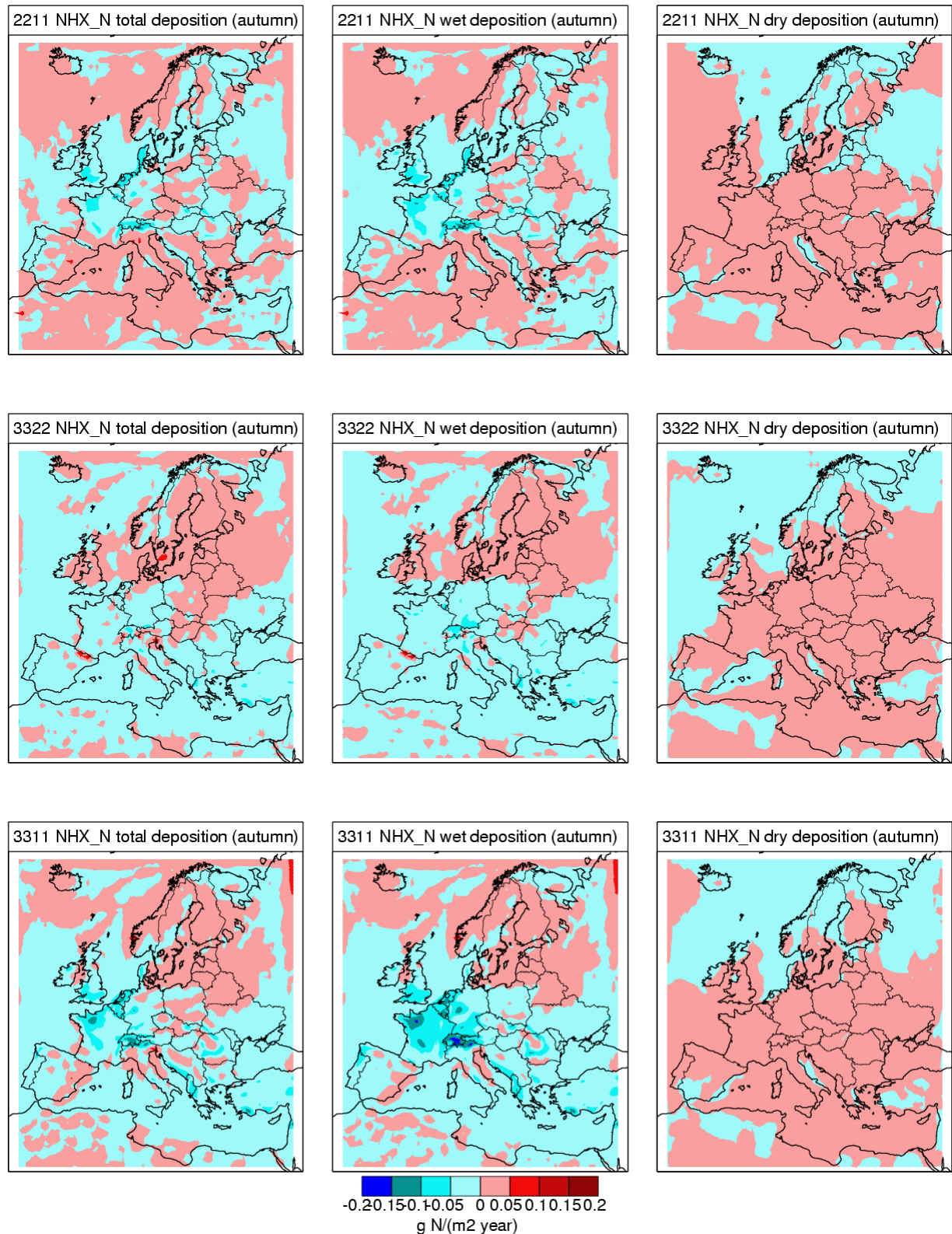
FIGUR 32. Relativ förändring av depositionen av reducerat kväve (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat under **våren** (mars, april, maj). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden, differensen dividerad med medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



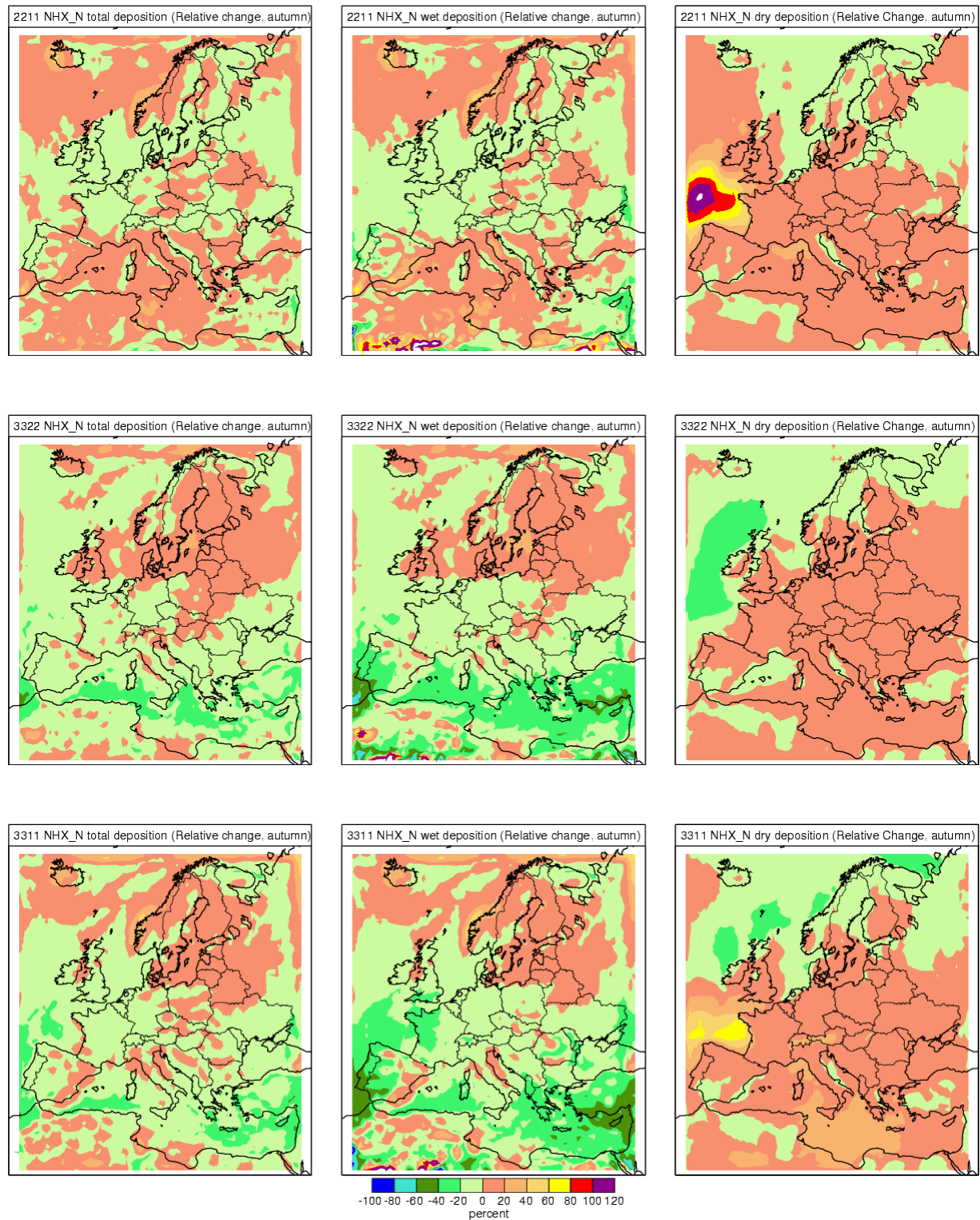
FIGUR 33. Förändring av depositionen av reducerat kväve (enhet: g kväve m⁻² år⁻¹) mellan dagens och framtida klimat under **sommaren** (juni, juli, augusti). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



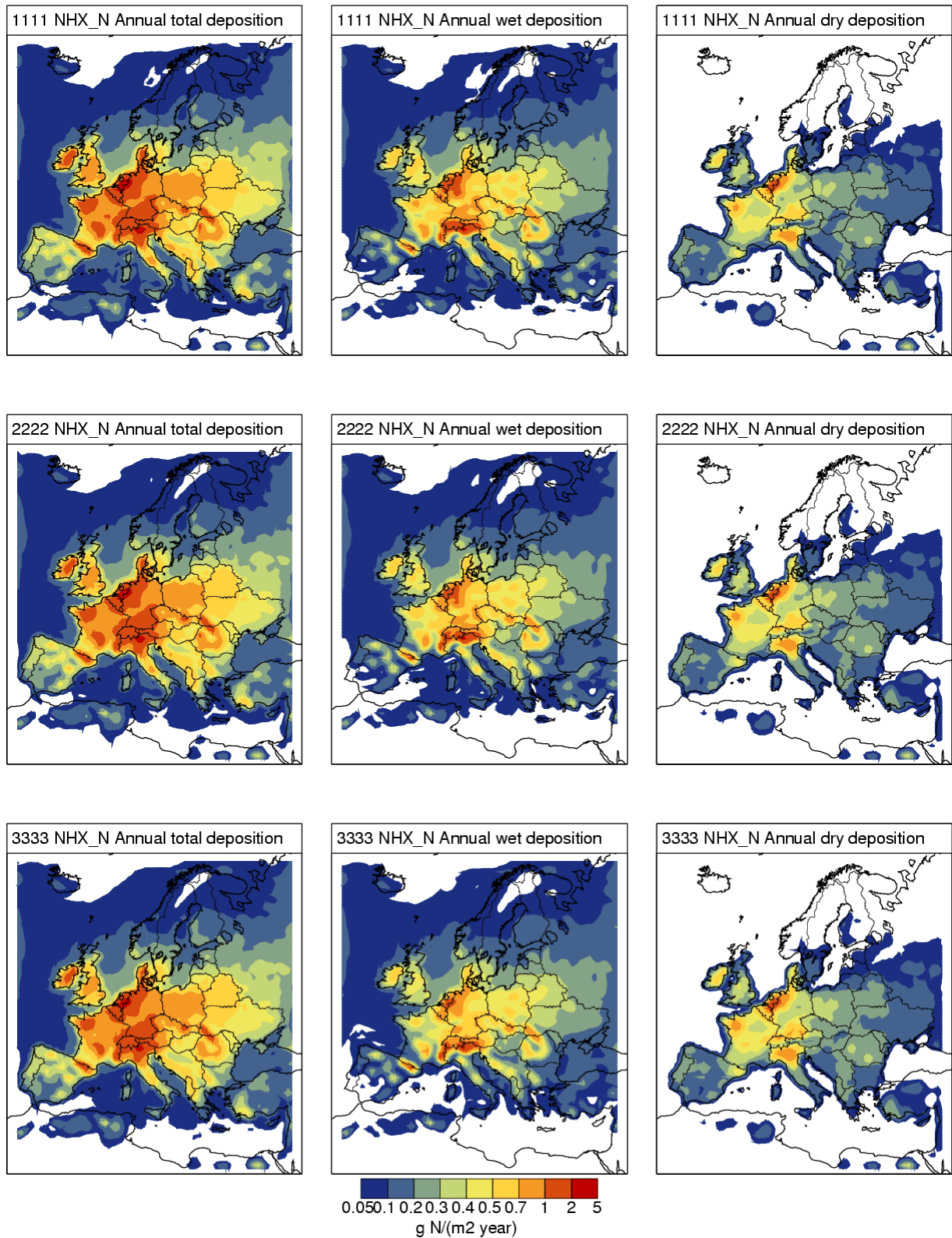
FIGUR 34. Relativ förändring av depositionen av reducerat kväve (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat under **sommaren** (juni, juli, augusti). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden, differensen dividerad med medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



