

**Neue Kernkraftanlage am Standort KKW Temelín:  
Werkvertrag Nr: 4949/ÚFA**

# **Beurteilung des Einflusses der Kühltürme des KKW Temelín auf die klimatischen Charakteristiken des Gebiets**

**Forschungsbericht**

**Prag, 2009**

**Bearbeitung:**

<b>doc. RNDr. Daniela Řezáčová, CSc.</b>	
<b>doc. RNDr. Zbyněk Sokol, CSc.</b>	

**Institut für Physik der Atmosphäre der Akademie der  
Wissenschaften der Tschechischen Republik,  
öffentliches Forschungsinstitut  
Boční II, č.p.1401  
141 31 Praha 4 - Spořilov**

# INHALT

<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>3</b>
<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>4</b>
<b>1 KÜHLTÜRME – BEWERTETE MODELLALTERNATIVEN .....</b>	<b>5</b>
<b>2 METEOROLOGISCHE DATEN .....</b>	<b>6</b>
<b>3 MODELL CT-PLUME/2.....</b>	<b>7</b>
3.1 MATHEMATISCHE SIMULATION DER KÜHLTURMSCHLEPPEN – STRUKTUR DES MODELLS CT-PLUME/28	
3.2 MODIFIZIERUNGEN IM MODELL CT-PLUME/2 .....	12
3.3 CHARAKTERISTIK DER ERGEBNISSE DES MODELLS CT-PLUME/2 .....	13
<b>4 ERGEBNISVERGLEICH DER EINZELNEN MODELLALTERNATIVEN .....</b>	<b>14</b>
4.1 DURCHSCHNITTliche ÄNDERUNG DER BODENTEMPERATUR IM BETRACHTETEN GEBIET .....	14
4.2 MAXIMALE ÄNDERUNGEN DER TÄGLICHEN BODENTEMPERATUR .....	16
4.3 DURCHSCHNITTliche ÄNDERUNGEN DER ABSOLUTEN BODENFEUCHTIGKEIT IM BETRACHTETEN GEBIET	18
4.4 MAXIMALE ÄNDERUNGEN DER ABSOLUTEN TÄGLICHEN BODENFEUCHTIGKEIT .....	19
4.5 DURCHSCHNITTliche ÄNDERUNGEN DER RELATIVEN FEUCHTIGKEIT IM BETRACHTETEN GEBIET .....	20
4.6 MITTLERE DAUER DER BESCHATTUNG DURCH DIE SICHTBARE KÜHLTURMSCHLEPPE IM JAHR IM	
BETRACHTETEN GEBIET .....	21
4.7 ANZAHL DER TAGE, AN DENEN DIE JEWEILIGE ÄNDERUNG DER TEMPERATUR, DER FEUCHTIGKEIT UND	
DER BESCHATTUNG ÜBERSCHRITTEN WIRD.....	23
4.8 ABHÄNGIGKEIT DER BETRACHTETEN CHARAKTERISTIKEN VON DER ENTFERNUNG VOM KKW TEMELÍN	25
4.9 INDIKATION VON NIEDERSCHLÄGEN, NEBEL UND ÜBERFRIEREN IM BETRACHTETEN GEBIET .....	27
4.10 EINSCHRÄNKUNGEN DER MODELLBERECHNUNGEN HINSICHTLICH DER BESTIMMUNG VON ÄNDERUNGEN	
DER BETRACHTETEN GRÖSSEN .....	27
<b>5 ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG DER EINZELNEN MODELLALTERNATIVEN....</b>	<b>28</b>
5.1 BEWERTUNG IM BETRACHTETEN GEBIET .....	28
5.2 SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE BEWERTUNG AUSSERHALB DES BETRACHTETEN GEBIETES .....	31
<b>6 SCHLUSSBETRACHTUNG .....</b>	<b>31</b>
<b>VERWENDETE LITERATUR.....</b>	<b>32</b>

## ANLAGEN 1 – 8 GRAPHISCHE ERGEBNISDARSTELLUNGEN

ANLAGE 1 – BETRACHTETES GEBIET : BILD 1

ANLAGE 2 – DURCHSCHNITTliche ÄNDERUNG DER TEMPERATUR: BILD 2A,B,C,D, BILD 3A,B,C

ANLAGE 3 – MAXIMALE ÄNDERUNG DER TÄGLICHEN TEMPERATUR: BILD 4A,B,C,D, BILD 5A,B,C

ANLAGE 4 – DURCHSCHNITTliche ÄNDERUNG DER ABSOLUTEN FEUCHTIGKEIT: BILD 6A,B,C,D, BILD 7A,B,C

ANLAGE 5 – MAXIMALE ÄNDERUNG DER TÄGLICHEN ABSOLUTEN FEUCHTIGKEIT: BILD 8A,B,C,D, BILD 9A,B,C

ANLAGE 6 – DURCHSCHNITTliche ÄNDERUNG DER RELATIVEN FEUCHTIGKEIT: BILD 10, BILD 11A,B,C,D

ANLAGE 7 – BESCHATTUNG DURCH DIE SICHTBARE SCHLEPPE: BILD 12A,B,C,D, BILD 13A,B,C

ANLAGE 8 – ANZAHL DER TAGE IM JAHR, AN DENEN DIE JEWEILIGEN WERTE VON TEMPERATUR, FEUCHTIGKEIT UND BESCHATTUNG ÜBERSCHRITTEN WERDEN: BILD 14A,B,C, BILD 15A,B,C, BILD 16A,B,C,D,E,F

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung	Bedeutung
CT-PLUME, CT-PLUME/2	mathematisches Modell zur Berechnung der Charakteristiken der Kühlturmschleppen KKW Temelín
KKW Temelín	Kernkraftwerk Temelín
ASE 92	Neuer Turmtyp der Modellalternative 1
AES 2006, AP 1000	Neuer Turmtyp der Modellalternative 2
EPR 1600, APWR 1700	Neuer Turmtyp der Modellalternative 3
ECHVAKOD	Mathematisches Modell zur Berechnung der Charakteristiken der Kühlturmschleppe des Kraftwerkes Chvaletice
EIA	Environmental Impact Assessment – Einschätzung der Umwelteinflüsse

# **EINLEITUNG**

Der vorliegende Bericht stellt eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Arbeiten dar, die im Rahmen von Vertrag 4949/5/ÚFA des Auftraggebers Ústav jaderného výzkumu Řež a.s. (Kernforschungsinstitut Řež AG), 250 68 Husinec – Řež Nr.130, Division ENERGOPROJEKT Prag, unter folgenden Zielstellungen durchgeführt wurden:

- 1) Es ging darum, auf der Grundlage der vorgegebenen Kühlturm-Alternativen die Bewertung des Einflusses des Kernkraftwerkes Temelín auf Veränderungen der nachstehend genannten klimatischen Charakteristiken im Umkreis des KKW in Bezug auf die Referenzwerte der Station Temelín vorzunehmen:
  - durchschnittliche Änderung der Werte von Bodentemperatur und Feuchtigkeit, Änderung der Dauer der Sonneneinstrahlung infolge der Beschattung durch die Kühlturmschleppen sowie Änderung der Häufigkeit des Auftretens von Nebel.
  - maximale Änderungen der Werte von Bodentemperatur und Feuchtigkeit, der Werte für die Beschattungsdauer und des Auftretens von Nebel.
  - Berechnung und Beobachtung der Möglichkeit des Ausfalls von Niederschlägen, die durch die Kühlturmschleppen hervorgerufen werden (Drift).
- 2) Für die oben angeführten Größen ist die Bewertung der Verursachung durch die neue Kernkraftanlage (d.h. für die vorgegebene räumliche Konfiguration und Parameter der Kühltürme) im Vergleich zum derzeitigen Stand vorzunehmen (d.h. im Vergleich zu derzeitigen Situation, in der die bestehenden Blöcke 2x1000 MWe und die bestehende Konfiguration von 4 Kühltürmen in Betrieb sind).

Die grundsätzliche Arbeitsmethode bestand in der mathematischen Modellierung unter Verwendung des Modells CT-PLUME (siehe [1], [2]), das eigens für die Zwecke dieser Studie entsprechend modifiziert wurde. Die Studien [1] und [2] sowie der Bericht [12] umfassen ein umfangreiches Verzeichnis nationaler und internationaler Fachliteratur, auf die sich das vom Institut für Physik der Atmosphäre der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik erstellte und für die hier dargestellte Bewertung in der modifizierten Version CT-PLUME/2 verwendete Modell CT-PLUME stützt. Der vorliegende Bericht beschränkt sich deshalb darauf, nur die für den Textteil des Berichtes erforderlichen Publikationen zu zitieren.



Der Textteil der vorliegenden Studie umfasst ein Abkürzungsverzeichnis, 6 Textkapitel, ein Literaturverzeichnis und 8 Anlagen. In Kapitel 1 werden die zu bewertenden Modellalternativen des Kühlturmsystems definiert. Kapitel 2 fasst die Angaben über die meteorologischen Eingangsdaten, deren ausführlichere Beschreibung Gegenstand des Berichts ist [5], zusammen. Kapitel 3 enthält eine kurze Beschreibung der im Code des Modells CT-PLUME und in dessen modifizierter Version CT-PLUME/2 verwendeten Algorithmen. In Kapitel 4 werden die Ergebnisse der Modellberechnungen vorgestellt. Ausgehend von den numerischen Ergebnissen, deren graphische Darstellungen in den Anlagen enthalten sind, werden diese noch durch tabellarische Darstellungen der Durchschnitts- und Extremwerte der betrachteten Charakteristiken und deren Diskussion ergänzt. In Kapitel 5 werden die in Kapitel 4 dargestellten Ergebnisse für das betrachtete Gebiet zusammengefasst und nach Aufteilung dieses Gebietes in Teilgebiete auch die Folgen ausserhalb des betrachteten Gebietes aufgezeigt. Kapitel 6 stellt eine kurze Schlussbetrachtung mit Empfehlungen für die Auswahl des Kühlturmsystems bei der Erweiterung des KKW Temelín durch die neue Kernkraftanlage dar.

## **1 KÜHLTÜRME – BEWERTETE MODELLALTERNATIVEN**

Die Grundparameter des neuen Kühlturmsystems für das Kernkraftwerk Temelín (im weiteren nur KKW Temelín genannt) wurden für 3 Modellalternativen, d.h. für 3 in Frage kommende Kühlturmkonfigurationen des KKW, erstellt. Für die neue Kernkraftanlage werden im Rahmen des EIA-Prozesses mehrere Alternativen für die Kraftwerksblöcke der Bewertung unterzogen. Für die Zwecke der Studie über den Einfluss der Kühltürme der neuen Kernkraftanlage auf das Mikroklima wurde die Konzeption von zwei Kühltürmen des Typs Itterson pro Block für alle in Betracht gezogenen Alternativen zu Grunde gelegt.

Unter dem Aspekt der Kühlung bzw. der Wärmeableitung kann die Situation vereinfacht auf drei neue Kühlturmsysteme reduziert werden (siehe technischer Bericht [3] zur vorliegenden Studie):

System 1 : 4 Kühltürme ASE 92

System 2 : 4 Kühltürme AES 2006 bzw. 4 Kühltürme AP 1000

System 3 : 4 Kühltürme EPR 1600 bzw. 4 Kühltürme APWR 1700

Für diese Kühlturmtypen wurden die erforderlichen Charakteristiken einschließlich der physikalischen Eigenschaften der Schleppe an der Kühlturmmündung und der Koordinaten

der einzelnen Systeme ermittelt. Diese Parameter wurden aus [3] übernommen. Es sei noch bemerkt, dass bei System 2 beide Kühlturmtypen identische Charakteristiken der Schleppe an der Mündung haben. Die Koordinaten der Kühltürme unterscheiden sich in einer Spanne von ca. 10m, dieser Unterschied ist im Rahmen der vorliegenden Ergebnisse unerheblich. Die Berechnungen für die Kühltürme von System 2 wurden mit den Koordinaten des Systems AP 1000 vorgenommen. Bei System 3 stimmen die Parameter beider Kühlturmtypen überein.

Die in der vorliegenden Studie dargestellten Berechnungen wurden für 3 Modellalternativen eines Systems mit 8 Kühltürmen durchgeführt, d.h. für die Systeme 1 bis 3 in Kombination mit dem bestehenden System der 4 Kühltürme. Die Parameter der bestehenden Kühltürme wurden, ebenso wie in der Studie [2], aus dem Bericht [4] übernommen. Neben den 3 erwähnten Alternativen wurden die Berechnungen auch für das System der 4 bestehenden Türme vorgenommen. Im nachstehenden Text wird daher auf folgende Modellalternativen der Kühltürme Bezug genommen:

**Modellalternative 0:** 4 bestehende Kühltürme,

**Modellalternative 1:** 4 bestehende Kühltürme und System 1,

**Modellalternative 2:** 4 bestehende Kühltürme und System 2,

**Modellalternative 3:** 4 bestehende Kühltürme und System 3.

## 2 METEOROLOGISCHE DATEN

Die meteorologischen Eingangsdaten umfassen sowohl aerologische Daten (Sondendaten) aus der Station Prag Libuš als auch Daten von Erd- und Mastmessungen aus der Station Temelín. Die meteorologischen Daten wurden vom Tschechischen Hydrometeorologischen Institut als Betreiber der meteorologischen Messungen in der Tschechischen Republik zur Verfügung gestellt. Datenstruktur und -umfang wurden in der im Rahmen von Vertrag 4949/ÚFA im März 2009 vorgelegten Studie [5] beschrieben.

Die Endbearbeitung der Ursprungsdaten umfasst vertikale Profile des Luftdrucks, der Temperatur, der Feuchtigkeit, der Windrichtung und Windgeschwindigkeit bis zu einem Höhenstand von 700 hPa, d.h. bis zu einer Höhe von ca. 3km. Die Werte der Windrichtung mit Schritt 1° und der Windgeschwindigkeit mit Schritt 0.1 m/s wurden auf zwei kartesische Komponenten des Vektors Windgeschwindigkeit übertragen.

Die Endprofile wurden durch Verknüpfung der vertikalen Profile aus der Station Prag Libuš mit den Daten aus der Station Temelín in den unteren Höhenständen erstellt. Im Gegensatz zu den Studien [1] und [2], in denen mit dreistündlichen Bodenmessdaten gearbeitet wurde, standen nun stündliche Messdaten aus der Station Temelín zur Verfügung. Die aller 6 Stunden durchgeführten aerologischen Messungen wurden deshalb in der Zeit auf die entsprechende Tagstunde interpoliert.

Es wurden demnach für den Zeitraum Januar–Dezember 2003 – 2008 Profile für jede Stunde erarbeitet. Dabei sind in die Eingangsdateien nur die Profile eingeflossen, für deren Erstellung alle zugänglichen aerologischen und Bodenmessdaten zur Verfügung waren. Nach Kontrolle der meteorologischen Daten auf Vollständigkeit und Qualität lag dann eine Datei mit Eingangsdaten vor, die insgesamt **47.217** Fälle enthielt. Diese Fälle bilden die Datei der meteorologischen Eingangsdaten für das Modell der Kühlturmschleppe des Kühlturmsystems. Dabei umfasst jeder einzelne Fall das vertikale Profil von Luftdruck, Temperatur, Feuchtigkeit und zwei Komponenten der Windgeschwindigkeit.

### **3 MODELL CT-PLUME/2**

Zur Bewertung des Einflusses der Kühlturmschleppen des KKW Temelín wurde das mathematische Modell CT-PLUME/2, die modifizierte Version des für die erste Bewertung des Einflusses der KKW-Kühltürme im Jahre 2000 erstellten und angewandten Modells CT-PLUME, eingesetzt. Das Modell besteht aus mehreren Modulen, mit denen die Charakteristiken der Schleppe in unterschiedlichen physikalischen Ausbreitungssystemen oder andere aus den Charakteristiken der Schleppe abgeleitete Größen berechnet werden können. Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Algorithmen und der numerischen Lösung ist Gegenstand des Berichts [2]. Teil 3.1. dieses Kapitels beinhaltet eine kurze, für den Anwender bestimmte Beschreibung des Modells mit Hauptaugenmerk auf das jeweilige physikalische Grundprinzip der einzelnen Teile des Modells. Für die Zwecke dieser Studie war es erforderlich, den Programmcode von CT-PLUME zu modifizieren. Im Ergebnis dessen entstand die Modellversion CT-PLUME/2, auf deren Veränderungen in Teil 3.2. eingegangen wird. In Teil 3.3 werden die Output-Größen des Modells definiert, die bei der Bewertung abgeleiteter Größen, insbesondere der Mittel- und Extremwerte der Änderung von Bodentemperatur und Feuchtigkeit, für die einzelnen Modellalternativen der Kühltürme herangezogen werden.

### 3.1 MATHEMATISCHE SIMULATION DER KÜHLTURMSCHLEPPEN – STRUKTUR DES MODELLS CT-PLUME/2

Zur Bewertung der möglichen Einflüsse der Schleppen der Kühltürme des KKW Temelín auf die lokalen Wetter- und Klimabedingungen wurde vom Institut für Physik der Atmosphäre der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik das mathematische Modell CT-PLUME erarbeitet. Dieses Modell stützt sich vor allem auf vorangegangene Erfahrungen mit dem Modell ECHVAKOD, das z.B. in [6] und [7] beschrieben ist. Der Code dieses Modells wurde um mehrere Module bezüglich unterschiedlicher Aspekte der Ausbreitung der Schleppe ergänzt. Eine ausführliche Beschreibung der Algorithmen und der Software-Lösung ist bereits in [2] enthalten, deshalb sei an dieser Stelle nur eine knappe Beschreibung des Prinzips des Modells und der einzelnen Module des innovierten Codes CT-PLUME/2 angeführt.

Das Modell CT-PLUME/2 besteht aus folgenden physikalischen Modulen:

- Das **Modul zur Berechnung der Charakteristiken der aktiven Phase der Schleppe** legt die Parameter der Schleppe in dem Gebiet fest, in dem die vertikale Geschwindigkeit der Schleppe positiv ist. Dieses Modul stützt sich am meisten auf den Code von Modell ECHVAKOD [6,7]. Es war jedoch erforderlich, diesen um die Parametrisierung der Regenwasserverdunstung im Bereich unterhalb der Schleppe zu ergänzen. Die Berechnung der Charakteristiken der Schleppe geht von einem eindimensionalen stationären Modell des Wolkenluftstroms aus, das über die Bilanzgleichung für Bewegungsmoment, Wärme und Wasserkomponente mit Hilfe eines Systems gewöhnlicher Differentialgleichungen gelöst wird. Die Formulierung umfasst auch die Kessler-Parametrisierung der flüssigen Phase mit Hilfe der Unterteilung in Wolken- und Niederschlagskomponente. Die Modellgleichungen werden entlang der Schleppenachse bis in die Höhe integriert, in der die vertikale Geschwindigkeit der Schleppe Null ist.

Ziel der Lösung der Modellgleichungen ist es, die maximale Steighöhe der Schleppe, die Koordinaten des Endpunktes der Schleppenachse sowie die Radiuswerte der Schleppe zu ermitteln. Diese Werte sind die Ausgangswerte für die Berechnung der fiktiven Punktquelle für die weitere diffuse Ausbreitung der Schleppe. Dabei wird bei der Berechnung die Möglichkeit, dass zwei und mehr Schleppen miteinander verfließen, einbezogen und im Laufe der Berechnungen auch für jeden Kühlturm getestet.

Zur Illustration ist auf dem Bild unten die Verteilungshäufigkeit der Höhe der Schleppen über dem Terrain, wie sie für die einzelnen Modellalternativen festgelegt ist, dargestellt. Die Höhe der Schleppe wurde für jede einzelne Schleppe ermittelt. Das bedeutet, dass der Komplex von 8 Türmen unter der Voraussetzung, dass die Schleppen nicht ineinander verfließen, mit 8 Höhenwerten in die Datei einfließen kann. Wenn jedoch umgekehrt alle Schleppen ineinander verfließen würden, geht in die Datei im Ergebnis eine einzige Schleppe ein. Auf dem Bild ist die asymmetrische Verteilung der Höhe der Schleppe sowie die Verschiebung der Höhe mit maximaler Häufigkeit in Richtung höherer Werte beim Übergang von Modellalternative 1 zu Modellalternative 2 und 3 sichtbar. Das Maximum der Häufigkeit bei Modellalternative 0 entspricht der Höhe für das Maximum der Häufigkeit bei Modellalternative 1. Die maximale Höhe der Schleppe entspricht bei allen Alternativen einem Wert um 2.5km. Aus dem Bild geht ebenfalls hervor, dass die Häufigkeit einer Höhe von mehr als ca. 500m bereits sehr gering ist und vernachlässigt werden kann. Außerdem ist offensichtlich, dass die Verteilung deutlich asymmetrisch ist, was dazu führt, dass der Modus (d.h. der am häufigsten auftretende Wert) sich deutlich vom Durchschnitt unterscheidet.

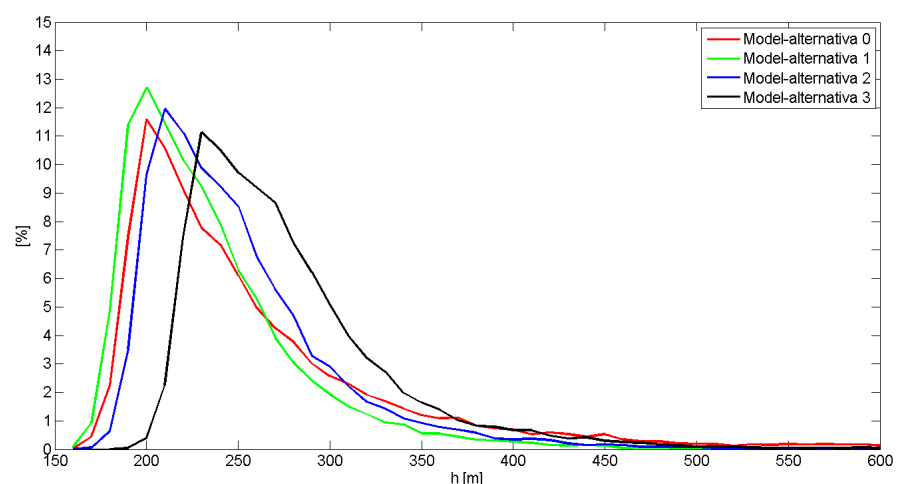
Die Tabelle zeigt den Mittelwert der Höhe der Schleppe und die Standardabweichung der Höhenverteilung für die einzelnen Modellalternativen

Modell Altern.	Durchschnitt [m]	Standard [m]
0	351	344
1	396	276
2	421	293
3	457	314

↑ Durchschnitt und Standardabweichung der Höhenverteilung der Schleppe

⇒ Häufigkeit der Höhe der Schleppe für die

einzelnen Modellalternativen.



- Das **Modul der passiven Ausbreitung der Schleppe** ist eine von einem Teil des Modells ECHVAKOD [6,7] stark modifizierte Version, bei der hier anstelle der passiven Beimischungen, die bei der Einmündung der Verbrennungsprodukte in die Kühltürme emittiert werden, die diffuse Verbreitung von Wasserdampf und Wärme in dem Gebiet, in

dem die Schleppe nur durch den Wind weitergetragen wird, angenommen wird. Zur Bestimmung der Veränderung der Bodenwerte von Temperatur und Feuchtigkeit durch den Einfluss der Schleppe wird im Gebiet der passiven Verbreitung der Schleppe für den Charakter der turbulenten Diffusionen Gauss-Verhalten in horizontaler Querrichtung zur berechneten Trajektorie und in vertikaler Richtung mit unterschiedlichen richtungsweisenden Abweichungen in beiden Richtungen vorausgesetzt. Bei der Erstellung des Algorithmus wurde vor allem von der Arbeit [8] und den Erfahrungen mit dem Modell ECHVAKOD ausgegangen, dessen Diffusionsteil sich auf die Arbeiten [7] und [10] stützte und in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Meteorologie und Umweltschutz der Mathematisch-physikalischen Fakultät der Karlsuniversität Prag erstellt wurde. Die erforderlichen richtungsweisenden Abweichungen werden als Funktion der zurückgelegten Länge der Trajektorie von der entsprechenden Punktquelle ausgedrückt. In dieser Richtung werden die sich aus [11] ergebenden Beziehungen genutzt.

- Das **Modul zur Berechnung der Dimensionen der sichtbaren Schleppe** nutzt die Übertragung des Top-hat-Profiles in ein Gauss-Profil. Das Top-hat-Querprofil der Schleppe, das bei der Ableitung des Modells der aktiven Phase der Schleppe verwendet wird, ist für die Phase der Entwicklung einer Schleppe, die sich in der Atmosphäre frei ausbreitet, nicht geeignet. Beobachtungen zeigen, dass sich die Eigenschaften der Profile der physikalischen Größen der Schleppe in dieser Phase der Gauss-Verteilung nähern. Der Verteilungscharakter der Profile von Wärme und Mischungsverhältnis beeinflussen die Größe der sichtbaren Schleppe. Die Anwendung der Gauss-Verteilung auf die Werte von Wärme und Mischungsverhältnis ermöglicht es, auch an den Stellen eine sichtbare Schleppe zu modellieren, an denen das Top-hat-Profil keine sichtbare Schleppe mehr identifiziert. Das Modul zur Beschreibung der sichtbaren Schleppe wurde aus der Arbeit [13] übernommen. Entsprechend dieser Vorgehensweise wird der Teil der Modellschleppe als sichtbar betrachtet, in dem bei der Temperatur der Schleppe die relative Feuchtigkeit den Sättigungsgrad erreicht. Das Modul der sichtbaren Schleppe findet dann Anwendung, wenn der vertikale Aufstieg der Schleppe beendet ist, und setzt sich aus Gleichungen der aktiven Phase der Schleppe mit mehreren Modifikationen zusammen (siehe [2]).

- Das **Modul zur Berechnung des Einflusses der Schleppe auf ausgewählte meteorologische Charakteristiken auf Bodenniveau** nutzt vor allem ein diffuses Modell zur Berechnung der Änderung der Bodentemperatur und der absoluten

Bodenfeuchtigkeit sowie das Modell der sichtbaren Schleppe zur Abschätzung der Beschattung.

**Die** durch das Vorhandensein der Schleppe hervorgerufene **Änderung der Bodenfeuchtigkeit** wurde ähnlich wie in Arbeit [8] mit Hilfe eines diffusen Modells ermittelt. Die zu betrachtende Größe war hier die Summe des Wassers, das in einer bestimmten Zeiteinheit aus den Kühltürmen emittiert wurde (Summe der gasförmigen und der flüssigen Komponente). Die Quelle wurde in maximaler Aufstiegshöhe der Schleppe platziert und mit Hilfe der Methode der fiktiven Punktquelle auf eine Lösung einer Standard-Diffusionsgleichung [9] und [10] übertragen. Ergebnis sind die Zuwachswerte der absoluten Feuchtigkeit in den Knotenpunkten des Bodenniveaus im Vergleich zu dem von der Schleppe nicht beeinflussten Referenzstand. Die **Änderung der Bodentemperatur** bestimmt sich analog wie die Bodenfeuchtigkeit. Die zu betrachtende Größe ist hier der Wärmestrom aus der Kühlturmmündung.

Zur Berechnung der **Beschattung** wird ein vereinfachter geometrischer Algorithmus angewandt. In jedem Integrationsschritt in der aktiven und passiven Phase der Schleppe wird die Form der sichtbaren Schleppe, die sich in dem jeweiligen Zeitschritt ausgebildet hat, von einem Trapez in senkrechter Ebene zu den Sonnenstrahlen bedeckt. Von diesem Trapez wird angenommen, dass es nicht durchlässig ist, und so wird sein Schattenwurf auf das Bezugsgebiet berechnet.

Bei der Berechnung der Beschattung werden nur die Tage und Termine in Betracht gezogen, an denen die gesamte Wolkenbedeckung kleiner als  $7/8$  ist und die Sonne über dem Horizont steht. Ergebnis dieses Programms ist eine Datei, die für jeden Knotenpunkt des Berechnungsnetzes die Anzahl der Termine (der einzelnen Berechnungen) enthält, an denen Beschattung eingetreten ist. Die derart geometrisch ermittelte Beschattungsdauer kann als Obergrenze der Beschattungsschätzung betrachtet werden, da von einer konstanten Beschattung der gesamten geometrisch definierten Fläche ausgegangen wird und eine weitere Ausbreitung des Lichts hinter dem Hindernis sowie die Existenz natürlicher Hindernisse, z.B. orographischer Hindernisse, nicht angenommen wird.

Bei der **Berechnung der ausfallenden Niederschläge** wird von der Verdunstung der Tropfen während ihres Falls von der Untergrenze der Schleppe bis auf die Erde ausgegangen. Die Verdunstung wird entlang der Tropfentrajektorie (mit Schritt 10m) berechnet, wobei unter Verwendung von Durchschnittswerten von Druck und Temperatur

innerhalb der Schicht zwischen Erde und Untergrenze der Schleppe eine sog. generalisierte Fallgeschwindigkeit eines Tropfenkomplexes angenommen wird. Während der aktiven Phase der Schleppe und der Ausbreitung der sichtbaren Schleppe wird bei jedem Integrationsschritt die herausgefallene Regenwassermenge berechnet. Diese Werte repräsentieren die aus der Schleppe herausgefallene Wassermenge auf je 500m Schleppenlänge (die Länge kann im Programm beliebig gewählt werden). Auf den so akkumulierten Wert wird die Verdunstungsberechnung appliziert, und das auf die Erde fallende Wasser wird indirekt proportional der Entfernung der Auftreffstelle vom Knotenpunkt in die vier nächstliegenden Knotenpunkte interpoliert.

Das **Auftreten von Nebel** wurde unter der Voraussetzung betrachtet, dass die relative Feuchtigkeit im jeweiligen Knotenpunkt höher als 99% lag (in Bezug auf Wasser). Das **Auftreten von Überfrieren** wurde bei negativen Temperaturen diagnostiziert, wenn die relative Feuchtigkeit in Bezug auf Eis über 99% war. In beiden Fällen wurden die Berechnungen dabei nur dann vorgenommen, wenn der gemessene Referenzwert der relativen Feuchtigkeit unter 95% lag. Bei höheren Feuchtigkeitsmesswerten können auch ohne den Einfluss der Kühltürme Nebel oder Überfrieren eintreten.

### 3.2 MODIFIZIERUNGEN IM MODELL CT-PLUME/2

Bei der Modellberechnung der Charakteristiken der Schleppe finden Algorithmus und Code des ursprünglichen Modells CT-PLUME Anwendung (siehe [2]). Für Vergleichsrechnungen der betrachteten Modellalternativen musste das Programm wie folgt modifiziert werden:

- CT-PLUME war für die Berechnung der Schleppe von 1 bis 4 Kühltürmen bestimmt. Deshalb musste das Programm für die Berechnung eines Komplexes von 8 Kühltürmen, einschließlich der entsprechenden Modifizierung des Verfließungsschemas der Schleppen, erweitert werden.
- Der Anfang des Gebietes musste so verschoben werden, dass sich die Mitte des Berechnungsnetzes etwa in der Mitte des Komplexes der 8 Kühltürme befand.
- Die Berechnung der relativen Feuchtigkeit auf der Grundlage der absoluten Feuchtigkeitswerte und der Temperatur wurde hinzugefügt.
- Die ursprünglichen Berechnungen erfolgten, aufgrund der zur Verfügung stehenden Eingangsdaten, alle 3 Stunden [2]. Die jetzigen ausführlicheren Eingangsdaten ermöglichten Berechnungen im Stundenrhythmus, d.h. jede Eingangsdatendatei



repräsentiert die jeweilige Stunde der Messung. Das vereinfacht die Berechnung der Stundenzahl, in denen der jeweilige Knotenpunkt von Beschattung betroffen ist.

- Die meteorologischen Eingangsdaten umfassen auch Mastmessdaten aus der Station Temelín.
- Die Organisation der Berechnungen wurde dahingehend modifiziert, dass die Berechnungsergebnisse für jedes Profil in eine Datei abgespeichert wurden, die erst nach dem Abschluss der gesamten Berechnungen bearbeitet werden konnte. Das ermöglichte die Berechnung unterschiedlicher Varianten abgeleiteter Charakteristiken, ohne die einzelnen Integrationen wiederholen zu müssen.

### **3.3 CHARAKTERISTIK DER ERGEBNISSE DES MODELLS CT-PLUME/2**

Auf der Grundlage der Ergebnisse des Modells CT-PLUME/2 wurden folgende Werte ermittelt:

1) Änderung der Bodentemperatur, Änderung der absoluten Bodenfeuchtigkeit und Dauer der Beschattung durch die Schleppe in den einzelnen Grids des Modellbereiches für alle in der Datei der Eingangsdaten erfassten vertikalen Profile (insgesamt 47.217 Berechnungen). Die Änderungen von Temperatur und Feuchtigkeit wurden in Bezug auf die Referenzwerte beziffert, d.h. in Bezug auf die Werte, die in der Station Temelín gemessen wurden. Die Berechnungen wurden für alle Modellalternativen, d.h. für 0-3, vorgenommen.

Die Datei mit den Ergebnissen wurde statistisch bearbeitet. Die Ergebnisse dieser Bearbeitung sind in den Anlagen 1 - 8 zusammengefasst und werden in den folgenden Unterkapiteln diskutiert. Die Bewertung der Temperatur- und Feuchtigkeitsänderung stützte sich auf die flächendeckende Verteilung der täglichen Durchschnitts- und Extremwerte. Die Bewertung der Beschattung drückt sich durch die flächenmäßige Verteilung der durchschnittlichen Anzahl der Schattenstunden im Jahr in den einzelnen Grids des betrachteten Gebietes aus.

Neben den Änderungen von Temperatur, Feuchtigkeit und Beschattung durch die sichtbaren Kühlturmschleppen wurde auch die Möglichkeit von auf die Erde fallenden Niederschlägen sowie die Möglichkeit des erhöhten Auftretens von Nebel und Überfrieren in Bezug auf die Werte der Station Temelín betrachtet.

2) Zur Bewertung der eigentlichen Verursachung durch die neue Kernkraftanlage mit der vorgegebenen räumlichen Konfiguration und den Parametern der neuen Kühltürme im Vergleich zum derzeitigen Zustand, d.h. bei Betrieb der derzeitigen 4 Kühltürme, wurden in jedem Berechnungspunkt des Gebietes die Unterschiede zwischen den Werten für die Modellalternativen 1-3 und Modellalternative 0 ermittelt.

Auch diese Änderungen wurden wieder statistisch ausgewertet. Die graphischen Darstellungen der Flächenverteilungen der einzelnen Ergebnisse befinden sich in den Anlagen.

Im Einklang mit den vertraglichen Bestimmungen wurden die Berechnungen für ein Gebiet von  $60 \times 60 \text{ km}^2$  in einem Berechnungsnetz von  $121 \times 121$  Knotenpunkten vorgenommen. Die Entfernung zwischen zwei Knotenpunkten beträgt demnach 500m. Der Knappheit wegen wird im Text anstelle des Begriffes „Knotenpunkt“ der heute üblicherweise verwendete Begriff „Grid“ benutzt.

Das Modellgebiet ist in **Bild 1** dargestellt (Anlage 1). Neben der Darstellung des gesamten Gebietes umfasst **Bild 1** auch einen vergrößerten Ausschnitt des zentralen Teils des Gebietes mit einer Fläche von  $10 \times 10 \text{ km}^2$  ( $21 \times 21$  Grids). In dem Ausschnitt ist die Lage der Grids gekennzeichnet. Die räumliche Auflösung von 500m ist ein wichtiger einschränkender Faktor bei der Interpretation der Modellergebnisse.

## **4 ERGEBNISVERGLEICH DER EINZELNEN MODELLALTERNATIVEN**

Die anschließenden Unterkapitel 4.1 – 4.10 beschäftigen sich mit der Diskussion der Ergebnisse, die auf der Grundlage der Modellberechnungen erhalten wurden. In den einzelnen Unterkapiteln wird auf die graphischen Ergebnisdarstellungen, die in den Anlagen 1 – 8 enthalten sind, verwiesen. Im abschließenden Unterkapitel 4.11 sind die Einschränkungen dargelegt, die sich aus der Anwendung des Modellansatzes für die Ermittlung von Änderungen in Bezug auf die Referenzdaten ergeben.

### **4.1 DURCHSCHNITTliche ÄNDERUNG DER BODENTEMPERATUR IM BETRACHTETEN GEBIET**

Die Bewertung der Änderungen der Bodentemperatur im Verhältnis zu den Referenzwerten sowie im Verhältnis zu Modellalternative 0 erfolgt aufgrund der Änderung der täglichen Bodentemperatur. Diese Größe wurde in der meteorologisch üblichen Form bestimmt, d.h. als Temperaturmittelwert über ein Zeitintervall von 7 Uhr MEZ bis 6 Uhr MEZ des darauffolgenden Tages. Es sei noch bemerkt, dass in Anbetracht dieser Definition

der täglichen Bodentemperatur die durchschnittlichen Änderungswerte der täglichen Temperatur im Vergleich zum Referenzwert sowie die Werte, die der Erhöhung im Vergleich zu Modellalternative 0 entsprechen, mit den durchschnittlichen Stundenwerten identisch sind.

Die Flächenverteilung der durchschnittlichen Änderungen der täglichen Bodentemperatur im Vergleich zum Referenzwert ist für die Modellalternativen 0 – 3 auf den **Bildern 2a, 2b, 2c, 2d** (Anlage 2) dargestellt. Für jede Alternative wurde in allen Grids des Gebietes der Mittelwert der Änderung aus allen 47.217 Ausgangsdaten bestimmt. Aus den Bildern wird der Unterschied zwischen Modellalternative 0 (4 jetzige Kühltürme) und Modellalternativen 1, 2 und 3 sichtbar. Der neue Komplex aus 8 Türmen weist dabei ähnliche Ergebnisse auf. Die durchschnittliche Änderung ist im Gebiet unmittelbar um die neuen Kühltürme herum am größten. Der Höchstwert von bis zu 0.2°C wurde vom Modell nur für einen sehr eingeschränkten Bereich in direkter Nähe der Kühltürme ermittelt.