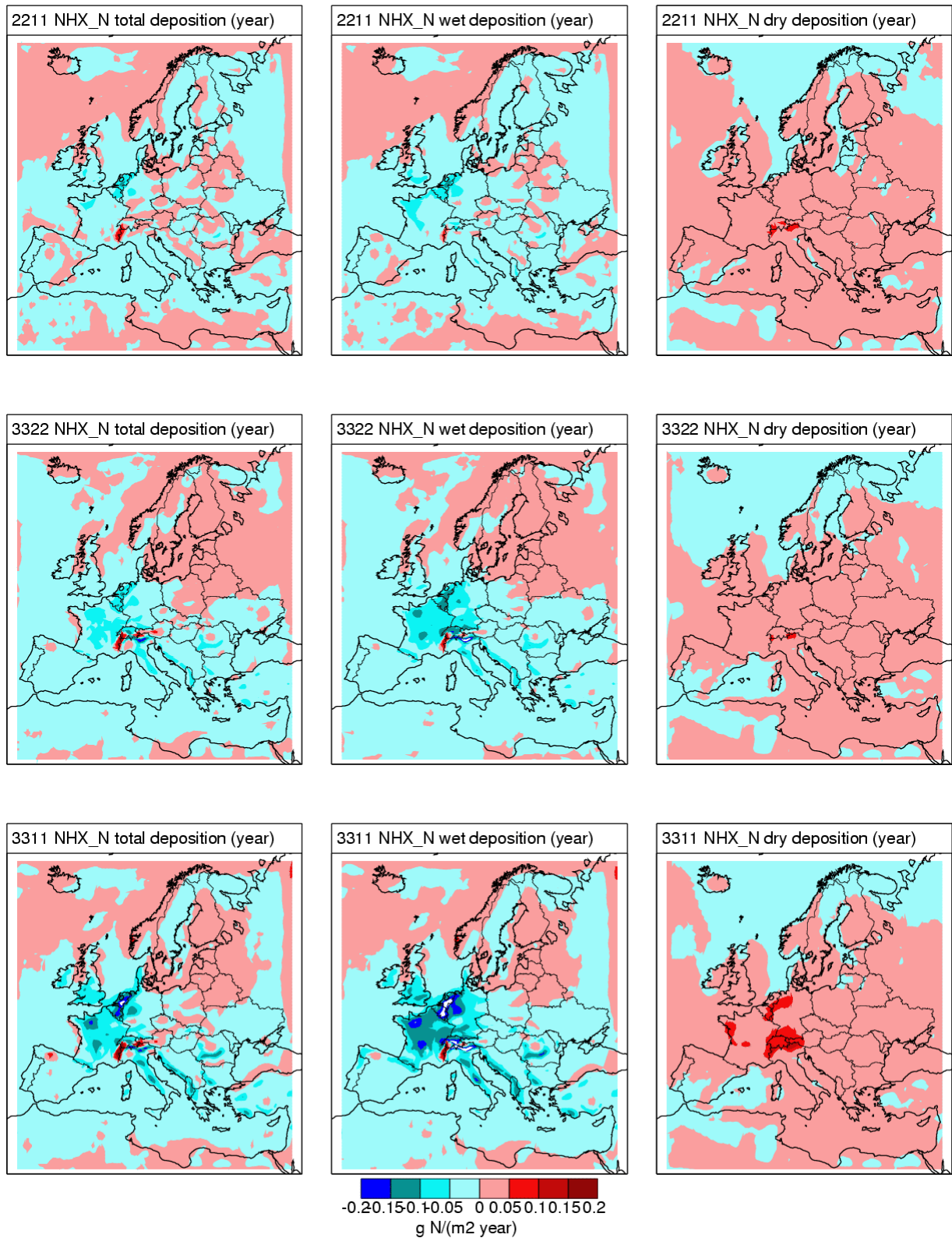
FIGUR 35. Förändring av depositionen av reducerat kväve (enhet: g kväve m⁻² år⁻¹) mellan dagens och framtida klimat under **hösten** (september, oktober, november). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärdet av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



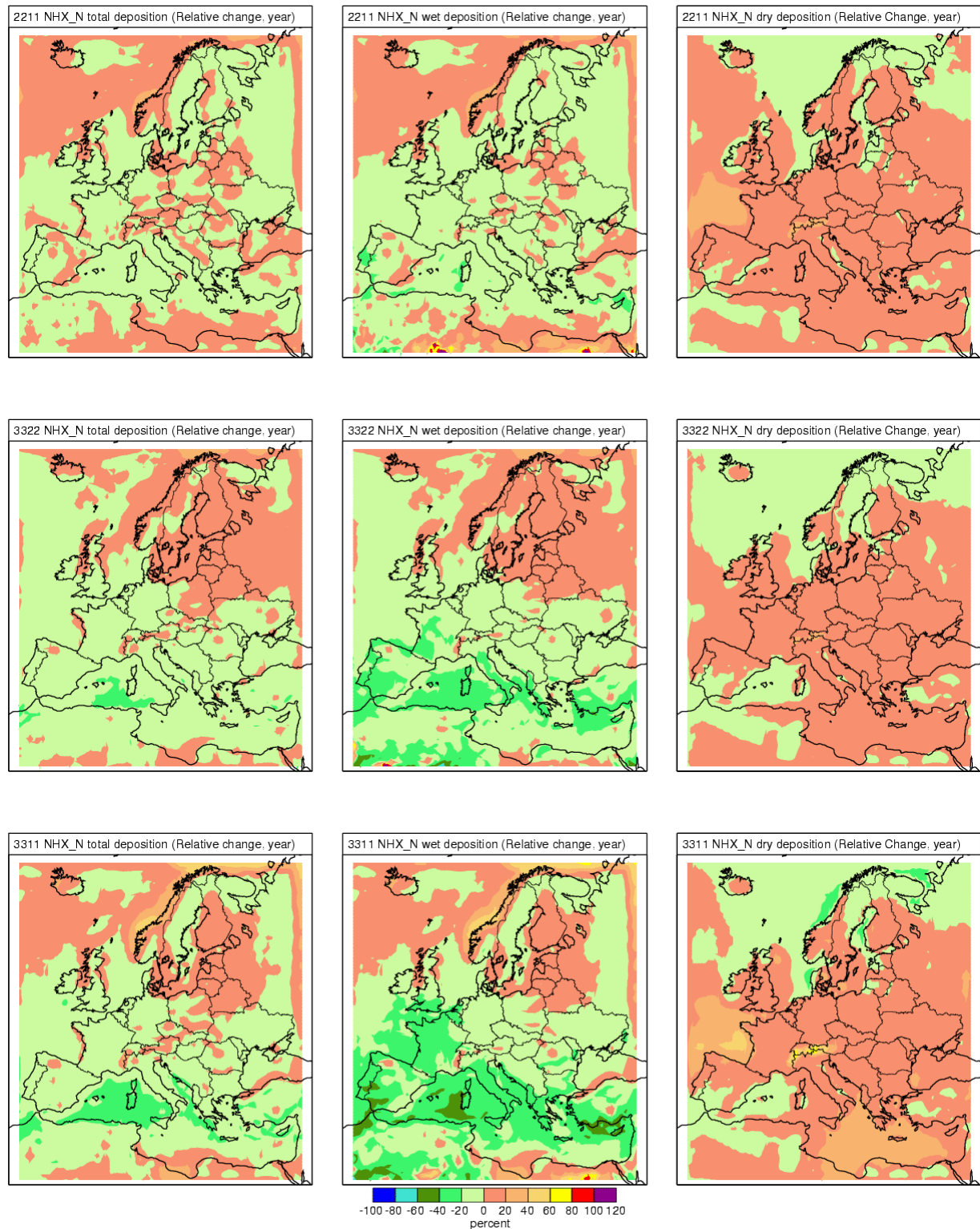
FIGUR 36. Relativ förändring av depositionen av reducerat kväve (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat under **höst** (september, oktober, november). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärdet av den senare perioden minus medelvärdet av den tidigare perioden, differensen dividerad med medelvärdet av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



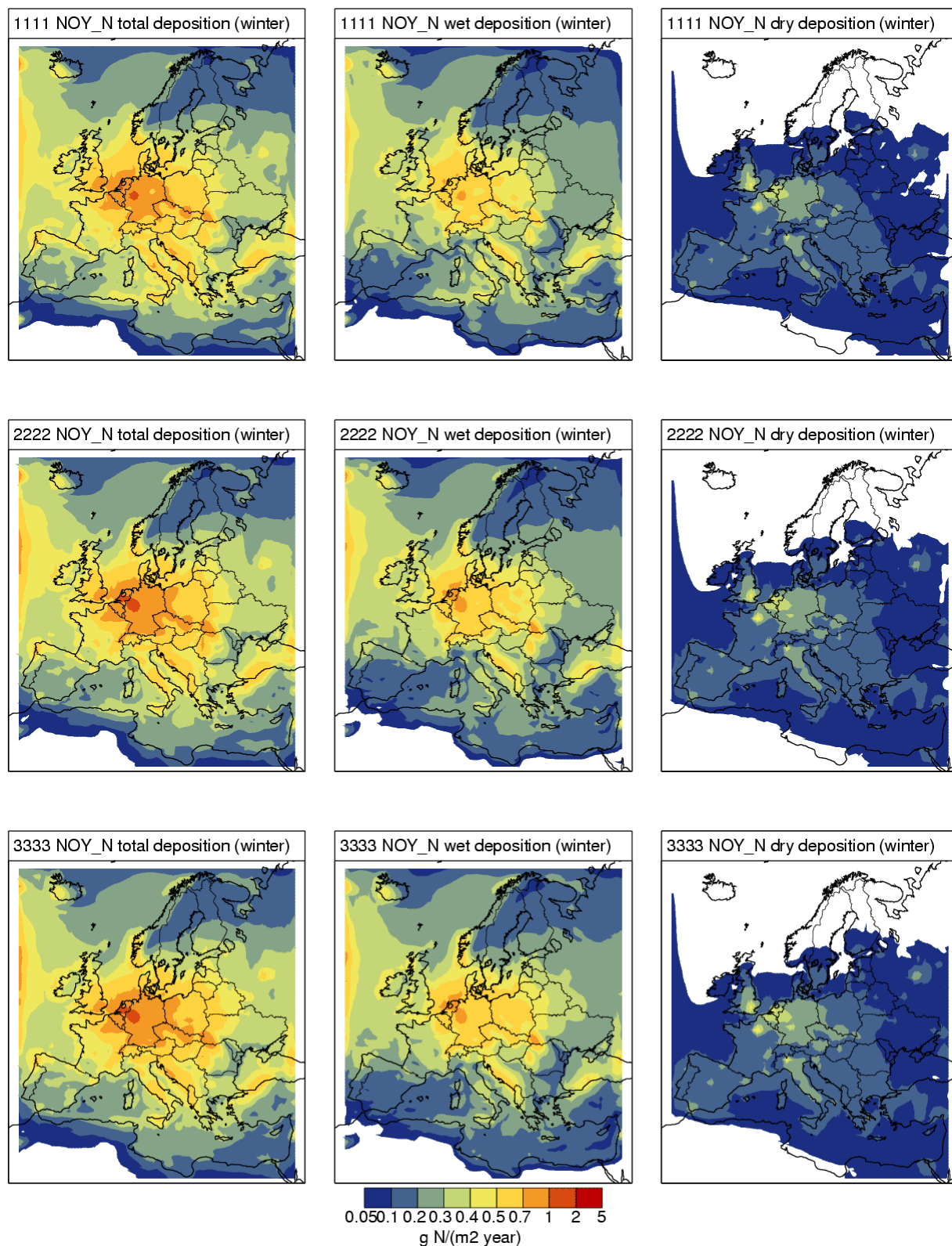
FIGUR 37. Årsackumulerad deposition av **reducerat kväve** (enhet: g kväve m⁻² år⁻¹) under dagens 1111 (1961-1990), och framtida 2222 (2021-2050) respektive 3333 (2071-2100) klimat. Depositionen redovisas som total (=våt + torr), samt enbart våt deposition respektive torrdeposition medelvärdesbildat över alla 12 månader under respektive 30-års period.