**Tabelle 1** umfasst die Charakteristiken der Änderungen der Durchschnittstemperatur im ganzen Gebiet und zeigt, dass die höchsten Maxima in Modellalternative 1 und 2, und die höchsten Durchschnittswerte in Modellalternative 2 zu erwarten sind. Die Unterschiede zwischen den Modellalternativen 1 – 3 liegen jedoch nur in der Größenordnung von  $10^{-2}^{\circ}\text{C}$  bei den Maxima und  $10^{-3}^{\circ}\text{C}$  bei den Durchschnittswerten. In beiden Fällen handelt es sich um nicht messbare Werte.

**Tab. 1:** Globale Charakteristiken der durchschnittlichen Änderung der täglichen Temperatur [°C]. Für jede Modellalternative ist Minimalwert (min), Maximalwert (max) und Durchschnittswert (Durch) auf der Grundlage der Gridwerte im ganzen Gebiet angegeben (siehe **Bild 2a, 2b, 2c, 2d** - Anlage 2).

Modellalternative	min	max	Durch
0	0.003	0.09	0.007
1	0.006	0.18	0.015
2	0.006	0.18	0.016
3	0.006	0.14	0.015

Auf den **Bildern 3a, 3b, 3c** (Anlage 2) ist für die Modellalternativen 1 – 3 die Flächenverteilung der durchschnittlichen Temperaturerhöhung im Vergleich zu Modellalternative 0 dargestellt. Diese Ergebnisse wurden als Durchschnittswerte aus der Datei mit den Unterschieden zu den einzelnen Terminen erzielt.

In **Tabelle 2** sind die globalen Charakteristiken der Erhöhung aufgrund der Grids des ganzen Gebietes angegeben. Es wird deutlich, dass die Erhöhungswerte in allen drei Modellalternativen auch wieder nur Werte einer Größenordnung von  $10^{-2}$ °C bei den Maxima und  $10^{-3}$ °C bei den Durchschnittswerten erreichen. Die höchsten Erhöhungswerte werden bei Modellalternative 2 erreicht, liegen aber dennoch im nichtmessbaren Bereich.

**Tab. 2:** Globale Charakteristiken der Erhöhung der durchschnittlichen Temperaturänderung [°C] im Vergleich zu Modellalternative 0. Für jede Modellalternative ist Minimalwert (min), Maximalwert (max) und Durchschnittswert (Durch) auf der Grundlage der Gridwerte im ganzen Gebiet angegeben (siehe **Bild 3a, 3b, 3c** - Anlage 2).

Modellalternative	min	max	Durch
1	0.002	0.09	0.007
2	0.003	0.09	0.008
3	0.002	0.05	0.007

## 4.2 MAXIMALE ÄNDERUNGEN DER TÄGLICHEN BODENTEMPERATUR

Die Flächenverteilung der maximalen Abweichungen der täglichen Bodentemperatur von den Referenzdaten ist für die Modellalternativen 0 – 3 in den **Bildern 4a, 4b, 4c und 4d** (Anlage 3) dargestellt. Für diese Ausgangsdaten wurde in jedem Grid des Gebietes das Maximum der Tageswerte aus der gesamten Eingangsdatei bestimmt. Das heisst, dass jeder Gridwert einem Tageswert entspricht, wobei die Werte in verschiedenen Grids den Ergebnissen von verschiedenen Terminen entsprechen können.

Aus den **Bildern 4a, 4b, 4c und 4d** geht hervor, dass das Modell für die maximale Änderung der täglichen Temperatur bei Modellalternative 0 einen Wert unter 1.1°C

bestimmt hat, bei den Modellalternativen mit 8 Kühltürmen können die Werte laut Modell bis zu 1.4°C erreichen.

In **Tabelle 3** sind die globalen Charakteristiken der maximalen Änderung im gesamten betrachteten Gebiet aufgeführt. Die höchsten Maximal- und Durchschnittswerte erreicht die Änderung der täglichen Temperatur bei Modellalternative 2.

**Tab. 3:** Globale Charakteristiken der maximalen Änderung der täglichen Temperatur [°C]. Für jede Modellalternative ist Minimalwert (min), Maximalwert (max) und Durchschnittswert (Durch) auf der Grundlage der Gridwerte im ganzen Gebiet angegeben (siehe **Bild 4a, 4b, 4c, 4d** - Anlage 3).

Modellalternative	min	max	Durch
0	0.04	1.02	0.113
1	0.06	1.36	0.209
2	0.07	1.40	0.213
3	0.07	1.24	0.204

Die Flächenverteilung der Werte für die Erhöhung der täglichen Temperatur im Vergleich zu Modellalternative 0 ist für die Modellalternativen 1 – 3 auf den **Bildern 5a, 5b und 5c** (Anlage 3) dargestellt. Die globalen Charakteristiken der Erhöhung der täglichen Temperatur für das gesamte Gebiet sind in **Tab. 4** angeführt.

**Tab. 4:** Globale Charakteristiken der maximalen Erhöhung der täglichen Temperatur [°C] im Vergleich zu Modellalternative 0. Für jede Modellalternative sind Minimalwert (min), Maximalwert (max) und Durchschnittswert (Durch) auf der Grundlage der Gridwerte im ganzen Gebiet angegeben (siehe **Bild 5a, 5b, 5c** – Anlage 3).

Modellalternative	min	max	Durch
1	0.03	0.88	0.121
2	0.03	0.86	0.124
3	0.03	0.71	0.115

Auch die Werte aus **Tab.4** weisen die höchsten Maximal- und Durchschnittswerte der Temperaturerhöhung für Modellalternative 2 aus. Die Unterschiede zwischen den Modellalternativen liegen jedoch an der Grenze der Messbarkeit und bewegen sich in Größenordnungen von  $10^{-1}$  °C.

Es sei noch vermerkt, dass die maximalen Stundenwerte der Temperaturänderung bei den einzelnen Modellalternativen und die maximalen Stundenwerte der Temperaturerhöhung im Vergleich zu Modellalternative 0 eine Größenordnung von  $10^0$ °C erreichen. Es handelt sich hierbei jedoch um Werte, die in den sechs Beobachtungsjahren äußerst vereinzelt in

unmittelbarer Nähe der Kühltürme aufgetreten sind und deshalb keinen grundsätzlichen Einfluss auf die Maxima der Tageswerte haben.

#### **4.3 DURCHSCHNITTliche ÄNDERUNGEN DER ABOLUTEN BODENFEUCHTIGKEIT IM BETRACHTETEN GEBIET**

Analog zur Bewertung der Temperatur in Unterkapitel 4.1 erfolgt auch die Bewertung der Änderung der Bodenfeuchtigkeit im Vergleich zu den Referenzwerten und die der Erhöhung dieses Wertes im Vergleich zu Modellalternative 0 auf der Grundlage der Änderungen der täglichen absoluten Bodenfeuchtheitswerte. Diese Größe wurde, ähnlich wie die tägliche Temperatur, in der meteorologisch üblichen Form ermittelt, d.h. als Feuchtheitsmittelwert in einem Zeitintervall von 7 Uhr MEZ bis 6 Uhr MEZ. Es sei auch hier bemerkt, dass in Anbetracht dieser Definition der täglichen Bodenfeuchtigkeit die durchschnittlichen Änderungswerte der täglichen Feuchtigkeit im Vergleich zum Referenzwert sowie die Werte, die der Erhöhung im Vergleich zu Modellalternative 0 entsprechen, mit den durchschnittlichen Stundenwerten identisch sind.

In Anlage 4 auf den **Bildern 6a, 6b, 6c und 6d** sind die Änderungswerte der absoluten täglichen Feuchtigkeit für die einzelnen Modellalternativen im Vergleich zum Referenzwert dargestellt. Die Werte übersteigen  $1.9 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$  ( $0.019 \text{ g/m}^3$ ) nicht, damit erreichen die durchschnittlichen Änderungen keine messbaren Werte. Ähnlich ist auf **Bild 7a, 7b und 7c** (Anlage 4) die Flächenverteilung der Erhöhungen für die Modellalternativen 1 – 3 im Vergleich zu Modellalternative 0 dargestellt (4 bestehende Kühltürme).

In **Tabelle 5** und **Tabelle 6** befinden sich die entsprechenden globalen Charakteristiken aus den Werten in allen Grids der betrachteten Fläche. Sowohl aus den Bildern in Anlage 4 als auch aus beiden Tabellen geht hervor, dass die Durchschnittswerte bei Modellalternative 1 die höchsten Maxima erreichen und die höchsten Durchschnittswerte für das gesamte Gebiet bei Modellalternative 2 anzutreffen sind. Die Unterschiede zwischen beiden Modellalternativen sind jedoch praktisch unerheblich. Von den Modellalternativen 1 – 3 weist auch hier Modellalternative 3 die niedrigsten Werte sowohl bei den Änderungen als auch bei der Erhöhung auf.

**Tab 5:** Globale Charakteristiken der durchschnittlichen Änderung der absoluten Feuchtigkeit im Vergleich zum Referenzwert. Für jede Modellalternative sind Minimalwert (min), Maximalwert (max) und Durchschnittswert (Durch) auf der Grundlage der Gridwerte im ganzen Gebiet angegeben (siehe **Bild 6a, 6b, 6c, 6d** – Anlage 4). Die Werte haben eine Dimension von  $[10^{-6} \text{ kg/m}^3]$ , d.h.  $[0.001 \text{ g/m}^3]$ .

Modellalternative	Min	max	Durch
0	0.32	9.37	0.81
1	0.56	18.47	1.48
2	0.58	17.79	1.51
3	0.59	14.61	1.46

**Tab. 6:** Globale Charakteristiken der durchschnittlichen Erhöhung der absoluten Feuchtigkeit im Vergleich zu Modellalternative 0. Für jede Modellalternative sind Minimalwert (min), Maximalwert (max) und Durchschnittswert (Durch) auf der Grundlage der Gridwerte im ganzen Gebiet angegeben (siehe **Bild 7a, 7b, 7c** – Anlage 4). Die Werte haben eine Dimension von  $[10^{-6} \text{ kg/m}^3]$ , d.h.  $[0.001 \text{ g/m}^3]$ .

Modellalternative	min	max	Durch
1	0.23	9.09	0.67
2	0.23	8.42	0.69
3	0.04	5.24	0.65

#### 4.4 MAXIMALE ÄNDERUNGEN DER ABSOLUTEN TÄGLICHEN BODENFEUCHTIGKEIT

Anlage 5 beinhaltet in den **Bildern 8a, 8b, 8c und 8d** die Flächenverteilung der maximalen Änderungen der absoluten täglichen Feuchtigkeit. Die **Bilder 9a, 9b und 9c** (Anlage 5) stellen die Flächenverteilung der maximalen Erhöhung der absoluten täglichen Feuchtigkeit für die Modellalternativen 1 – 3 im Vergleich zu Modellalternative 0 dar. Ähnlich wie bei den maximalen Änderungen der täglichen Temperatur wurde in jedem Grid des Gebietes das Maximum der Tageswerte aus der gesamten Eingangsdatei ermittelt. Das heisst, dass jeder Gridwert einem Tageswert entspricht, wobei die Werte in verschiedenen Grids den Ergebnissen von verschiedenen Terminen entsprechen können.

Die globalen Charakteristiken beider Größen aufgrund aller Gridwerte des Gebietes sind in den **Tabellen 7 und 8** dargestellt.

**Tab 7:** Globale Charakteristiken der maximalen Änderung der absoluten täglichen Feuchtigkeit. Für jede Modellalternative sind Minimalwert (min), Maximalwert (max) und Durchschnittswert (Durch) auf der Grundlage der Gridwerte im ganzen Gebiet angegeben (siehe **Bild obr. 8a, 8b, 8c, 8d** - Anlage 5). Die Werte haben eine Dimension von  $[10^{-6} \text{ kg/m}^3]$ , d.h.  $[0.001 \text{ g/m}^3]$ .

Modellalternative	min	max	Durch
0	3.7	146.0	13.2
1	6.9	164.2	22.3

2	7.1	167.1	22.8
3	6.5	145.6	22.0

**Tab. 8:** Globale Charakteristiken der maximalen Erhöhung der absoluten Feuchtigkeit im Vergleich zu Modellalternative 0. Für jede Modellalternative sind Minimalwert (min), Maximalwert (max) und Durchschnittswert (Durch) auf der Grundlage der Gridwerte im ganzen Gebiet angegeben (siehe **Bild 9a, 9b, 9c** – Anlage 5). Die Werte haben eine Dimension von  $[10^{-6} \text{ kg/m}^3]$ , d.h.  $[0.001 \text{ g/m}^3]$ .

Modellalternative	min	max	Durch
1	3.7	107.9	12.3
2	3.4	103.5	12.6
3	3.4	96.4	11.6

Aus den graphischen Darstellungen und aus beiden Tabellen geht hervor, dass die Höchstwerte der Maxima eine Größenordnung von  $10^{-4} \text{ kg/m}^3$  ( $0.1 \text{ g/m}^3$ ) erreichen und damit äußerst gering sind. Die höchsten Maximal- und Durchschnittswerte werden bei Modellalternative 2 erreicht. Von den drei Modellalternativen mit 8 Kühltürmen sind die niedrigsten Werte bei Modellalternative 3 zu verzeichnen.

#### 4.5 DURCHSCHNITTliche ÄNDERUNGEN DER RELATIVEN FEUCHTIGKEIT IM BETRACHTETEN GEBIET

Um die Änderungen der Feuchtigkeit noch durch eine andere Charakteristik zu veranschaulichen, ist in Anlage 6 die Flächenverteilung der mittleren Änderung der relativen Feuchtigkeit dargestellt. Die relative Feuchtigkeit ist von der absoluten Feuchtigkeit und der Temperatur abhängig und stellt in diesem Sinne demnach eine kombinierte Charakteristik beider Größen dar. **Bild 10** (Anlage 6) zeigt für unterschiedliche Werte der relativen Feuchtigkeit die Abhängigkeit der absoluten Feuchtigkeit von der Temperatur. Die relative Feuchtigkeit wächst bei ansteigender absoluter Feuchtigkeit und gleichbleibender Temperatur und sinkt bei steigender Temperatur und gleichbleibender absoluter Feuchtigkeit. Beide Faktoren, d.h. die Änderung der Temperatur und der absoluten Feuchtigkeit, beeinflussen also den Wert der relativen Feuchtigkeit in umgekehrter Richtung.

Die **Bilder 11a, 11b, 11c und 11d** (Anlage 6) stellen die Flächenverteilung der Änderungen der relativen Feuchtigkeit für die einzelnen Modellalternativen dar. In **Tabelle 9** sind die globalen Charakteristiken der durchschnittlichen Änderung der relativen Feuchtigkeit aufgrund aller Grids des Gebietes aufgeführt. Diese Ergebnisse zeigen, dass



der Einfluss des Temperaturanstiegs größer ist als der Einfluss des Anstiegs der absoluten Feuchtigkeit. Demnach weisen die relativen Feuchtigkeitswerte nur einen geringfügigen und praktisch nicht messbaren Rückgang in Höhe von einigen Zehntel Prozent aus. Die Erhöhungswerte im Vergleich zu Modellalternative 0 sind unerheblich.

**Tab 9:** Globale Charakteristiken der durchschnittlichen Änderung der relativen Feuchtigkeit [%]. Für jede Modellalternative sind Minimalwert (min), Maximalwert (max) und Durchschnittswert (Durch) auf der Grundlage der Gridwerte im ganzen Gebiet angegeben (siehe **Bild 11a, 11b, 11c, 11d** – Anlage 6).

Modellalternative	min	max	Durch
0	-0.51	-0.22	-0.248
1	-0.88	-0.22	-0.279
2	-0.85	-0.22	-0.279
3	-0.74	-0.22	-0.277

Bewertet wurden auch die maximalen Änderungen der relativen Feuchtigkeit. Diese erreichen bei einer durchschnittlichen maximalen Änderung von 0.07% Werte von höchstens 1.3%. Diese Ergebnisse wurden in die Anlagen nicht mit aufgenommen.

#### **4.6 MITTLERE DAUER DER BESCHATTUNG DURCH DIE SICHTBARE KÜHLTURMSCHLEPPE IM JAHR IM BETRACHTETEN GEBIET**

Als wesentlichster Einfluss der Kühlturmschleppen gilt die Beschattung durch die sichtbare Schleppe. In Anlage 7 sind die Modellergebnisse der Bewertung der Beschattung, ausgedrückt durch die mittlere Anzahl der Stunden pro Jahr, in denen der jeweilige Grid durch die sichtbare Schleppe beschattet wird, dargestellt.

Die **Bilder 12a, 12b, 12c und 12d** (Anlage 7) zeigen die Flächenverteilung der mittleren Anzahl der Stunden pro Jahr, in denen der jeweilige Grid durch die sichtbare Schleppe beschattet wird. Aus den Bildern geht hervor, dass das Beschattungsgebiet bei allen Modellalternativen beschränkt ist und von einer Beschattung von mehr als 1 h/Jahr ein Gebiet von durchschnittlich bis zu 10km im Umkreis des KKW betroffen sein wird. In **Tabelle 10** sind auch hier wieder die globalen Charakteristiken der Beschattung des ganzen Gebietes aufgeführt. Die Modellrechnung hat gezeigt, dass die maximale Stundenanzahl der Beschattung Werte um 1000 Stunden pro Jahr erreicht, das sind bei einer angenommenen Maximaldauer der Beschattung von 12 h pro Tag ca. 80 Tage. Die

Maximalwerte für die Beschattungsdauer liegen direkt im Gebiet, wo sich die Türme befinden. Hier ist, sofern es die Höhe des Sonnenstandes über dem Horizont und die Bewölkung erlauben, ständig mit Beschattung zu rechnen. Die Anzahl der Beschattungstage durch die sichtbare Kühlturmschleppe wird in Unterkapitel 4.7. noch ausführlicher diskutiert werden. **Tabelle 10** bestätigt den eingeschränkten Umfang der beschatteten Fläche anhand der niedrigen Werte der durchschnittlichen Beschattung an allen Grids des Gebietes.

**Tab 10:** Globale Charakteristiken der Beschattung [h/Jahr]. Für jede Modellalternative sind Minimalwert (min), Maximalwert (max) und Durchschnittswert (Durch) auf der Grundlage der Gridwerte im ganzen Gebiet angegeben (siehe **Bild 12a, 12b, 12c, 12d – Anlage 7**).

Modellalternative	min	max	Durch
0	0	1074	0.65
1	0	983	0.79
2	0	1021	0.83
3	0	1180	0.88

Die Erhöhung der Beschattung im Vergleich zu Modellalternative 0 ist auf den **Bildern 13a, 13b und 13c** (Anlage 7) dargestellt. Die globalen Charakteristiken befinden sich in **Tabelle 11**. Beide Ergebnisse zeigen, dass die unterschiedliche Form der sichtbaren Schleppe bei der Modellalternative mit 4 Kühltürmen und den Modellalternativen mit 8 Kühltürmen in unterschiedlichen Teilen des Gebietes sowohl zur Verkleinerung als auch zur Vergrößerung der Beschattung führt. In jedem Falle handelt es sich jedoch um den lokalen Bereich im direkten Umkreis der Kühltürme.

**Tab 11:** Globale Charakteristiken der Erhöhung der Beschattung [h/Jahr] im Vergleich zu Modellalternative 0. Für jede Modellalternative sind Minimalwert (min), Maximalwert (max) und Durchschnittswert (Durch) auf der Grundlage der Gridwerte im ganzen Gebiet angegeben (siehe **Bild 13a, 13b, 13c – Anlage 7**).

Modellalternative	min	max	Durch
1	-260	959	0.13
2	-261	997	0.18
3	-260	1156	0.23

Bei der Beschattung ist offensichtlich, dass sich die einzelnen Modellalternativen anders verhalten als beim Einfluss auf Bodentemperatur und Feuchtigkeit. Die höchsten Maximal- und Durchschnittswerte der Beschattung werden bei Modellalternative 3 erreicht. Dagegen

weisen die Modellalternativen 1 und 2 geringfügig niedrigere Maximal- und Durchschnittswerte der Beschattung auf. Interessant ist, dass die Modellberechnung zwar bei der bestehenden Konfiguration mit 4 Kühltürmen (Modellalternative 0) eine niedrigere durchschnittliche Beschattung durch die sichtbare Schleppe indiziert, der Unterschied zur Konfiguration mit 8 Kühltürmen (Modellalternativen 1 – 3) jedoch nicht so beträchtlich ist wie beim Einfluss auf Temperatur und Feuchtigkeit. Zugleich werden bei Modellalternative 0 bei der maximalen Anzahl der Beschattungsstunden höhere Werte erreicht als bei den Modellalternativen 1 und 2. Es ist offensichtlich, dass sich hier der Einfluss des niedrigeren Anfangsauftriebs beim ursprünglichen Kühlturmkomplex, und damit auch der Einfluss niedrigerer Höhenwerte der Schleppe in Kombination mit dem Einfluss der Höhe des Sonnenstandes über dem Horizont, niederschlägt.

#### **4.7 ANZAHL DER TAGE, AN DENEN DIE JEWEILIGE ÄNDERUNG DER TEMPERATUR, DER FEUCHTIGKEIT UND DER BESCHATTUNG ÜBERSCHRITTEN WIRD**

In den Unterkapiteln 4.2 und 4.4 wurden die Extremwerte für die Änderung der Temperatur und der Feuchtigkeit im betrachteten Gebiet und deren globale Charakteristiken beleuchtet. Diese Unterkapitel geben jedoch keine Auskunft darüber, wie lange das Auftreten des jeweiligen Extrems im Jahr andauert. Unterkapitel 4.5 beschäftigt sich mit der mittleren Beschattungsdauer in den einzelnen Grids des Gebietes in Stunden pro Jahr und gibt ebenfalls keine Auskunft darüber, wie sich die jeweilige Stundenzahl auf Tage aufteilt. In diesem Teil soll deshalb diskutiert werden, wie hoch die mittlere Anzahl der Tage im Jahr ist, an denen der jeweilige Extremwert einer Größe überschritten wird. Die Berechnungen hierzu wurden für 1.811 Tage vorgenommen, für die vollständige Eingangsdaten für die Stunden des Tages (7 Uhr MEZ bis 6 Uhr MEZ) zur Verfügung standen. Der Jahresmittelwert wurde dabei als 1/6 der Gesamtanzahl der Tage mit Überschreitung des Extremwertes festgelegt. Das heisst, dass die Zeit, die kürzer als 1 Tag ist, in den 6 Jahren der Beobachtungen weniger als 6 Tagen entspricht.

In Anlage 8 befinden sich ausgewählte flächendeckende Ergebnisdaten der betrachteten Größen. Die Berechnung der Anzahl der Tage, an denen die Änderung der täglichen Bodentemperatur im Vergleich zum Referenzwert die jeweilige Schwelle überschritten hat, wurde für die Schwellentemperaturen 0.25, 0.5, 0.7, 0.75, 0.8 und 1°C sowie für alle Modellalternativen vorgenommen. Zur graphischen Darstellung in Anlage 8 wurden nur die Ergebnisdaten von Modellalternative 0 und Modellalternative 2 ausgewählt. Wie bereits in Unterkapitel 4.4 gezeigt wurde, wurden bei Modellalternative 2 die höchsten Werte des

Temperaturanstiegs erreicht. Auf den **Bildern 14a, 14b und 14c** (Anlage 8) sind Felder gekennzeichnet, die die Anzahl der Tage darstellen, an denen die Änderung der täglichen Bodentemperatur im Vergleich zum Referenzwert über  $0.5^{\circ}\text{C}$  lag, und zwar sowohl für Modellalternative 0 (**Bild 14a**) als auch für Modellalternative 2 (**Bild 14b**). Die Überschreitung des Wertes von  $0.7^{\circ}\text{C}$  für Modellalternative 2 ist auf **Bild 14c** dargestellt. Die graphischen Darstellungen zeigen in ihrem Ergebnis, dass sich die Anzahl der Tage mit größer 1 in den angegebenen Fällen auf das Gebiet in unmittelbarer Nähe des KKW beschränkt. Für den Schwellenwert größer  $0.5^{\circ}\text{C}$  bei Alternative 0 und größer  $0.7^{\circ}\text{C}$  bei Alternative 2 gibt es im ganzen Gebiet weniger als 1 Tag pro Jahr, an dem die tägliche Temperatur über dem Schwellenwert liegt.

Ähnliche Berechnungen wurden auch für die Feuchtigkeitsschwellenwerte 1.0, 2.5, 5.0, 7.5,  $10.0 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^3$  ( $0.001 \text{ g/m}^3$ ) durchgeführt, auch hier wiederum für alle Modellalternativen, wobei auch hier wieder die Alternativen 0 und 2 ausführlicher beleuchtet wurden. Die flächendeckenden Ergebnisdaten in Anlage 8 zeigen die Überschreitung des Schwellenwerts von  $5.0 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^3$  bei Modellalternative 0 (**Bild 15a**) und die Überschreitung der Schwellenwerte von 5.0 und  $7.5 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^3$  bei Modellalternative 2 (**Bild 15b und 15c**). Bei höheren Schwellenwerten kam es im ganzen Gebiet zu Überschreitungen an einer mittleren Tagesanzahl von weniger als 1 Tag im Jahr.

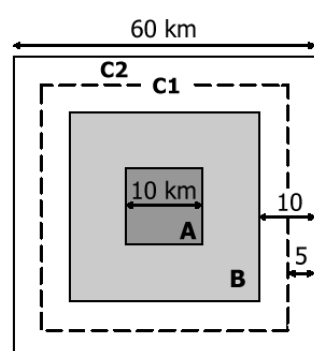
Die mittlere Anzahl der Tage im Jahr, an denen die Dauer der Beschattung einen höheren Wert erreicht als der Schwellenwert der Stundenanzahl, wurde für alle Modellalternativen und für die Schwellenwerte von 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 und 12 Stunden pro Tag berechnet. Anlage 8 enthält graphische Ergebnisdarstellungen für Modellalternative 0 (**Bild 16a, 16b, 16c**) sowie für Modellalternative 3 (**Bild 16d, 16e, 16f**). Bei beiden Alternativen gehen die Bilder von den Schwellenwerten 1, 2 und 6 Stunden aus. Eine Beschattung von mehr als 8 Stunden wurde nur in zwei Grids direkt in der Nähe der Kühltürme erreicht. Ein Gridwert entsprach 30 Tagen und der andere 6 Tagen. In einem Grid wurde eine Beschattung von mehr als 10 Stunden verzeichnet (11.66 Tage). Es sei noch vermerkt, dass eine Beschattungsdauer von größer 1 Stunde, d.h. größer des niedrigsten Schwellenwertes, bei Modellalternative 0 insgesamt an 204 Tagen und bei Alternative 3 insgesamt an 205 Tagen berechnet wurde. Diese Werte wurden jeweils in dem Grid festgestellt, der bei Modellalternative 0 dem bestehenden Komplex der 4 Kühltürme, und bei Modellalternative 3 den 4 neuen Kühltürmen am nächsten liegt. Bei dieser Alternative,

d.h. bei 3, wurde am Standort des bestehenden Komplexes der 4 Kühltürme die maximale Anzahl von 199 Tagen mit Beschattung von mehr als 1 Stunde am Tag festgestellt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass eine extreme Beschattung, wie sie in Unterkapitel 4.5. identifiziert wurde, an einer beträchtlichen Anzahl von Tagen zu erwarten sein wird. Was den Standort angeht, wird diese Erscheinung jedoch nur in unmittelbarer Nähe der Kühlturmkomplexe auftreten.

#### 4.8 ABHÄNGIGKEIT DER BETRACHTETEN CHARAKTERISTIKEN VON DER ENTFERNUNG VOM KKW TEMELÍN

Die Modellberechnungen für die einzelnen Modellalternativen wurden auf einer Fläche von  $60 \times 60 \text{ km}^2$  vorgenommen (siehe **Bild 1**, Anlage 1). Wie die graphischen Ergebnisdarstellungen der Flächenverteilung des Einflusses der Kühltürme zeigen (siehe Anlagen), überwiegt eindeutig der Einfluss der Kühlturmkomplexe auf den nahegelegenen Umkreis. Um diese Tatsache auch quantitativ ausdrücken zu können, wurden die globalen



Charakteristiken für die Änderung der betrachteten Größen anhand von Teilgebieten des gesamten betrachteten Gebietes berechnet. Die Aufteilung der Berechnungsfläche in die Teilgebiete A, B, C1 und C2 ist schematisch dargestellt, die Ergebnisse befinden sich in **Tabelle 12**.

← schematische Darstellung der Aufteilung des betrachteten Gebiets mit einer Fläche  $S$  von  $= 60 \times 60 \text{ km}^2$  in Teilgebiete

$A = 10 \times 10 \text{ km}^2$  in der Mitte von  $S$ ,  $B = S - C1$ , C1 umfasst einen Randstreifen der Breite 10 km (21 Grids), C2 umfasst einen Randstreifen der Breite 5 km (11 Grids).

**Tab. 12:** Globale Charakteristiken der durchschnittlichen Änderung der täglichen Temperatur  $t_{\text{Durch}}$  [°C], der maximalen Änderung der täglichen Temperatur  $t_{\text{max}}$  [°C], der Änderung der absoluten täglichen Feuchtigkeit  $q_{\text{Durch}}$  [ $10^{-6} \text{ kg/m}^3$ ], der maximalen Änderung der absoluten täglichen Feuchtigkeit  $q_{\text{max}}$  [ $10^{-6} \text{ kg/m}^3$ ] und der Beschattungsdauer Schatten [h/Jahr] für die einzelnen Teilgebiete A, B, C1 und C2 der betrachteten Fläche. Für jede Modellalternative sind Durchschnittswert (Durch) und Maximalwert (max) auf der Grundlage der Gridwerte im jeweiligen Teilgebiet angegeben.

Fläche	M.alt.	$t_{\text{Durch}}$		$t_{\text{max}}$		$q_{\text{Durch}}$		$q_{\text{max}}$		Schatten	
		Durch	max	Durch	max	Durch	max	Durch	max	Durch	max
A	0	0.02	0.09	0.43	1.03	2.6	9.3	56.8	146.0	23.8	1193
	1	0.05	0.18	0.70	1.39	5.0	18.5	83.8	177.3	29.1	1094
	2	0.04	0.18	0.69	1.41	4.8	17.8	82.8	172.1	30.6	1138
	3	0.04	0.14	0.61	1.24	4.2	14.6	73.7	145.7	32.6	1317
B	0	0.008	0.04	0.13	0.57	0.8	3.9	15.6	83.3	0.01	1.6

	1	0.01	0.07	0.24	1.35	1.5	7.3	26.6	175.9	0.02	1.8
	2	0.01	0.07	0.25	1.32	1.5	7.2	27.5	170.0	0.03	2.7
	3	0.01	0.07	0.24	1.19	1.5	6.7	26.7	154.4	0.02	1.8
C1	0	0.005	0.01	0.07	0.13	0.5	1.2	8.1	18.3	0	0
	1	0.01	0.02	0.13	0.27	1.0	2.3	13.8	32.3	0	0
	2	0.01	0.02	0.13	0.27	1.0	2.3	14.4	31.2	0	0
	3	0.02	0.01	0.13	0.26	1.0	2.3	14.3	32.2	0	0
C2	0	0.005	0.01	0.06	0.10	0.5	1.0	7.2	13.3	0	0
	1	0.01	0.02	0.12	0.19	0.9	1.8	12.2	23.6	0	0
	2	0.01	0.02	0.12	0.20	0.9	1.8	12.8	23.1	0	0
	3	0.01	0.01	0.12	0.19	0.9	1.8	12.8	23.4	0	0

**Tabelle 12** zeigt, dass die Abweichungen von den Referenzwerten mit wachsender Entfernung vom Standort des KKW kleiner werden. Die Charakteristiken der durchschnittlichen Änderungen von Temperatur und Feuchtigkeit weisen allgemein sehr niedrige Werte aus, deshalb ist ihr Rückgang in Richtung Peripherie des Gebietes nicht so deutlich. Bei den Charakteristiken der maximalen Änderung der täglichen Temperatur und Feuchtigkeit ist der Rückgang deutlicher, die Durchschnittswerte der Maxima gehen beträchtlich zurück, und auch bei den absoluten Maxima der Abweichungen ist ein Rückgang zu verzeichnen. Bei keiner der in den Tabellen dargestellten Charakteristiken indizieren die Ergebnisse der Modellberechnungen einen Anstieg mit größer werdender Entfernung vom Standort des Kühlturmkomplexes. Die Werte in Teilgebiet C2, d.h. im Randstreifen, erreichen bei den Durchschnittswerten der Charakteristiken nur 12% bis 25%, bei den Maximalwerten der Charakteristiken nur 7% bis 16% der Werte des zentralen Teilgebietes A. Das gilt für die Änderungen von Temperatur und Feuchtigkeit, die vom sichtbaren und unsichtbaren Teil der Kühlturmschleppe hervorgerufen werden. Am deutlichsten ist der Rückgang der auf den sichtbaren Teil der Schleppe zurückzuführenden Beschattung. Diese tritt in den Randgebieten C1 und C2 überhaupt nicht auf. In Anbetracht der niedrigen Werte für Temperatur- und Feuchtigkeitsänderung im gesamten Gebiet kann dieser Rückgang als ausreichend für die Annahme betrachtet werden, dass der Einfluss der Kühltürme außerhalb des betrachteten Gebietes unerheblich ist.

Zwischen den einzelnen Modellalternativen 1 – 3 bestehen keine beträchtlichen Unterschiede. Hinsichtlich der Charakteristiken für die Änderung der Bodentemperatur und der Feuchtigkeit sind die Änderungen bei Alternative 3 am geringsten. Die Modellalternativen 1 und 2 unterscheiden sich voneinander nur sehr geringfügig, wobei bei

Alternative 2 der Einfluss der Schleppe etwas größer ist. Bei den Charakteristiken der Beschattung weisen Modellalternativen 1 und 2 niedrigere Werte auf, während Modellalternative 3 hinsichtlich der Beschattung die ungünstigste zu sein scheint. Diese Schlüsse sind jedoch wiederum nur formell zu sehen, denn auch die Unterschiede in der Dauer der Beschattung durch die sichtbare Schleppe sind bei allen drei Modellalternativen minimal.

#### **4.9 INDIKATION VON NIEDERSCHLÄGEN, NEBEL UND ÜBERFRIEREN IM BETRACHTETEN GEBIET**

Bei keiner der Modellalternativen wurden vom Modell auf die Erde fallende Niederschläge indiziert. Aus der Schleppe sedimentierendes Wasser ist in jedem Fall über der Erdoberfläche verdunstet.

Das Modell zeigt gegenüber den Referenzwerten eine Änderung der atmosphärischen Bedingungen an, die das Auftreten von Nebel (relative Feuchtigkeit über 99%) oder Überfrieren (relative Feuchtigkeit in Bezug auf Eis über 99% bei Temperatur unter 0°C), begünstigen. Der Einfluss der Oberflächentemperatur und der lokalen Topographie wird dabei vom Modell nicht berücksichtigt. Zum Beispiel zieht es die Temperatur der Fahrbahn, die ein wesentlicher Faktor für das Überfrieren der Fahrbahn ist, nicht in Betracht. Auch wurden vom Modell bei keiner Alternative ein höheres Auftreten von Nebel, als es in Temelín derzeit der Fall ist (siehe auch Unterkapitel 4.5), oder eine Vergrößerung der begünstigenden Bedingungen für das Überfrieren angezeigt.

Das schließt nicht aus, dass es (a) zu einer leichten Änderung in Häufigkeit und Lage von äußerst lokal und orographisch bedingten Nebeln (z.B. lokale Talnebel) und (b) zu einer leichten Änderung in Häufigkeit und Lage von äußerst lokal und orographisch bedingten Überfrierungen kommen kann, die jedoch beide, (a) und (b), in dieser Version der Modellberechnungen nicht identifiziert werden können.

#### **4.10 EINSCHRÄNKUNGEN DER MODELLBERECHNUNGEN HINSICHTLICH DER BESTIMMUNG VON ÄNDERUNGEN DER BETRACHTETEN GRÖSSEN**

Neben dem angenommenen Modellnetz mit einer Auflösung von 500m umfasst die Modellberechnung noch zwei Einschränkungen, die bei der Interpretation der Modellergebnisse berücksichtigt werden müssen.

- Der Referenzwert ist für das gesamte betrachtete Gebiet konstant und die Flächenverteilung der Bodenreferenzwerte wurde in die Berechnung nicht mit einbezogen. Ein verbesserter Ansatz würde eine objektive Analyse des Bodentemperatur- und des Feuchtigkeitsfeldes erfordern, die sich auf Messungen an Bodenstationen im Gebiet stützen würde. Da das betrachtete Gebiet keine ausgeprägte Topographie aufweist, kann davon ausgegangen werden, dass diese Einschränkung die Ergebnisse der gegenseitigen Relationen zwischen den einzelnen Modellalternativen, und im wesentlichen auch die Ergebniswerte der statistischen Charakteristiken nicht beeinflussen wird.
- Im Gegensatz zur vorhergehenden Analyse (siehe [1] und [2]) wurden die Referenzdaten während des Betriebs des KKW mit einem Komplex aus 4 Kühltürmen gewonnen. Die Anzahl der Tage, an denen das KKW dabei nicht in Betrieb war, war so gering, dass es nicht möglich ist, eine statistisch bedeutsame Bewertung der betriebsfreien Tage und der Tage, an denen das KKW in Betrieb war, vorzunehmen. In diesem Sinne, d.h. da der Einfluss der 4 Kühltürme de facto bereits in den Referenzwerten enthalten ist, können die durchgeführten Berechnungen als Obergrenze der zu erwartenden Änderungen betrachtet werden.