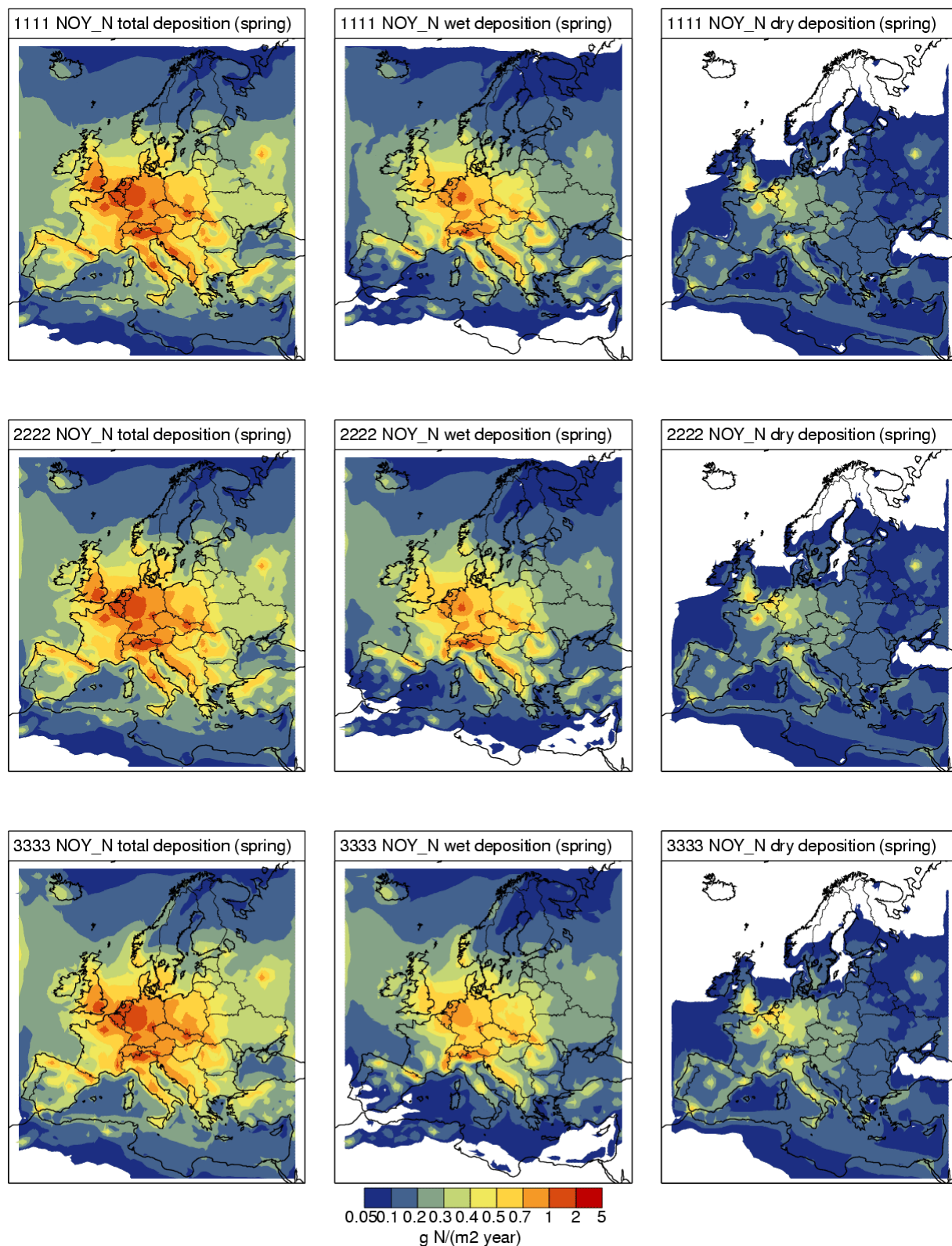
FIGUR 38. Förändring av årsackumulerad deposition av reducerat kväve (enhet: g kväve $\text{m}^{-2} \text{år}^{-1}$) mellan dagens och framtida klimat. 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärden av den senare perioden minus medelvärden av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



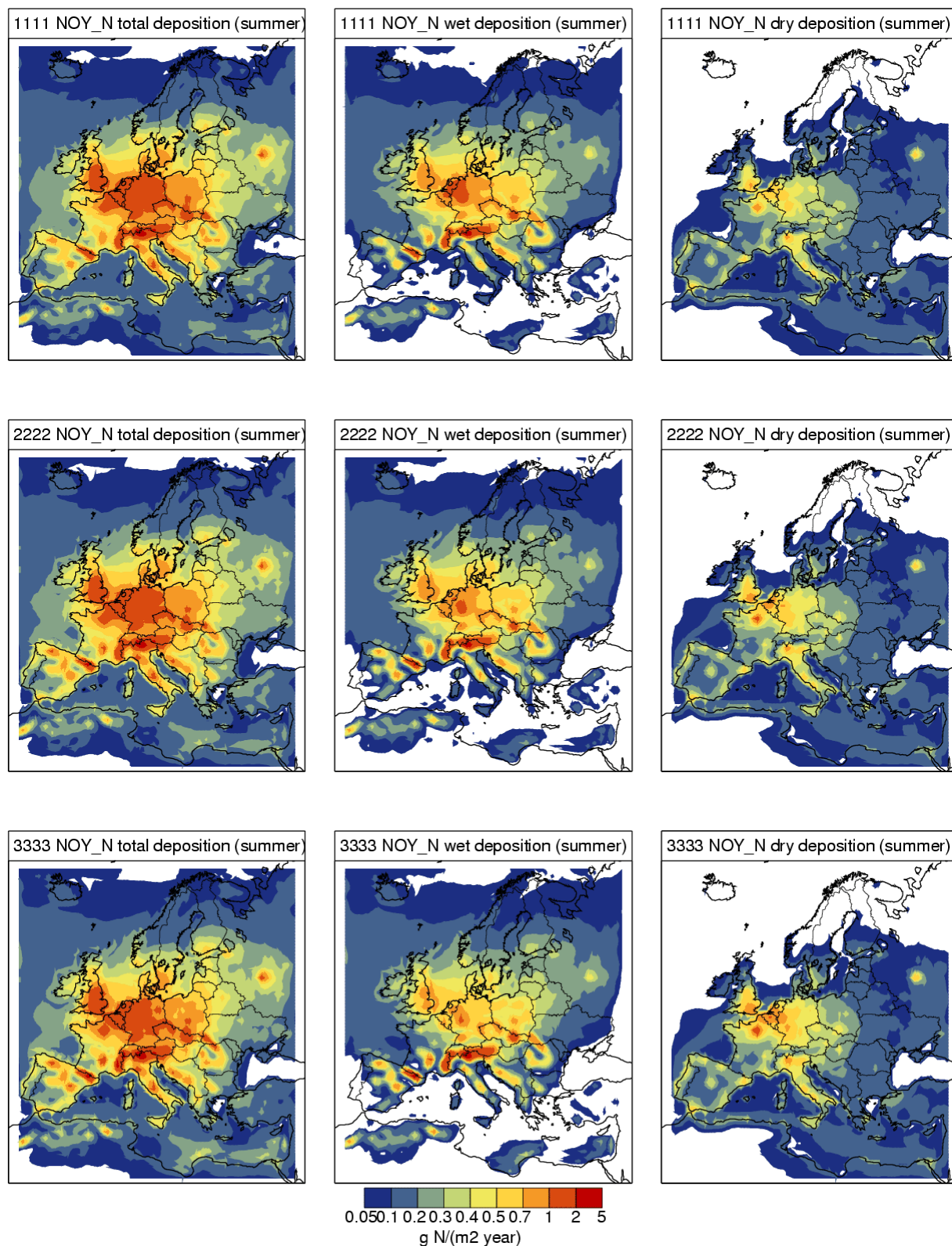
FIGUR 39. Relativ förändring av årsackumulerad depositionen av reducerat kväve (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärdet av den senare perioden minus medelvärdet av den tidigare perioden, differensen dividerad med medelvärdet av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



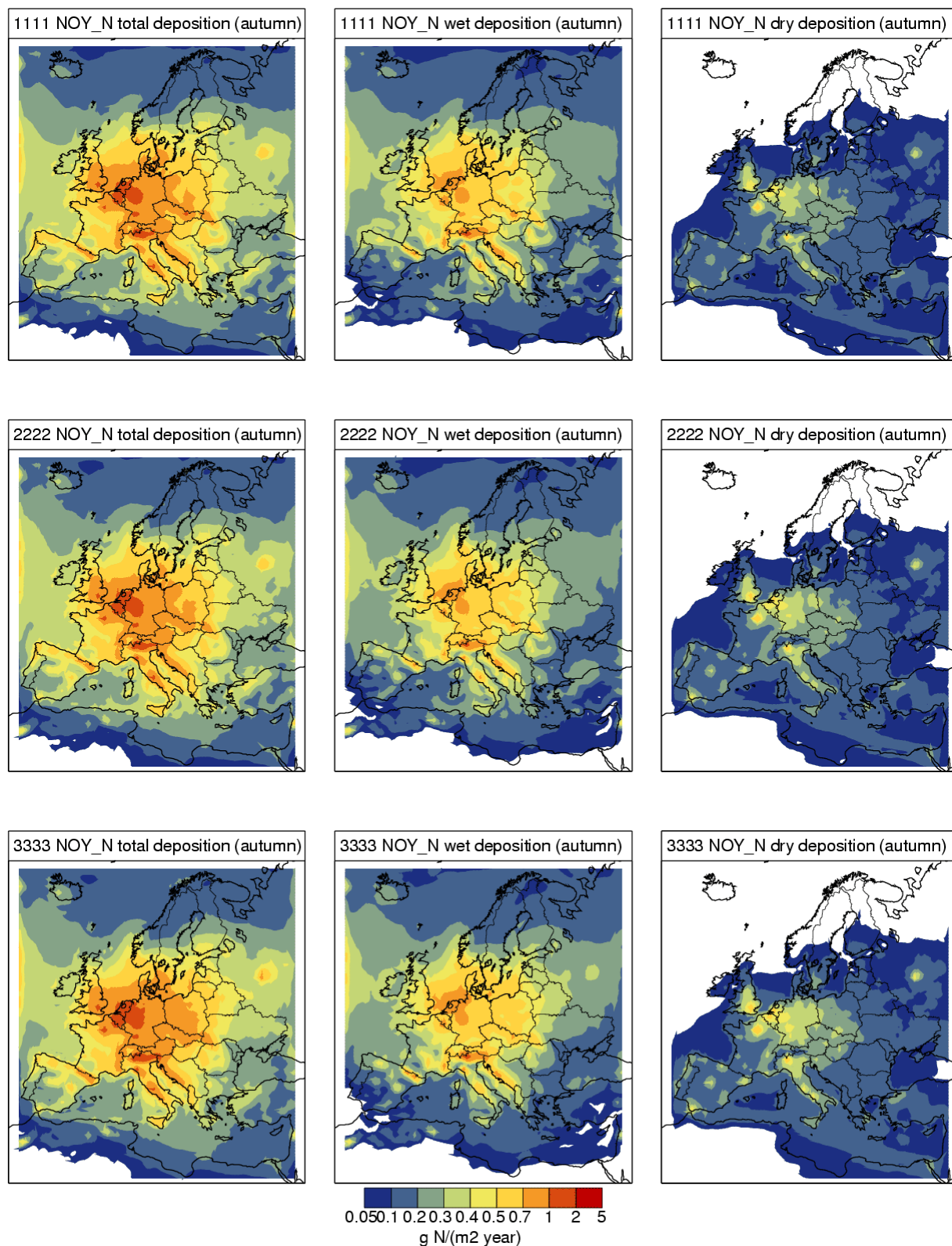
FIGUR 40. Säsongsackumulerad deposition av oxiderat kväve (enhet: g kväve m⁻² år⁻¹) under dagens 1111 (1961-1990), och framtida 2222 (2021-2050) respektive 3333 (2071-2100) klimat under **vintern** (december, januari, februari). Depositionen redovisas som total (= våt + torr), samt enbart våtdeposition respektive torrdeposition medelvärdesbildat över de olika 30-års perioderna.



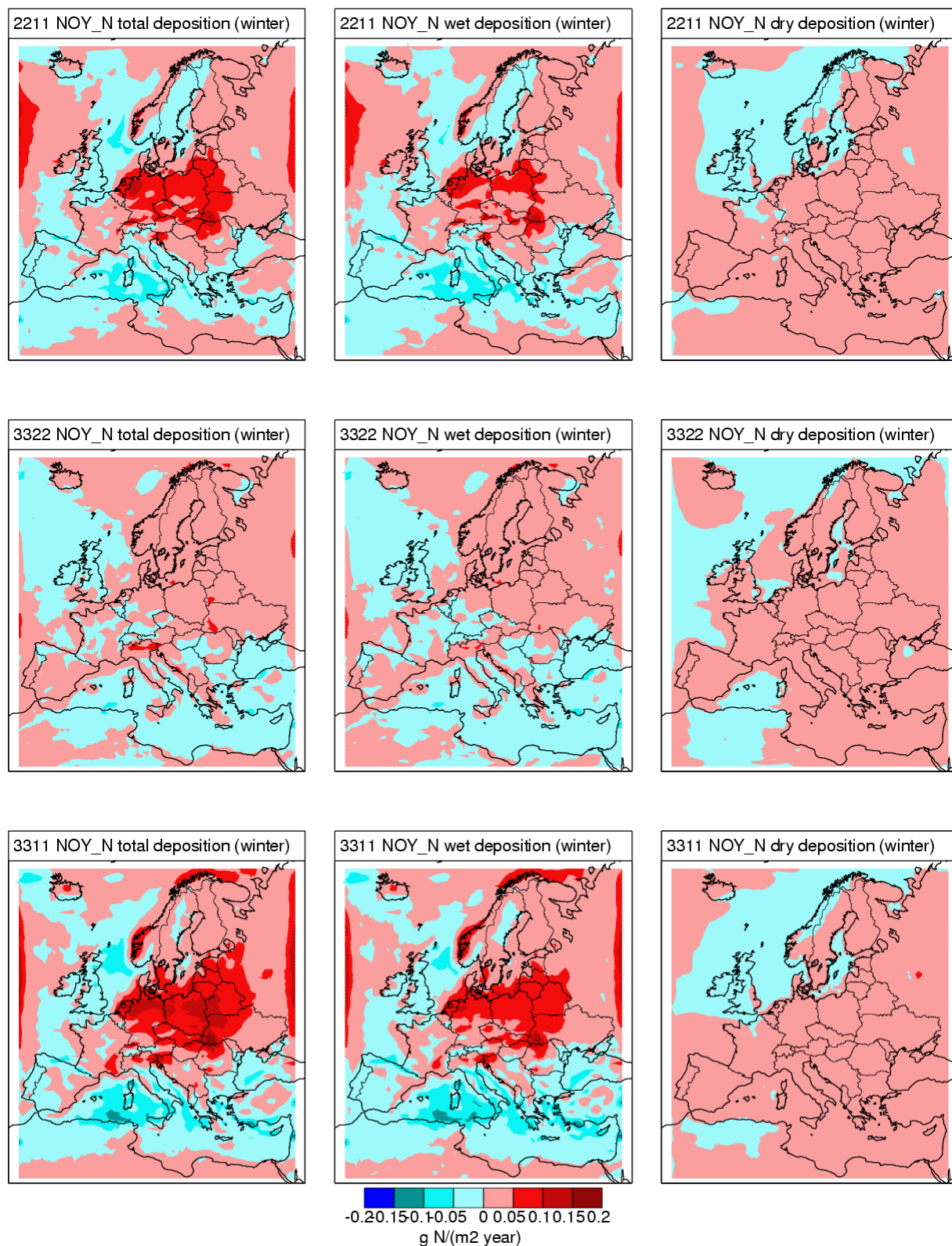
FIGUR 41. Säsongssackumulerad deposition av oxiderat kväve (enhet: g kväve m⁻² år⁻¹) under dagens 1111 (1961-1990), och framtida 2222 (2021-2050) respektive 3333 (2071-2100) klimat under **våren** (mars, april, maj). Depositionen redovisas som total (= våt + torr), samt enbart våtdeposition respektive torrdeposition medelvärdesbildat över de olika 30-års perioderna.



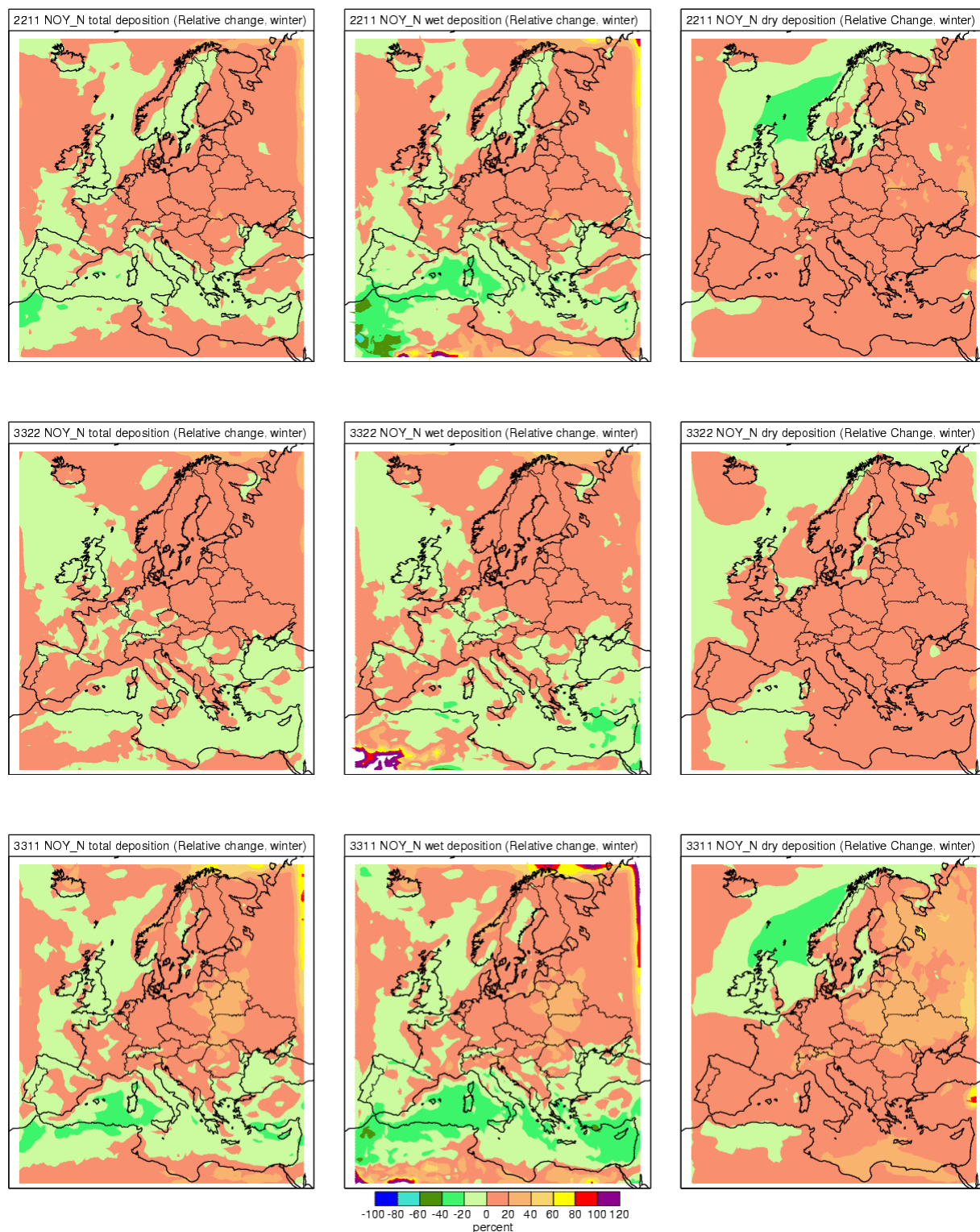
FIGUR 42. Säsongsackumulerad deposition av oxiderat kväve (enhet: g kväve m⁻² år⁻¹) under dagens 1111 (1961-1990), och framtida 2222 (2021-2050) respektive 3333 (2071-2100) klimat under **sommaren** (juni, juli, augusti). Depositionen redovisas som total (= våt + torr), samt enbart våtdeposition respektive torrdeposition medelvärdesbildat över de olika 30-års perioderna.



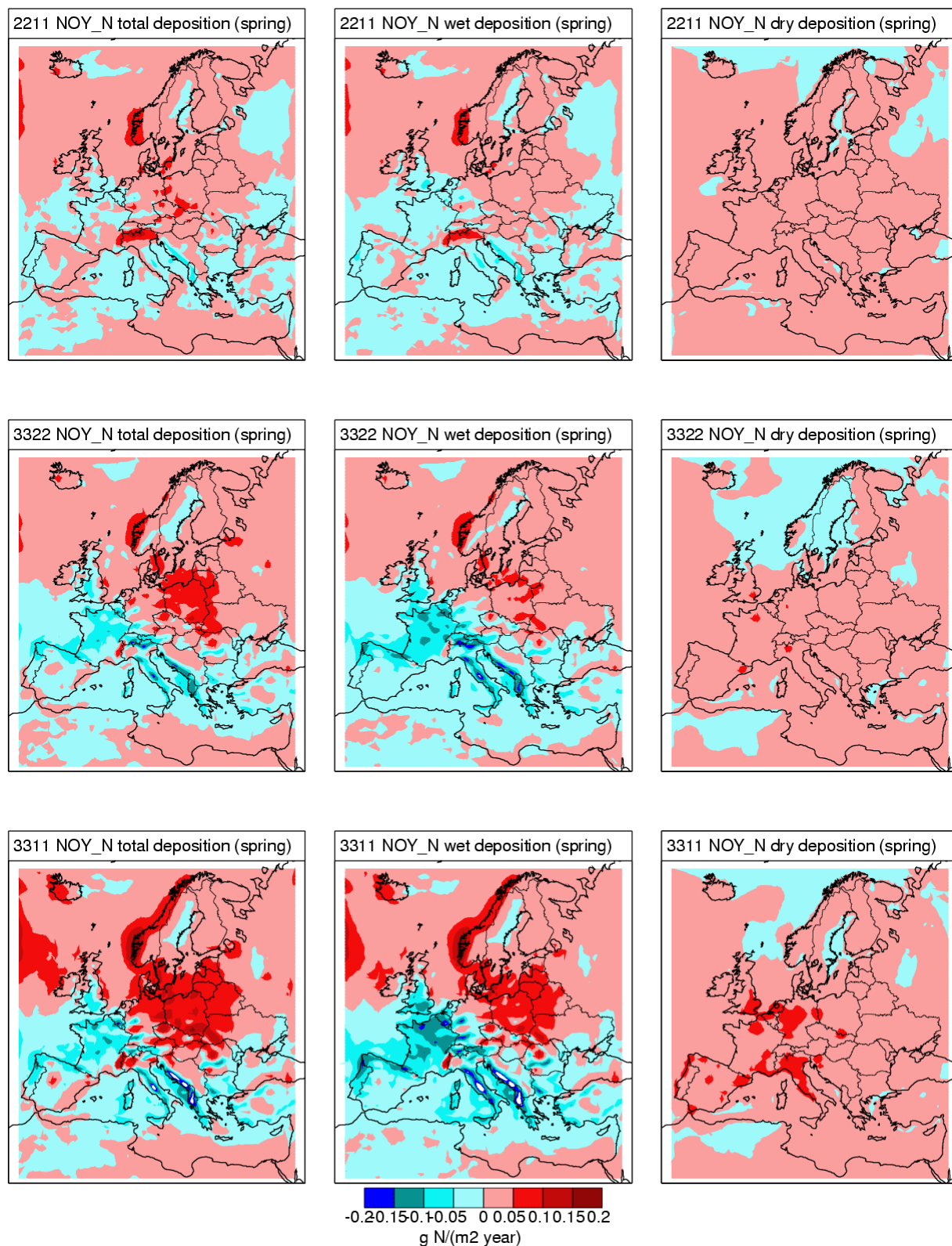
FIGUR 43. Säsongsackumulerad deposition av oxiderat kväve (enhet: g kväve m⁻² år⁻¹) under dagens 1111 (1961-1990), och framtida 2222 (2021-2050) respektive 3333 (2071-2100) klimat under **hösten** (september, oktober, november). Depositionen redovisas som total (= våt + torr), samt enbart våtdeposition respektive torrdeposition medelvärdesbildat över de olika 30-års perioderna.