## 5 ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG DER EINZELNEN MODELLALTERNATIVEN

### 5.1 BEWERTUNG IM BETRACHTETEN GEBIET

Für die vorgegebenen Modellalternativen 0, 1, 2 und 3 (siehe **Kapitel 1**) wurden mit Hilfe des Modells CT-PLUME/2 (siehe **Kapitel 3**) Berechnungen der Charakteristiken der Kühlturmschleppen im aktiven und passiven Ausbreitungsgebiet vorgenommen. Das betrachtete Gebiet umfasste eine Fläche von  $60 \times 60 \text{ km}^2$  ( $121 \times 121$  Grid mit Schritt 500m). Die Eingangsdaten repräsentieren stündliche meteorologische Messwerte aus dem Zeitraum Januar–Dezember 2003–2008 (siehe **Kapitel 2**). Für jede Modellalternative wurden 47.217 Simulationen der Schleppenentwicklung durchgeführt und deren Charakteristiken auf der Basis stündlicher Daten bestimmt. Unter der Voraussetzung vollständig vorliegender Tagesdateien wurden insgesamt für 1.811 Tage Berechnungen durchgeführt. Folgende Bewertungen wurden vorgenommen:



1) Einfluss der Kühltürme auf Änderungen der nachstehend aufgeführten Charakteristiken im Vergleich zu den Referenzwerten der Station Temelín:

- Durchschnitts- und Maximalwerte der Änderung der täglichen Bodentemperatur
- Durchschnitts- und Maximalwerte der Änderung der täglichen absoluten Feuchtigkeit
- Änderung der Dauer der Sonneneinstrahlung aufgrund der Beschattung durch die Kühlturmschleppe.

Die Ergebnisse der Modellberechnungen zeigen einen höheren Einfluss des Komplexes von 8 Kühltürmen (Modellalternativen 1 – 3) im Vergleich zum bestehenden Komplex von 4 Kühltürmen (Modellalternative 0). Die Unterschiede zwischen den Modellalternativen 1 – 3 sind jedoch nicht beträchtlich, und keine Modellalternative weist einen deutlich höheren Einfluss auf die betrachteten klimatischen Charakteristiken im Modellgebiet auf.

In **Kapitel 4** erfolgte die Analysierung der Ergebniswerte. Die Durchschnittswerte der Änderung der Bodentemperatur und der Feuchtigkeit sind sehr gering und praktisch nicht messbar. Bei der Temperatur werden charakteristische Werte in der Größenordnung von  $0.01^{\circ}\text{C}$ , bei der Feuchtigkeit von  $10^{-6} \text{ kg/m}^3$  ( $0.001 \text{ g/m}^3$ ) erreicht. Auch die täglichen Maximalwerte für die Änderung der absoluten Feuchtigkeit sind äußerst niedrig (Größenordnung  $10^{-5} \text{ kg/m}^3$  ( $0.01 \text{ g/m}^3$ )). Die Modellwerte der maximalen Änderung der täglichen Temperatur liegen nicht höher als  $1.5^{\circ}\text{C}$ . Aus der Analyse der Dauer und der Position des Auftretens der Maximalwerte geht hervor, dass die Extremwerte der Temperaturerhöhung in unmittelbarer Nähe der Kühlturmkomplexe auftreten, die Anzahl der Tage, an denen diese Erscheinungen auftreten, jedoch gering ist (**Unterkapitel 4.7**).

Die Beschattungsdauer durch die sichtbare Kühlturmschleppe weist relativ hohe Maximalwerte auf, die – umgerechnet auf 12-Stunden-Intervalle – bis zu rund 80 Tagen im Jahr erreichen. Die Analyse der Anzahl der Tage, die von einer Beschattung von mehr als 1 Stunde pro Tag betroffen sind, ergibt Werte von rund 200 Tagen pro Jahr. Diese beziehen sich aber stets auf das beschränkte Gebiet in unmittelbarer Nähe der Kühlturmkomplexes (**Unterkapitel 4.6, 4.7**).

2) Ebenfalls wurde die Möglichkeit des Ausfalls von Niederschlag aus der Schleppe und des Auftretens von Nebel und Überfrieren untersucht. Vom Modell wurden keine durch die Schleppe induzierten Niederschläge, die die Erdoberfläche erreichen würden, festgestellt.

Den Berechnungen zufolge wird zwar Wasser aus der Schleppe ausfallen, aber noch oberhalb der Erdoberfläche verdunsten. Auch ein Anstieg der Bedingungen, die das Auftreten von Nebel oder Überfrieren über die Referenzwerte hinaus begünstigen würden, wurde nicht festgestellt (siehe **Unterkapitel 4.9**).

3) Für die weiter oben angeführten Größen wurde eine Bewertung der eigentlichen Verursachung durch die neue Kernkraftanlage (d.h. für Modellalternativen 1 - 3) im Vergleich zum heutigen Zustand mit 4 Kühltürmen (d.h. Modellalternative 0) vorgenommen.

Die Unterschiede zwischen dem Einfluss der Modellalternativen 1 – 3 und Modellalternative 0 sind in **Tabelle 13** zusammengefasst.

**Tab. 13** Zusammenfassende Charakteristiken der Durchschnittswerte der Erhöhung der täglichen Bodentemperatur (Durch\_Temp [°C]), der Maximalwerte der Erhöhung der täglichen Bodentemperatur (max\_Temp [°C]), der Durchschnittswerte der Erhöhung der täglichen absoluten Feuchtigkeit (Durch\_abs\_Feucht [ $10^{-6}$  kg/m<sup>3</sup>]), der Maximalwerte der Erhöhung der täglichen absoluten Feuchtigkeit (max\_abs\_Feucht [ $10^{-6}$  kg/m<sup>3</sup>]) sowie die zusammenfassenden Charakteristiken der Erhöhung der Beschattungsdauer (Schatten [h/Jahr]). Die Erhöhungen wurden für die Modellalternativen 1 – 3 jeweils in Bezug auf Modellalternative 0 berechnet. Für jede Charakteristik sind Maximalwert (max) und Durchschnittswert (Durch) für das gesamte betrachtete Gebiet angegeben.

Var	Durch_Temp		max_Temp		Durch_abs_Feucht		max_abs_Feucht		Schatten	
	max	Durch	max	Durch	max	Durch	max	Durch	max	Durch
1	0.09	0.007	0.88	0.121	9.09	0.67	107.9	12.3	959	0.13
2	0.09	0.008	0.86	0.124	8.42	0.69	103.5	12.6	997	0.18
3	0.05	0.007	0.71	0.115	5.24	0.65	96.4	11.6	1156	0.23

Aus **Tabelle 13** werden die geringen Unterschiede zwischen den Modellalternativen 1 – 3 deutlich. Beim ausführlicheren Vergleich der einzelnen Alternativen wird offensichtlich, dass hinsichtlich des Einflusses auf Bodentemperatur und Feuchtigkeit Modellalternative 3 den geringsten Einfluss aufweist, wobei Modellalternativen 1 und 2 im Prinzip gleichwertig sind. Umgekehrt ist aber die Dauer der Beschattung durch die sichtbare Schleppe bei Modellalternative 3 am größten, wobei auch hier Modellalternativen 1 und 2 wieder im Prinzip gleichwertig sind. Diese Schlussfolgerung gilt jedoch im Rahmen des allgemeineren Ergebnisses, dass keine der einzelnen Modellalternativen eine deutliche (in Größenordnungen erkennbare) Erhöhung der Einflüsse im Vergleich zu Modellalternative 0 mit sich bringt.

## 5.2 SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE BEWERTUNG AUSSERHALB DES BETRACHTETEN GEBIETES

Eine ausführliche Bewertung des Einflusses der Kühlturmschleppen wurde auch in einem Gebiet von  $60 \times 60 \text{ km}^2$  im Umkreis des KKW Temelín vorgenommen (**Bild 1**, Anlage 1), wobei dieses Gebiet nicht über die Staatsgrenze der Tschechischen Republik hinausreichte. Obwohl die Ergebnisse der Modellberechnungen darauf hinweisen, dass ein deutlicherer Einfluss der Kühlturmschleppen nur im zentralen Teil des Gebietes zu verzeichnen ist, wurde der mit wachsender Entfernung vom KKW steigende Rückgang der Werte für die Änderungen der Charakteristiken auch noch mit Hilfe eines Vergleichs der Werte aus dem zentralen Teil des Gebietes mit den Werten an der Peripherie des Gebietes quantifiziert (siehe **Unterkapitel 4.8**). Der Vergleich der Einflüsse in Teilgebiet A (Zentrum der Berechnungsfläche von  $10 \times 10 \text{ km}^2$ ) und in den peripheren Teilgebieten C1 (Randstreifen mit einer Breite von 10km) und C2 (Randstreifen mit einer Breite von 5km) weist eindeutig darauf hin, dass in C2 die Einflüsse auf Bodentemperatur und Feuchtigkeit auf maximal 25% des Wertes von Teilgebiet A zurückgehen, und dass der Einfluss auf die Beschattung durch die sichtbare Kühlturmschleppe in den Teilgebieten C1 und C2 gleich Null ist. In Anbetracht der niedrigen Werte für Temperatur- und Feuchtigkeitsänderung im gesamten Gebiet kann dieser Rückgang als ausreichend für die Annahme betrachtet werden, dass der Einfluss der Kühltürme außerhalb des betrachteten Gebietes unerheblich ist.

## 6 SCHLUSSBETRACHTUNG

Die vorgenommene Bewertung des Einflusses der Kühltürme auf die klimatischen Charakteristiken des Gebietes in der Nähe des KKW Temelín zeigt, dass die im Zusammenhang mit der Erweiterung des KKW vorgeschlagenen Kühlturmkomplexe im Vergleich zum derzeitigen Zustand minimalen Einfluss auf das Feld der durchschnittlichen Temperatur und der durchschnittlichen und maximalen absoluten Feuchtigkeit ausüben werden. Bei der Maximaltemperatur ist der Einfluss höher, bleibt jedoch flächenmäßig beschränkt (auf Teilgebiete A und B des betrachteten Gebietes). Die durchschnittliche und maximale Beschattungsdauer im Jahr [h/Jahr] ist bei den geplanten Kühlturmkomplexen vergleichbar mit dem bestehenden Zustand. Die maximale Beschattungsdauer erreicht nur im zentral liegenden Teilgebiet A ( $10 \times 10 \text{ km}^2$ ) Höchstwerte von einigen Dutzend Tagen.

Die vorgeschlagenen und der Bewertung unterzogenen Modellalternativen der neuen Kühlturmkomplexe (Modellalternativen 1 – 3) sind hinsichtlich ihrer Einwirkungen auf die bewerteten Änderungen im Prinzip gleichwertig. Beim ausführlicheren Vergleich der einzelnen Alternativen wird offensichtlich, dass hinsichtlich des Einflusses auf Bodentemperatur und Feuchtigkeit Modellalternative 3 den geringsten Einfluss aufweist, wobei Modellalternativen 1 und 2 im Prinzip gleichwertig sind. Umgekehrt ist aber die Dauer der Beschattung durch die sichtbare Schleppe bei Modellalternative 3 am größten, wobei auch hier Modellalternativen 1 und 2 wieder im Prinzip gleichwertig sind. Keine der einzelnen Modellalternativen bringt eine deutliche Erhöhung der Einflüsse im Vergleich zum bestehenden Komplex mit 4 Kühltürmen mit sich.

## **VERWENDETE LITERATUR**

- [1] Einfluss des Betriebs des KKW Temelín auf Wetter und Klima, 2000: Jahresbericht des Tschechischen Hydrometeorologischen Instituts, Bearbeitung: V. Květoň, 22 S.
- [2] Einfluss der Kühlturmschleppen auf Wetter und Klima, 2000: Jahresbericht des Instituts für Physik der Atmosphäre der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik (Anlage zu [1]), Bearbeitung: D. Řezáčová und Z. Sokol, Z., 78 S.
- [3] Unterlagen für die Erarbeitung der Studie zum Einfluss der Kühltürme der neuen Kernkraftanlage auf das Mikroklima, 2009: Technischer Bericht des Kernforschungsinstituts Řež – Division ENERGOPROJEKT Prag, Bearbeitung: Kollektiv Staníček, Řibřid, Tluka, Tlapová. Archiv-Nr. EGP 5053-F-090180, 13 S.
- [4] Unterlagen zur Berechnung klimatischer Einflüsse der Kühltürme des KKW Temelín auf die Umgebung, 2000: Bericht für Investprojekt s.r.o. Brno., Bearbeitung: J.Zemánek, 8 S.
- [5] Meteorologische Daten zur Beurteilung des Einflusses von Kühltürmen auf das Mikroklima, 2009: Bearbeitung: D. Řezáčová, Z. Sokol (Institut für Physik der Atmosphäre der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik), 11 S.
- [6] Sokol Z., D. Řezáčová, 1999: Modell der Ausbreitung von Kühlturmschleppen, Verifizierung durch Messdaten. Met. Bericht, 52 , 6, 185-192.
- [7] Bednář J., D. Řezáčová, Z. Sokol, 2001: Mathematische Modellierung der Ausbreitung von Kühlturmschleppen – Überblick über die Problematik. Atmosphärenschtz, 13, 33, 1, 6-16.
- [8] Škulec Š., J. Ďuran, 1985: Klimatische Effekte der Emmission von Wärme und Wasser aus Kühltürmen von Kernkraftwerken. Sammelband des Slowakischen Hydrometeorologischen Instituts, Bd. 25, Bratislava 1985.
- [9] Orville H.D., J.H. Hirsch, L.E. May, 1980: Application of a Cloud Model to Cooling Tower Plumes and Clouds. Journ. Applied Meteor., 19, 1260-1272.

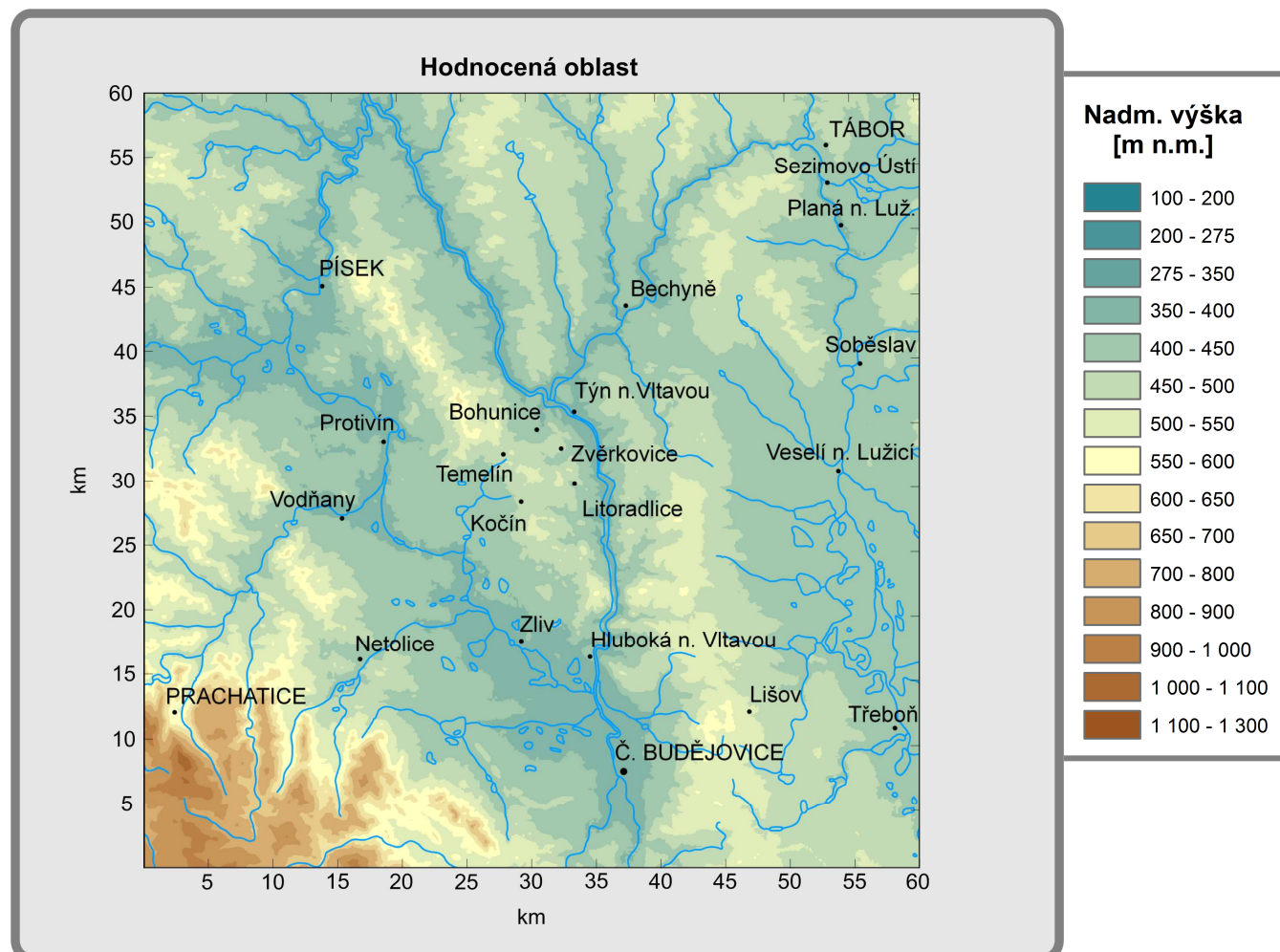
- [10] Řezáčová D., Z. Sokol, J. Bednář, 1996: Einfluss der Kühlturmschleppen von ECHVA (Kraftwerk Chvaletice) auf die Verbreitung atmosphärischer Beimischungen. Abschlussbericht Teil I und II. Prag Oktober 1996, 27 S., Anlagen.
- [11] Bubník J., J. Keder, J. Macoun, 1998.: SYMOS'97 System der Modellierung stationärer Quellen. Tschechisches Hydrometeorologisches Institut, methodisches Handbuch, ISBN 80-85813-55-6, 1998, 67 S.
- [12] Beurteilung des Einflusses der Kühltürme des KKW Temelín auf klimatische Charakteristiken des Gebiets, 2006: Bericht für Energoprojekt Prag, Auftrags-Nr. 24-4808-34-010. Bearbeitung: D. Řezáčová und Z. Sokol, 17 S.
- [13] Carhart R.A., A.J. Policastro, W.E. Dunn, 1992: An improved method for predicting seasonal and annual shadowing from cooling tower plumes. Atmos.Env., 26A, 15, 2845-2852.

# **Anlage 1**

## **Betrachtetes Gebiet**

### **Bild 1**

**Bild 1** Berechnungsgebiet mit einer Fläche von 60 x 60 km<sup>2</sup> (121x121 Grids im Berechnungsnetz) mit eingezeichneter Untergrundkarte. Das untere Bild zeigt einen Ausschnitt des zentralen Gebietes mit einer Flächengröße von 10x10 km<sup>2</sup> (Teilgebiet A – siehe Textteil). In den Ausschnitt ist das Berechnungsnetz des Modells eingezeichnet. Die Entfernung zwischen den einzelnen Grids beträgt 500m.



# **Anlage 2**

## **Durchschnittliche Änderung der Temperatur**

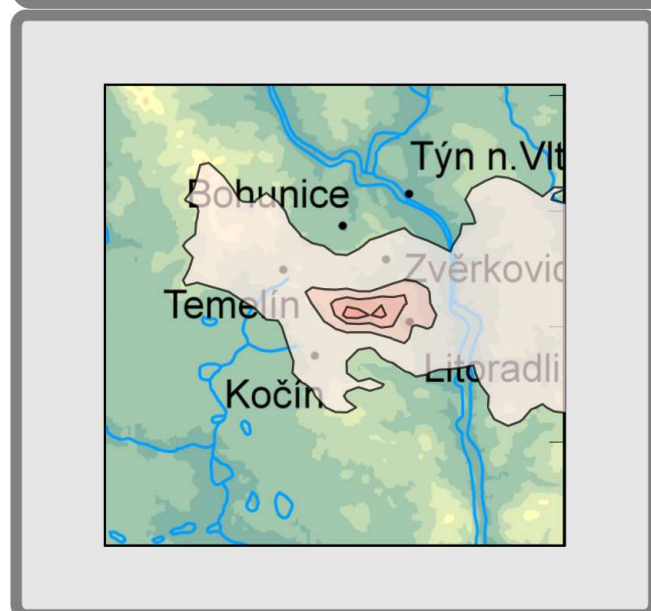
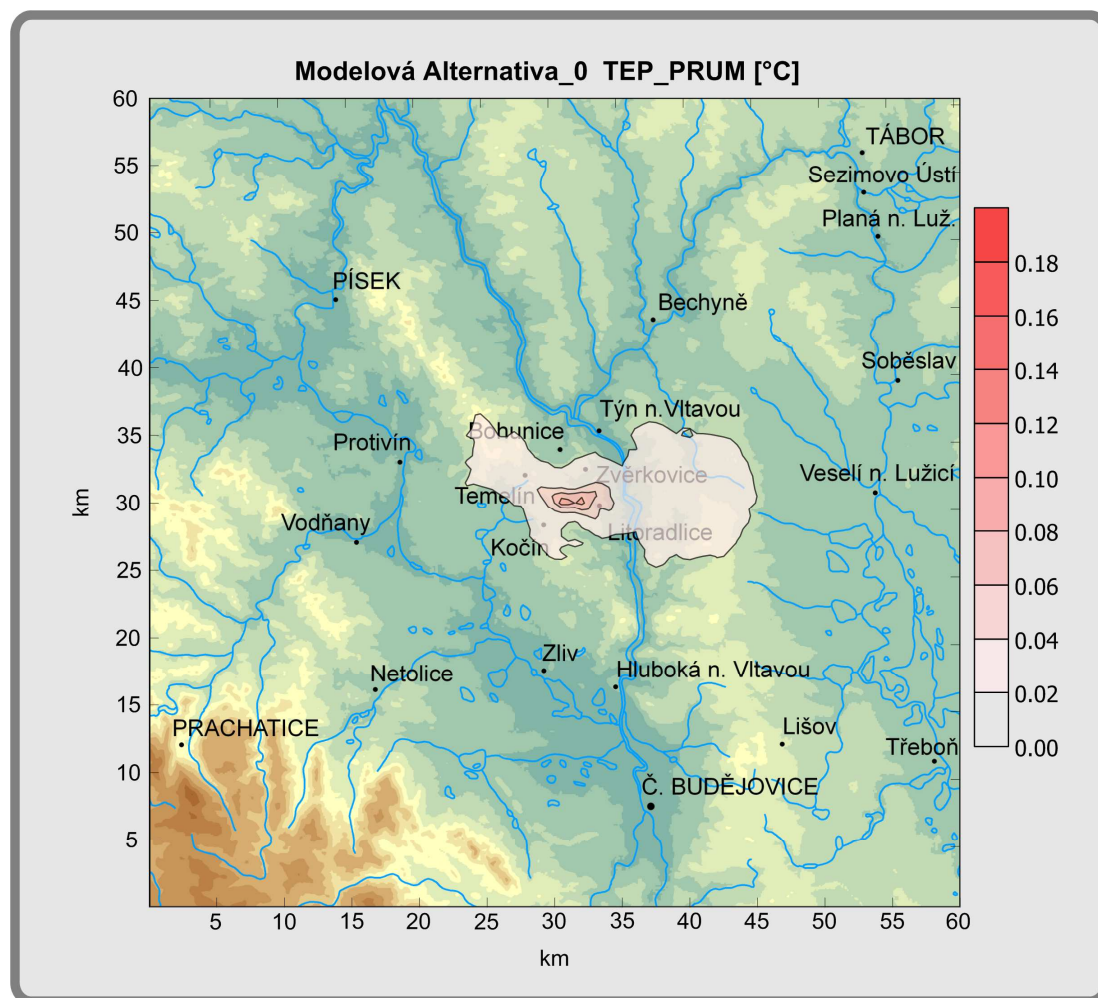
**Bild 2a,b,c,d**

**Bild 3a,b,c**

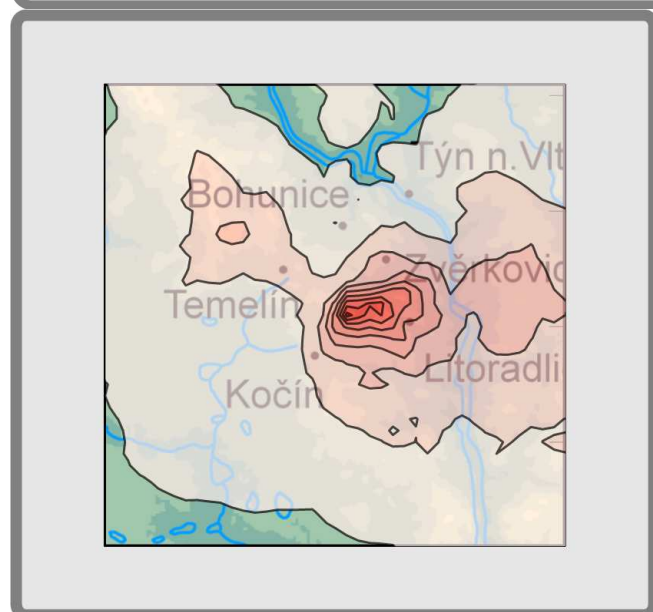
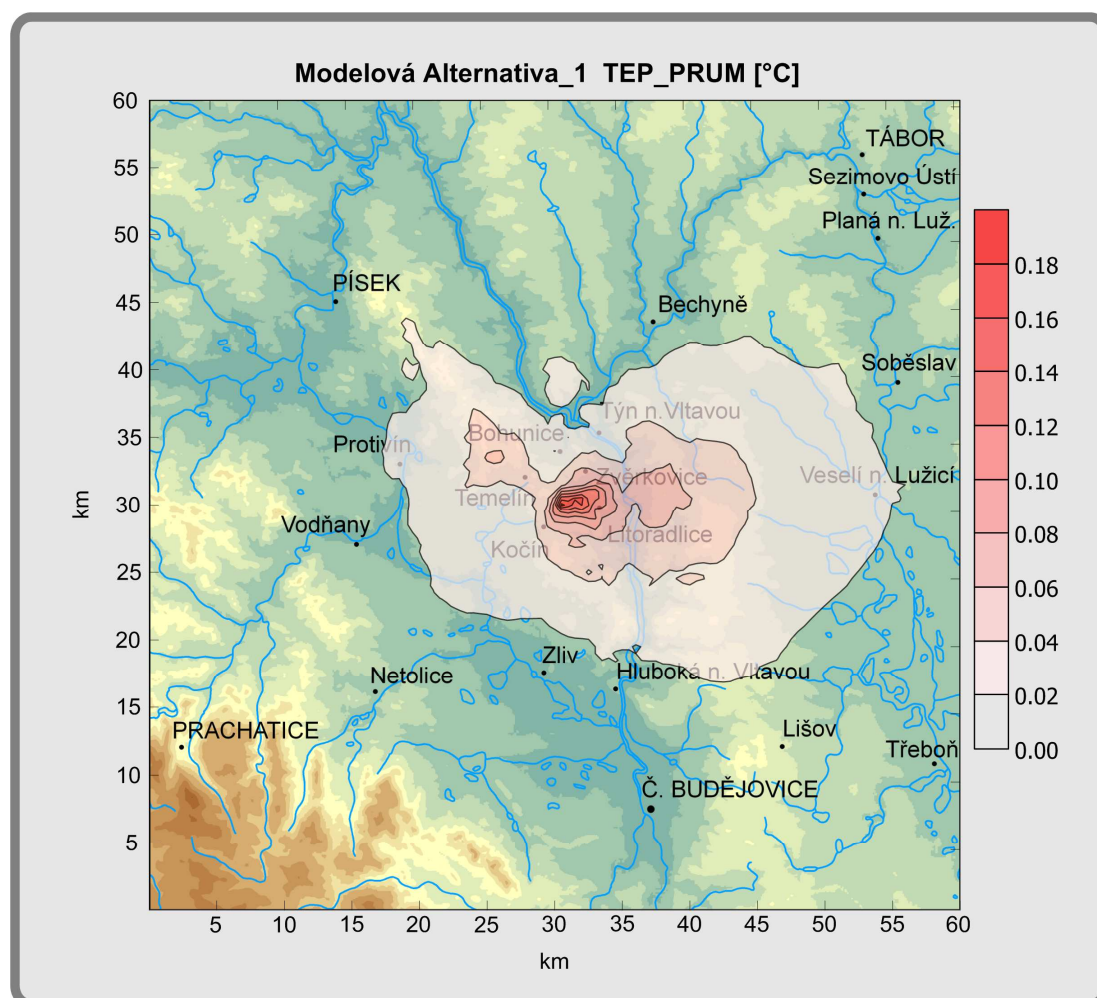


**Bild 2a** Flächenverteilung der mittleren Abweichung der täglichen Bodentemperatur (TEMP\_DURCH [°C]) vom Referenzwert. Die Ergebnisse nehmen Bezug auf **Modellalternative 0** (derzeitige Situation mit 4 Kühltürmen). Die Angaben drücken den Mittelwert der Abweichungen am jeweiligen Ort des Gebietes, der aus allen in die Berechnung einbezogenen Terminen ermittelt wurde, aus. Die Referenzwerte stellen die täglichen Bodentemperaturen der Station Temelín dar.

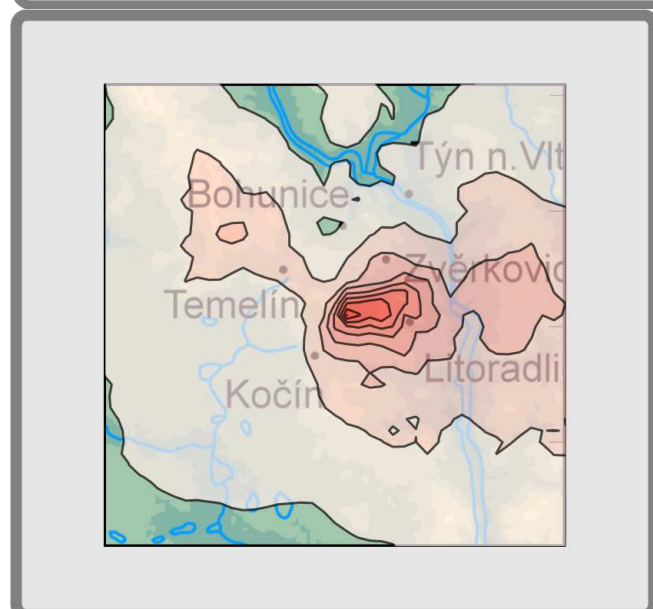
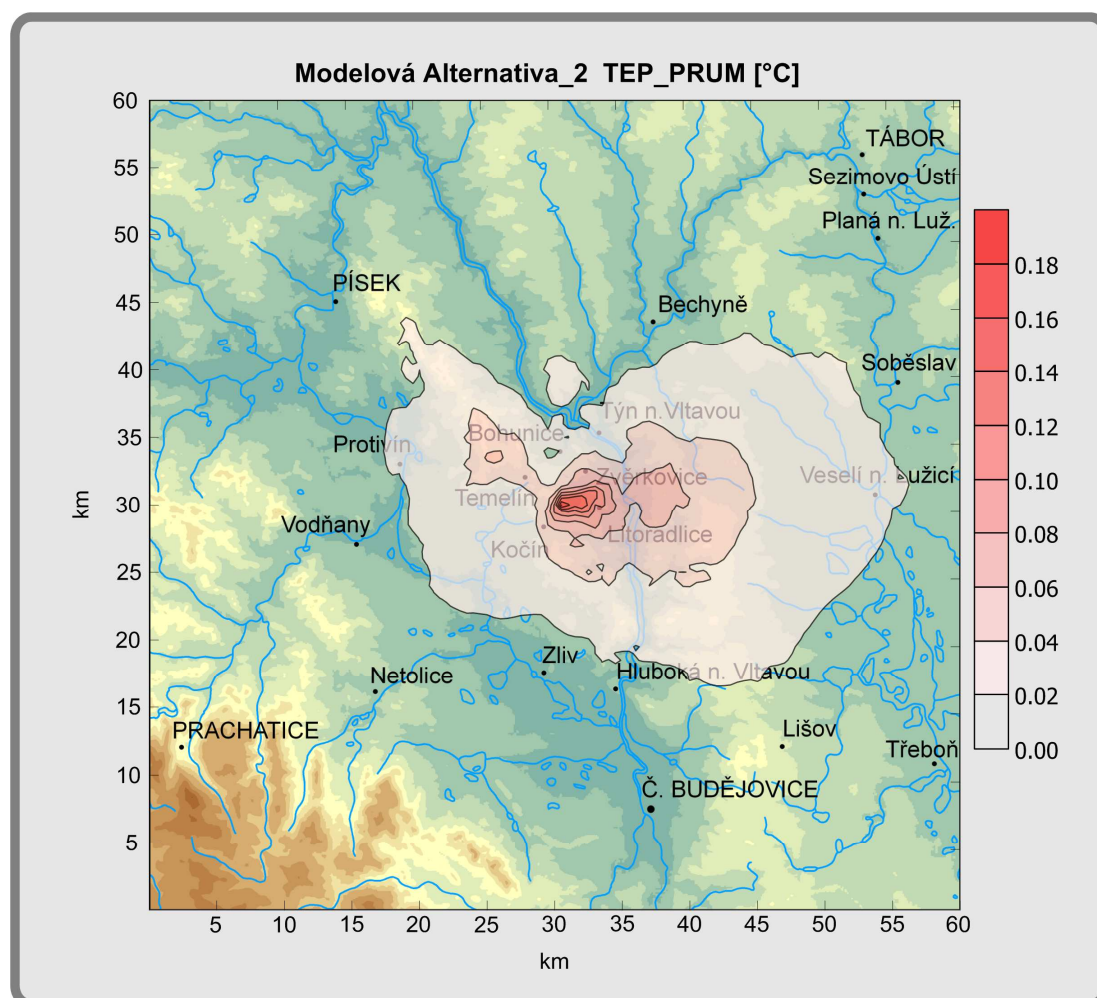
Das untere Bild zeigt einen vergrößerten Ausschnitt des zentralen Gebietes mit der Flächengröße von  $10 \times 10 \text{ km}^2$  (Gebiet A siehe Textteil).



**Bild 2b** Gleiche Darstellung wie auf Bild 2a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 1**.

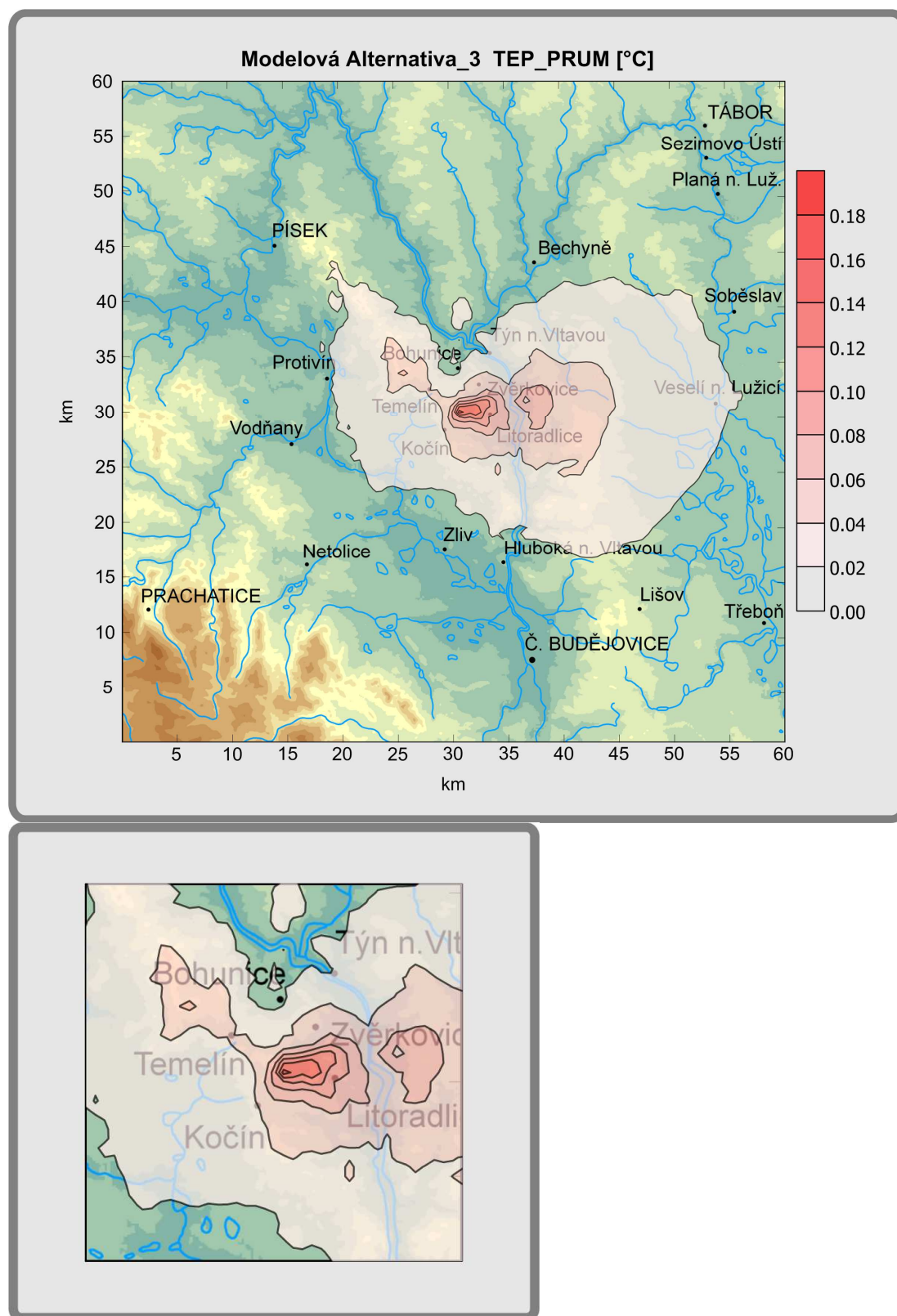


**Bild 2c** Gleiche Darstellung wie auf Bild 2a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 2**.

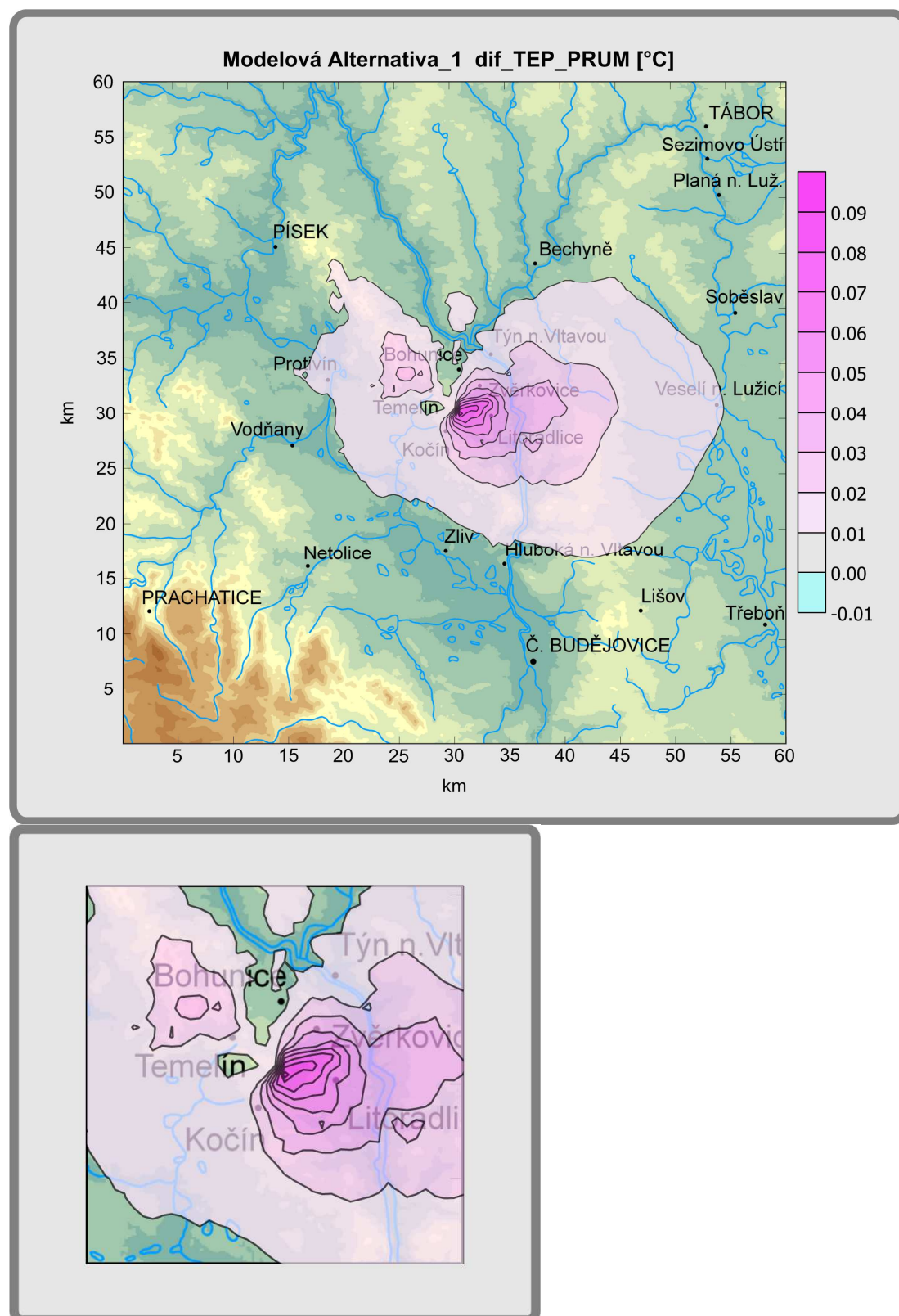




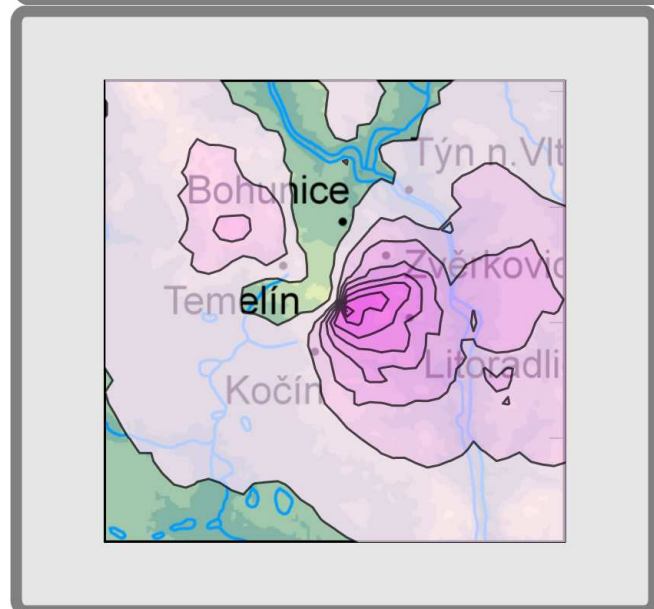
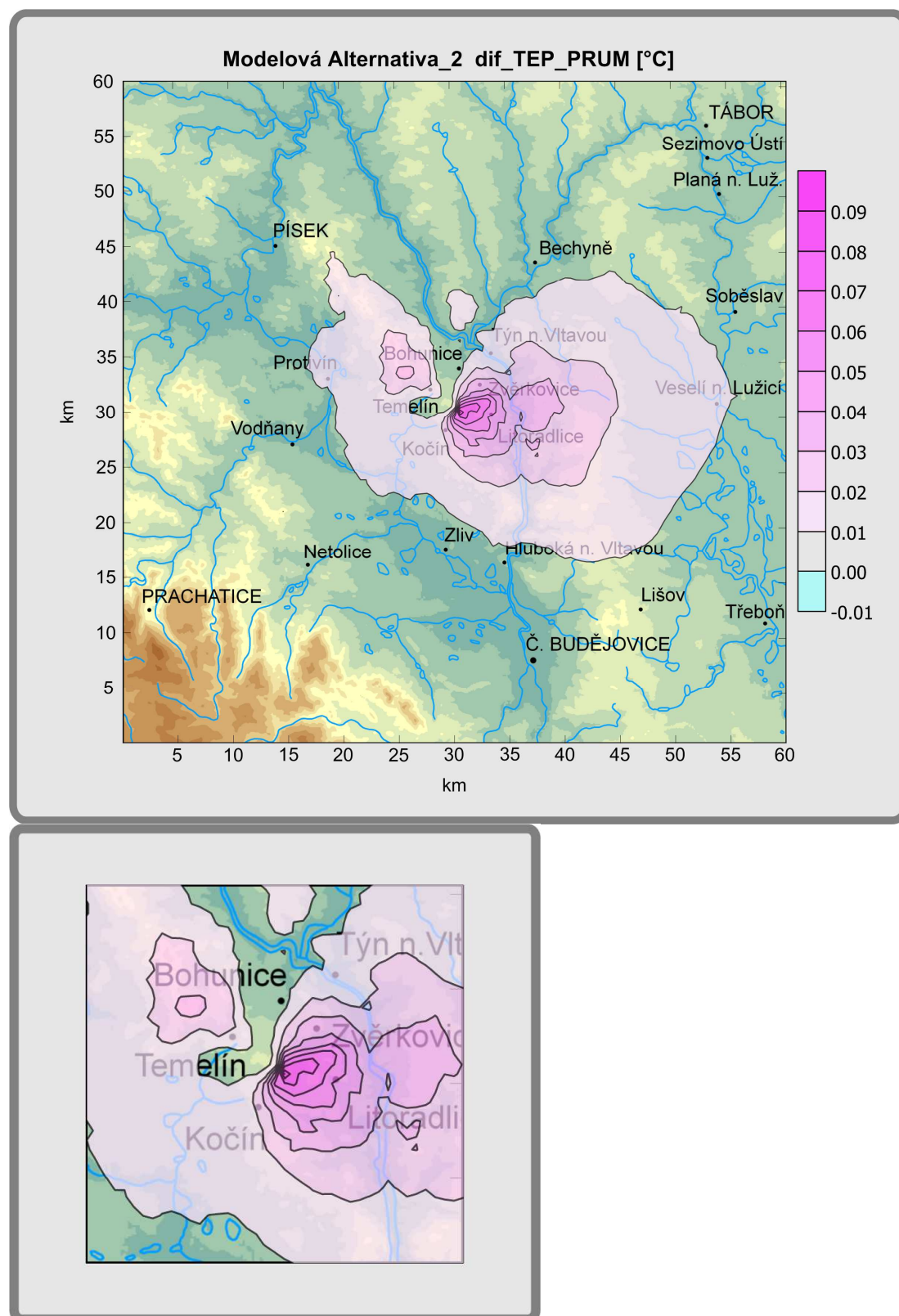
**Bild 2d** Gleiche Darstellung wie auf Bild 2a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 3**.



**Bild 3a** Flächenverteilung der mittleren Abweichung von **Modellalternative 1** von **Modellalternative 0** für die tägliche Bodentemperatur (dif\_TEMP\_DURCH [°C]). Die Angaben drücken den Mittelwert der Abweichungen am jeweiligen Ort des Gebietes, der aus allen in die Berechnung einbezogenen Terminen ermittelt wurde, aus. Das untere Bild zeigt einen vergrößerten Ausschnitt des zentralen Gebietes mit der Flächengröße von 10×10 km<sup>2</sup> (Gebiet A siehe Textteil).

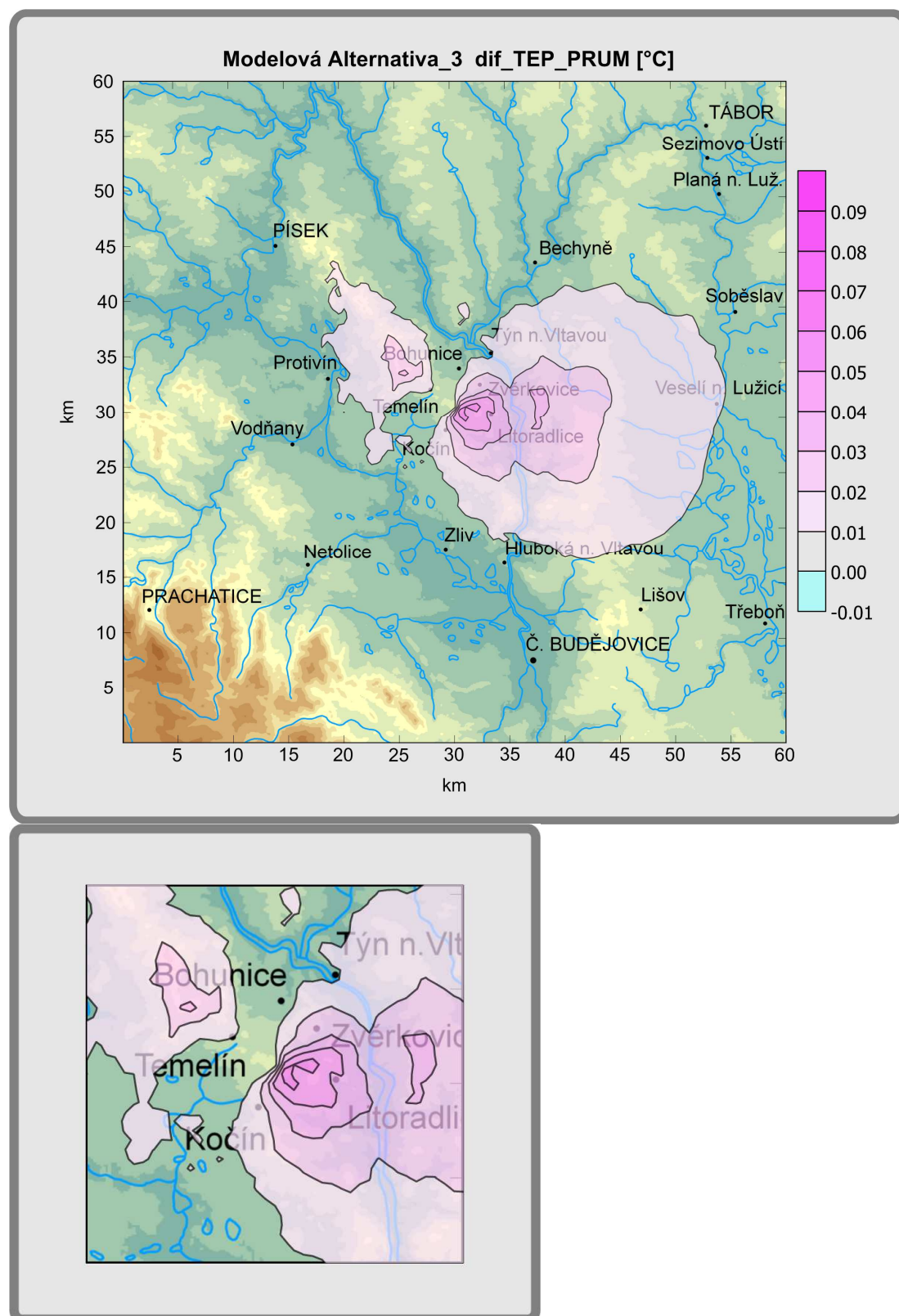


**Bild 3b** Gleiche Darstellung wie in Bild 3a, aber für mittlere Abweichung der **Modellalternative 2** von **Modellalternative 0**.





**Bild 3c** Gleiche Darstellung wie in Bild 3a, aber für mittlere Abweichung der **Modellalternative 3** von **Modellalternative 0**.

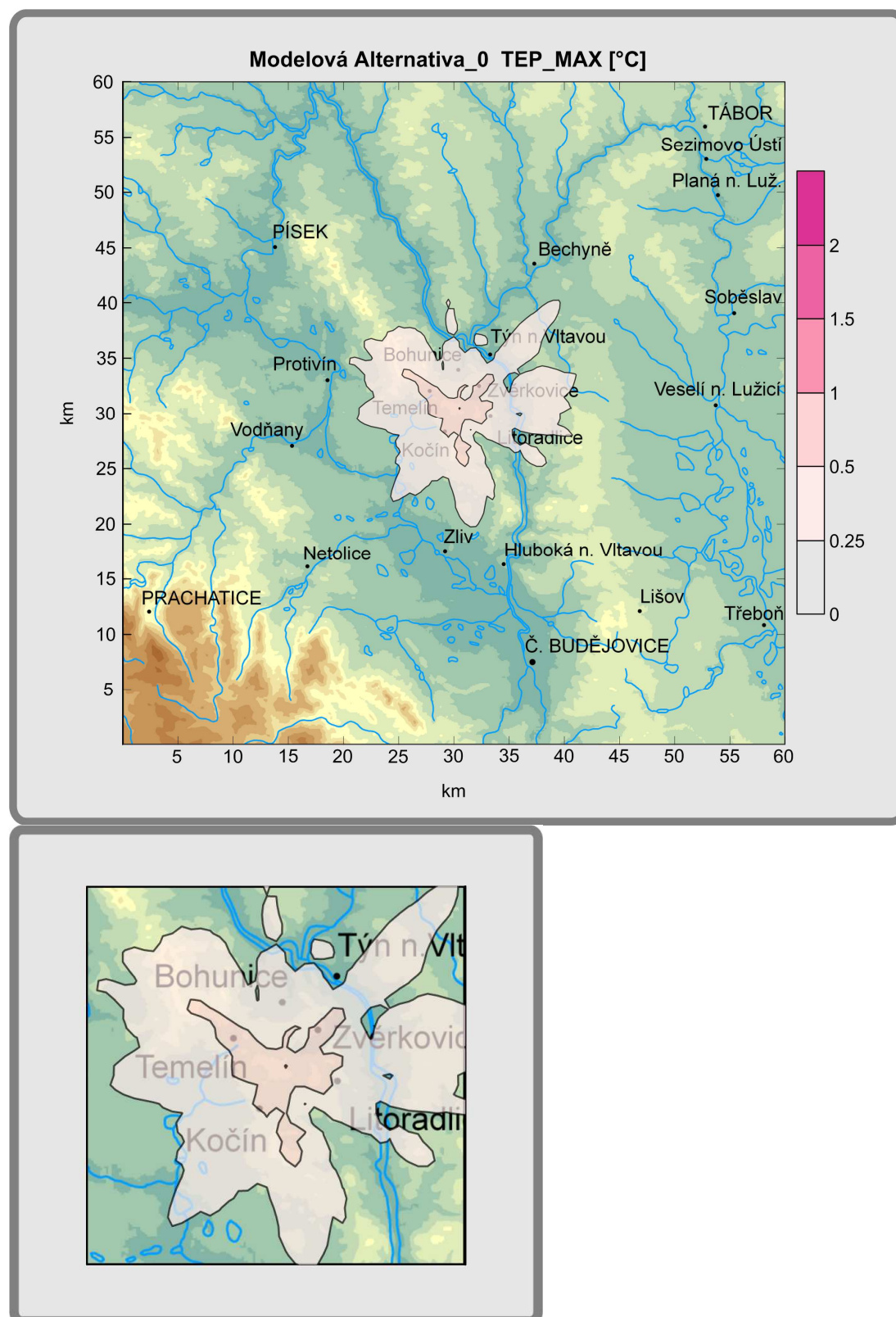




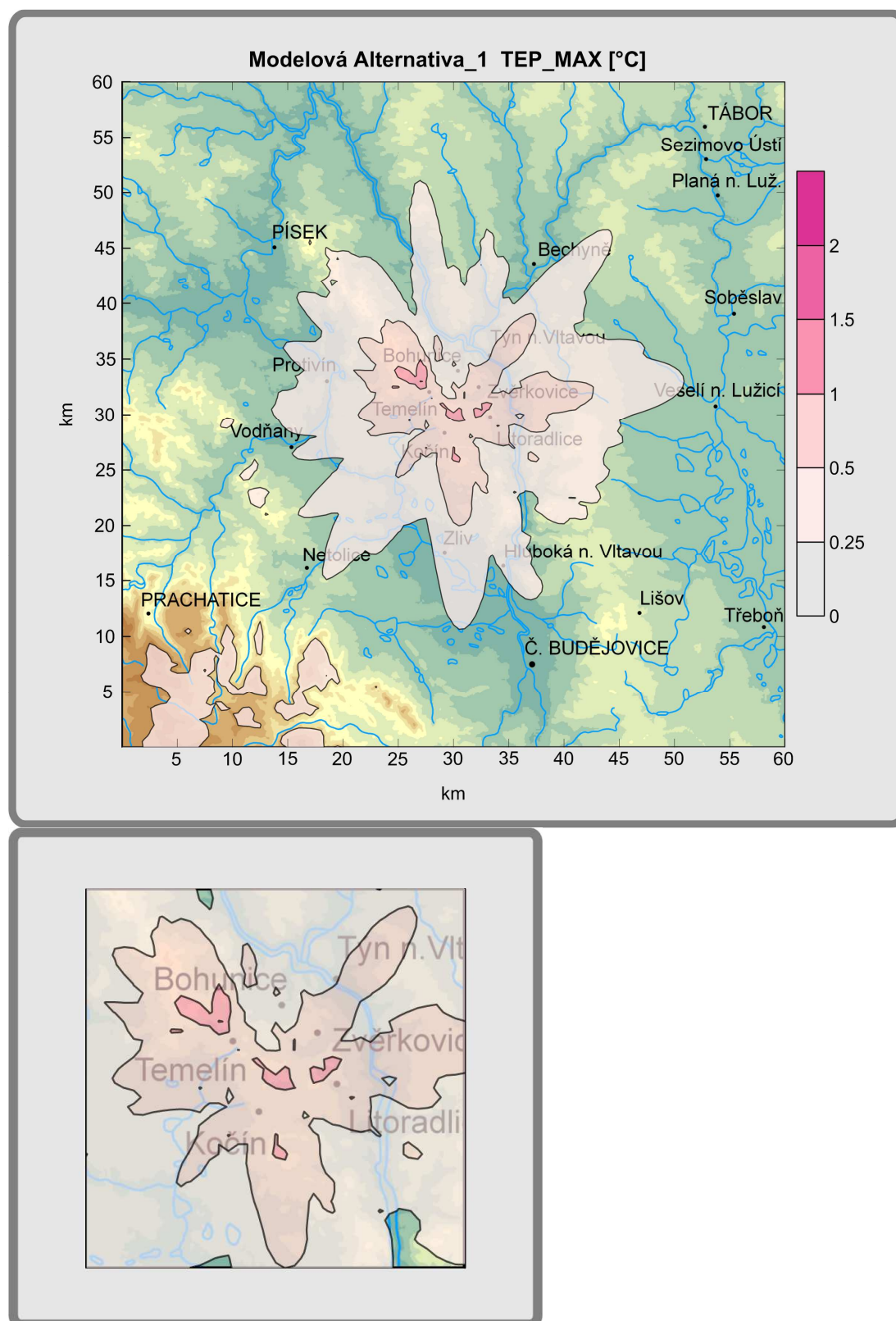
**Anlage 3**  
**Maximale Änderung**  
**der täglichen Temperatur**  
**Bild 4a,b,c,d**  
**Bild 5a,b,c**

**Bild 4a** Flächenverteilung der maximalen Abweichungen der täglichen Bodentemperatur (TEMP\_MAX [°C]) vom Referenzwert der Station Temelín. Die Ergebnisse nehmen Bezug auf **Modellalternative 0** (derzeitige Situation mit 4 Kühltürmen). Die Angaben drücken den Maximalwert der Abweichung am jeweiligen Ort des Gebietes ohne Berücksichtigung von Termin und Dauer des Auftretens aus.

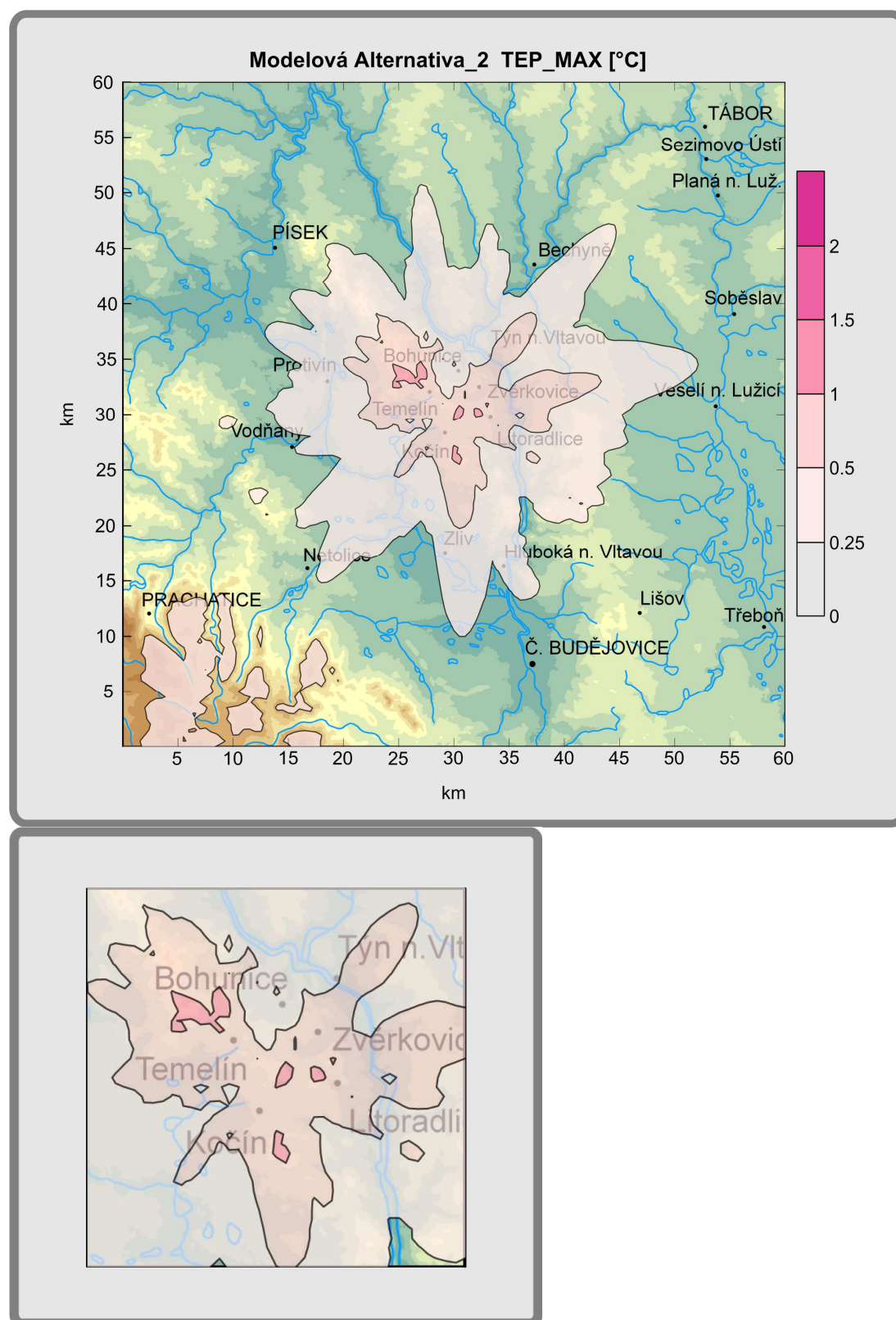
Das untere Bild zeigt einen vergrößerten Ausschnitt des zentralen Gebietes mit der Flächengröße von 10×10 km<sup>2</sup> (Gebiet A siehe Textteil).



**Bild 4b** Gleiche Darstellung wie in Bild 4a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 1**.

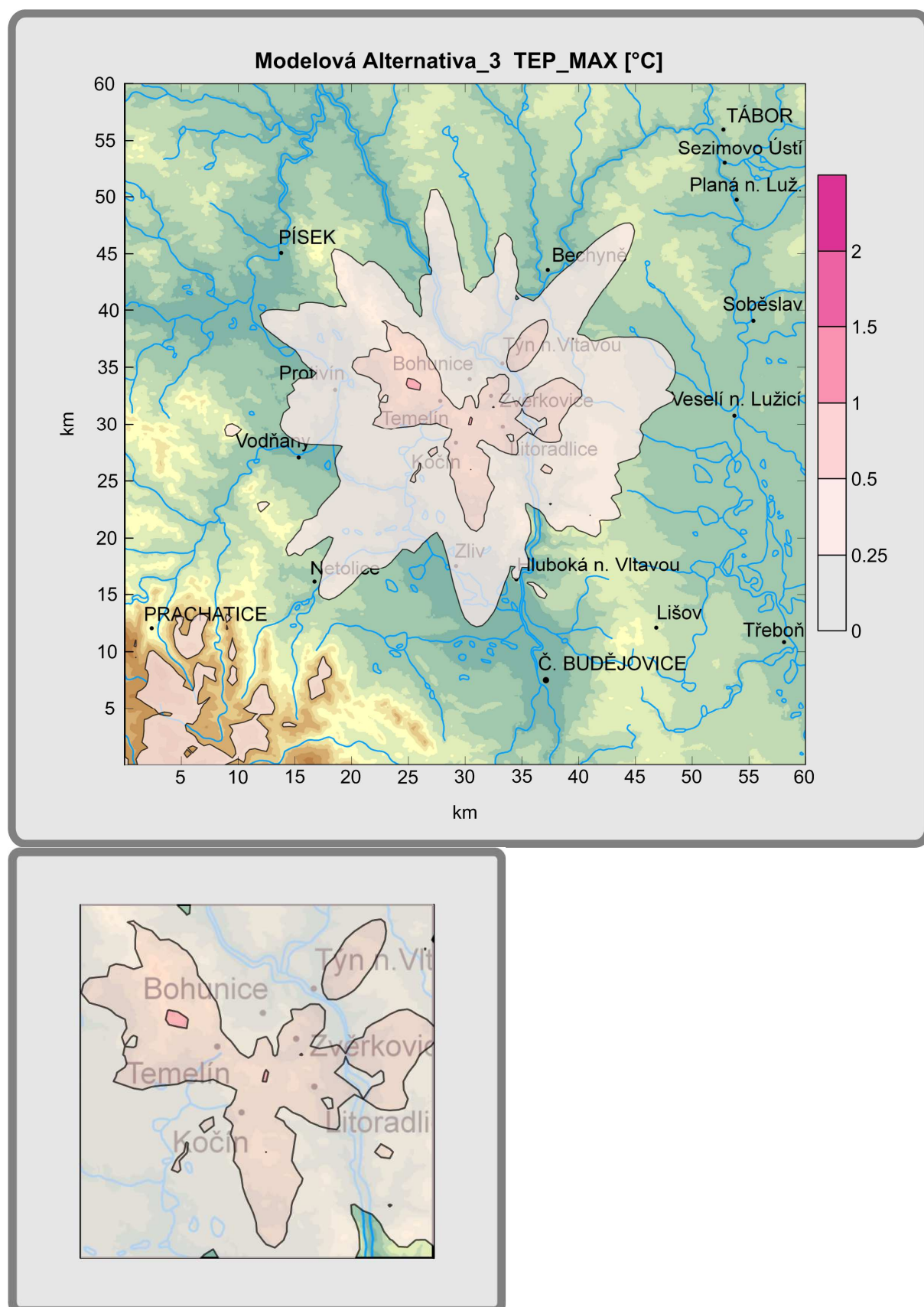


**Bild 4c** Gleiche Darstellung wie in Bild 4a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 2**.



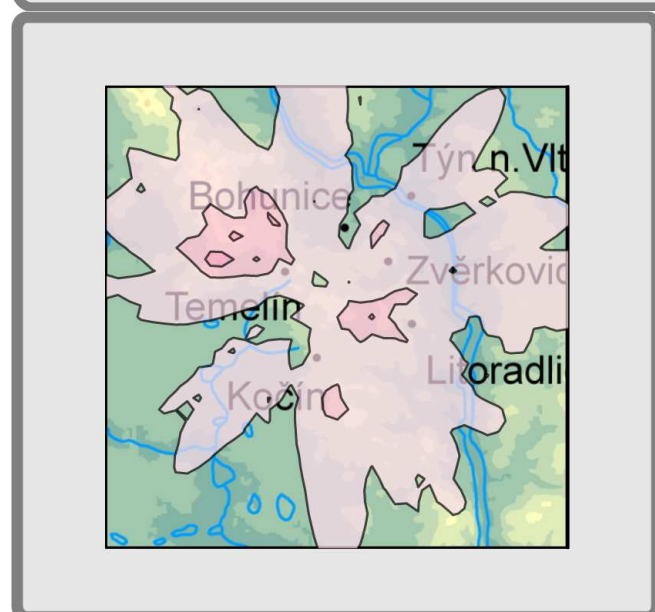
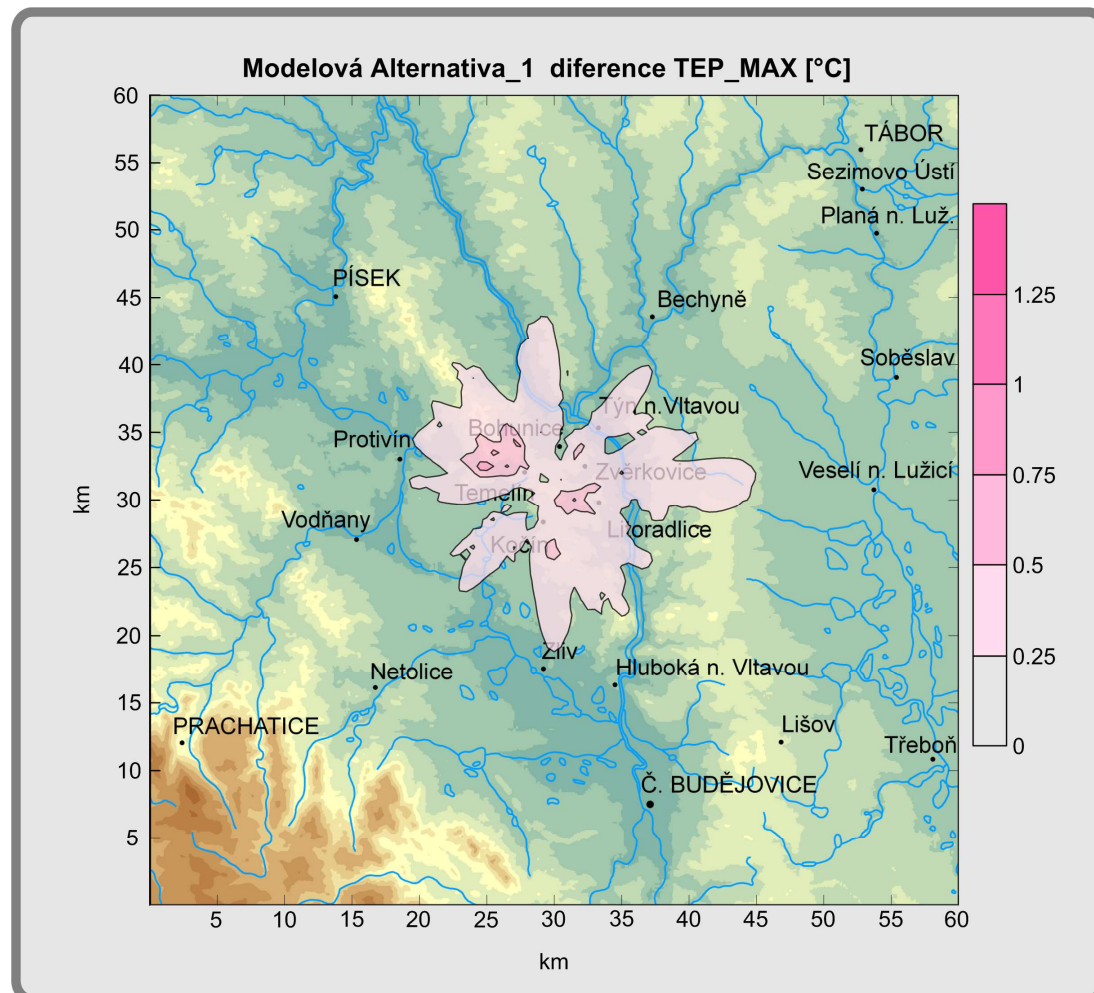


**Bild 4d** Gleiche Darstellung wie in Bild 4a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 3**.

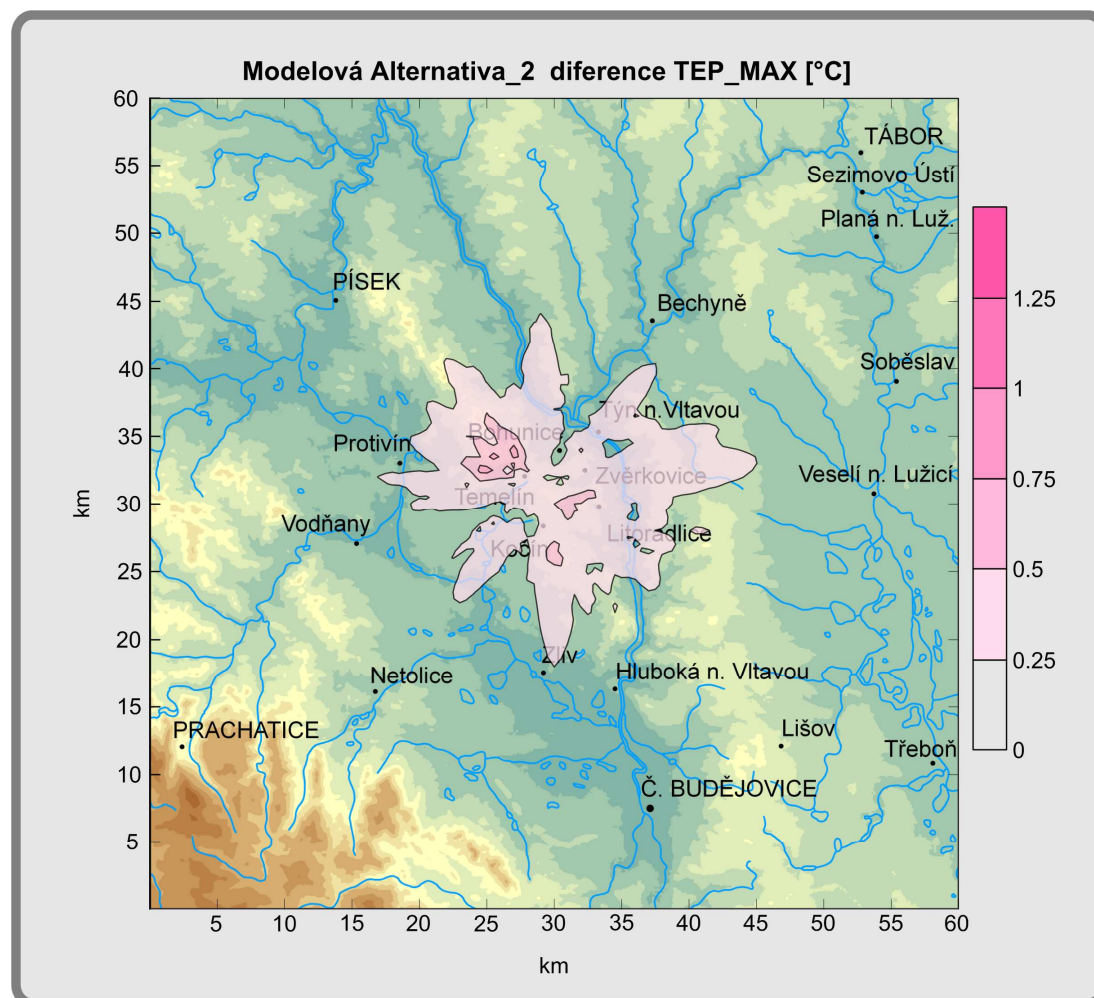


**Bild 5a** Flächenverteilung der Maximalwerte der Abweichungen von **Modellalternative 1** von **Modellalternative 0** für die tägliche Bodentemperatur [°C]. Die Angaben drücken den Maximalwert der Abweichung am jeweiligen Ort des Gebietes ohne Berücksichtigung von Termin und Dauer des Auftretens aus.

Das untere Bild zeigt einen vergrößerten Ausschnitt des zentralen Gebietes mit der Flächengröße von 10×10 km<sup>2</sup> (Gebiet A siehe Textteil).