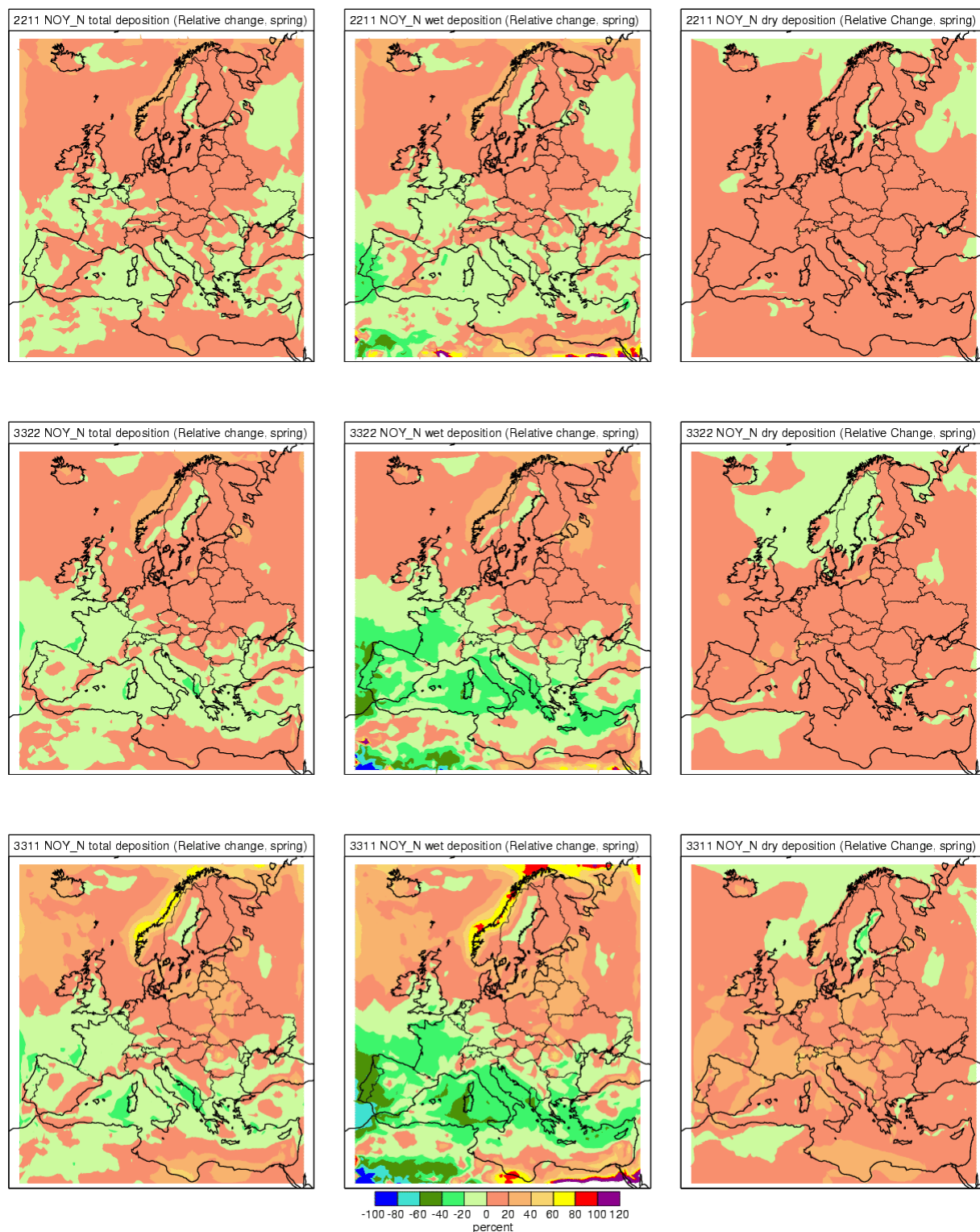
FIGUR 44. Förändring av depositionen av oxiderat kväve (enhet: g kväve $\text{m}^{-2} \text{år}^{-1}$) mellan dagens och framtida klimat under **vintern** (december, januari, februari). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



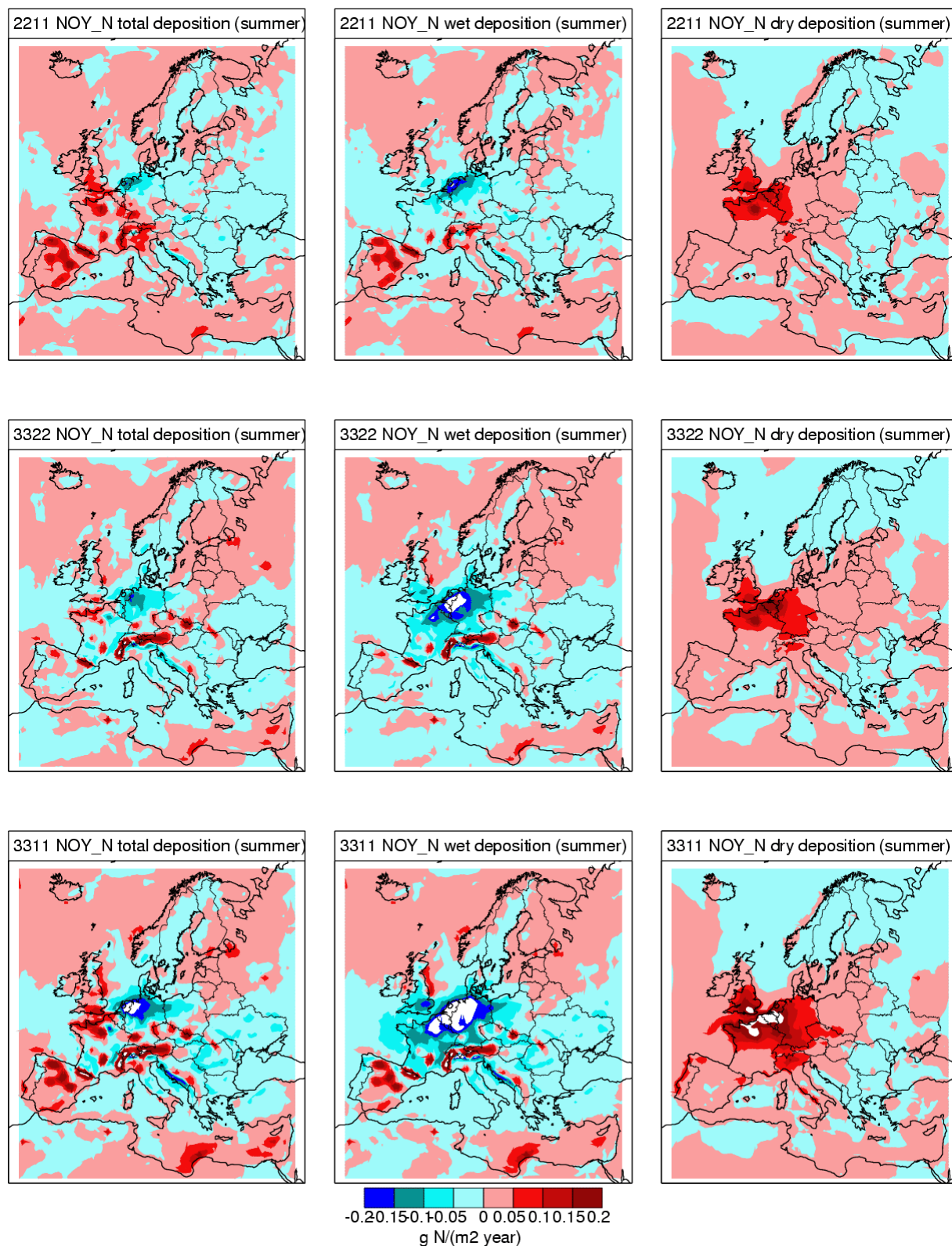
FIGUR 45. Relativ förändring av depositionen av oxiderat kväve (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat under **vintern** (december, januari, februari). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden, differensen dividerad med medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



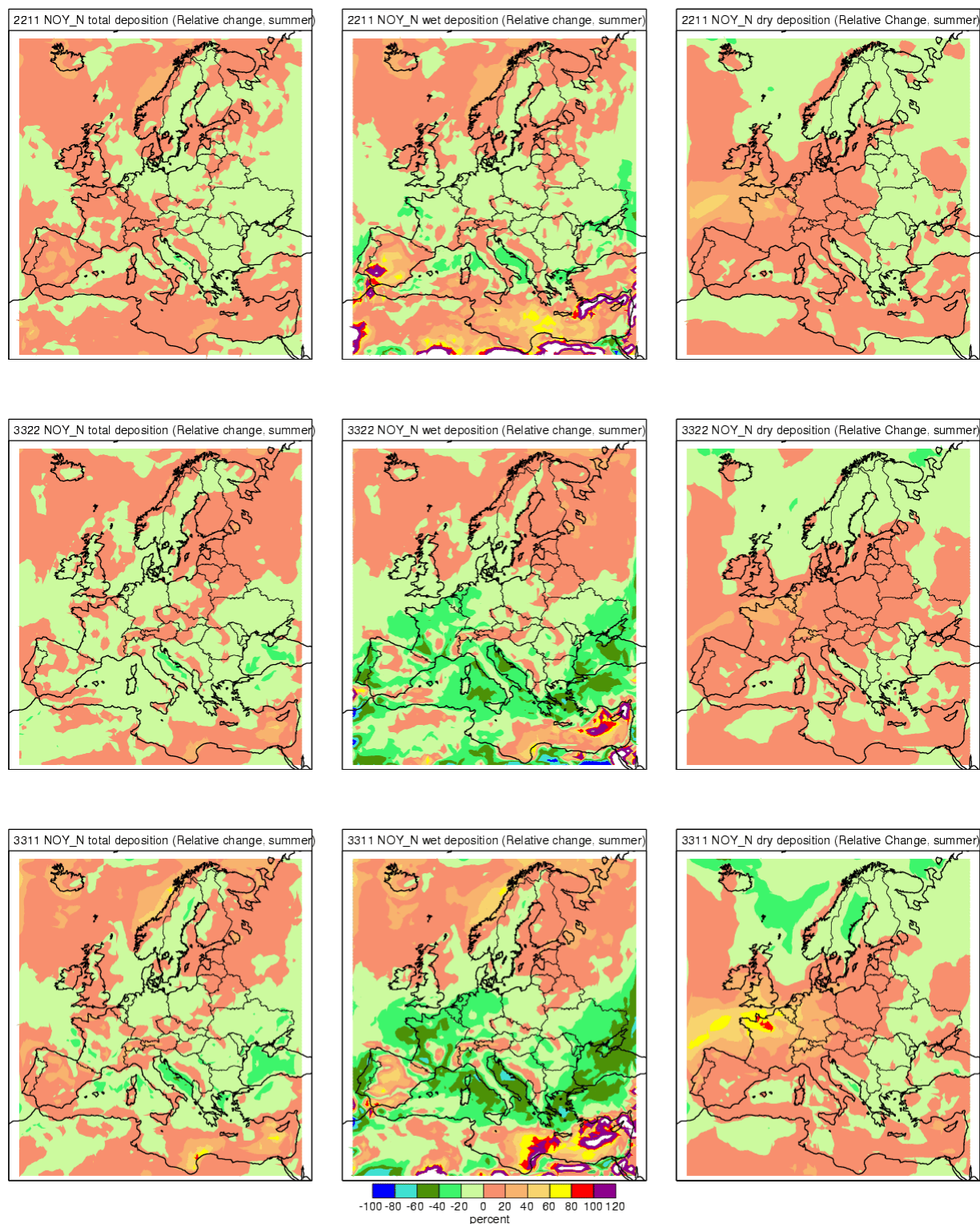
FIGUR 46. Förändring av depositionen av oxiderat kväve (enhet: g kväve m⁻² år⁻¹) mellan dagens och framtida klimat under **våren** (mars, april, maj). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



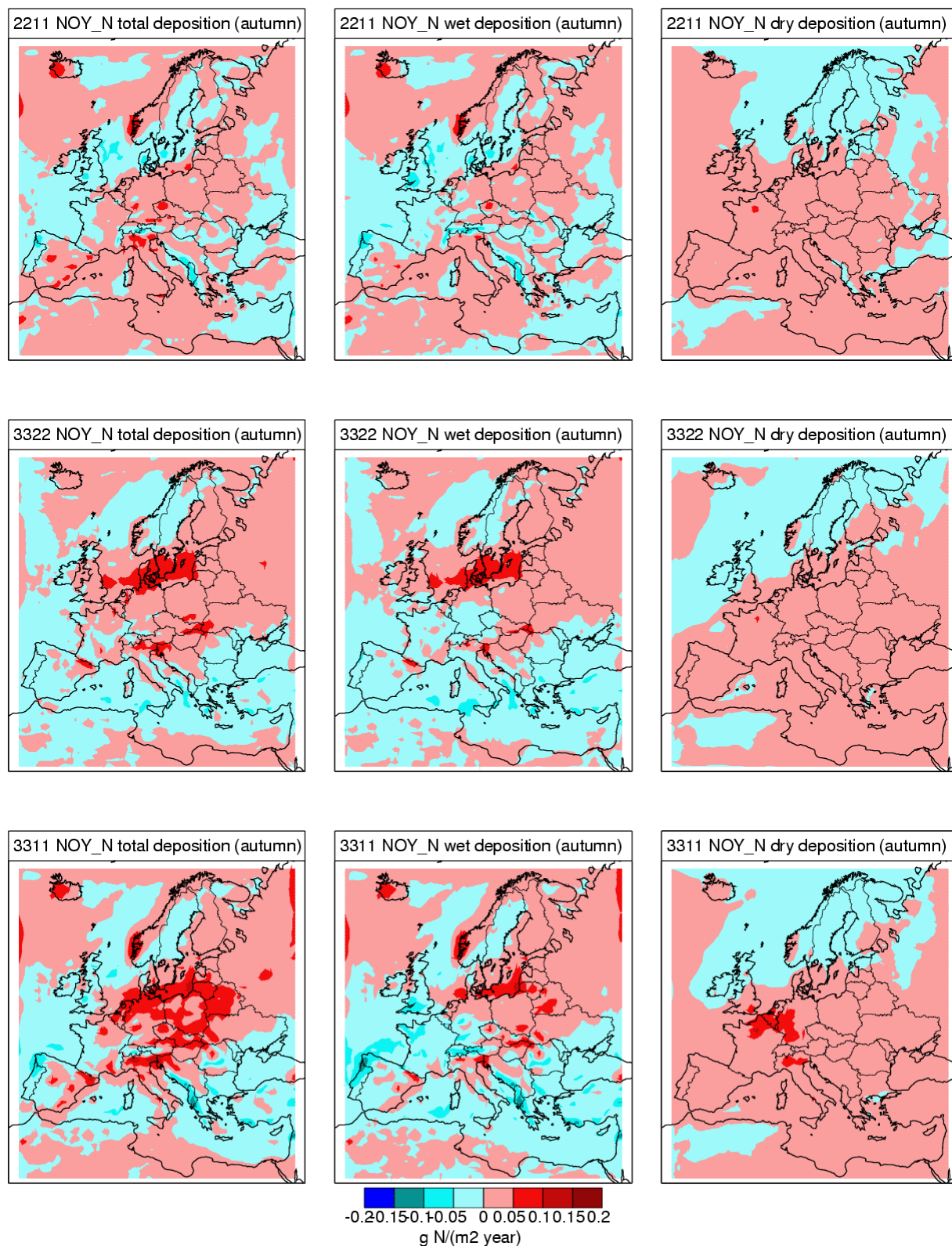
FIGUR 47. Relativ förändring av depositionen av oxiderat kväve (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat under **våren** (mars, april, maj). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden, differensen dividerad med medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



FIGUR 48. Förändring av depositionen av oxiderat kväve (enhet: g kväve m⁻² år⁻¹) mellan dagens och framtida klimat under **sommaren** (juni, juli, augusti). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.

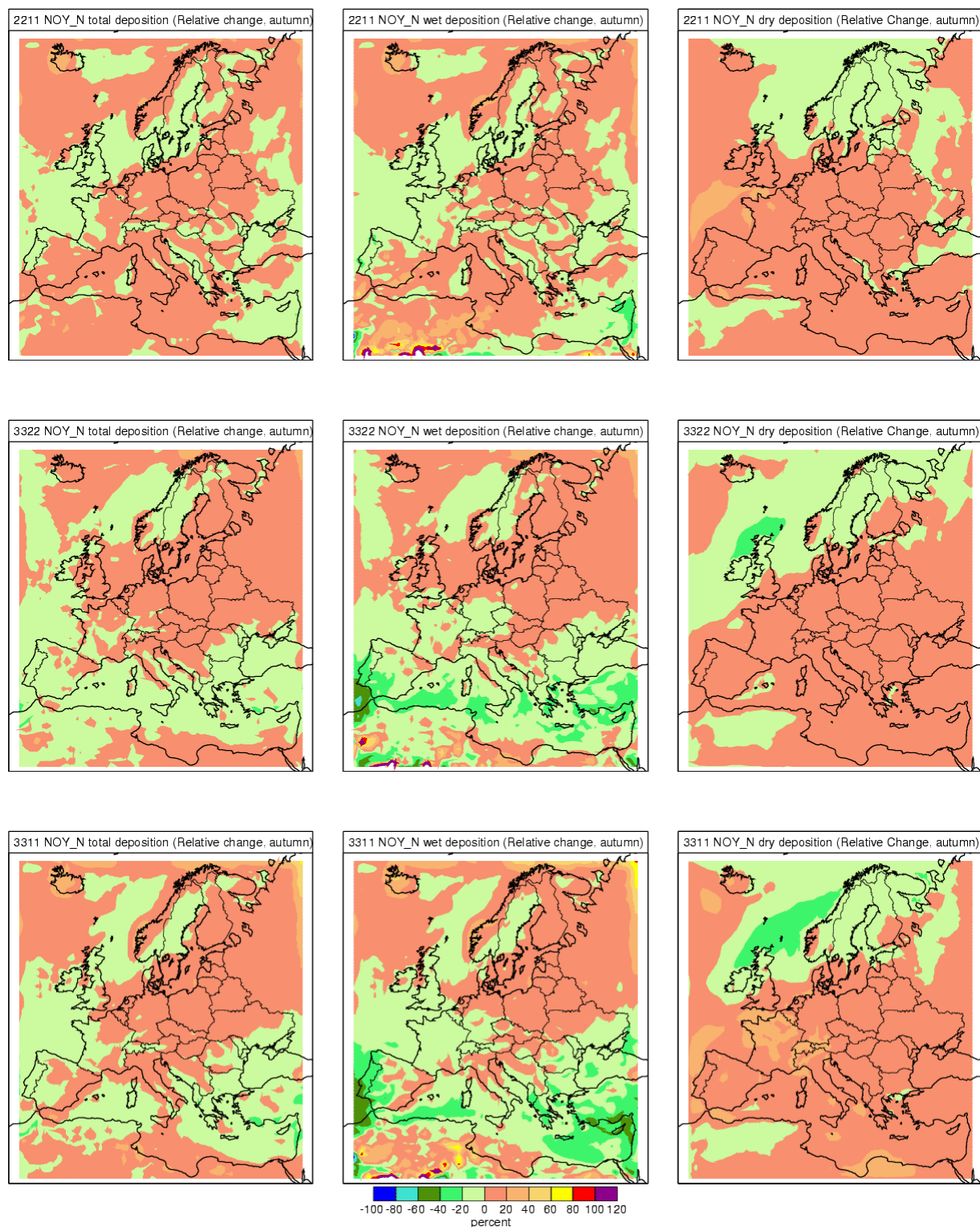


FIGUR 49. Relativ förändring av depositionen av oxiderat kväve (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat under **sommaren** (juni, juli, augusti). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden, differensen dividerad med medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.

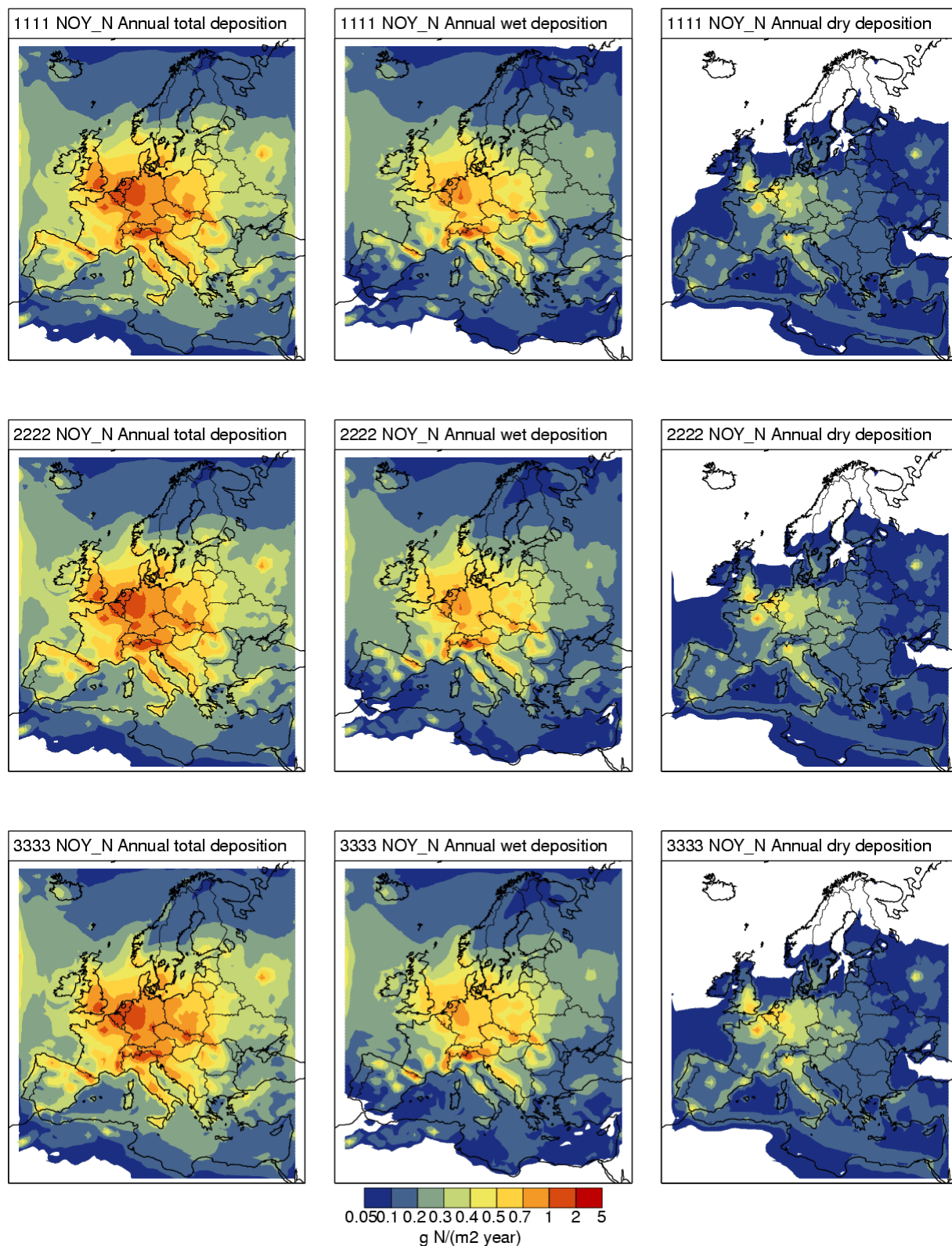


FIGUR 50. Förändring av depositionen av oxiderat kväve (enhet: g kväve m⁻² år⁻¹) mellan dagens och framtida klimat under **hösten** (september, oktober, november). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärdet av den senare perioden minus medelvärdet av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.