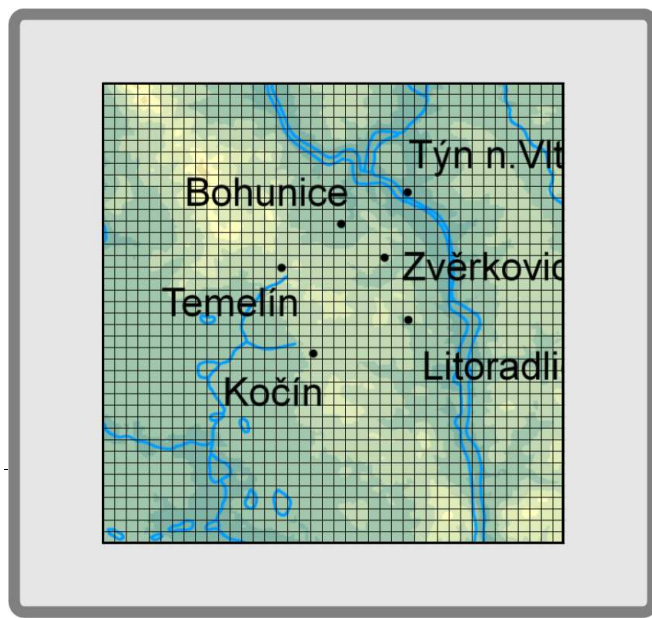
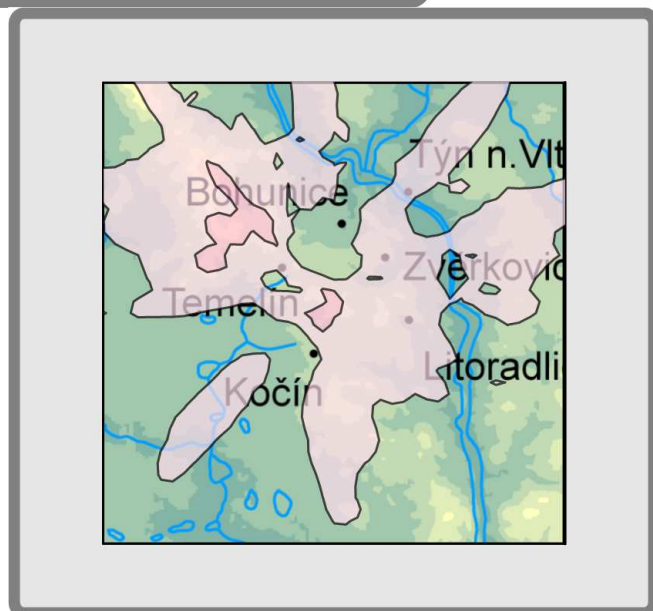
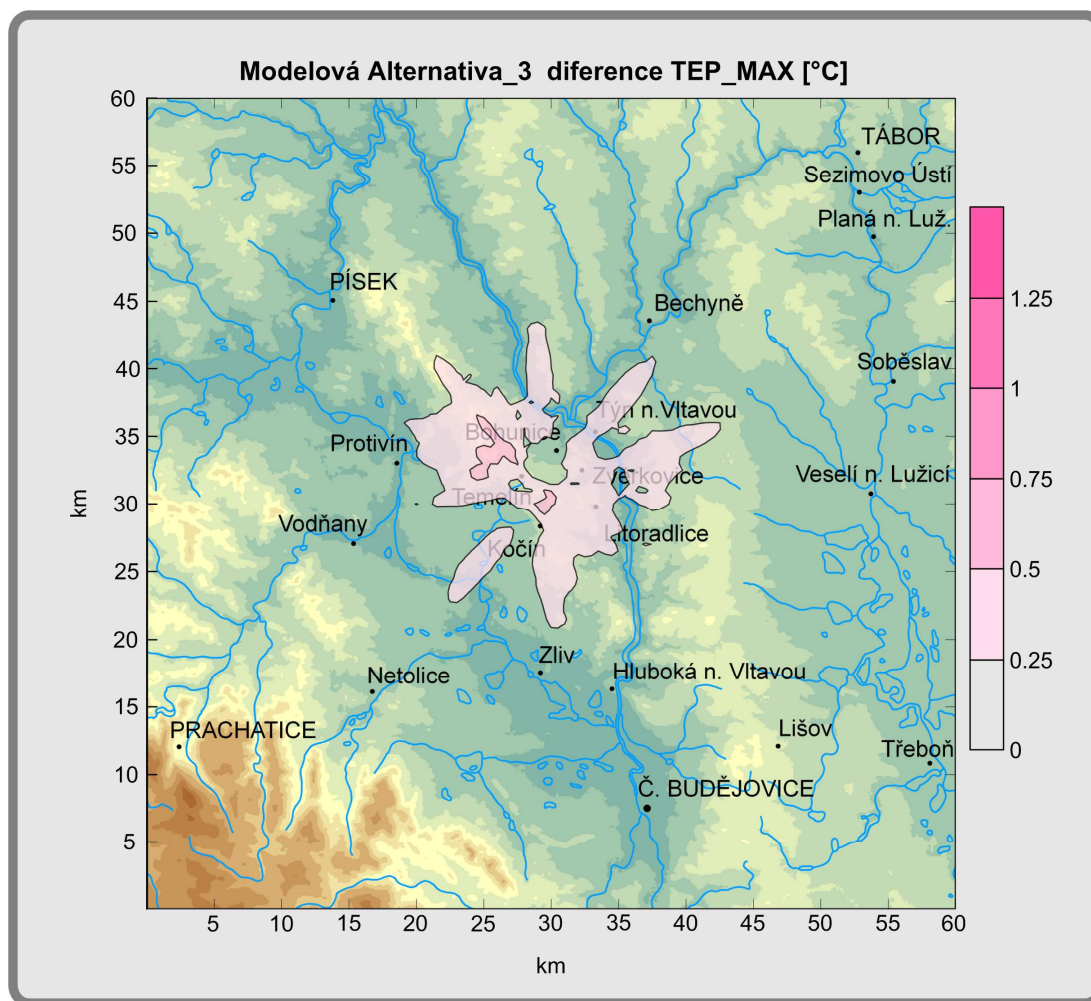


**Bild 5b** Gleiche Darstellung wie in Bild 5a, nur für Abweichungen von **Modellalternative 2** von **Modellalternative 0**.





**Bild 5c** Gleiche Darstellung wie in Bild 5a, nur für Abweichungen von **Modellalternative 3** von **Modellalternative 0**.

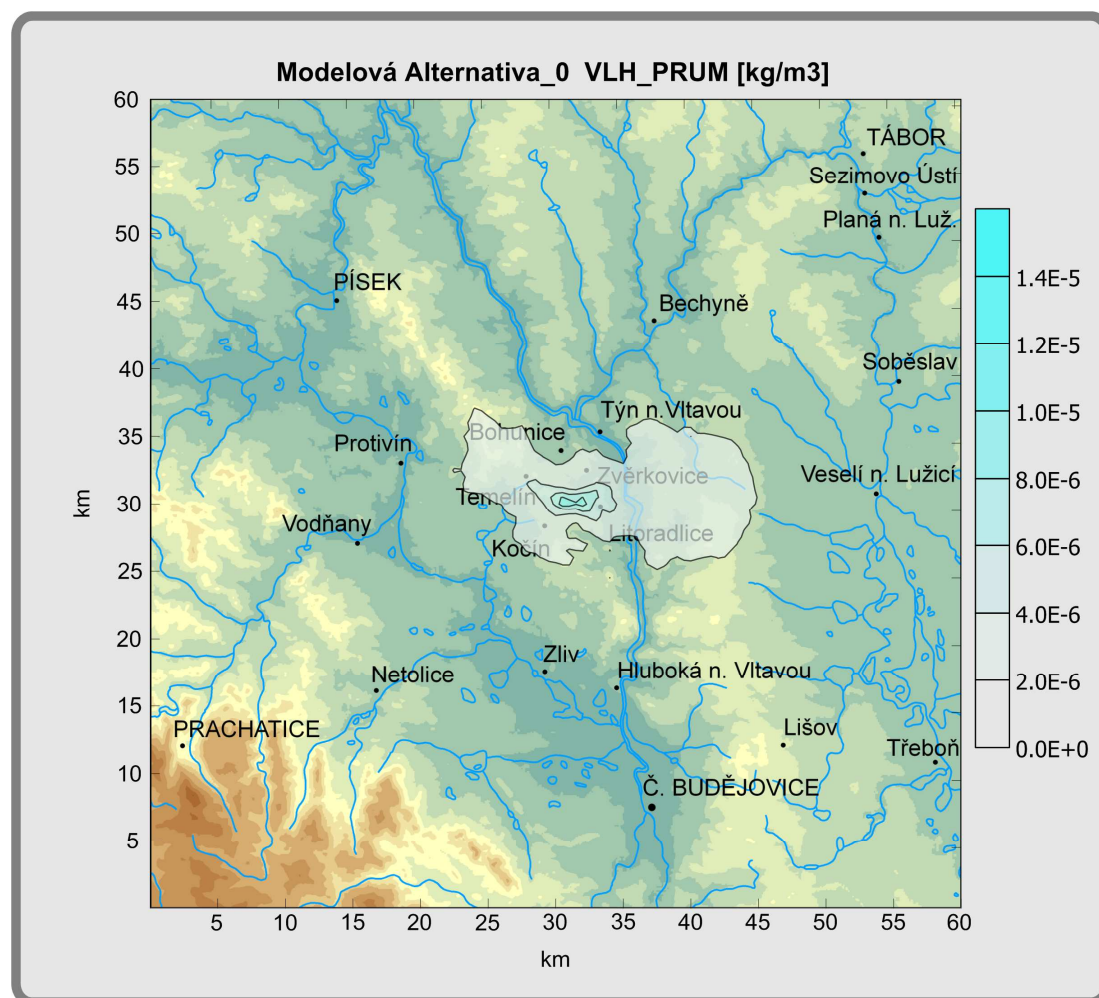


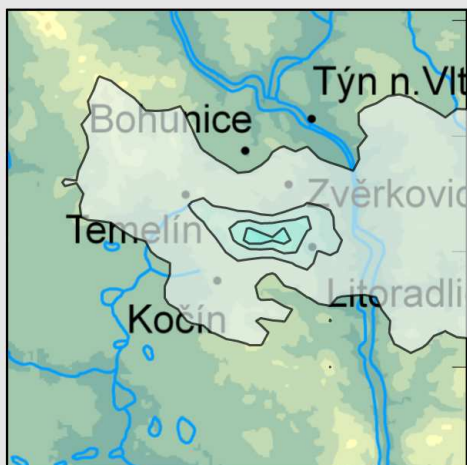


**Anlage 4**  
**Durchschnittliche Änderung**  
**der absoluten Feuchtigkeit**  
**Bild 6a,b,c,d**  
**Bild 7a,b,c**

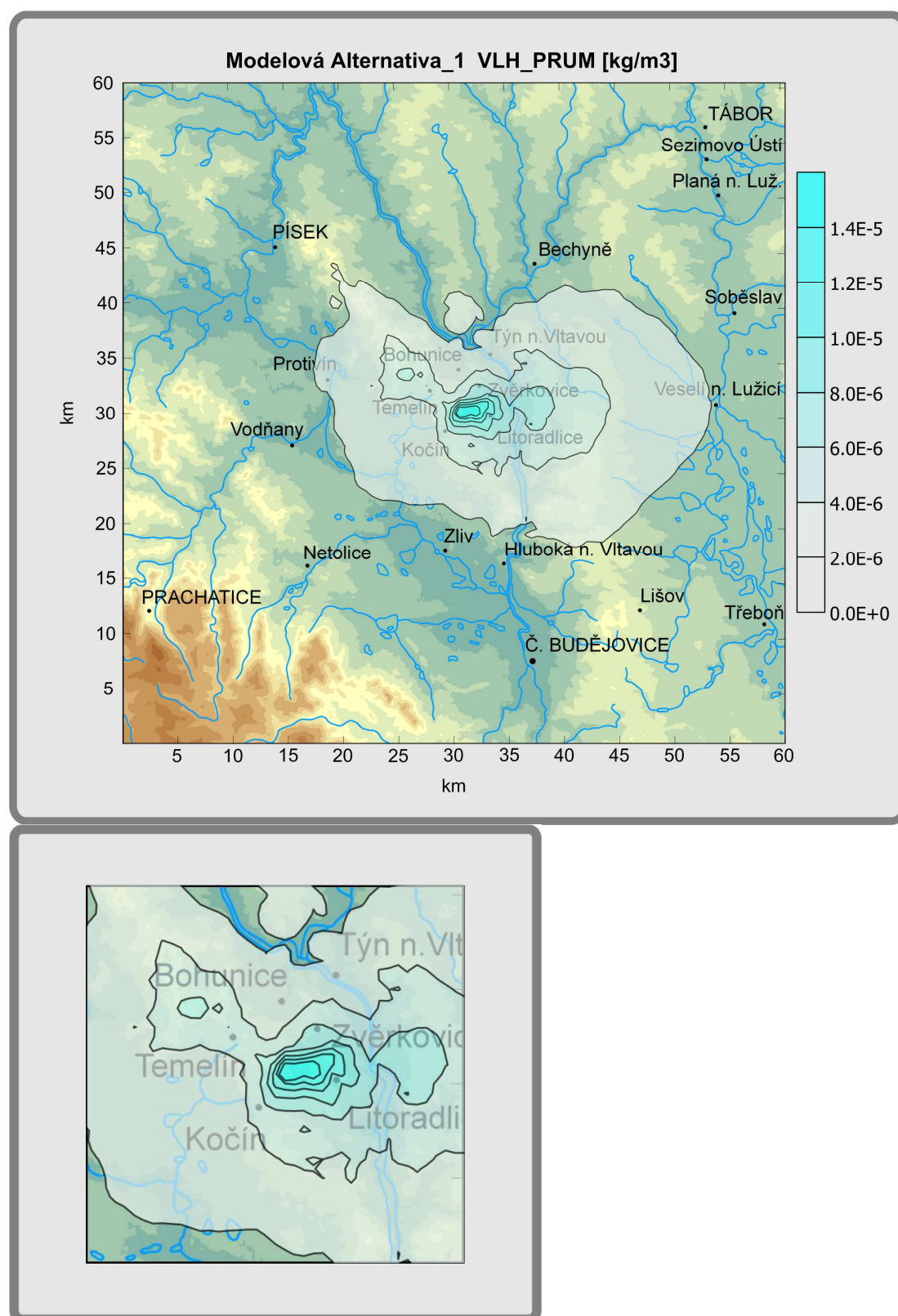
**Bild 6a** Flächenverteilung der mittleren Abweichung der täglichen absoluten Feuchtigkeit (FEUCHT\_DURCH [kg/m<sup>3</sup>]) vom Referenzwert der Station Temelín. Die Ergebnisse nehmen Bezug auf **Modellalternative 0**. Die Angaben drücken den Mittelwert der Abweichungen am jeweiligen Ort des Gebietes, der aus allen in die Berechnung einbezogenen Terminen ermittelt wurde, aus. Die Referenzwerte stellen die täglichen Bodenfeuchtheitswerte der Station Temelín dar.

Das untere Bild zeigt einen vergrößerten Ausschnitt des zentralen Gebietes mit der Flächengröße von 10×10 km<sup>2</sup> (Gebiet A siehe Textteil).

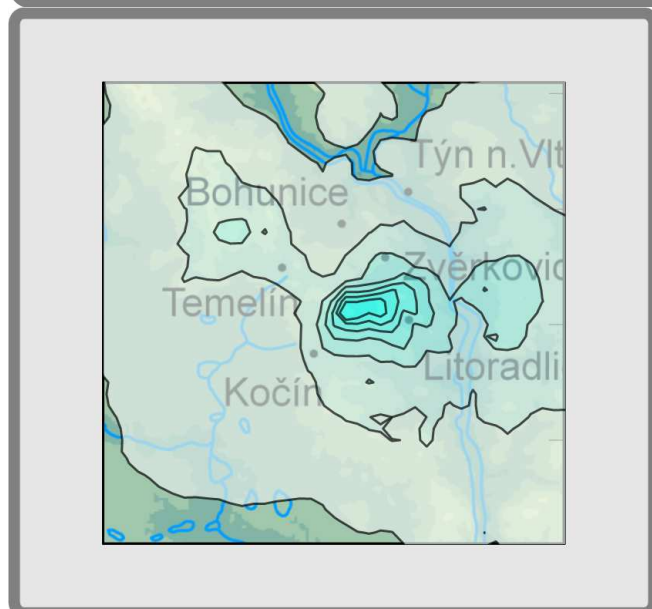
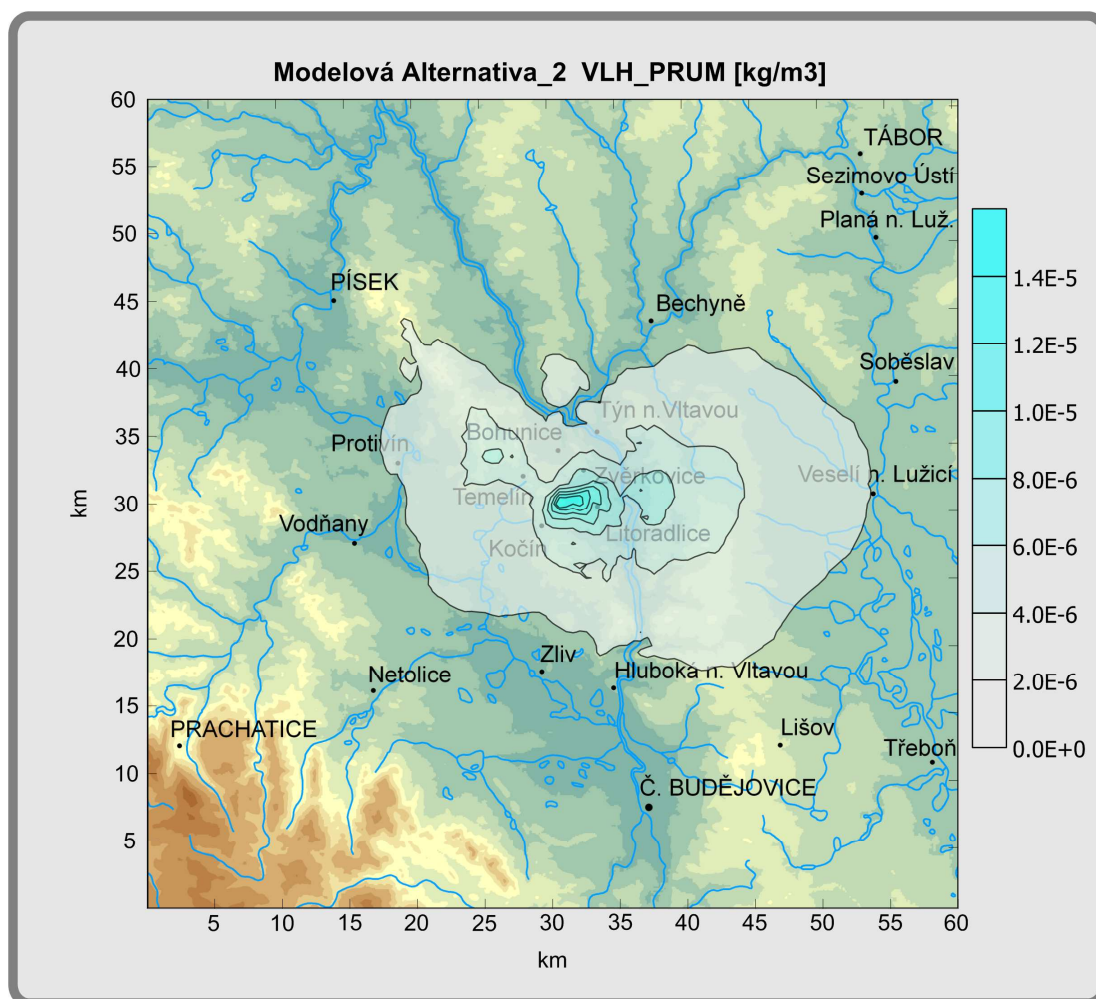




**Bild 6b** Gleiche Darstellung wie in Bild 6a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 1**.

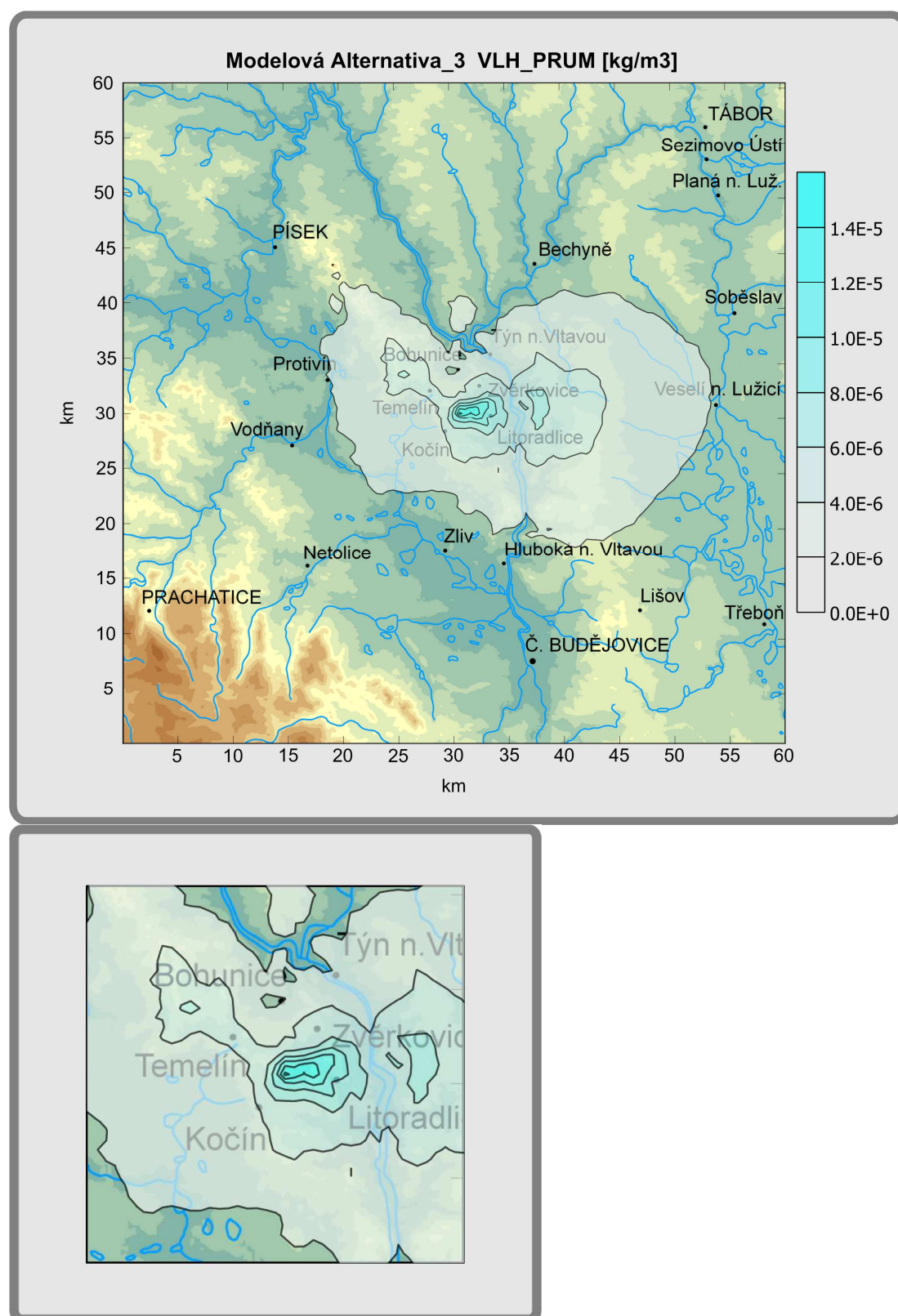


**Bild 6c** Gleiche Darstellung wie in Bild 6a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 2**.

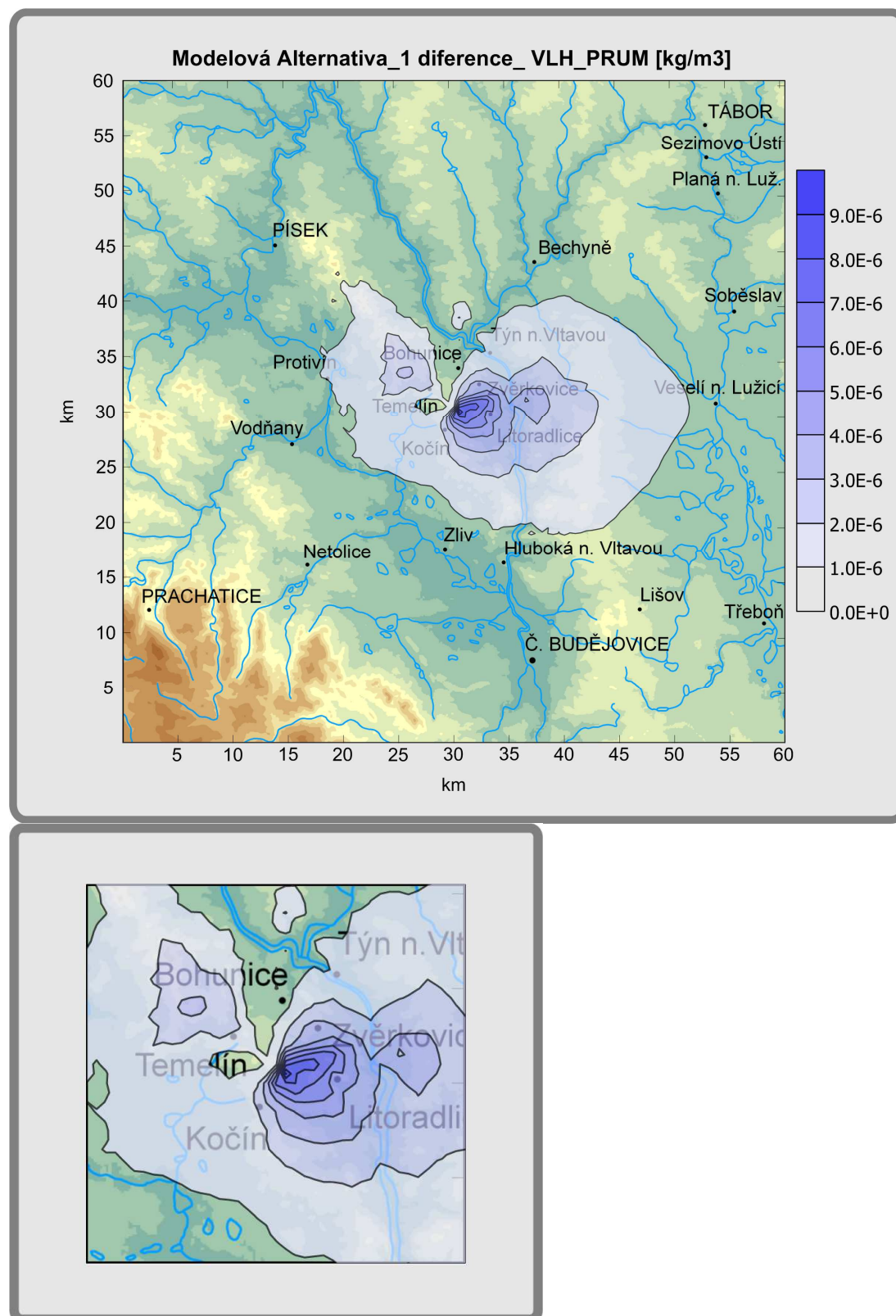




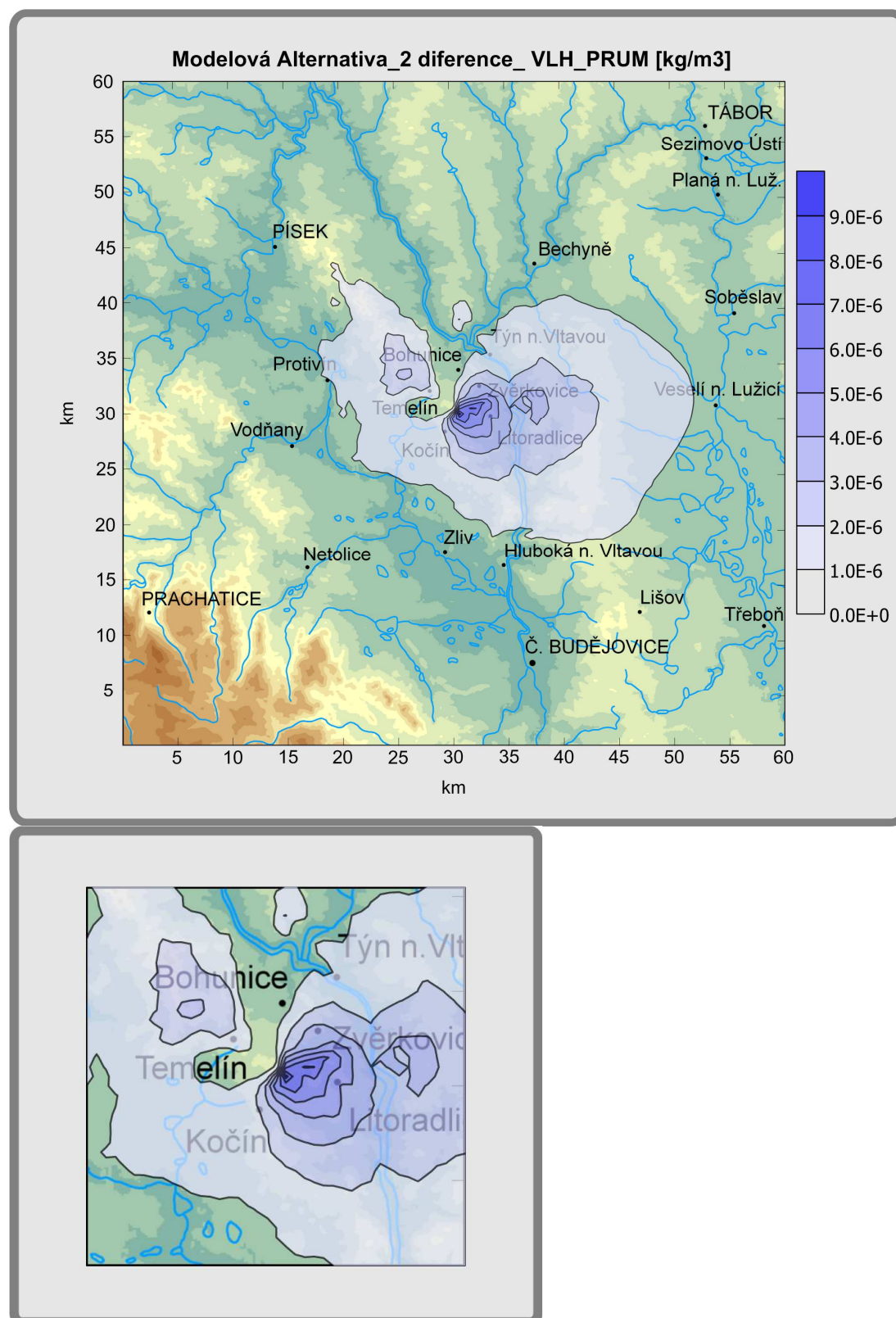
**Bild 6d** Gleiche Darstellung wie in Bild 6a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 3**.



**Bild 7a** Flächenverteilung der mittleren Abweichungen von **Modellalternative 1** von **Modellalternative 0** für die Bodenfeuchtigkeit (Differenz\_FEUCHT\_DURCH [kg/m<sup>3</sup>]). Das untere Bild zeigt einen vergrößerten Ausschnitt des zentralen Gebietes mit der Flächengröße von 10×10 km<sup>2</sup> (Gebiet A siehe Textteil).

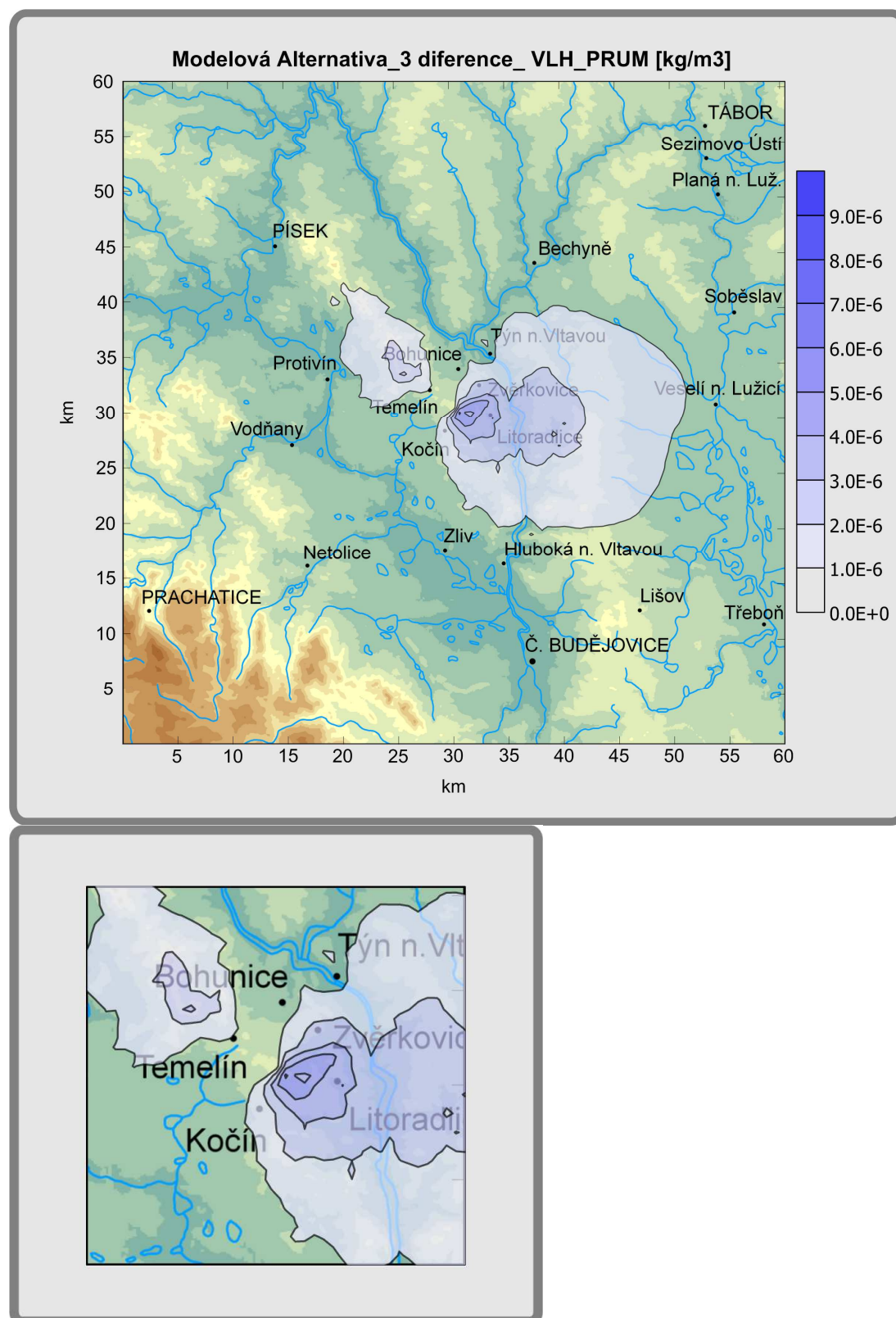


**Bild 7b** Gleiche Darstellung wie in Bild 7a, nur für Abweichungen von **Modellalternative 2** von **Modellalternative 0**.





**Bild 7c** Gleiche Darstellung wie in Bild 7a, nur für Abweichungen von **Modellalternative 3** von **Modellalternative 0**.



# **Anlage 5**

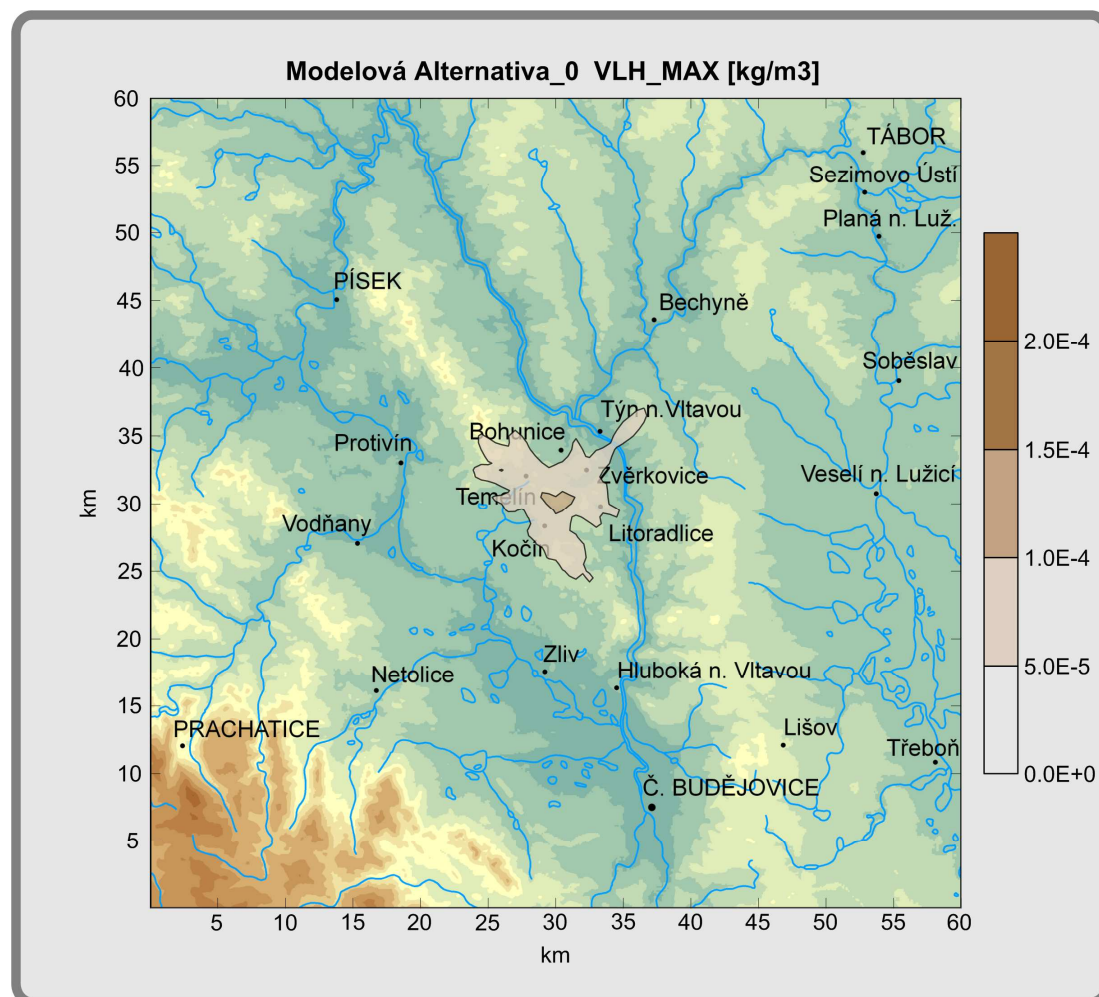
## **Maximale Änderung der täglichen absoluten Feuchtigkeit**

**Bild 8a,b,c,d**

**Bild 9a,b,c**

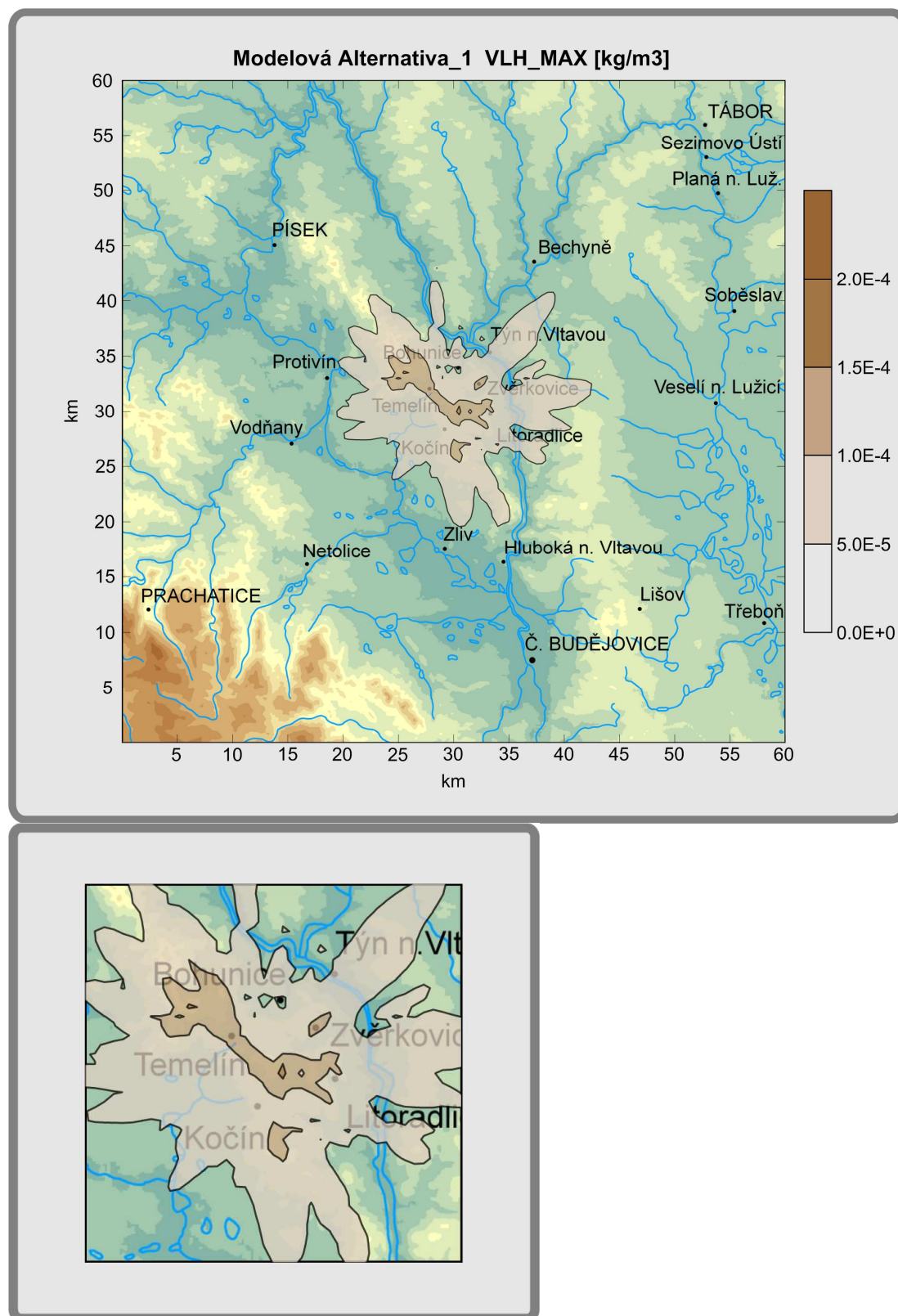
**Bild 8a** Flächenverteilung der maximalen Abweichungen der täglichen Bodenfeuchtigkeit (FEUCHT\_MAX [kg/m<sup>3</sup>]) vom Referenzwert der Station Temelín für **Modellalternative 0**. Alternative 0 entspricht der derzeitigen Situation mit 4 Kühltürmen. Die Angaben drücken den Maximalwert der Abweichung am jeweiligen Ort des Gebietes ohne Berücksichtigung von Termin und Dauer des Auftretens aus.

Das untere Bild zeigt einen vergrößerten Ausschnitt des zentralen Gebietes mit der Flächengröße von 10×10 km<sup>2</sup> (Gebiet A siehe Textteil).



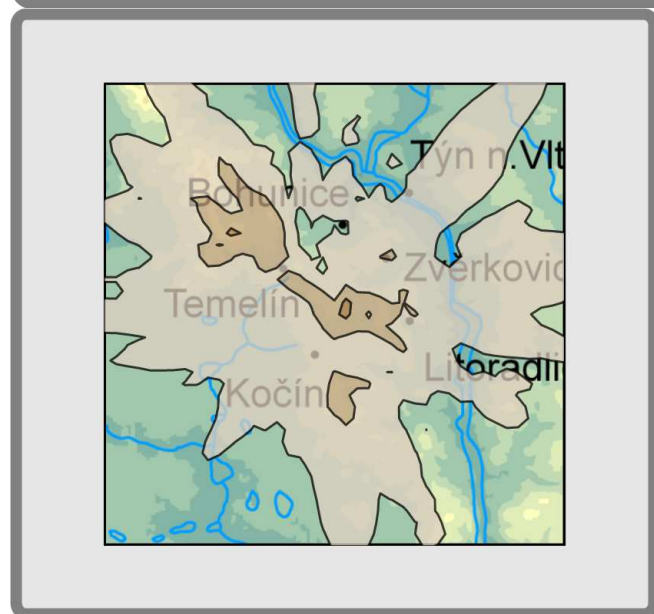
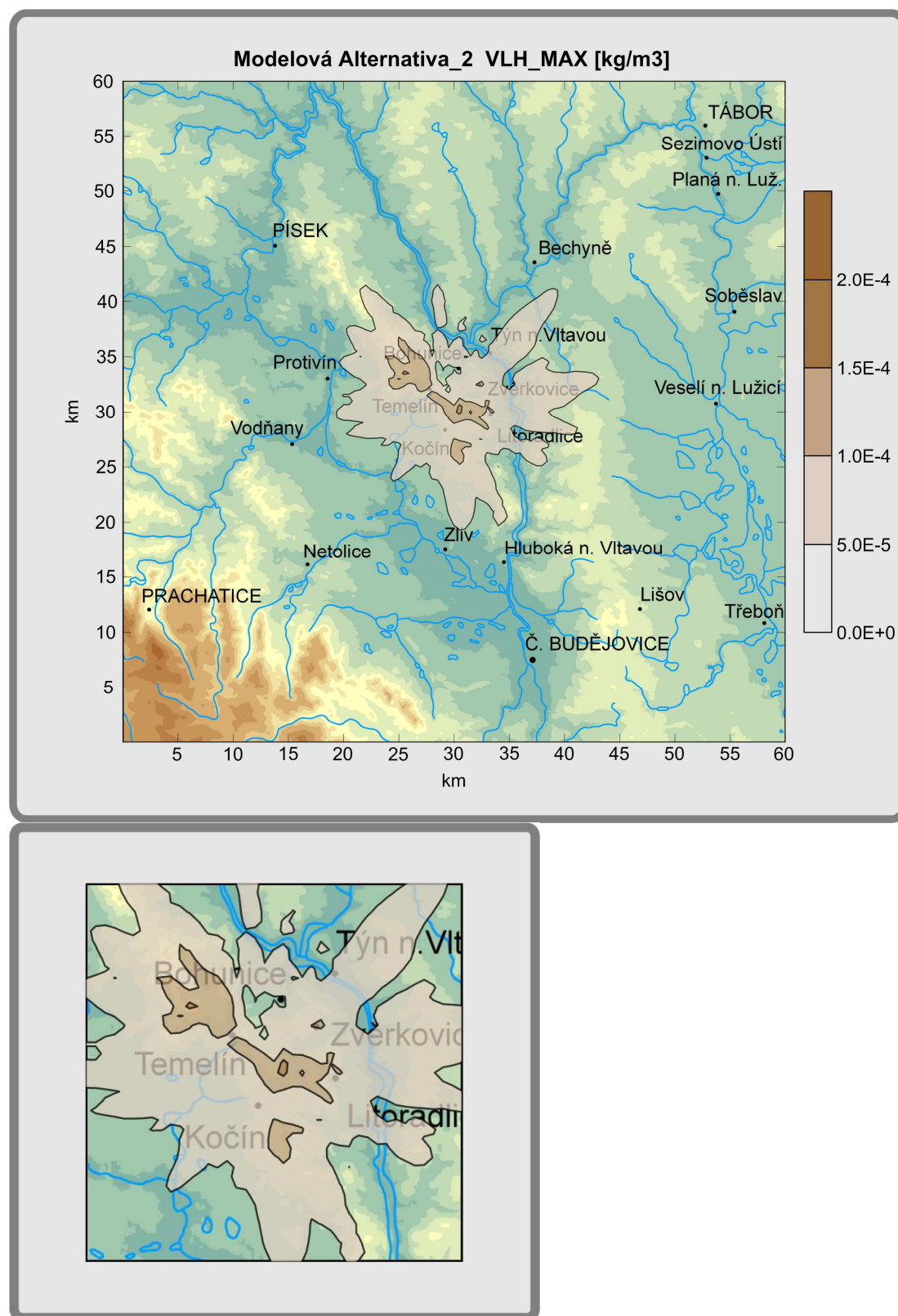


**Bild 8b** Gleiche Darstellung wie in Bild 8a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 1**.

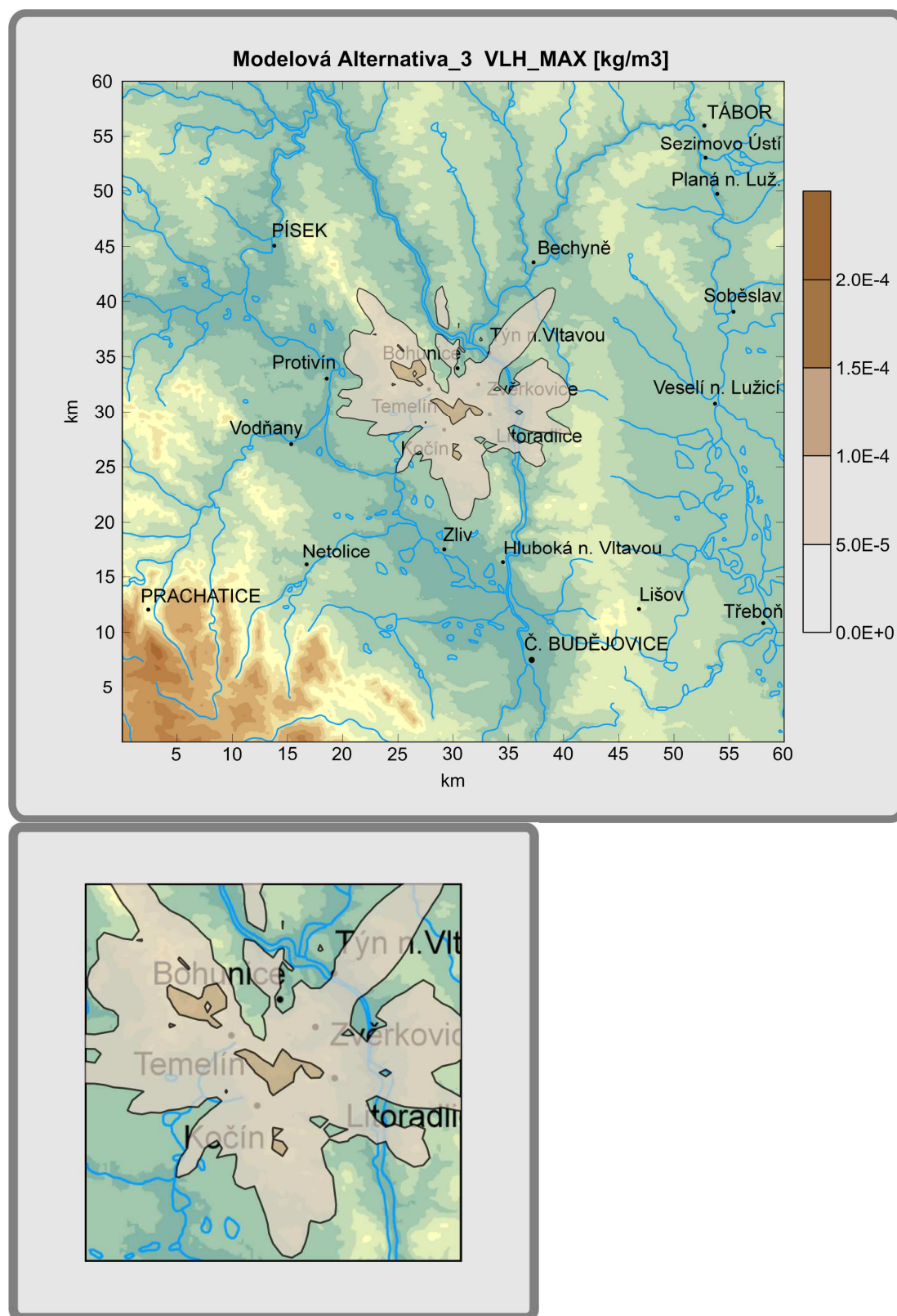




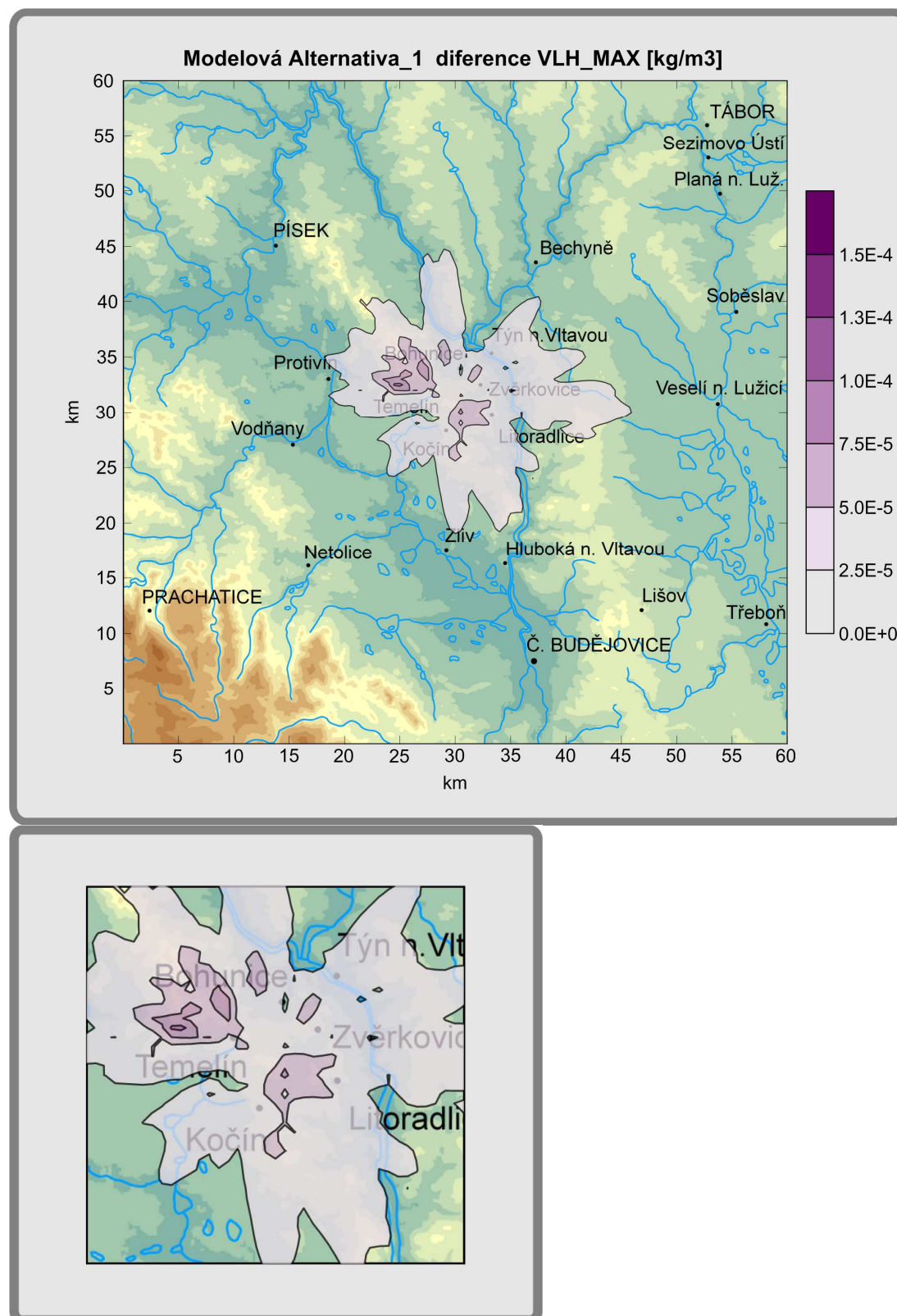
**Bild 8c** Gleiche Darstellung wie in Bild 8a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 2**.



**Bild 8d** Gleiche Darstellung wie in Bild 8a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 3**.



**Bild 9a** Flächenverteilung der maximalen Abweichungen der täglichen Bodenfeuchtigkeit [kg/m<sup>3</sup>] von **Modellalternative 1** von **Modellalternative 0**. Die Angaben drücken den Maximalwert der Abweichung am jeweiligen Ort des Gebietes ohne Berücksichtigung von Termin und Dauer des Auftretens aus.

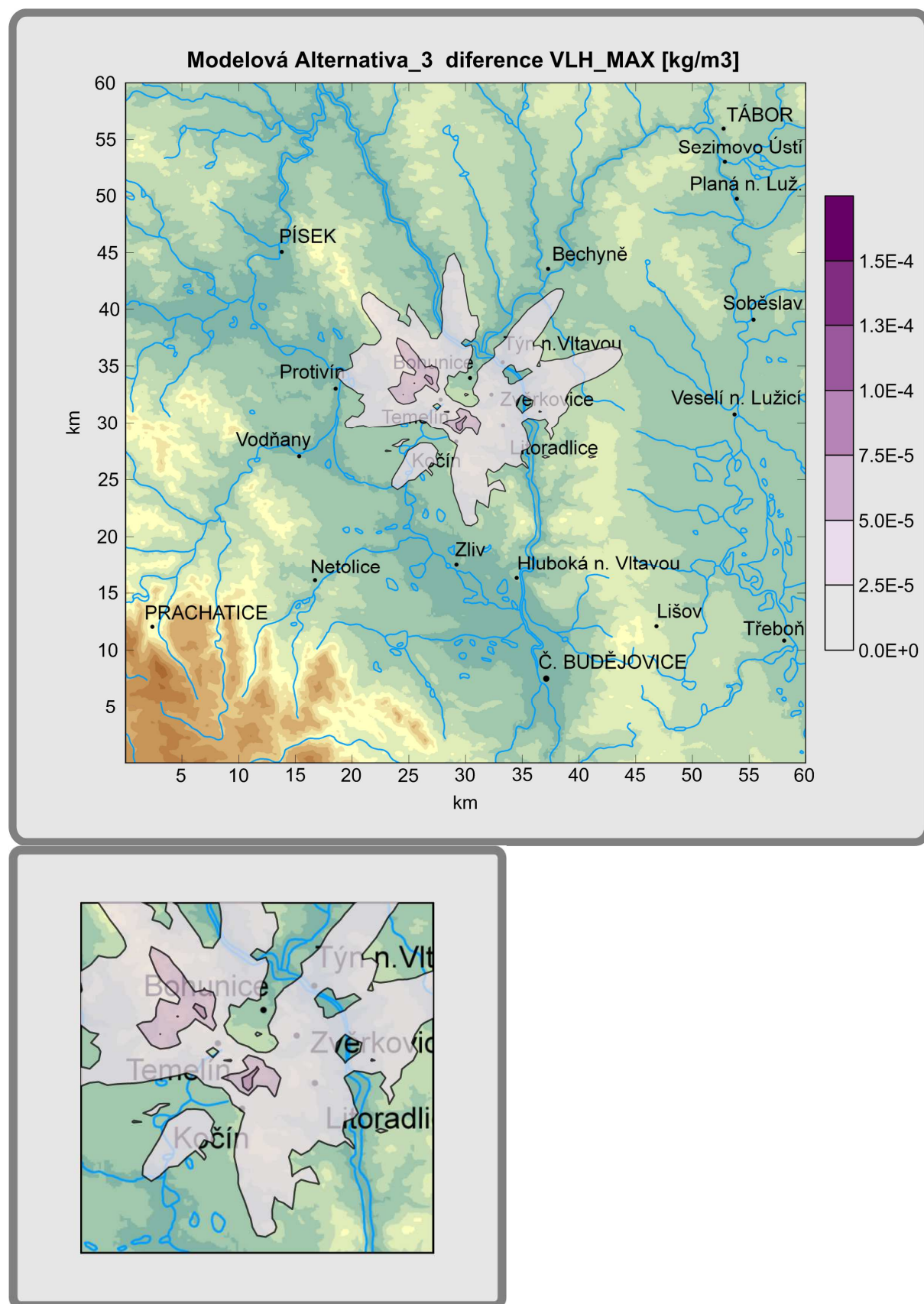




■

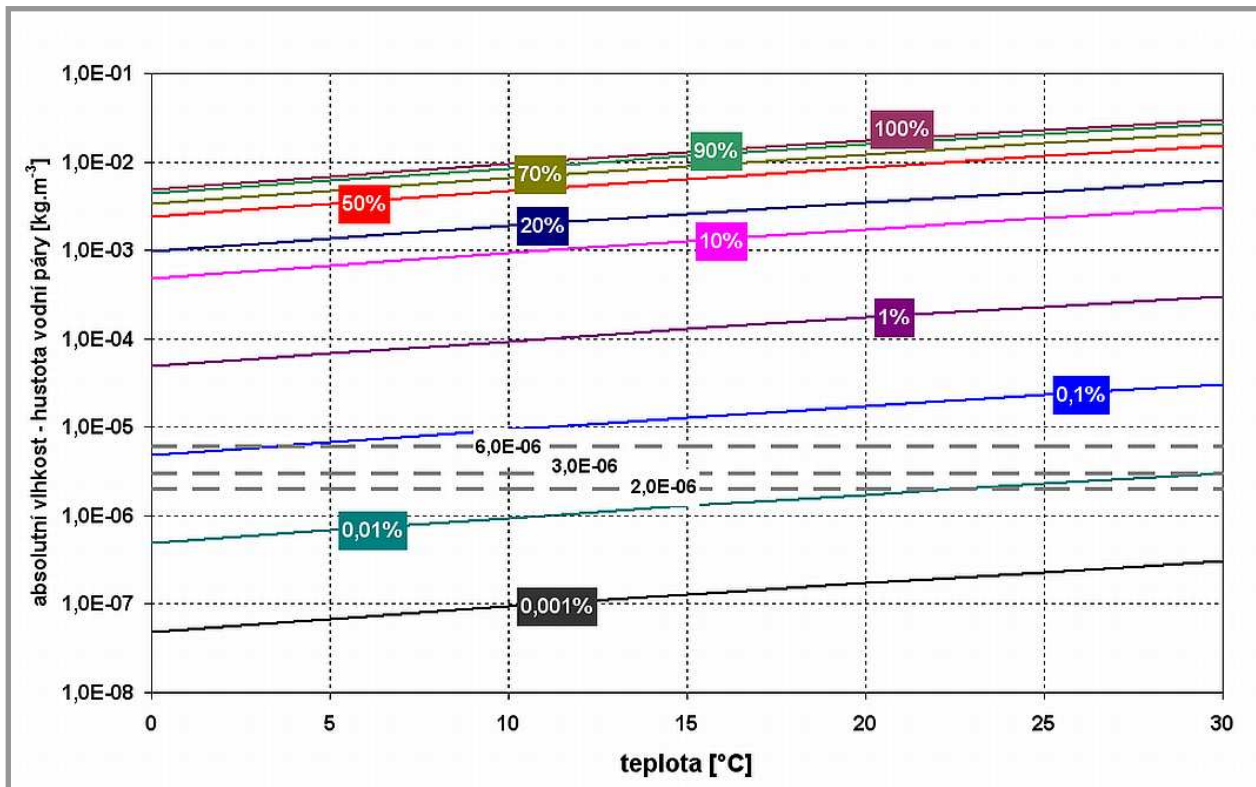


**Bild 9c** Gleiche Darstellung wie in Bild 9a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 3**.



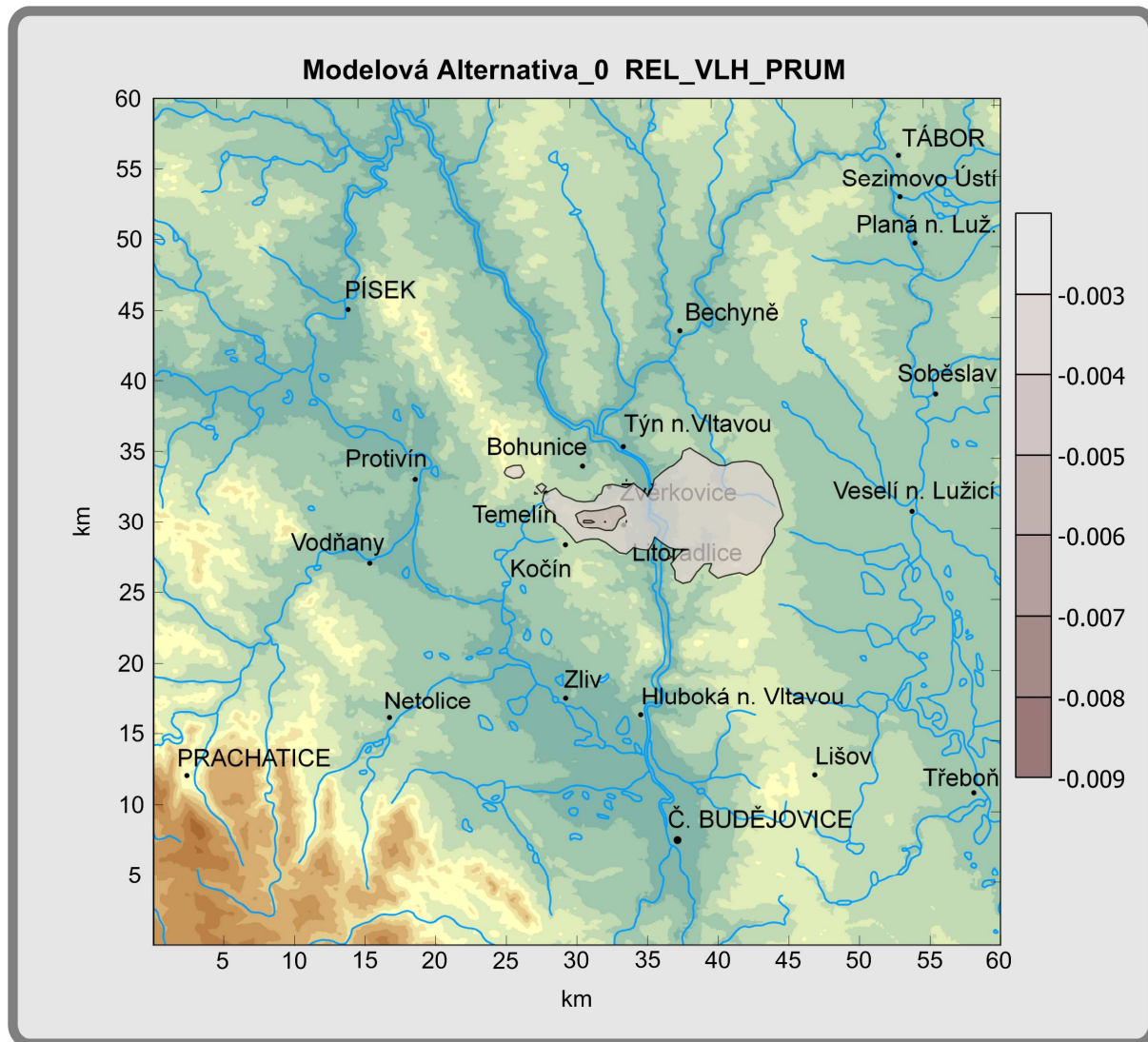
**Anlage 6**  
**Durchschnittliche Änderung**  
**der relativen Feuchtigkeit**  
**Bild 10**  
**Bild 11a,b,c,d**

**Bild 10** Die absolute Feuchtigkeit des Wasserdampfs [ $\text{kg/m}^3$ ] in Abhängigkeit von der Temperatur bei konstanter relativer Feuchtigkeit. Die relative Feuchtigkeit [%] ist an den einzelnen Kurven farbig dargestellt.

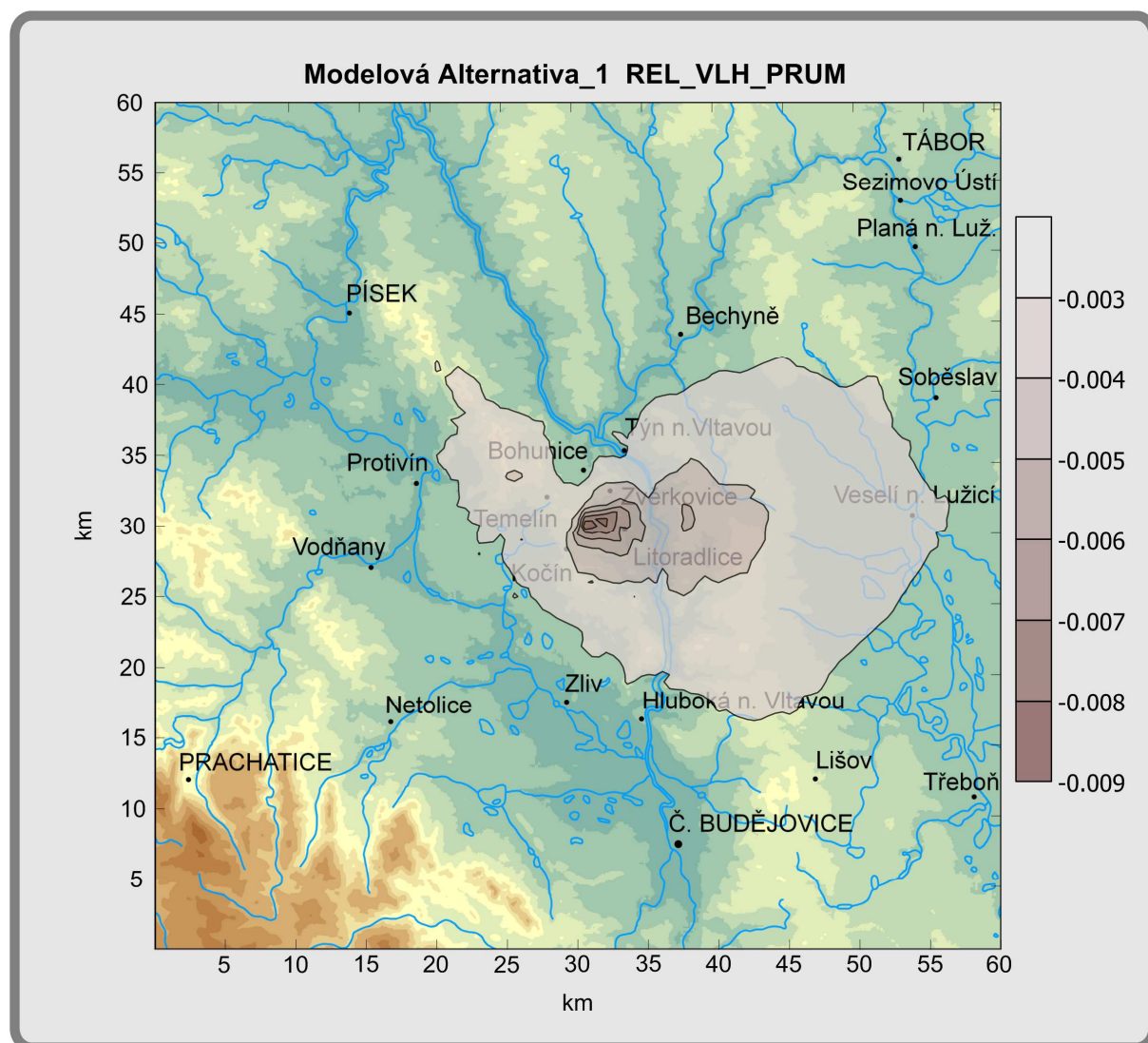




**Bild 11a** Flächenverteilung der mittleren Abweichung der relativen Bodenfeuchtigkeit (REL\_FEUCHT\_DURCH [0]) vom Referenzwert der relativen Bodenfeuchtigkeit der Station Temelín. Die Ergebnisse nehmen Bezug auf **Modellalternative 0** (derzeitige Situation mit 4 Kühltürmen). Die Angaben drücken den Mittelwert der Abweichungen am jeweiligen Ort des Gebietes, der aus allen in die Berechnung einbezogenen Terminen ermittelt wurde, aus.