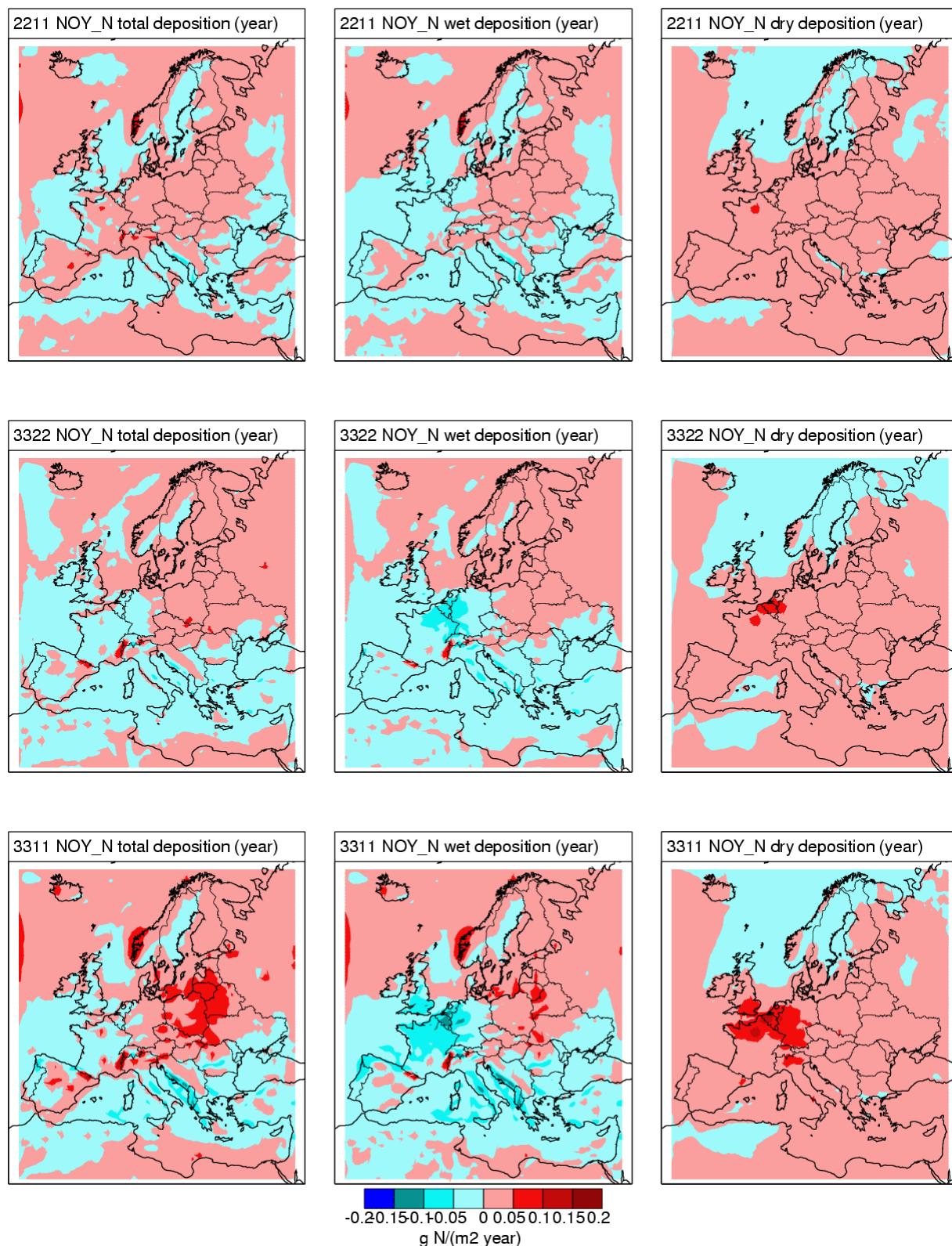
Deposition av oxiderat kväve



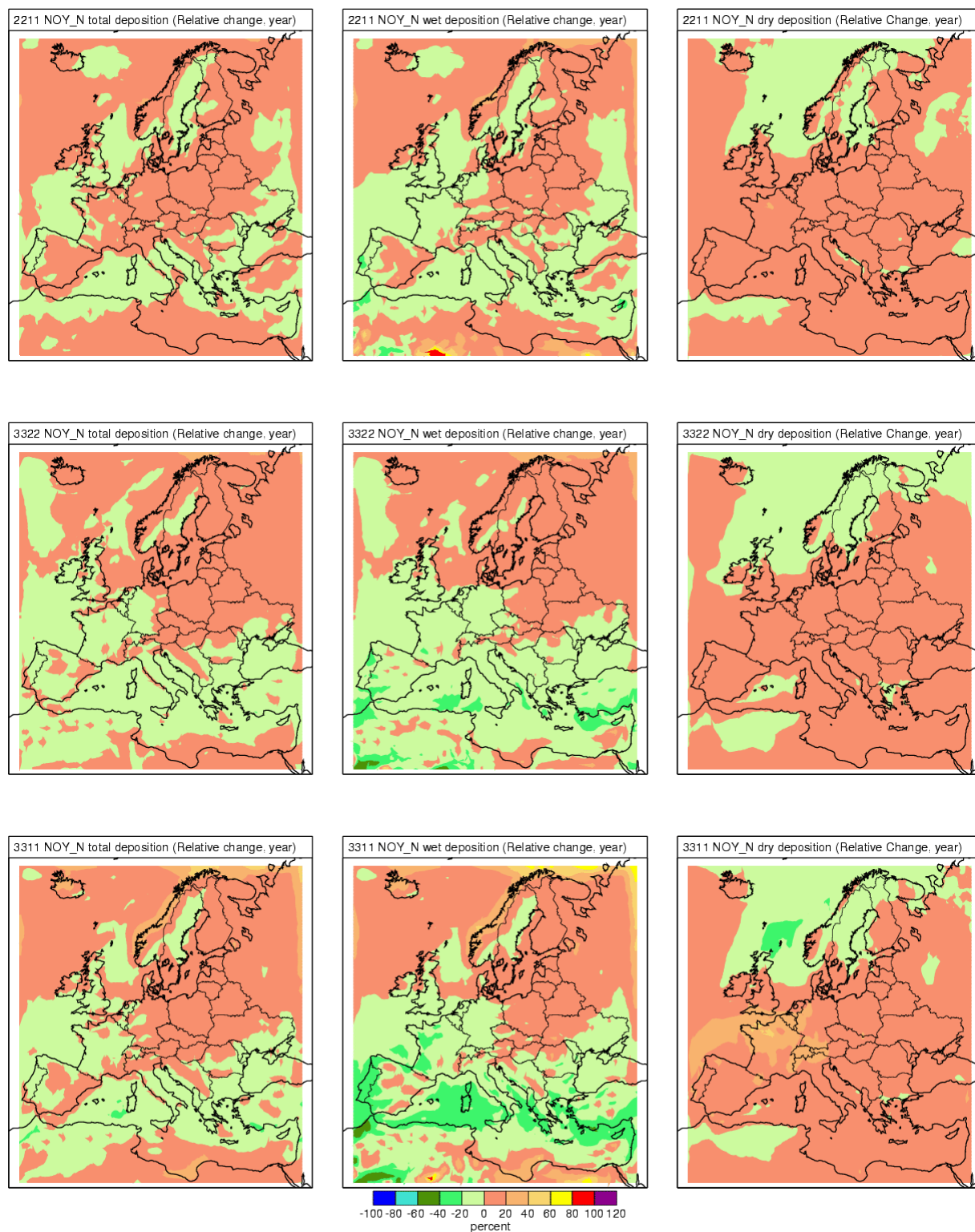
FIGUR 51. Relativ förändring av depositionen av oxiderat kväve (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat under **hösten** (september, oktober, november). 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärdet av den senare perioden minus medelvärdet av den tidigare perioden, differensen dividerad med medelvärdet av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



FIGUR 52. Årsackumulerad deposition av **oxiderad kväve** (enhet: g kväve m⁻² år⁻¹) under dagens 1111 (1961-1990), och framtida 2222 (2021-2050) respektive 3333 (2071-2100) klimat. Depositionen redovisas som total (= våt + torr), samt enbart våtdeposition respektive torrdeposition medelvärdesbildat över alla 12 månader under respektive 30-års period.



FIGUR 53. Förändring av årsackumulerad deposition av oxiderat kväve (enhet: g kväve m⁻² år⁻¹) mellan dagens och framtida klimat. 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärde av den senare perioden minus medelvärde av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.



FIGUR 54. Relativ förändring av årsackumulerad depositionen av oxiderat kväve (enhet: procent) mellan dagens och framtida klimat 2211 är förändringen mellan 1961-1990 och 2021-2050; 3322 är förändringen mellan 2021-2050 och 2071-2100; 3311 är förändringen mellan 1961-1990 och 2071-2100. Förändringen är medelvärdet av den senare perioden minus medelvärdet av den tidigare perioden, differensen dividerad med medelvärdet av den tidigare perioden. Depositionsförändringen redovisas för total- (= våt + torr), samt enbart våt- respektive torrdeposition.

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sex rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Rapport Meteorologi och Klimatologi)	1974
RH (Rapport Hydrologi)	1990
RO (Rapport Oceanografi)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985

I serien METEOROLOGI har tidigare utgivits:

1985	plymlyft vid avfallsvärmeverket Sävenäs.
1 Hagmarker, A. (1985) Satellitmeteorologi.	
2 Fredriksson, U., Persson, Ch., Laurin, S. (1985) Helsingborgsluft.	8 Fredriksson, U., Persson, Ch. (1985) NO _x - och NO ₂ -beräkningar vid Vasaterminalen i Stockholm.
3 Persson, Ch., Wern, L. (1985) Spridnings- och depositionsberäkningar för av fallsförbränningsanläggningar i Sofielund och Högdalen.	9 Wern, L. (1985) Spridningsberäkningar för ASEA transformers i Ludvika.
4 Kindell, S. (1985) Spridningsberäkningar för SUPRAs anläggningar i Köping.	10 Axelsson, G., Eklind, R. (1985) Ovädret på Östersjön 23 juli 1985.
5 Andersson, C., Kvick, T. (1985) Vindmätningar på tre platser på Gotland. Utvärdering nr 1.	11 Laurin, S., Bringfelt, B. (1985) Spridningsmodell för kväveoxider i gatumiljö.
6 Kindell, S. (1985) Spridningsberäkningar för Ericsson, Ingelstafabriken.	12 Persson, Ch., Wern, L. (1985) Spridnings- och depositionsberäkningar för avfallsförbränningsanläggning i Sofielund.
7 Fredriksson, U. (1985) Spridningsberäkningar för olika	13 Persson, Ch., Wern, L. (1985) Spridnings- och depositionsberäkningar för

- avfallsförbränningsanläggning i Högdalen.
- 14 Vedin, H., Andersson, C. (1985)
Extrema köldperioder i Stockholm.
- 15 Krieg, R., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla.
- 16 Kindell, S. Wern, L. (1985)
Luftvårdsstudie avseende industrikombinatet i Nynäshamn (koncentrations- och luktberäkningar).
- 17 Laurin, S., Persson, Ch. (1985)
Beräknad formaldehydspridning och deposition från SWEDSPANs spånskivfabrik.
- 18 Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Luftvårdsstudie avseende industrikombinatet i Nynäshamn – depositions-beräkningar av koldamm.
- 19 Fredriksson, U. (1985)
Luktberäkningar för Bofors Plast i Ljungby, II.
- 20 Wern, L., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla - energi-centralen.
- 21 Krieg, R., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla - kompletterande beräkningar för fabrikerna.
- 22 Karlsson, K.-G. (1985)
Information från Meteosat - forskningsrön och operationell tillämpning.
- 23 Fredriksson, U. (1985)
Spridningsberäkningar för AB
- Åkerlund & Rausings fabrik i Lund.
- 24 Färnlöf, S. (1985)
Radarmeteorologi.
- 25 Ahlström, B., Salomonsson, G. (1985)
Resultat av 5-dygnsprognos till ledning för isbrytarverksamhet vintern 1984-85.
- 26 Wern, L. (1985)
Avesta stadsmodell.
- 27 Hultberg, H. (1985)
Statistisk prognos av ytttemperatur.
- 1986
- 1 Krieg, R., Johansson, L., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master, kvartals-rapport 3/1985.
- 2 Olsson, L.-E., Kindell, S. (1986)
Air pollution impact assessment for the SABAH timber, pulp and paper complex.
- 3 Ivarsson, K.-I. (1986)
Resultat av byggväderprognoser - säsongen 1984/85.
- 4 Persson, Ch., Robertson, L. (1986)
Spridnings- och depositionsberäkningar för en sopförbränningsanläggning i Skövde.
- 5 Laurin, S. (1986)
Bilavgaser vid intagsplan - Eskilstuna.

- 6 Robertson, L. (1986)
Koncentrations- och depositions-
beräkningar för en
sopförbrännings-
anläggning vid Ryaverken i Borås.
- 7 Laurin, S. (1986)
Luften i Avesta - föroreningsbidrag
från trafiken.
- 8 Robertson, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för
bromcyan.
- 9 Wern, L. (1986)
Extrema byvindar i Orrefors.
- 10 Robertson, L. (1986)
Koncentrations- och depositions-
beräkningar för Halmstads avfalls-
förbränningsanläggning vid
Kristinehed.
- 11 Törnevik, H., Ugnell (1986)
Belastningsprognoser.
- 12 Joelsson, R. (1986)
Något om användningen av
numeriska
prognoser på SMHI (i princip
rapporten till ECMWF).
- 13 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master,
kvartals-
rapport 4/1985.
- 14 Dahlgren, L. (1986)
Solmätning vid SMHI.
- 15 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för ett
kraftvärme-verk i Sundbyberg.
- 16 Kindell, S. (1986)
Spridningsberäkningar för
Uddevallas fjärrvärmecentral i
Hovhult.
- 17 Häggkvist, K., Persson, Ch.,
Robertson, L (1986)
Spridningsberäkningar rörande
gasutsläpp från ett antal källor inom
SSAB Luleå-verken.
- 18 Krieg, R., Wern, L. (1986)
En klimatstudie för Arlanda stad.
- 19 Vedin, H. (1986)
Extrem arealnederbörd i Sverige.
- 20 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för
lösningsmedel i Tibro.
- 21 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master -
kvartals-rapport 1/1986.
- 22 Kvik, T. (1986)
Beräkning av vindenergitillgången
på några platser i Halland och
Bohuslän.
- 23 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master -
kvartals-rapport 2/1986.
- 24 Persson, Ch. (SMHI), Rodhe, H.
(MISU), De Geer, L.-E. (FOA)
(1986)
Tjernobylyolyckan - En
meteorologisk
analys av hur radioaktivitet spreds
till Sverige.
- 25 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för
Spendrups
bryggeri, Grängesberg.
- 26 Krieg, R. (1986)
Beräkningar av
vindenergitillgången på några
platser i Skåne.
- 27 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar, SSAB.