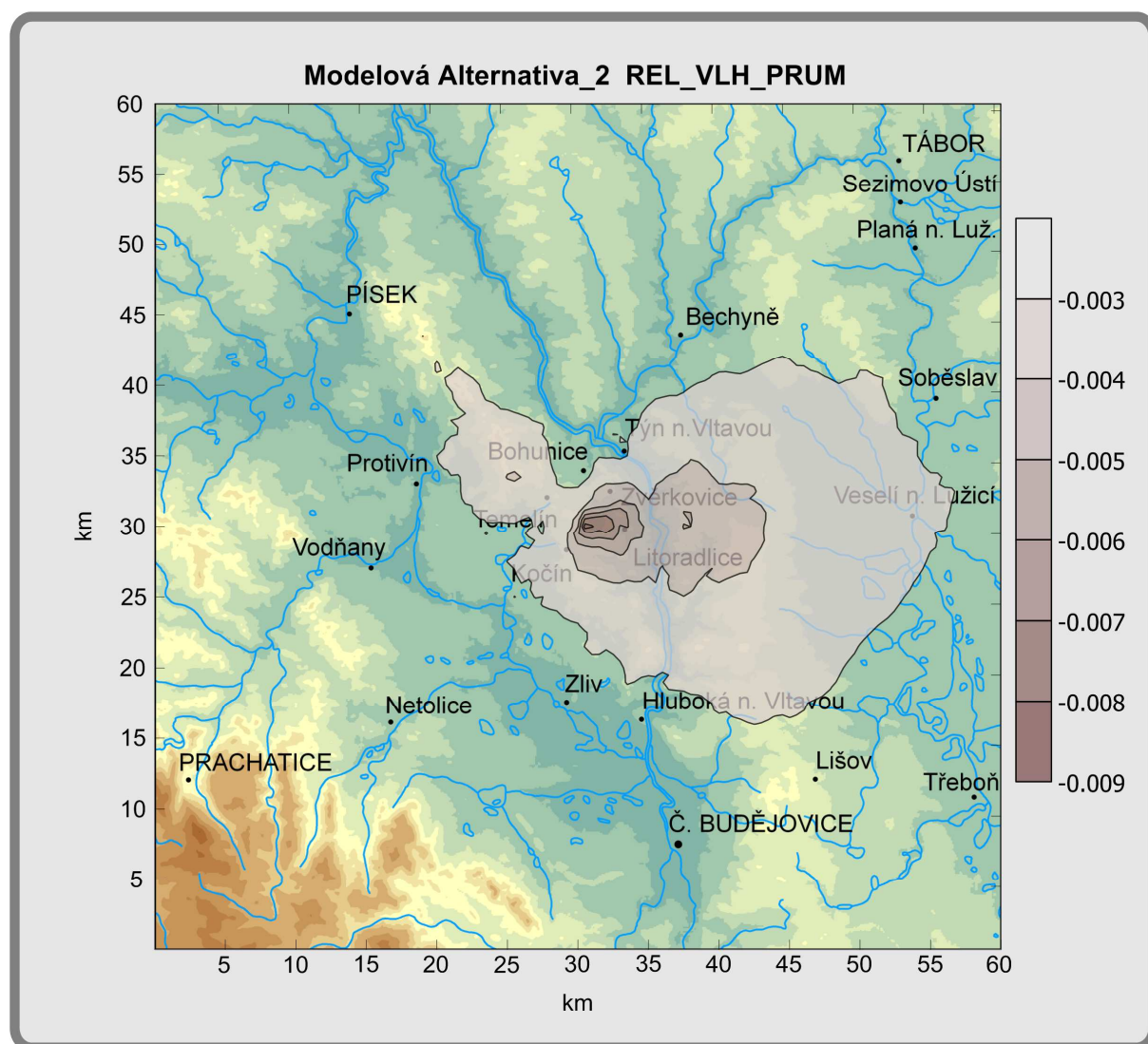


**Bild 11b** Gleiche Darstellung wie auf Bild 11a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 1**.

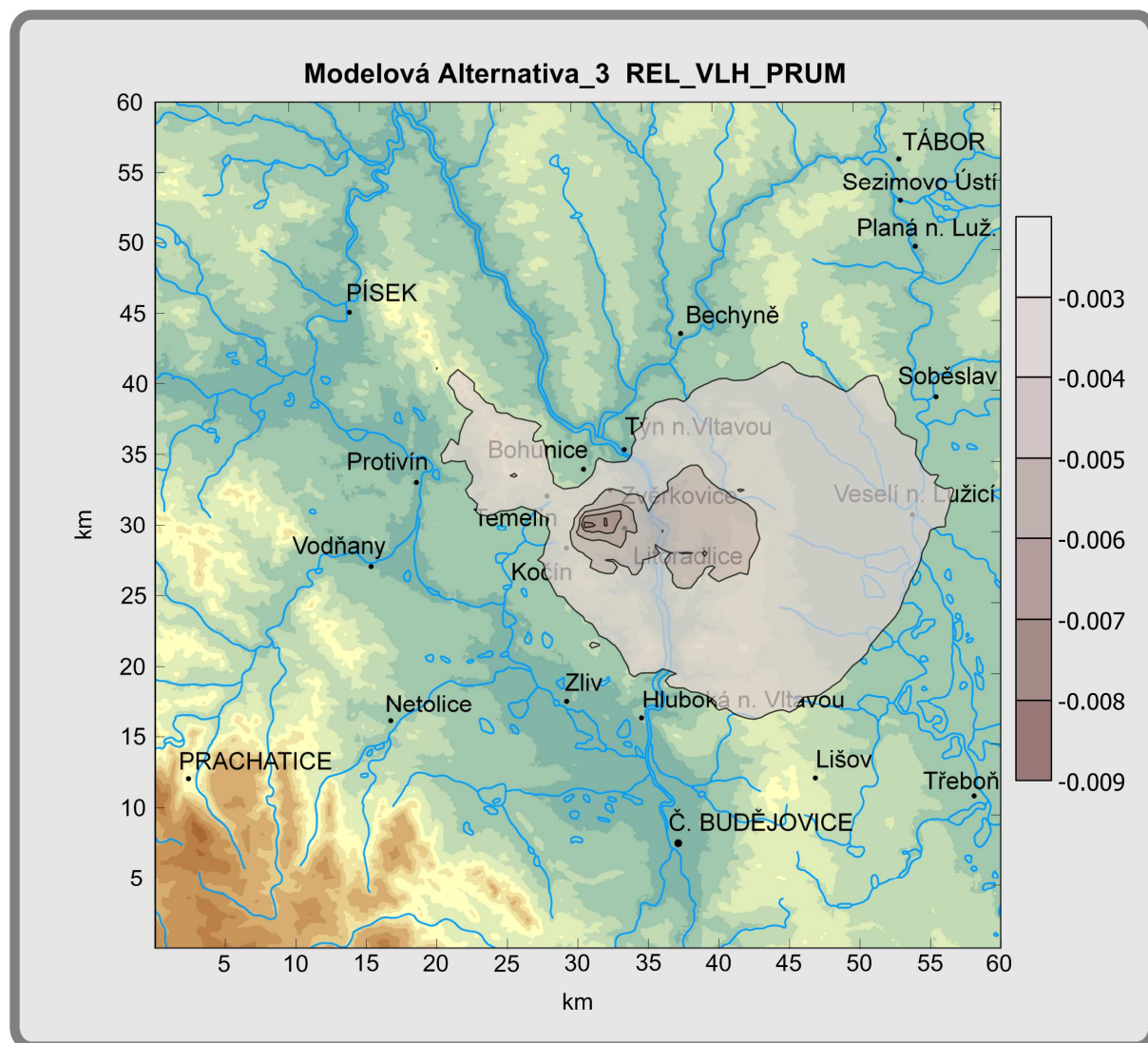




**Bild 11c** Gleiche Darstellung wie auf Bild 11a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 2**.



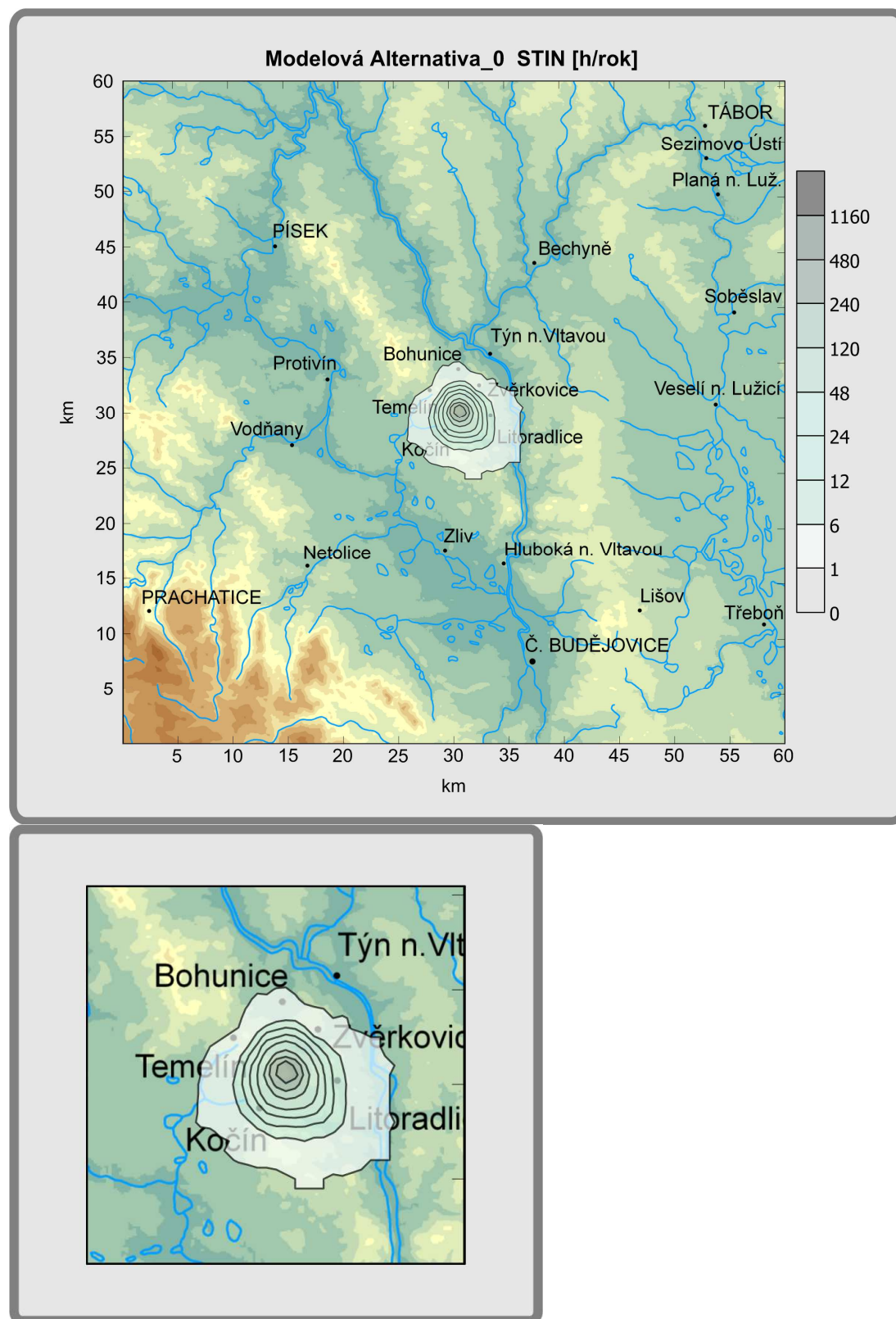
**Bild 11d** Gleiche Darstellung wie auf Bild 11a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 3**.



**Anlage 7**  
**Beschattung durch**  
**die sichtbare Schleppe**  
**Bild 12a,b,c,d**  
**Bild 13a,b,c**

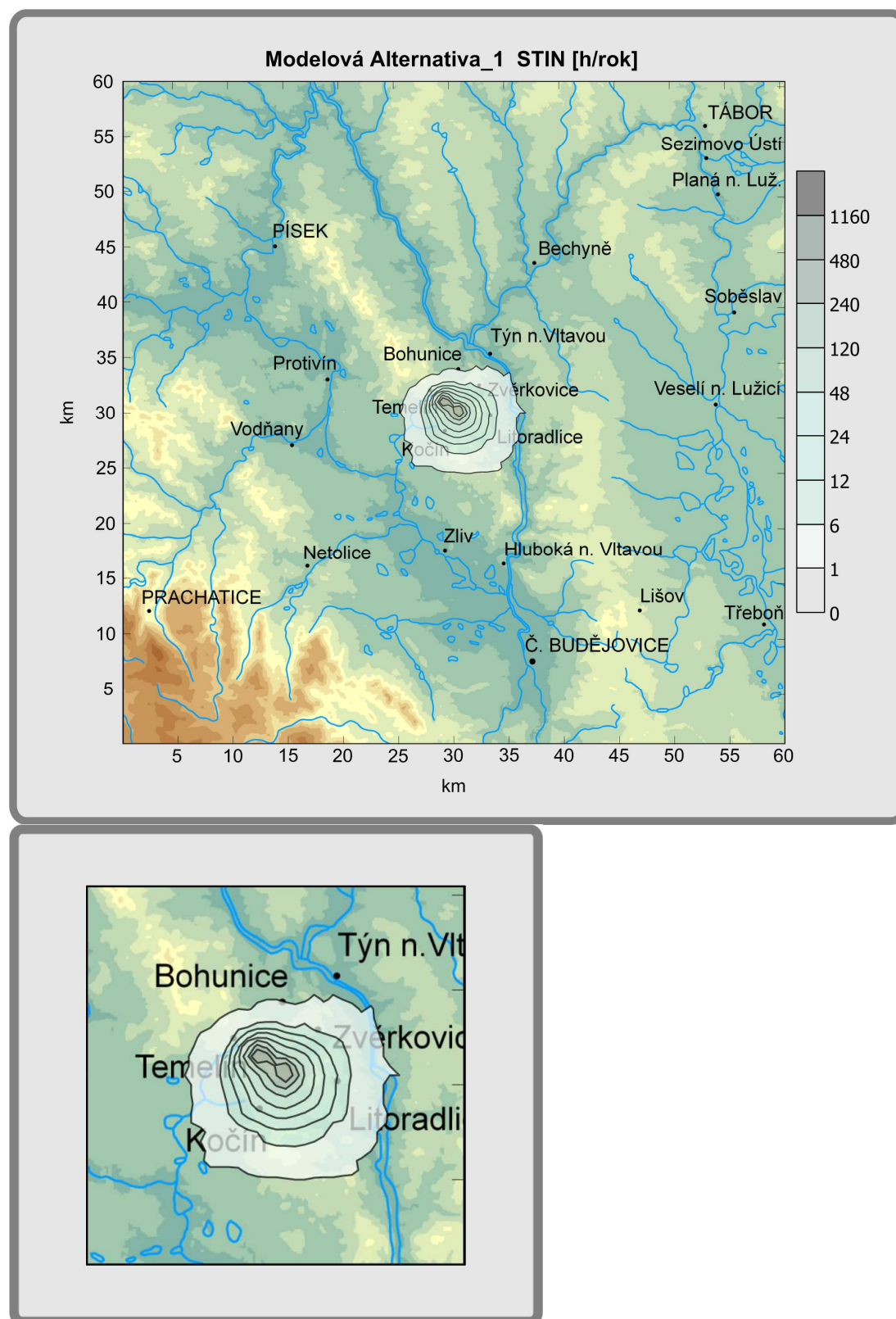
**Bild 12a** Flächenverteilung der mittleren Anzahl der Stunden pro Jahr mit Beschattung durch die sichtbare Schleppe für **Modellalternative 0**, die der derzeitigen Situation mit 4 Kühltürmen entspricht.

Das untere Bild zeigt einen vergrößerten Ausschnitt des zentralen Gebietes mit der Flächengröße von 10×10 km<sup>2</sup> (Gebiet A siehe Textteil).

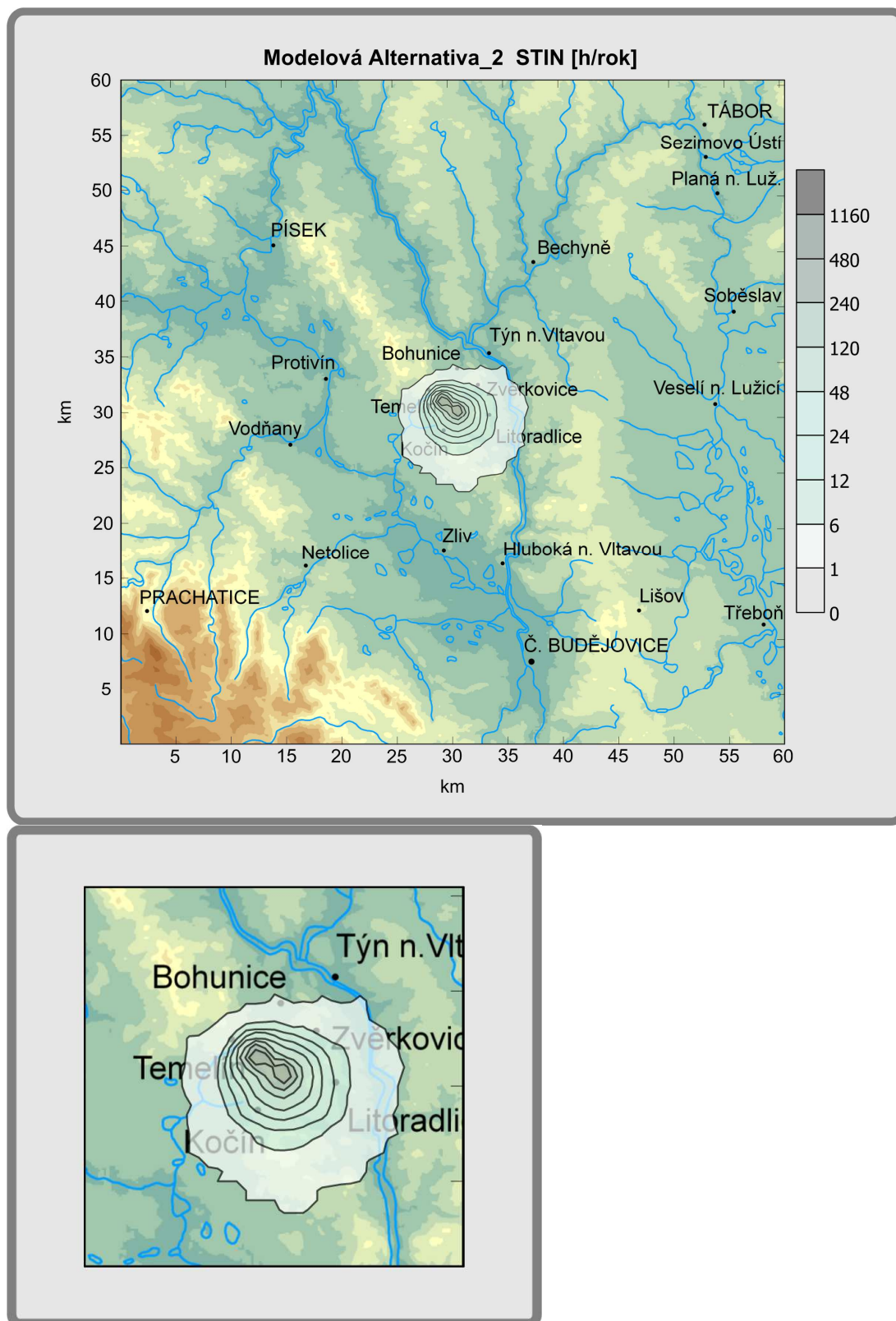




**Bild 12b** Flächenverteilung der mittleren Anzahl der Stunden pro Jahr mit Beschattung durch die sichtbare Schleppe für **Modellalternative 1**.

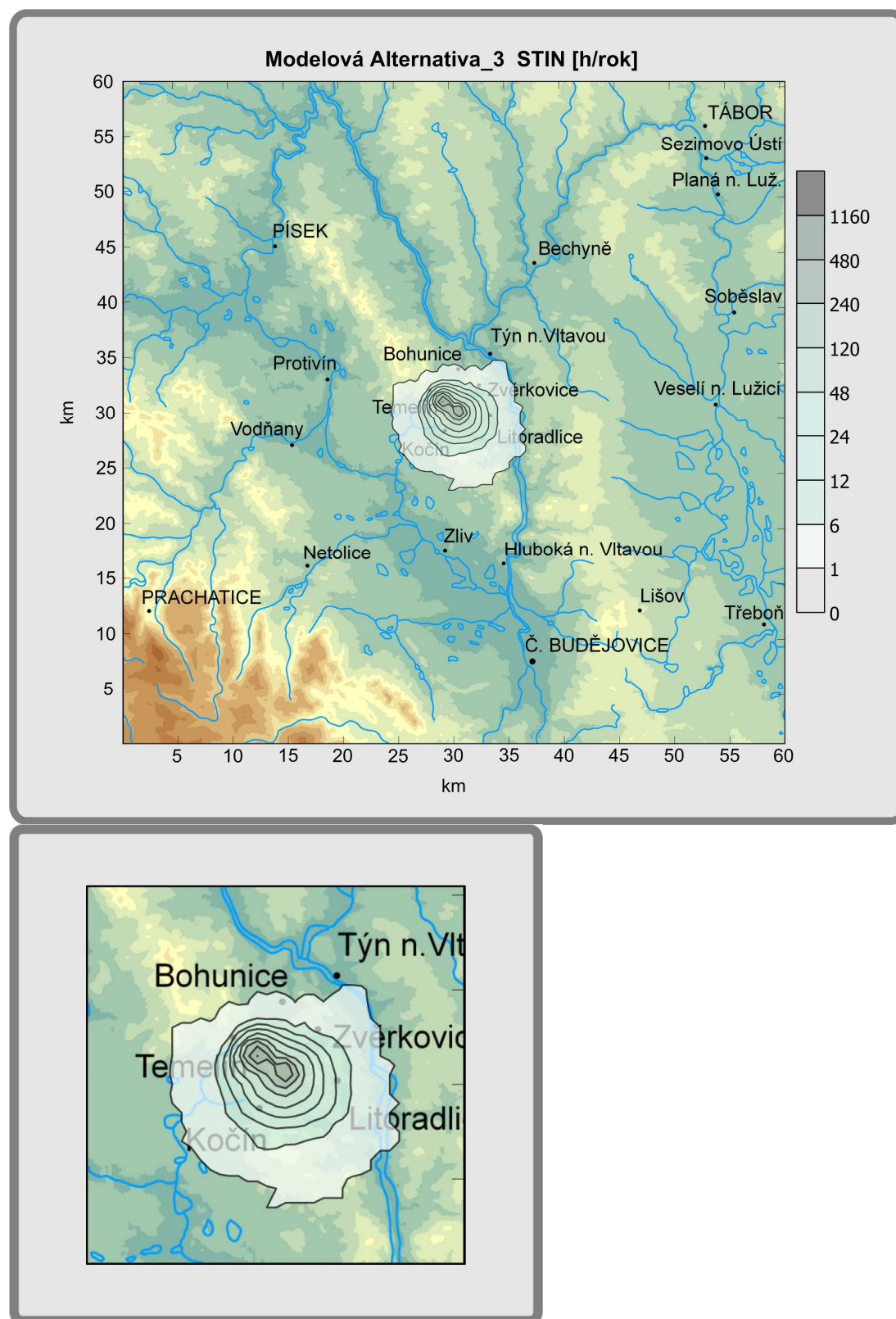


**Bild 12c** Flächenverteilung der mittleren Anzahl der Stunden pro Jahr mit Beschattung durch die sichtbare Schleppe für **Modellalternative 2**.

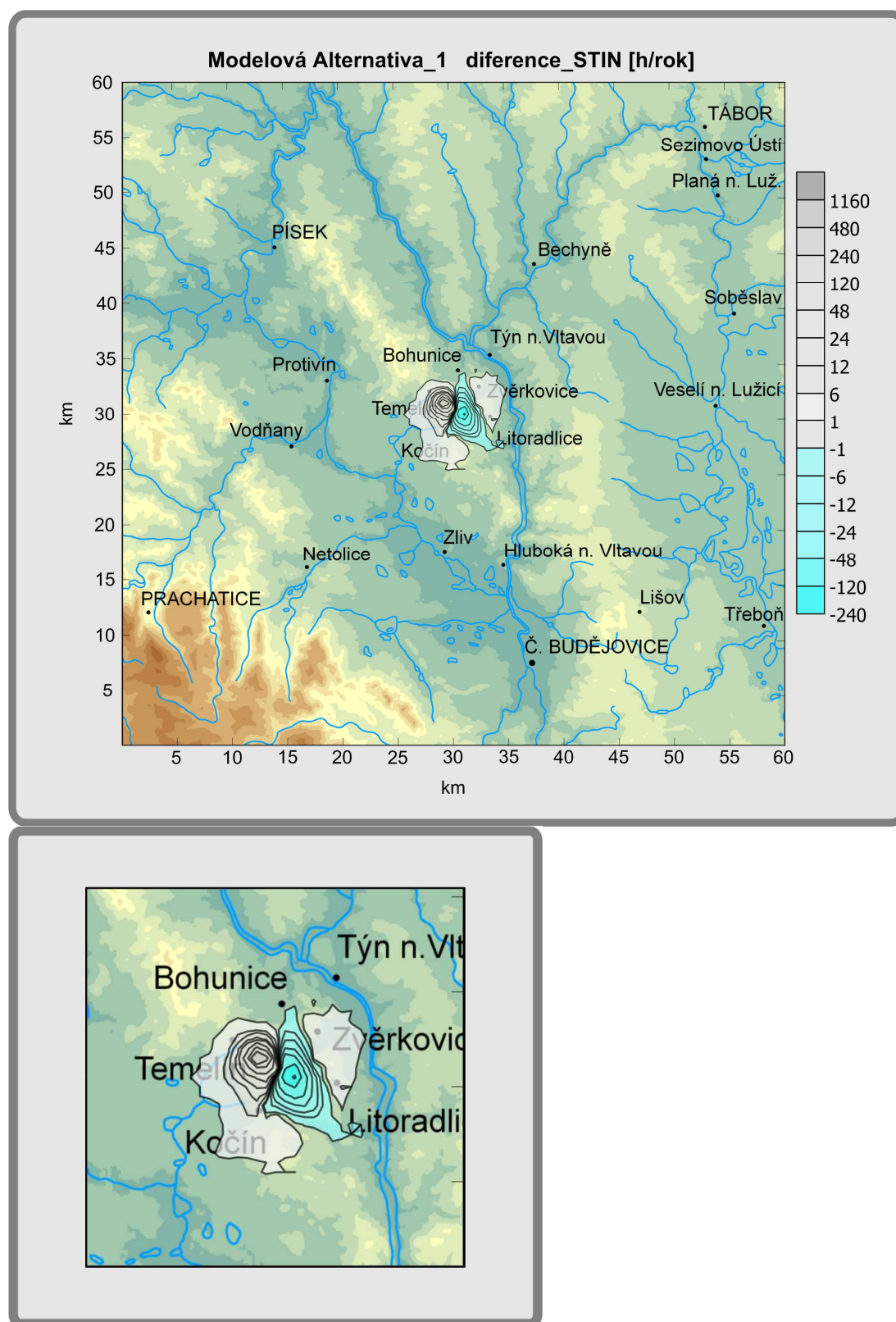




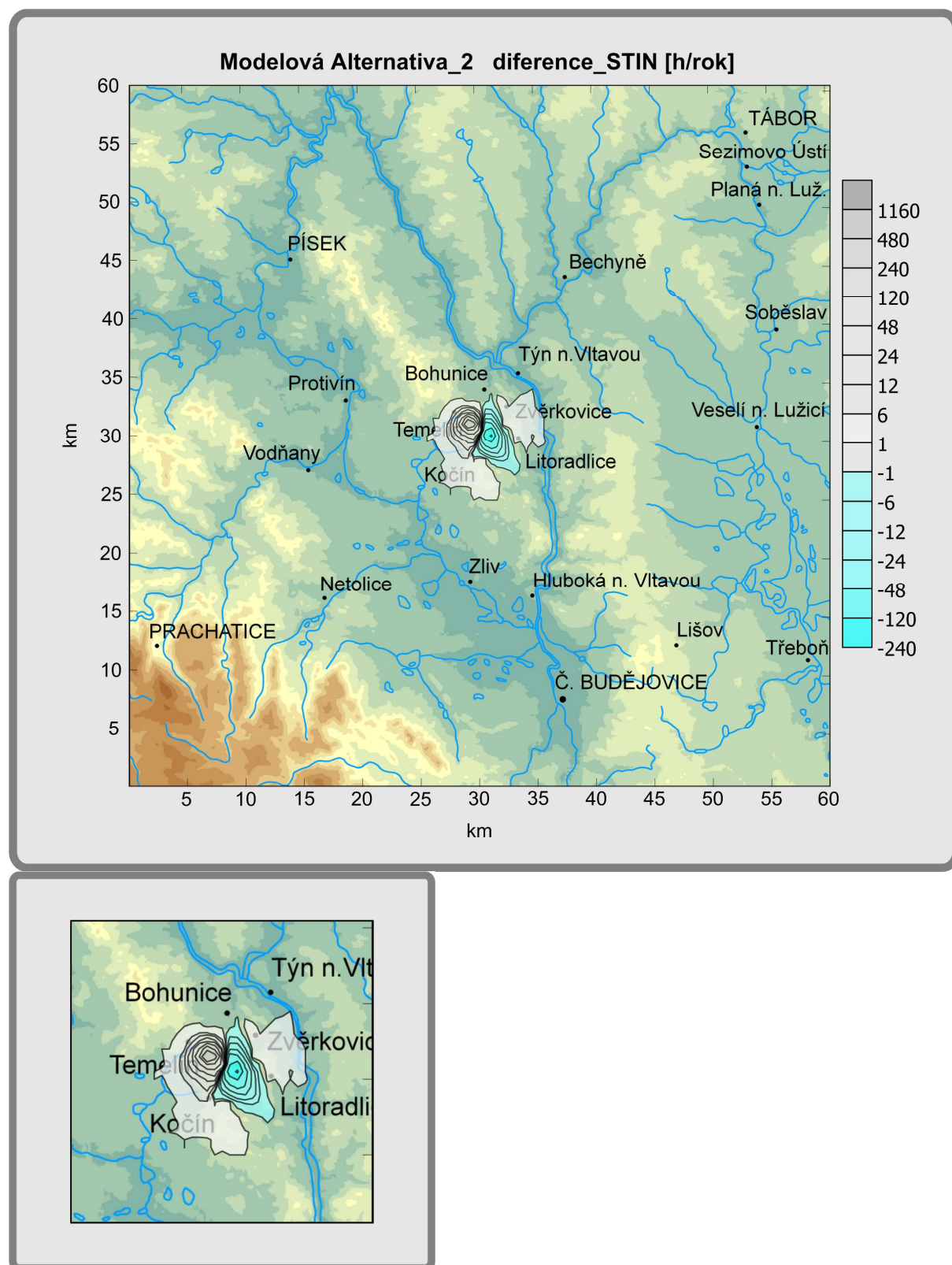
**Bild 12d** Flächenverteilung der mittleren Anzahl der Stunden pro Jahr mit Beschattung durch die sichtbare Schleppe für **Modellalternative 3**.



**Bild 13a** Flächenverteilung der Erhöhung der mittleren Anzahl der Stunden pro Jahr mit Beschattung durch die sichtbare Schleppe für **Modellalternative 1** in Bezug auf **Modellalternative 0**.

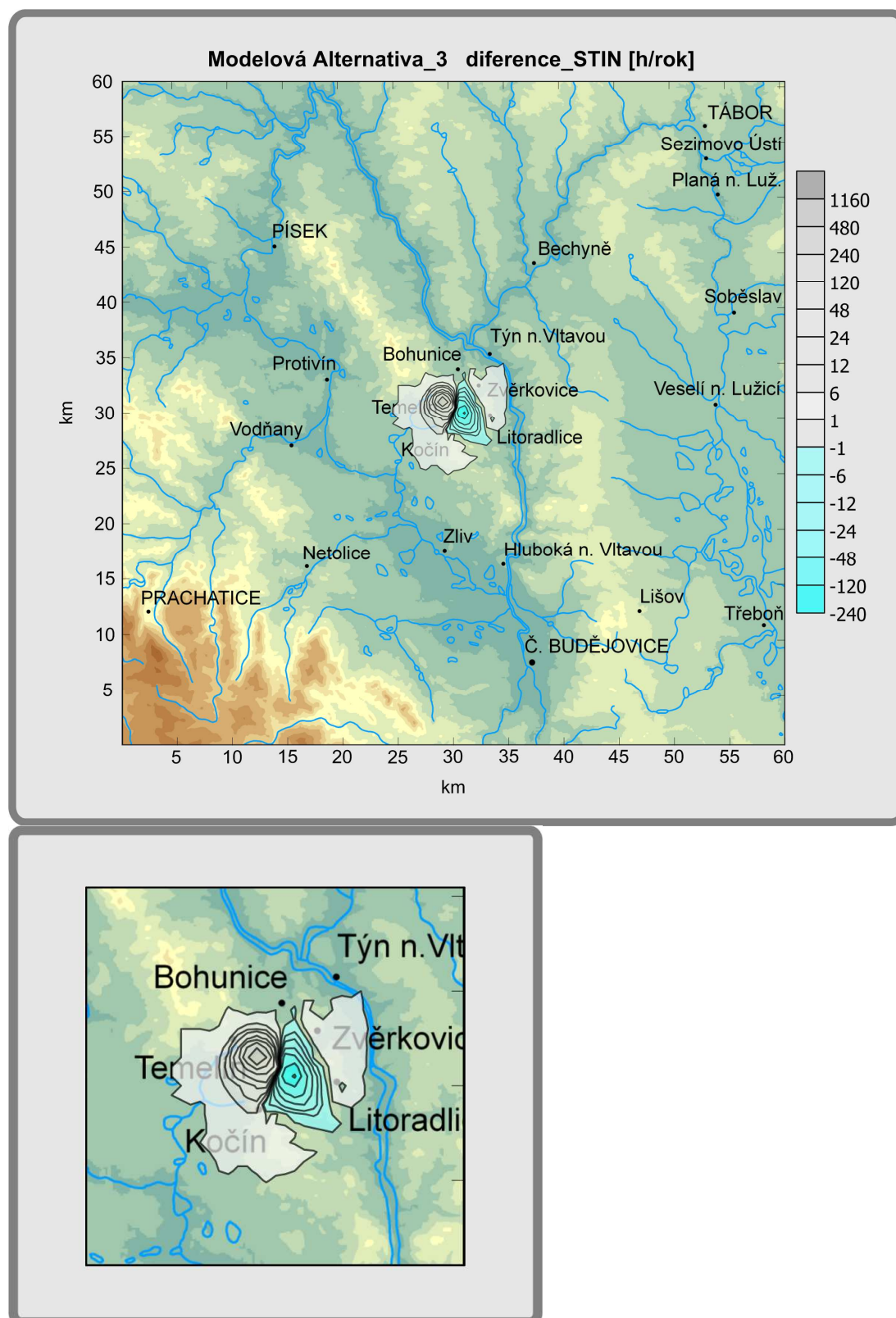


**Bild 13b** Flächenverteilung der Erhöhung der mittleren Anzahl der Stunden pro Jahr mit Beschattung durch die sichtbare Schleppe für **Modellalternative 2** in Bezug auf **Modellalternative 0**.





**Bild 13c** Flächenverteilung der Erhöhung der mittleren Anzahl der Stunden pro Jahr mit Beschattung durch die sichtbare Schleppe für **Modellalternative 3** in Bezug auf **Modellalternative 0**.



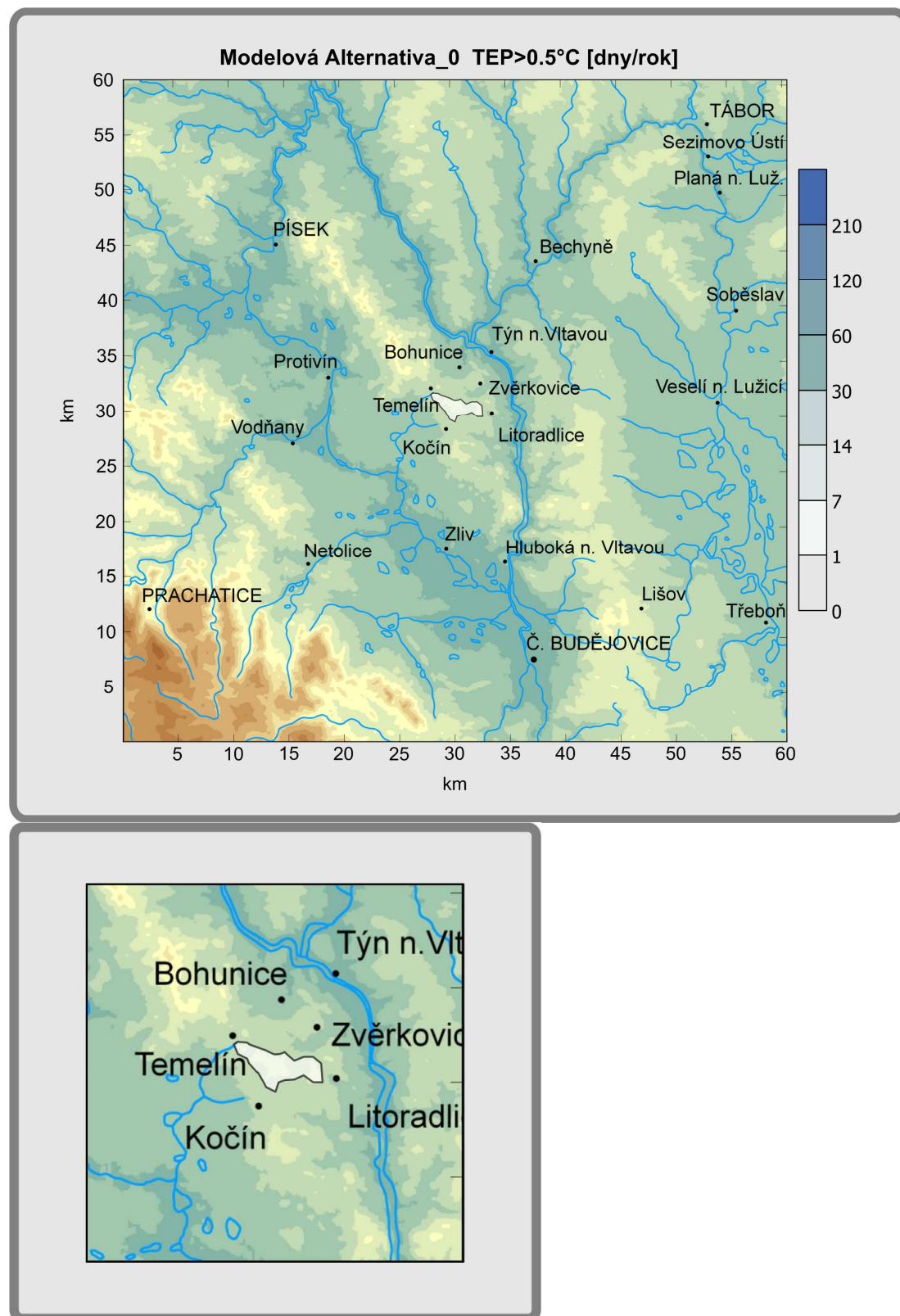
**Anlage 8**  
**Anzahl der Tage im Jahr, an denen die**  
**jeweiligen Werte von Temperatur,**  
**Feuchtigkeit und Beschattung**  
**überschritten werden**

**Bild 14a,b,c**

**Bild 15a,b,c**

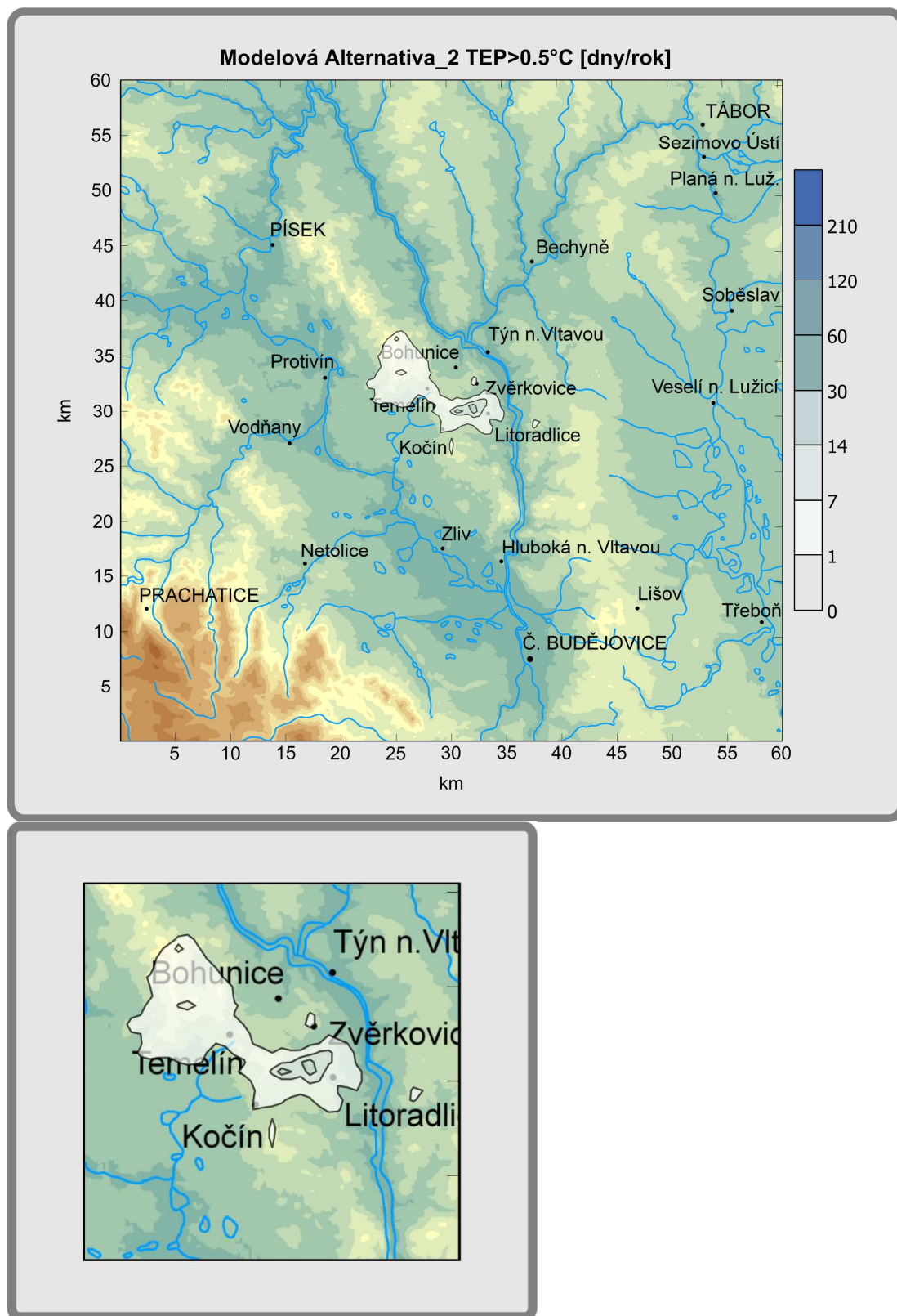
**Bild 16a,b,c,d,e,f**

**Bild 14a** Flächenverteilung der mittleren Anzahl der Tage im Jahr, an denen die Änderung der täglichen Temperatur größer **0.5°C** ist, für **Modellalternative 0**. Das untere Bild zeigt einen vergrößerten Ausschnitt des zentralen Gebietes mit der Flächengröße von 10×10 km<sup>2</sup> (Gebiet A siehe Textteil).