- 28 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för ny ugn,
SSAB II.
- 29 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo
Hallsbergverken.
- 30 Fredriksson, U. (1986)
SO₂-halter från Hammarbyverket
kring ny arena vid Johanneshov.
- 31 Persson, Ch., Robertson, L.,
Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar, SSAB -
Luleå-verken.
- 32 Kindell, S., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för SAABs
planerade bilfabrik i Malmö.
- 33 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för
svavelsyrafabrik i Falun.
- 34 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för
Västhagens-verket HKV1 i
Helsingborg.
- 35 Persson, Ch., Wern, L. (1986)
Beräkningar av svaveldepositionen
i Stockholmsområdet.
- 36 Joelsson, R. (1986)
USAs månadsprognoser.
- 37 Vakant nr.
- 38 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Utemiljön vid Kvarnberget,
Lysekil.
- 39 Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar av freon 22
från Ropstens värmepumpverk.
- 40 Fredriksson, U. (1986)
Vindklassificering av en plats på
Hemsön.
- 41 Nilsson, S. (1986)
Utvärdering av sommarens (1986)
använda
konvektionsprognoshjälpmedel.
- 42 Krieg, R., Kvick, T. (1986)
Vindmätningar i höga master.
- 43 Krieg, R., Fredriksson, U. (1986)
Vindarna över Sverige.
- 44 Robertson, L. (1986)
Spridningsberäkningar rörande
gasutsläpp vid ScanDust i
Landskrona - bestämning av cyan-
vätehalter.
- 45 Kvick, T., Krieg, R., Robertson, L.
(1986)
Vindförhållandena i Sveriges kust-
och havsband, rapport nr 2.
- 46 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för en
planerad panncentral vid Lindsdal
utanför Kalmar.
- 47 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo
BMs fabrik i Landskrona.
- 48 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för ELMO-
CALFs fabrik i Svenljunga.
- 49 Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar rörande
gasutsläpp från syrgas- och
bensenupplag inom SSAB
Luleåverken.
- 50 Wern, L., Fredriksson, U., Ring, S.
(1986)
Spridningsberäkningar för
lösningsmedel i Tidaholm.
- 51 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo

BM ABs anläggning i Braås.

- 52 Ericson, K. (1986)
Meteorological measurements performed May 15, 1984, to June, 1984, by the SMHI.
- 53 Wern, L., Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkning för Kockums Plåt-teknik, Ronneby.
- 54 Eriksson, B. (1986)
Frekvensanalys av timvisa temperatur-observationer.
- 55 Wern, L., Kindell, S. (1986)
Luktberäkningar för AB ELMO i Flen.
- 56 Robertson, L. (1986)
Spridningsberäkningar rörande utsläpp av NO_x inom Fagersta kommun.
- 57 Kindell, S. (1987)
Luften i Nässjö.
- 58 Persson, Ch., Robertson, L. (1987)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp vid ScanDust i Landskrona - bestämning av cyanväte.
- 59 Bringfelt, B. (1987)
Receptorbaserad partikelmodell för gatumiljömodell för en gata i Nyköping.
- 60 Robertson, L. (1987)
Spridningsberäkningar för Varbergs kommun. Bestämning av halter av SO₂, CO, NO_x samt några kolväten.
- 61 Vedin, H., Andersson, C. (1987)
E 66 - Linderödsåsen - klimatförhållanden.
- 62 Wern, L., Fredriksson, U. (1987)
Spridningsberäkningar för Kockums Plåtteknik, Ronneby. 2.
- 63 Taesler, R., Andersson, C., Wallentin, C., Krieg, R. (1987)
Klimatkorrigering för energiförbrukningen i ett eluppvärmt villaområde.
- 64 Fredriksson, U. (1987)
Spridningsberäkningar för AB Åetå-Trycks planerade anläggning vid Kungens Kurva.
- 65 Melgarejo, J. (1987)
Mesoskalig modellering vid SMHI.
- 66 Häggkvist, K. (1987)
Vindlaster på kordahus vid Alviks Strand -numeriska beräkningar.
- 67 Persson, Ch. (1987)
Beräkning av lukt och föroreningshalter i luft runt Neste Polyester i Nol.
- 68 Fredriksson, U., Krieg, R. (1987)
En överskalig klimatstudie för Tornby, Linköping.
- 69 Häggkvist, K. (1987)
En numerisk modell för beräkning av vertikal momentumtransport i områden med stora råhetselement. Tillämpning på ett energiskogsområde.
- 70 Lindström, Kjell (1987)
Weather and flying briefing aspects.
- 71 Häggkvist, K. (1987)
En numerisk modell för beräkning av vertikal momentumtransport i områden med stora råhetselement. En koefficient-bestämning.
- 72 Liljas, E. (1988)
Förbättrad väderinformation i jordbruket - behov och möjligheter (PROFARM).

- 73 Andersson, Tage (1988)
Isbildning på flygplan.
- 74 Andersson, Tage (1988)
Aeronautic wind shear and turbulence.
A review for forecasts.
- 75 Kållberg, P. (1988)
Parameterisering av diabatiska processer i numeriska prognosmodeller.
- 76 Vedin, H., Eriksson, B. (1988)
Extrem arealnederbörd i Sverige 1881 - 1988.
- 77 Eriksson, B., Carlsson, B., Dahlström, B. (1989)
Preliminär handledning för korrektion av nederbördsmängder.
- 78 Liljas, E. (1989)
Torv-väder. Behovsanalys med avseende på väderprognoser och produktion av bränsletorv.
- 79 Hagmarker, A. (1991)
Satellitmeteorologi.
- 80 Lövblad, G., Persson, Ch. (1991)
Background report on air pollution situation in the Baltic states - a prefeasibility study.
IVL Publikation B 1038.
- 81 Alexandersson, H., Karlström, C., Larsson-McCann, S. (1991)
Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-90.
Referensnormaler.
- 82 Vedin, H., Alexandersson, H., Persson, M. (1991)
Utnyttjande av persistens i temperatur och nederbörd för vårflödesprognoser.
- 83 Moberg, A. (1992)
Lufttemperaturen i Stockholm 1756 - 1990. Historik, inhomogeniteter och urbaniseringseffekt.
Naturgeografiska Institutionen, Stockholms Universitet.
- 84 Josefsson, W. (1993)
Normalvärden för perioden 1961-90 av globalstrålning och solskenstid i Sverige.
- 85 Laurin, S., Alexandersson, H. (1994)
Några huvuddrag i det svenska temperatur-klimatet 1961 - 1990.
- 86 Fredriksson, U. och Ståhl, S. (1994)
En jämförelse mellan automatiska och manuella fältmätningar av temperatur och nederbörd.
- 87 Alexandersson, H., Eggertsson Karlström, C. och Laurin S. (1997).
Några huvuddrag i det svenska nederbörds-klimatet 1961-1990.
- 88 Mattsson, J., Rummukainen, M. (1998)
Växthuseffekten och klimatet i Norden - en översikt.
- 89 Kindbom, K., Sjöberg, K., Munthe, J., Peterson, K. (IVL) Persson, C. Roos, E., Bergström, R. (SMHI). (1998)
Nationell miljöövervakning av luft- och nederbörds-kemi 1996.
- 90 Foltescu, V.L., Häggmark, L (1998)
Jämförelse mellan observationer och fält med griddad klimatologisk information.
- 91 Hultgren, P., Dybbroe, A., Karlsson, K.-G. (1999)
SCANDIA – its accuracy in classifying LOW CLOUDS

- 92 Hyvarinen, O., Karlsson, K.-G., Dybbroe, A. (1999)
Investigations of NOAA AVHRR/3 1.6 μm imagery for snow, cloud and sunglint discrimination (Nowcasting SAF)
- 93 Bennartz, R., Thoss, A., Dybbroe, A. and Michelson, D. B. (1999)
Precipitation Analysis from AMSU (Nowcasting SAF)
- 94 Appelqvist, Peter och Anders Karlsson (1999)
Nationell emissionsdatabas för utsläpp till luft - Förstudie.
- 95 Persson, Ch., Robertson L. (SMHI) Thaning, L (LFOA). (2000)
Model for Simulation of Air and Ground Contamination Associated with Nuclear Weapons. An Emergency Preparedness Model.
- 96 Kindbom K., Svensson A., Sjöberg K., (IVL) Persson C., (SMHI) (2001)
Nationell miljöövervakning av luft- och nederbörds kemi 1997, 1998 och 1999.
- 97 Diamandi, A., Dybbroe, A. (2001)
Nowcasting SAF
Validation of AVHRR cloud products.
- 98 Foltescu V. L., Persson Ch. (2001)
Beräkningar av moln- och dimdeposition i Sverigemodellen - Resultat för 1997 och 1998.
- 99 Alexandersson, H. och Eggertsson Karlström, C (2001)
Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-1990.
Referensnormaler - utgåva 2.
- 100 Korpela, A., Dybbroe, A., Thoss, A. (2001)
Nowcasting SAF - Retrieving Cloud Top Temperature and Height in Semi-transparent and Fractional Cloudiness using AVHRR.
- 101 Josefsson, W. (1989)
Computed global radiation using interpolated, gridded cloudiness from the MESA-BETA analysis compared to measured global radiation.
- 102 Foltescu, V., Gidhagen, L., Omstedt, G. (2001)
Nomogram för uppskattning av halter av PM_{10} och NO_2
- 103 Omstedt, G., Gidhagen, L., Langner, J. (2002)
Spridning av förbränningsemissioner från småskalig biobränsleeldning – analys av $\text{PM}_{2.5}$ data från Lycksele med hjälp av två Gaussiska spridningsmodeller.
- 104 Alexandersson, H. (2002)
Temperatur och nederbörd i Sverige 1860 - 2001
- 105 Persson, Ch. (2002)
Kvaliteten hos nederbörds kemiska mätdata som utnyttjas för dataassimilation i MATCH-Sverige modellen".
- 106 Mattsson, J., Karlsson, K-G. (2002)
CM-SAF cloud products feasibility study in the inner Arctic region
Part I: Cloud mask studies during the 2001 Oden Arctic expedition
- 107 Kärner, O., Karlsson, K-G. (2003)
Climate Monitoring SAF - Cloud products feasibility study in the inner Arctic region. Part II: Evaluation of the variability in radiation and cloud data
- 108 Persson, Ch., Magnusson, M. (2003)
Kvaliteten i uppmätta

- nederbördsmängder inom svenska
nederbörskemiska stationsnät
- från Västra Götalands län –
Beräkningar för 1999
- 109 Omstedt, G., Persson Ch.,
Skagerström, M (2003)
Vedeldning i småhusområden
 - 110 Alexandersson, H., Vedin, H.
(2003)
Dimensionerande regn för mycket
små avrinningsområden
 - 111 Alexandersson, H. (2003)
Korrektion av nederbörd enligt
enkel klimatologisk metodik
 - 112 Joro, S., Dybbroe, A.(2004)
Nowcasting SAF – IOP
Validating the AVHRR Cloud Top
Temperature and Height product
using weather radar data
Visiting Scientist report
 - 113 Persson, Ch., Ressner, E., Klein, T.
(2004)
Nationell miljöövervakning –
MATCH-Sverige modellen
Metod- och
resultatsammanställning för åren
1999-2002 samt diskussion av
osäkerheter, trender och miljömål
 - 114 Josefsson, W. (2004)
UV-radiation measured in
Norrköping 1983-2003.
 - 115 Martin, Judit, 2004
Var tredje timme – Livet som
väderobservatör
 - 116 Gidhagen, L., Johansson, C.,
Törnquist, L. (2004)
NORDIC – A database for
evaluation of dispersion models on
the local, urban and regional scale
 - 117 Langner, J., Bergström, R., Klein,
T., Skagerström, M. (2004)
Nuläge och scenarier för inverkan
på marknära ozon av emissioner
 - 118 Trolez, M., Tetzlaff, A., Karlsson,
K-G. (2005)
CM-SAF Validating the Cloud Top
Height product using LIDAR data
 - 119 Rummukainen, M. (2005)
Växthuseffekten
 - 120 Omstedt, G. (2006) Utvärdering av
PM₁₀ - mätningar i några olika
nordiska trafikmiljöer
 - 121 Alexandersson, H. (2006)
Vindstatistik för Sverige 1961-
2004
 - 122 Samuelsson, P., Gollvik, S.,
Ullerstig, A., (2006)
The land-surface scheme of the
Rossby Centre regional
atmospheric climate model (RCA3)
 - 123 Omstedt, G. (2007)
VEDAIR – ett internetverktyg för
beräkning av luftkvalitet vid
småskalig biobränsleeldning
*Modellbeskrivning och slutrapport
mars 2007*
 - 124 Persson, G., Strandberg, G.,
Bärring, L., Kjellström, E. (2007)
Beräknade temperaturförhållanden
för tre platser i Sverige –
perioderna 1961-1990 och 2011-
2040



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping · Tel 011-495 8000 · Fax 011-495 8001
www.smhi.se