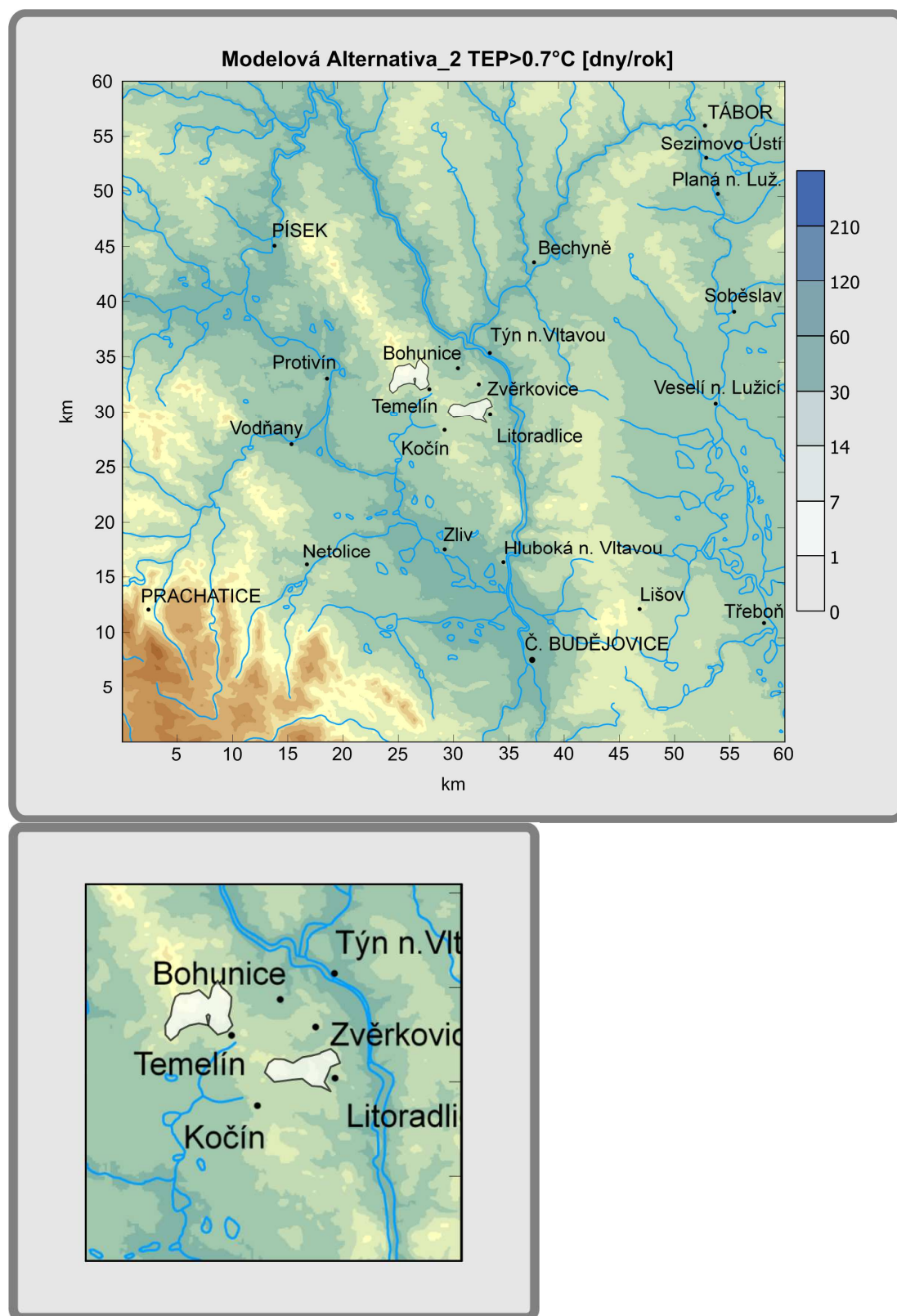




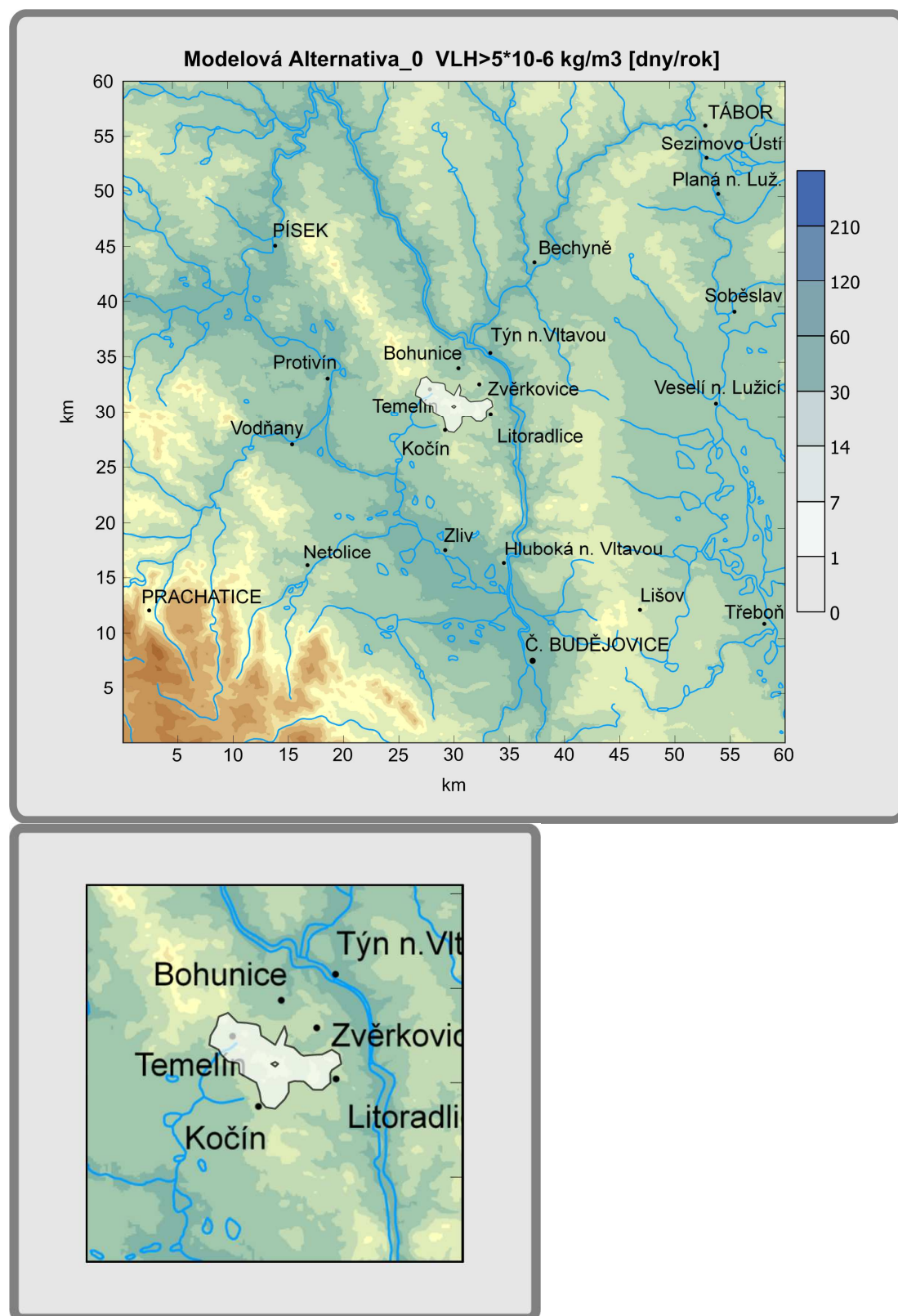
**Bild 14b** Gleiche Darstellung wie auf Bild 14a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 2**.



**Bild 14c** Gleiche Darstellung wie auf Bild 14a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 2** und einer Temperaturänderung größer **0.7°C**.

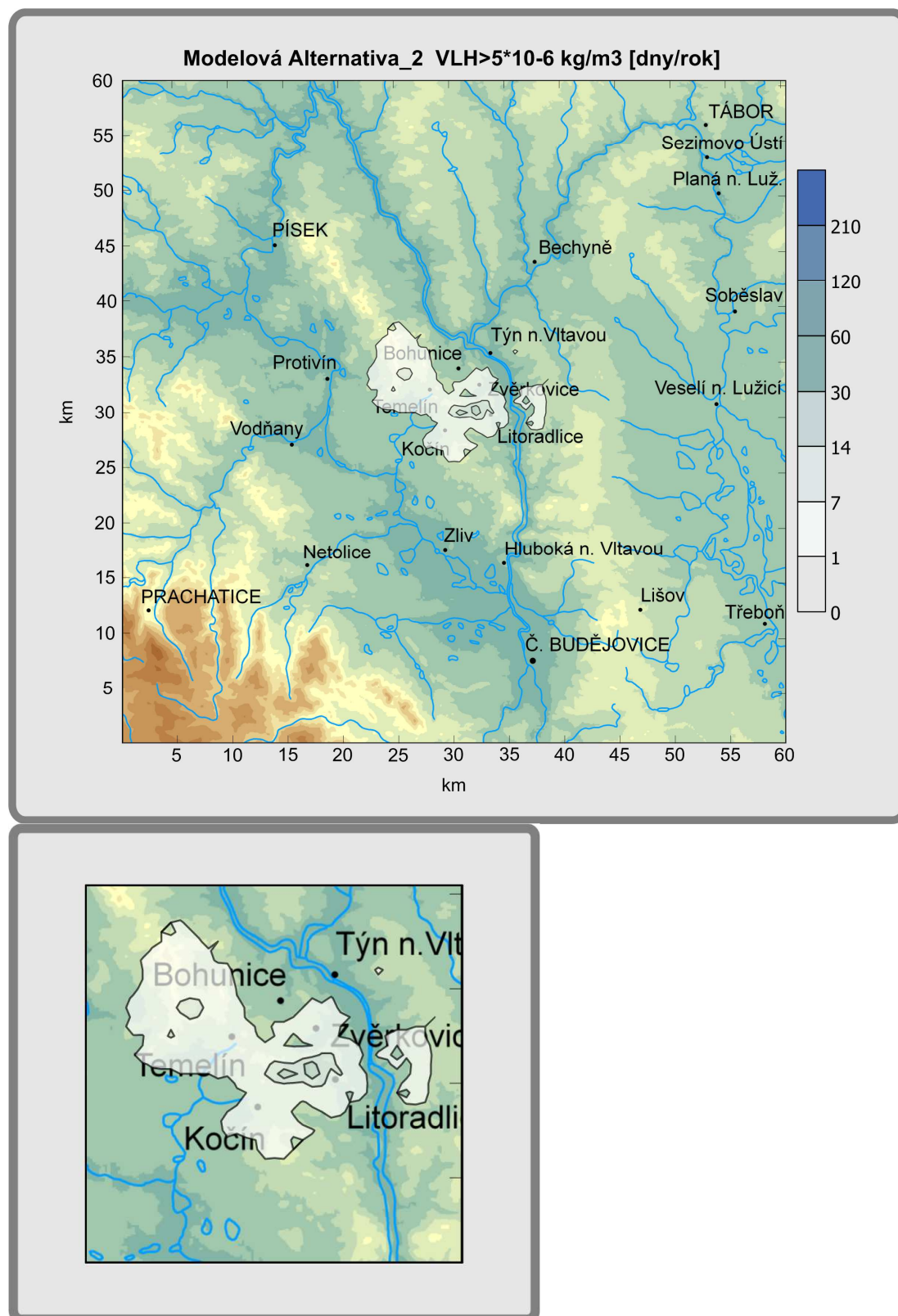


**Bild 15a** Flächenverteilung der mittleren Anzahl der Tage im Jahr, an denen die Änderung der täglichen Feuchtigkeit größer  $5 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^3$  ist, für **Modellalternative 0**. Das untere Bild zeigt einen vergrößerten Ausschnitt des zentralen Gebietes mit der Flächengröße von  $10 \times 10 \text{ km}^2$  (Gebiet A siehe Textteil).

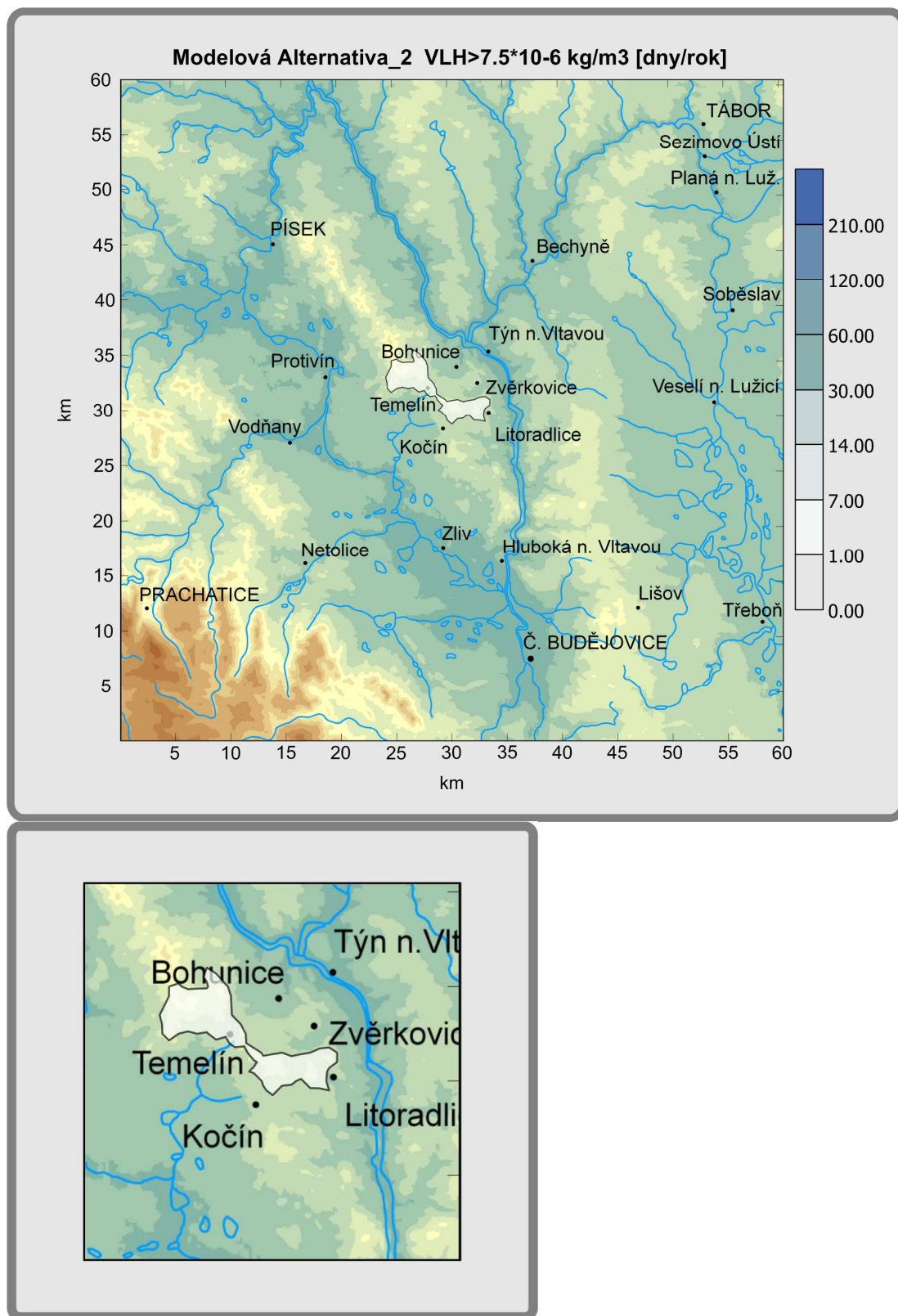




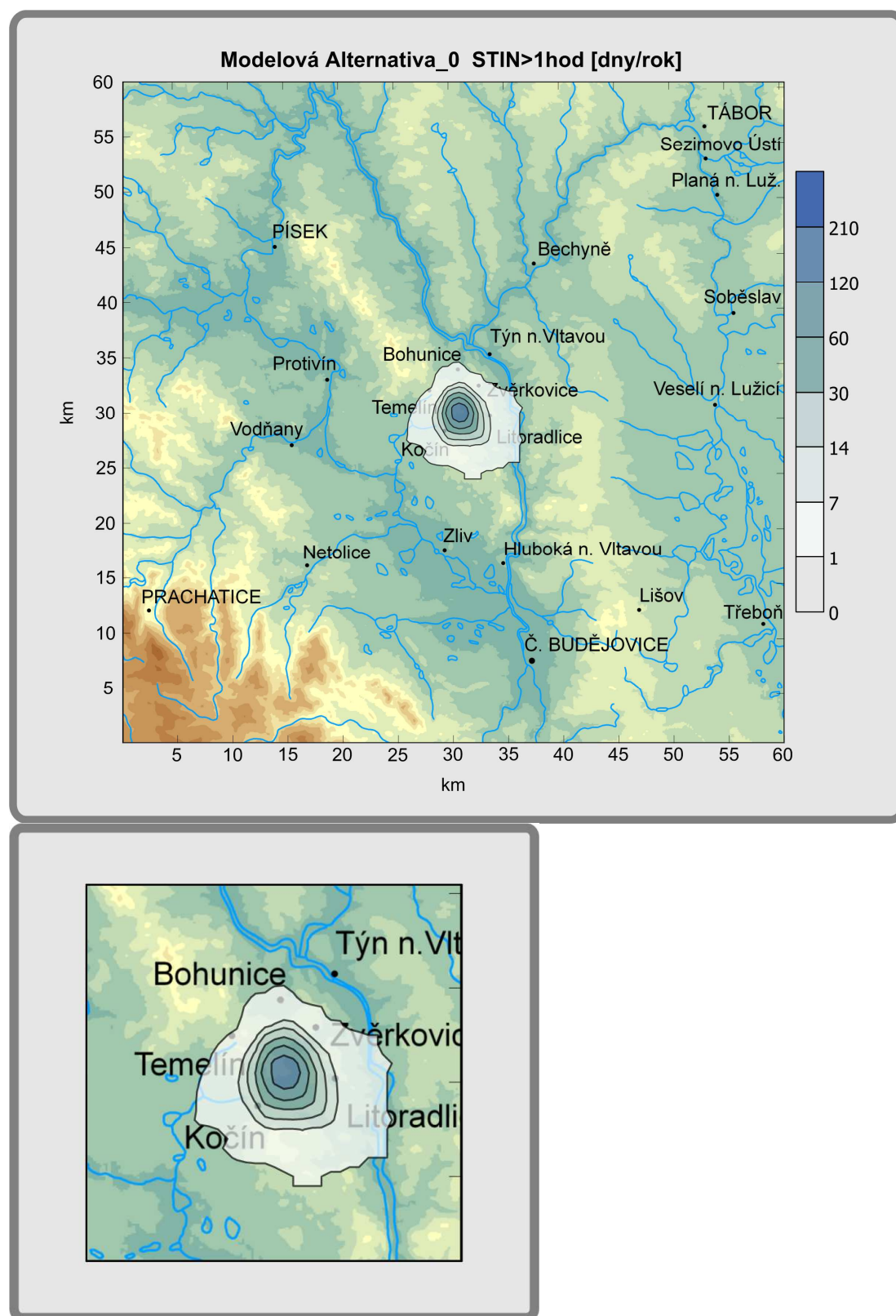
**Bild 15b** Gleiche Darstellung wie auf Bild 15a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 2**.



**Bild 15c** Gleiche Darstellung wie auf Bild 15a, nur für den Kühlturmkomplex mit 8 Türmen der **Modellalternative 2** und einer Änderung der Feuchtigkeit größer  $7.5 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^3$ .

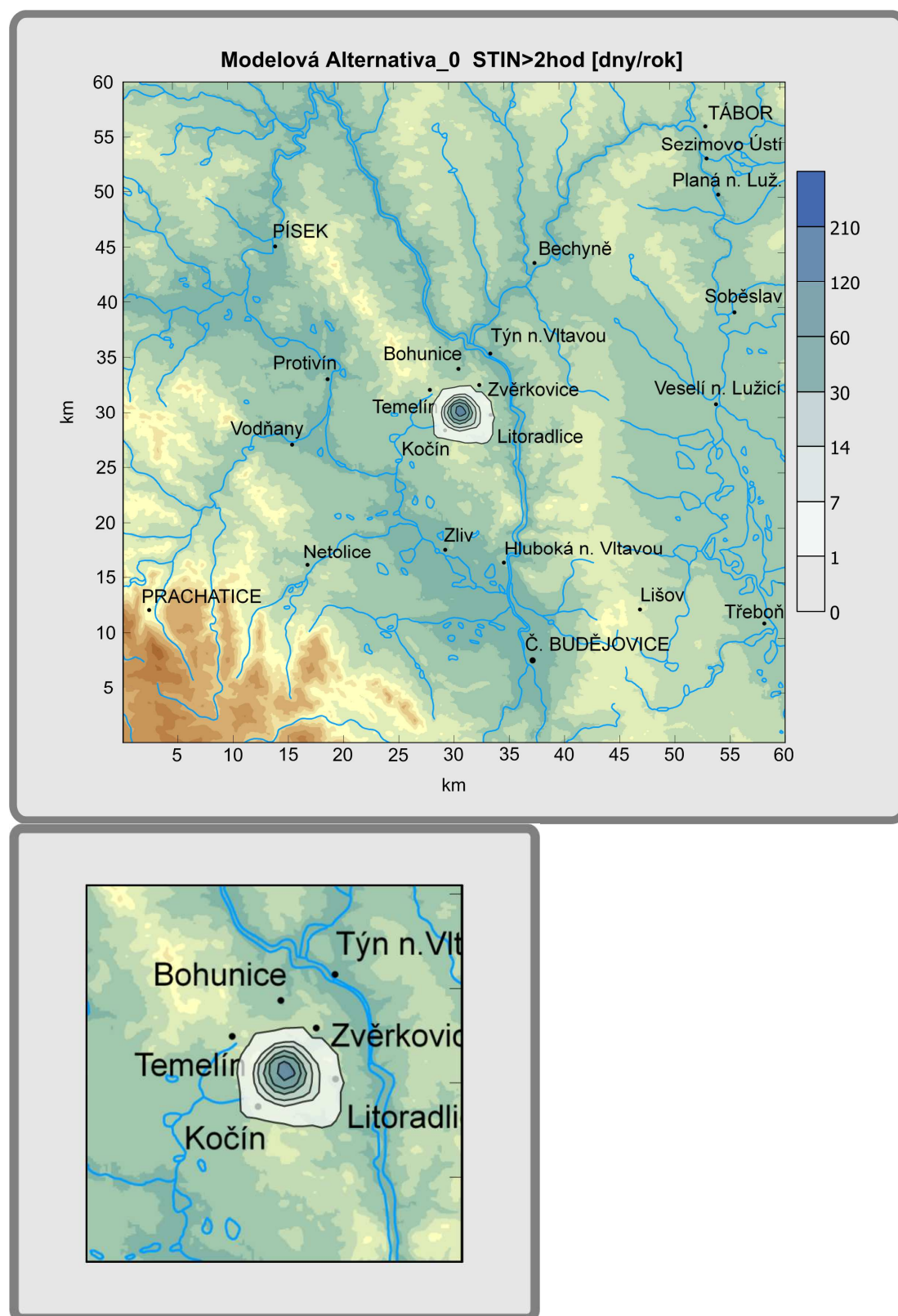


**Bild 16a** Flächenverteilung der mittleren Anzahl der Tage im Jahr, an denen die Beschattung größer **1 Stunde** ist, für **Modellalternative 0**. Das untere Bild zeigt einen vergrößerten Ausschnitt des zentralen Gebietes mit der Flächengröße von 10×10 km<sup>2</sup> (Gebiet A siehe Textteil).

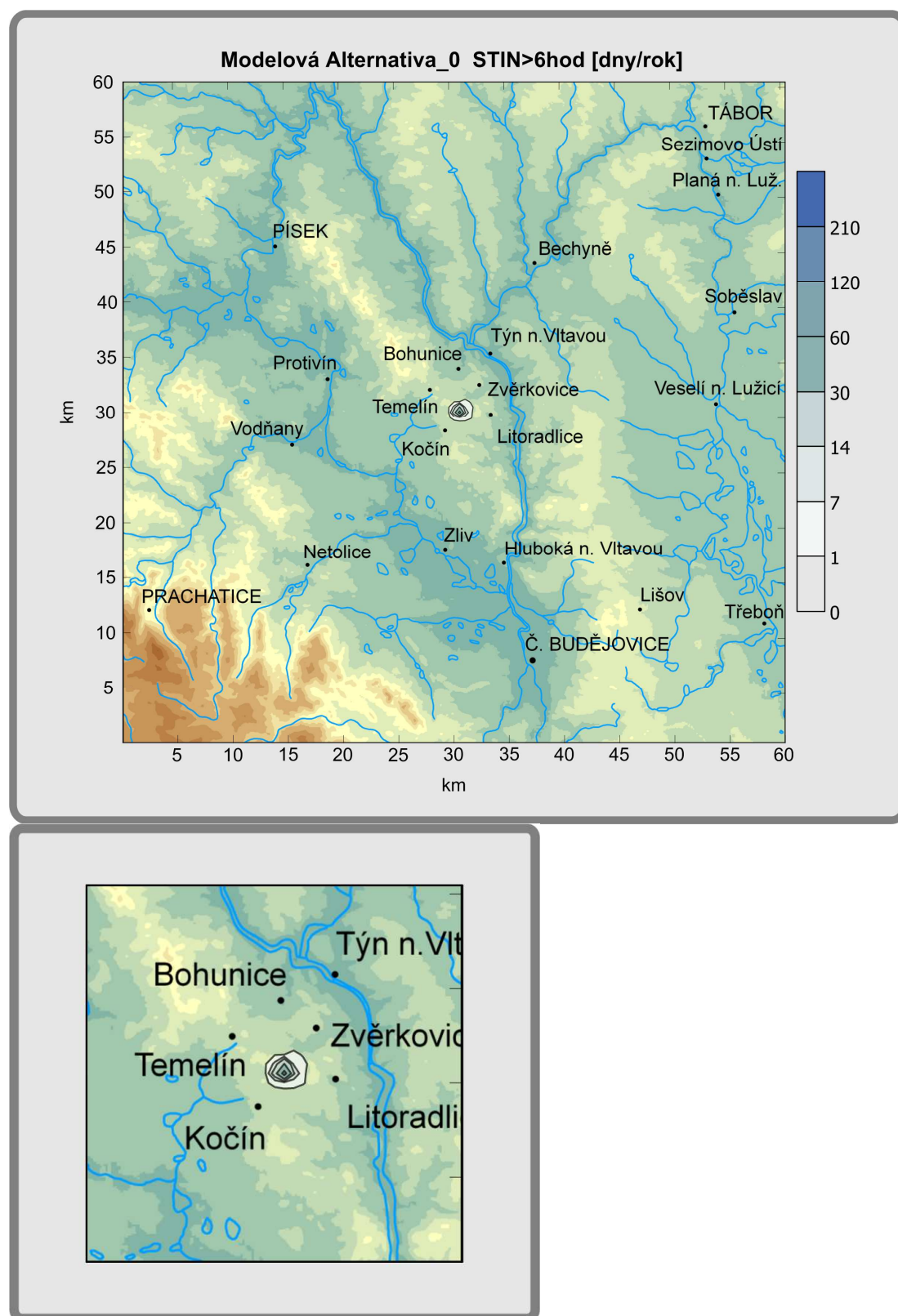




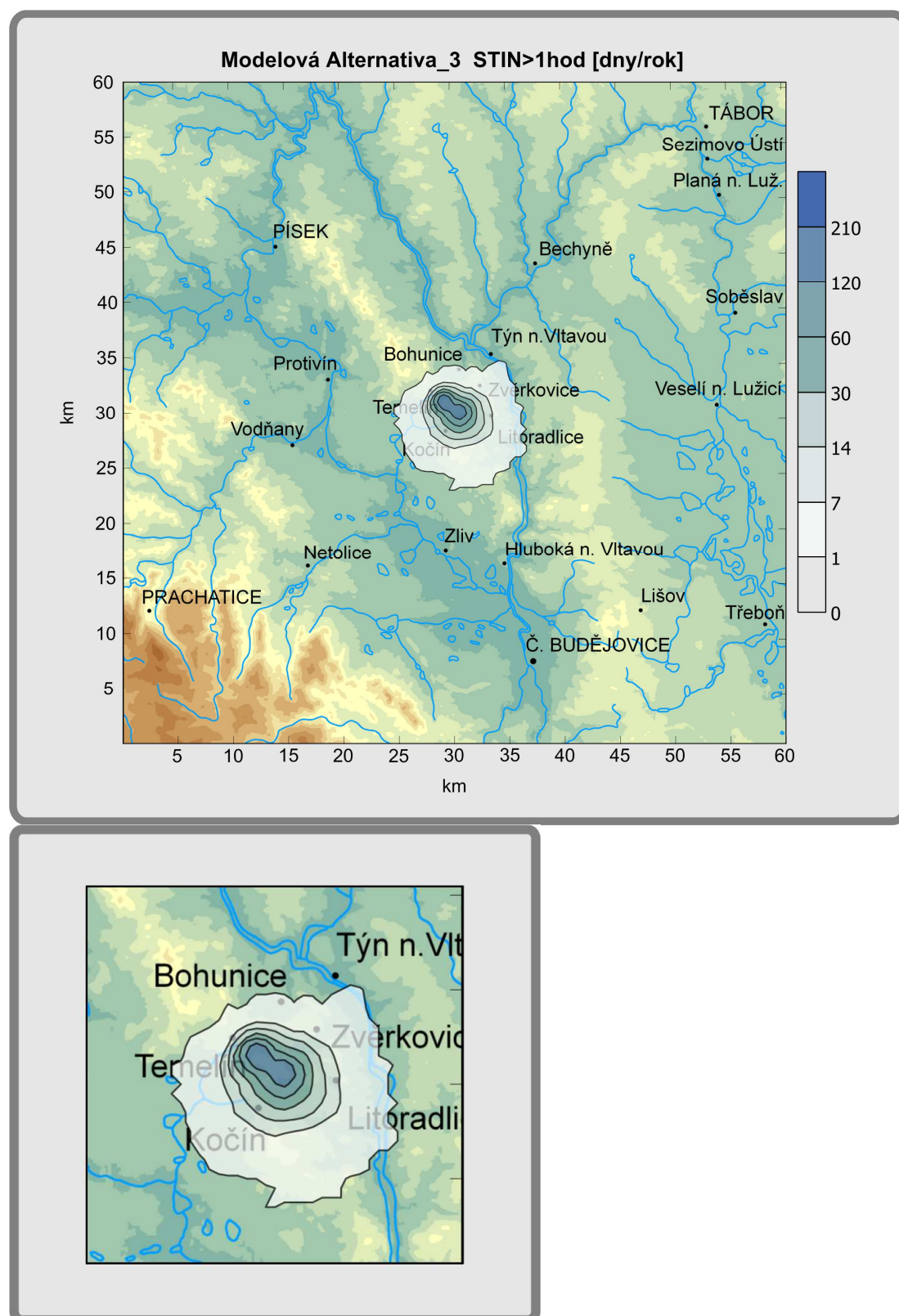
**Bild 16b** Gleiche Darstellung wie in Bild 16a, doch Beschattung ist größer **2 Stunden**.



**Bild 16c** Gleiche Darstellung wie in Bild 16a, doch Beschattung ist größer **6 Stunden**.

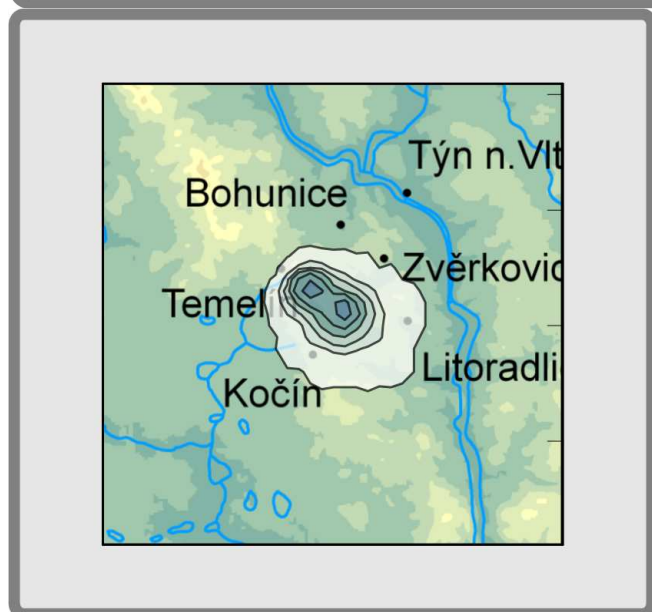
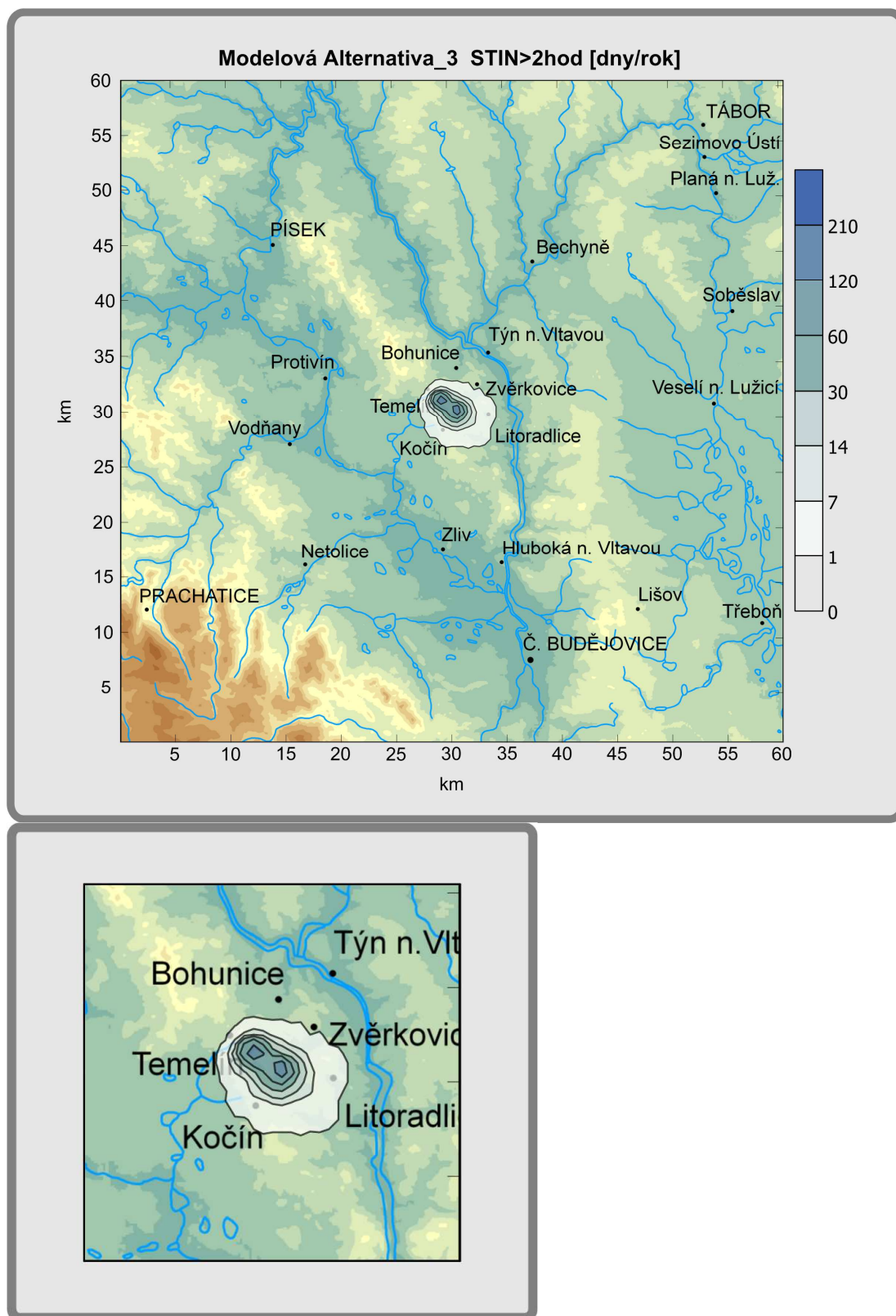


**Bild 16d** Gleiche Darstellung wie in Bild 16a, nur für **Modellalternative 3**.





**Bild 16e** Gleiche Darstellung wie in Bild 16a, nur für **Modellalternative 3** und Beschattung größer **2 Stunden**.



**Bild 16f** Gleiche Darstellung wie in Bild 16a, nur für **Modellalternative 3** und Beschattung größer **6 Stunden**.

